

Szegedi Tudományegyetem  
Földtudományok Doktori Iskola

**VÁROSKLÍMA-ELEMZÉS TÉRBEN ÉS IDŐBEN  
RÉSZLETES MÉRÉSEK, VALAMINT LOKÁLIS  
LÉPTÉKŰ KLÍMAMODELL ALAPJÁN**

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

**Skarbit Nóra**

Témavezető:

**Dr. Unger János**

tanszékvezető egyetemi tanár

SZTE Természettudományi és Informatikai Kar  
Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék

**Szeged  
2018**

## Bevezetés

A városi lakosság aránya az össznépeséghez viszonyítva a múltban folyamatosan növekedett és ez a tendencia a jövőben is folytatódni látszik. A legújabb előrejelzések szerint ez a szám 2050-re megközelíti a 70%-ot, tehát az emberiség döntő többségét befolyásolni fogják a természetestől eltérő városi környezet sajátosságai.

A városokban a beépített terület és a regionális éghajlat kölcsönhatása sajátos klímaviszonyokat alakít ki. A mesterséges, épített környezet és az emberi tevékenység következményeként a természetes felszínekhez képest módosulnak a sugárzási viszonyok, valamint az energia- és vízegyenleg összetevői, illetve azoknak egymáshoz viszonyított arányai. Ezeknek hatására a városokban a vidéki területhez képest egy hőtöbblet alakul ki, amely éjszaka a legjellemzőbb és a legnagyobb mértékű. Ezt a városklimatológia tárgykörében leginkább ismert jelenséget sajátos formájának okán városi hőszigetnek nevezzük.

A hősziget klasszikus értelemben vett intenzitását, azaz egy belterületi és egy külterületi mérési pont hőmérséklet értékeinek különbségét, több tényező is befolyásolja. Ilyen meghatározó faktorok a lakosság száma, a szélesség és felhőborítottság, de kulcsfontosságúnak tekinthető a város beépítettségének jellege. Tehát érdemes megvizsgálni az épületek magasságának és a beépítés sűrűségének hatását erre a városi hőtöbbletre, hiszen egy jól megtervezett és átgondolt várostervezési folyamat ezt nagymértékben befolyásolhatja.

A hősziget intenzitás kiszámítására megadott hőmérsékletkülönbség felveti azt a kérdést, hogy mit nevezhetünk városi és mit vidéki jellegű területnek. Hiszen egy városon belül elhelyezett mérési pont lehet nagy magasságú felhőkarcolókkal körbevéve, de egy városi park közepén is. Hasonló módon vidéki terület lehet az alacsony vagy a sűrű fás növényzetű térség, de akár a mesterségesen borított reptér is, ami jelentős különbségek kialakulását eredményezheti. Ez a felvázolt probléma megnehezíti

a világ különböző tájain elvégzett vizsgálatok összehasonlítását, hiszen ezeknek a felszín típusoknak megvannak az egyedi klíma-módosító tulajdonságai. Ennek kiküszöbölésére merült fel a felszín klímazónákra történő felosztásának ötlete, amely az adott zóna vagy osztály klímára gyakorolt hatásán alapszik. A különböző osztályozások több évtized kutatómunkáját átívelő sorának egy letisztult eredményeként tekinthető a 2012-ben létrehozott lokális klímazónák (LCZ) rendszere. A rendszer 10 beépítettséggel és 7 felszínborítással jellemezhető zónából áll, elnevezésük megkülönböztető felszínparamétereiken alapul, amelyek legtöbbször az ott található épületek magassági és beépítettségi tulajdonságaira vagy a felszínborításra utalnak (pl. kompakt beépítés, közepes épületmagasság, röviden kompakt–közepes).

A korábban felvázolt városi és vidéki jellegű terület problémája mellett, a lokális klímazónák nagyban megkönnyítik egy várost lefedő mérőállomás-hálózat telepítésekor fellépő problémák megválaszolását. Gondolva itt elsősorban arra, hogy a város részletes termikus viszonyainak feltárásához az egyes állomásokat hol kell elhelyeznünk, hogy környező felszín típusukra reprezentatívak legyenek. A rendszer úgy lett megalkotva, hogy a világ bármely területén alkalmazható legyen, így egy adott város zónák szerinti termikus tulajdonságai más településekre is érvényesek. Tehát az LCZ-k alkalmazásával szerzett ismeretek segítik az állomások optimális elhelyezését, emellett beépíthetők a várostervezés folyamatába is.

Szeged 24 elemű mérőállomás-hálózatának 2014-es telepítésénél fontos szempont volt, hogy elemei az egyes lokális klímazónákra reprezentatívak legyenek. A nemzetközi szinten is kiemelkedő térbeli felbontással rendelkező hálózat lehetővé teszi az egyes klímazónák termikus viszonyainak összehasonlítását, illetve több LCZ-ben az intra-zonális különbségek feltárását is. Fontos kiemelni, hogy a hálózat időbeli felbontása is részletes, hiszen a léghőmérséklet és a relatív nedvesség mérése percenként történik. Ilyen sűrűségű adatok felhasználásával a városi

hősziget térbeli és időbeli alakulásáról is a korábbiakban vizsgáltaktól pontosabb képet kaphatunk, valamint mintázata LCZ-k szerint is elemezhető.

A lokális klímazónák koncepciója alapvetően a zónák léghőmérsékletre gyakorolt eltérő hatásán alapszik. Azonban a városi hőtöbblet nem csak a léghőmérsékletben mutatkozik meg, hanem a felszínen is, ami távérzékelési módszerek alapján számszerűsíthető. Szegeden 2008-ban hajtottak végre légi és földbázisú felszínhőmérséklet méréseket, így megadva a lehetőséget arra, hogy az LCZ-k érvényessége ezen állapothatározó esetén is vizsgálható legyen. Továbbá, a különböző hőmérsékleti mérőszámok mellett érdeklődésre tarthat számot az a kérdés, hogy a különböző LCZ-k okozta termikus hatások miként jelennek meg az emberi szervezetre gyakorolt hőterhelésben. Azaz, hogyan befolyásolja a beépítettség jellege a humán komfort viszonyokat, amire több klimatikus változó is hatással van.

A jelenkori viszonyok mellett mindenképpen érdemes megvizsgálni a jövőben várható képet is, hiszen az említett városi népesség növekedése mellett nem feledkezhetünk meg a globális klímaváltozás problémaköréről sem. Főként a városokban eleve jelenlévő hőtöbblet ad okot arra, hogy megismerjük a ránk váró változások városi, beépített területekre jellemző vonatkozásait is. Ezek felderítésével elősegíthetjük a várostervezés folyamatába beépíthető adaptációs és mitigációs stratégiák kidolgozását.

Doktori értékezésem célkitűzései a következők:

- I. A lokális klímazónák közötti termikus különbségek részletes kimutatása.
- II. Az egyes klímazónákban az állomások között jelentkező – intra-zonális – termikus eltérések feltárása.
- III. A városi hőmérsékleti mintázat térbeli és időbeli dinamikájának elemzése, kapcsolatának megállapítása a lokális klímazónákkal.

- IV. A lokális klímazóna rendszer érvényességének vizsgálata a felszínhőmérséklet esetében.
- V. A humánkomfort viszonyok lokális klímazónák szerinti elemzése, a legnagyobb hőterhelésnek kitett zónák megállapítása.
- VI. A városi hőterhelésben várható változás mértékének előrejelzése klímamodell eredmények alapján a 21. század folyamán.

### **Felhasznált adatok és alkalmazott módszerek**

A lokális klímazónák termikus viszonyainak vizsgálatához Szeged állomáshálózatának egyéves időszakot (2014.06.01.–2015.05.31.) lefedő 10 perces léghőmérséklet, valamint az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) kültéri állomásának felhőzet és szélesség adatait használtam fel. A hőmérsékleti mező térbeli (horizontális) elemzésénél valamennyi állomás adatára szükség volt, interpolációjuk kriging módszerrel történt. A klímazónák közötti és az azokon belüli termikus eltérések vizsgálatánál négy állomást indokolt volt kihagyni, mivel jelentősebb adathiány lépett fel, vagy a mikroskálájú környezetük nem adta vissza a lokális skála viszonyait.

A vizsgálaton belül három megközelítést alkalmaztam, elsőként a teljes időszak minden napját figyelembe vettem, tekintet nélkül az időjárási körülményekre. Ezután a város termikus hatásának kimutatását segítő, ideális időjárási körülményekkel rendelkező napokra koncentráltam, amelyeknek kiválasztása az ún. időjárási faktor alkalmazásával történt. Ez a faktor azt számcsúsít, hogy a napközben fennálló felhőzet és szélességi viszonyok hogyan befolyásolják az éjszakai lehűlés mértékét. Kiszámítása adott nap napkeltéjétől következő nap napkeltéjéig átlagolva történt. Harmadik esetben egy olyan kiválasztott ideális nap éjszakáját vizsgáltam, amikor a hősziget kialakulásához különösen kedvező körülmények uralkodtak.

A lokális klímazónák felszínhőmérséklet értékeinek összehasonlítása során korábbi szegedi földi és légi bázisú mérések adatait használtam fel, amelyek 2008. augusztus 12-én és 14-én, 18.15 és 19.45 UTC között zajlottak. Az LCZ-k szerinti vizsgálat értékeit a klímazónák azon részei adták, amelyek átfedésben voltak a légi bázisú mérés során felmért területtel. Külön elemeztem a teljes területet, valamint ezen belül a csak földfelszínre vonatkozó, az épületek (tetők) elhanyagolásával kapott értékeket.

Az emberi hőérzet lokális klímazónák szerinti meghatározásánál a fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet (PET) 10 perces átlagértékeit használtam fel a vizsgálat megkezdésekor rendelkezésre álló leghosszabb időszakra (2014.06.01.–2017.01.31.). A PET nem más, mint egy standardizált virtuális környezet hőmérséklete °C-ban, amelyben az emberi test, hogy fenn tudja tartani energiamérlegét, ugyanazokat a fiziológiai válaszokat adja, mint valódi környezetében tenné. Értékének kiszámítása a RayMan modellel történt. Célom a lokális skálájú viszonyok meghatározása volt, ezért a mikrokörnyezet hatásaitól független adatokat, azaz a külterületi árnyék nélküli körülményeket reprezentáló OMSZ állomás globálsugárzás értékeit használtam fel. A szélsőbesség adatok szintén erről az állomásról származnak, de itt már figyelembe véve az egyes állomások beépített környezetét jellemző érdességi paramétereit és redukciós faktorát. A térben kevésbé változékony hőmérséklet és légnedvesség adatok a vizsgált állomásokról származnak, amelyek jelen esetben zónánként 1 állomást jelentettek, az LCZ 8-at (kiterjedt–alacsony) leszámítva, amit az állomásokon fellépő nagyobb adathiány miatt ki kellett hagyni. A vizsgálatnál az átmeneti évszakokat és a nyarat tekintettem, amikor az időjárás kedvező a kültéri szabadidős tevékenységekhez. Ezekben az évszakokon belül a PET értékek 10 napos átlagértékeinek változását vizsgáltam két napszakra koncentrálnva, amelyek a koradélutáni helyi, nyári idő sze-

rinti 13–14 óra közötti és a napnyugta utáni 2 órás periódus. Továbbá külön elemeztem egy nyári hőhullámos időszak humán-komfort viszonyait is. A termikus érzékenység magyarországi lakosságára megállapított kategóriáit használtam fel a kültéri tevékenységeknek kedvező időszakok megállapítása során.

A városon belüli jelenlegi és a jövőben várható hőterhelés előrejelzése két lépésben valósult meg. A MUKLIMO\_3 lokális skálájú modellel olyan szimulációk végezhetők, amelynek kimenete a hőmérséklet (T), a relatív nedvesség (RH) és a szélmező (szélsebesség (v), szélirány) óránkénti változása egy 100 méteres ekvidisztáns rácshálózaton. Második lépésként egy dinamikai-statisztikai leskálázási technika, az ún. cuboid módszer adta meg a különböző klímaindexek hosszabb, több évtizedes átlagidőszakokra vonatkozó értékeit ugyanebben a felbontásban. Ez a módszer azzal a feltételezéssel él, hogy a hőterhelés kialakulásának kedvező regionális időjárási viszonyok leírhatók 3 állapothatározó (T, RH, v) értékeivel. Ezeknek a minimum-és maximum értékeit (a cuboid 8 sarka) úgy kell meghatározni, hogy ezeket a kedvező helyzeteket magukban foglalják. A MUKLIMO\_3 modellel erre a 8 sarokra végeztem el a szimulációkat, két uralkodó szélirányra (ÉK és ÉNY) vonatkozóan.

Az eredményül kapott klímaindexek alkalmazásával szemléletesen lehet érzékeltetni a klímaváltozás várható hatásait a döntéshozók és a lakosság számára. A változások vizsgálatához 30 éves átlagidőszakokat alkalmaztam. Referencia időszaknak az 1981–2010 időszakot tekintettem, a 21. századot a 2021–2050 és a 2071–2100 időszakokon keresztül elemeztem. A cuboid beemeneteként szükséges még egy referencia állomás vizsgált időszakra vonatkozó T, RH és szélmező adatsora. Ezt a jelen időszak esetében a NOAA adatbázis mérési adatsora, míg a jövőbeli időszakra a legújabb RCP scenáriókat alkalmazó EURO-CORDEX klímaszimulációk biztosították. A klímamodell adatok esetében 14 különböző szimulációt használtam fel, azokat,

amelyek rendelkeztek a cuboid futtatásához szükséges adatokkal. Ezek közül 7-7 vonatkozott az RCP4.5-re, illetve az RCP8.5-re, amelyeknek eredményeit átlagoltam.

A kapott klímaindexek validálásához egy olyan időszakot vizsgáltam, amikor a külterületi állomás adatai mellett egy városi állomásé is rendelkezésre álltak. Mivel Szegeden a belterületi mérések 1999-ben kezdődtek el, a validációs vizsgálatok az 1999–2010 időszakra készültek.

## **Eredmények és következtetések**

### **I. Megállapítottam a lokális klímazónák között fellépő termikus különbségeket (Gál et al., 2016; Skarbit et al., 2017).**

1. Az LCZ-k közötti termikus különbségeket tekintve az átlag- és minimum-hőmérsékletek a kompakt és magasabb felől a ritkább és alacsonyabb beépítés felé csökkennek. A maximum-hőmérsékletek esetében nem figyelhető meg egyértelmű tendencia. A beépített zónák közötti legnagyobb különbségek a nyári minimum-hőmérsékletek között adódnak. Nyári ideális napokon a klímazónák közötti különbségek csak éjjel tekinthetők számottevőnek.
2. Átlagos körülmények között az éjszakai legnagyobb hősziget intenzitások nyáron, a kompakt zónákban, míg a legkisebbek télen az LCZ 9-ben (alig beépített) jelentkeznek. Ideális napokon az évszakok közötti különbségek nem jelentősek és zónánként eltér, hogy melyik évszakban vannak a legkisebb, illetve legnagyobb intenzitások. A napszakok és évszakok közötti eltérés a kompakt zónákban a leghangsúlyosabb, míg ezt az LCZ 9 befolyásolja a legkevésbé.
3. A „hideg” klímaindexek esetében növekszik, a „meleg” indexeknél csökken a napok száma a kompakt zónák felől a külterületi LCZ D (alacsony növényzet) felé haladva. A



legnagyobb, zónák közötti eltérések a minimum-hőmérséklettel definiált indexek esetében jelennek meg.

## **II. Feltártam a több állomással rendelkező klímazónákon (LCZ 5, 6 és 9) belül jelentkező termikus különbségeket (Skarbit et al., 2017).**

4. Nyári, ideális napokon a napszakok közül az éjszakai átlaghőmérsékletek esetében vannak számottevő különbségek. Ekkor az LCZ 5 (nyitott–közepes) és 9 kisebb, mint  $1\text{ °C}$ -os intra-zonális különbséget mutat, míg az LCZ 6-ban (nyitott–alacsony)  $1,5\text{ °C}$  a legnagyobb eltérés. A maximális hősziget intenzitás esetén a legnagyobb különbség az állomások között LCZ 6-ban, nyári ideális napokon jelenik meg ( $2\text{ °C}$ ). Az állomások szerinti eltérések mikroskálájú környezetüknek, illetve az uralkodó ÉNY-i széliránynak tulajdoníthatók és nem haladják meg a zónák között fellépő különbségeket.

## **III. Elemeztem az éjszakai városi hőmérséklet-mintázat térbeli és időbeli dinamikáját (Gál et al., 2016; Skarbit et al., 2017; Unger et al., 2017).**

5. Az évi átlagos hősziget napnyugta után 2 órával éri el maximum intenzitását, ami  $2\text{ °C}$  körüli a városközpontban. Leépülése a napnyugta utáni 10–11. órára tehető és a 12–13. órában teljesen megszűnik. Ideális körülmények között a maximális intenzitás ( $3,5\text{ °C}$  felett) napnyugta után 5 órával jelentkezik, és a 7. és 8. órát követően lassan gyengülni kezd. Leépülése a 10. órától kezdve gyorsul fel és a 12–13. órában a hőmérséklet-különbségek már minimálisak.
6. A hősziget legnagyobb intenzitása egy különösen ideális nyári nap éjszakáján meghaladja az  $5\text{ °C}$ -ot, ami a kompakt zónák területén és az LCZ 5 központhoz közel fekvő

részein jelentkezni. A hősziget északnyugati irányba terjed ki az LCZ 8 területén, a város keleti és déli részén (LCZ 6 és 9) az értékek alacsonyabbak. A város nyugati részén, az LCZ 9-ben hideg beáramlás hatása figyelhető meg.

7. Az éjszakai legintenzívebb hűlés ideális napokon napnyugtakor és utána 1 órával következik be. Ekkor jellemzően a vidéki területen  $-2,5\text{ °C}$  alatti, a városban  $-2\text{ °C}$  fölötti az óránkénti hőmérsékleti gradiens értéke. Az éjszaka további részében az értékek  $0\text{ °C}$  körüliek, napkelteig nincs lényeges változás. A melegedési folyamat napnyugta után 10 órával kezdődik el. Ekkor a városban a gradiens értéke  $0,5$ , később  $1-1,5\text{ °C}$  alatti, a vidék esetében ezen értékek fölötti. A lokális klímazónák gradiensei közötti különbségek a napnyugta és a napkelte időpontjában mutatkoznak meg és ideális körülmények között nagyobbak, míg a két időpont között minimálisak. Ekkor abszolút értékben a természetes felszínek gradiensei magasabbak, míg a sűrűbben beépített zónáké alacsonyabb. Évi átlagban a kompakt zónák és az LCZ 9 és D értékei között  $0,5\text{ °C}$  az eltérés, ideális körülmények között ez a szám már megközelíti a  $2\text{ °C}$ -t, míg a külön vizsgált nyári nap éjszakáján eléri a  $3\text{ °C}$ -t.

#### **IV. A lokális klímazónák koncepcióját kiterjesztettem a felszínhőmérsékletre (Skarbit et al., 2015).**

8. A beépített zónák közül a legmagasabb értékek a kompakt zónák és az LCZ 5, míg a legalacsonyabbak az LCZ 9 területén jellemzők. Az LCZ 8 értékei megelőzik az LCZ 6-ét, köszönhetően az alacsony, lapos tetejű épületek könnyebb felmelegedésének és a vízzáró felszínborítás magasabb arányának. A sűrűbb beépítés felől a nyitottabb zónák felé haladva kevésbé gyakoribb egy adott felszín-

hőmérséklet érték, azaz nagyobb az LCZ-n belüli változékonyság. Tehát, a felszínhőmérséklet vizsgálatánál is érvényes a lokális klímazónák léghőmérséklet esetében megfigyelt sorrendje, amely csak a földfelszíni értékek figyelembevétel, azaz az épületeket elhanyagolva jelenik meg legtisztábban.

## **V. Meghatároztam az egyes lokális klímazónákra jellemző humánkomfort viszonyokat éves és évszakos viszonylatban (Unger et al., 2018).**

9. A fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet értékei a kompakt zónák felől csökkennek a nyitottabb zónák felé napszaktól és évszaktól függetlenül, így a hőstressz mérséklésének szempontjából legkedvezőbb zónák az LCZ 6 és 9. A kültéri tevékenységnek nappal az LCZ 6 és 9, este pedig az LCZ 2 és 3 (kompakt–közepes és kompakt–alacsony) a legmegfelelőbbek. A „hideg” hőérzeti kategóriák a kevésbé, míg a „meleg” kategóriák a sűrűn beépített zónákban gyakoribbak.
10. Kora délután, tavasszal az évszak valóban kellemes része zónától függően március végén, április elején kezdődik és május elejéig, ősszel az évszak kezdetétől október közepéig-végéig tart. Este, a kültéri tevékenységnek megfelelő időszak tavasszal a beépített zónákban március közepén kezdődik, a természetes zónákban 3 héttel később. Ősszel fordul a helyzet, a természetes zónák szeptember végétől, a beépítettek október elejétől nem kedvezőek a kültéri tevékenységeknek. Tehát az átmeneti évszakokban a kedvező kültéri termikus viszonyok időszaka hosszabb a beépített zónákban, mint a természetes felszínek esetében. Nyáron, míg délután egyik zóna sem alkalmas kültéri tevékenységre, addig este valamennyi, ezen belül a beépítettek az évszak döntő többségében valóban kedvezők.

Hőhullámos időszakban a város teljes lakossága 6-8 órán keresztül (nappal) jelentős hőstressznek van kitéve.

## **VI. Modelleztem a hőterhelés mértékét jellemző klímaindexek városon belüli eloszlását és annak jövőbeni változását (Skarbit, Gál, 2016).**

11. A városon belül jelentős különbségek alakulnak ki a klímaindexek száma között a jelen és jövő időszakokat tekintve is, a napok száma a sűrűbben beépített zónák felé növekszik. Valamennyi vizsgált index értéke növekedni látszik a jövőben. Ez a változás a 2021–2050 időszakban még alig érzékelhető és a scenáriók között nincs jelentős különbség. A 21. század végére (2071–2100) már az RCP4.5 scenárió szerint is jelentősek a változások, de az RCP8.5 alapján ezek sokkal nagyobb mértékűek lehetnek. A legnagyobb módosulások a szigorúbb kritériummal rendelkező indexek (nyári este, trópusi éjszaka) esetében jelennek meg, amelyek a hőhullámos időszakok kialakulásával és a hőterhelés jelentős megnövekedésével kapcsolatba hozhatók.
12. A modell a városi területeken pontosabb képet ad a klímaindexek számáról, mint a külterületen. Ezen belül a legjobb becslést a minimum- és maximum-hőmérsékleteket jellemző klímaindexek esetében adja. Tehát a városklíma vizsgálatok meghatározó időszakában, azaz éjszaka a város területén a hőtöbblet alakulásáról megfelelő képet kaphatunk. Az időponthoz köthető klímaindexek esetében bizonyos felülbecslés figyelhető meg, amelyből arra lehet következtetni, hogy a napnyugta utáni lehűlés kül- és belterületen egyaránt lassabban megy végbe a modell szerint.

## A tézisek alapjául szolgáló publikációk

1. Skarbit N, Gál T, Unger J, 2015: Airborne surface temperature differences of the different local climate zones in the urban area of a medium sized city. In: 2015 Joint Urban Remote Sensing Event. Paper 7120497. 4 p.
2. Gál T, Skarbit N, Unger J, 2016: Urban heat island patterns and their dynamics based on an urban climate measurement network. Hungarian Geographical Bulletin, 65(2), 105–116.  
*Folyóirat szakterülete és helyzete:*  
*Earth and Planetary Sciences (miscellaneous)* Q3  
*Geography, Planning and Development* Q3
3. Skarbit N, Gál T, 2016: Urban heat island patterns and their dynamics based on an urban climate measurement network. Hungarian Geographical Bulletin, 65(2), 181–193.  
*Folyóirat szakterülete és helyzete:*  
*Earth and Planetary Sciences (miscellaneous)* Q3  
*Geography, Planning and Development* Q3
4. Skarbit N, Stewart ID, Unger J, Gál T, 2017: Employing an urban meteorological network to monitor air temperature conditions in the ‘local climate zones’ of Szeged, Hungary. International Journal of Climatology, 37, 582–596.  
**IF=3,76**  
*Folyóirat szakterülete és helyzete:*  
*Atmospheric Science* Q1
5. Unger J, Skarbit N, Gál T, 2017: Szegedi városklíma mérőállomáshálózat és információs rendszer. Légkör, 61, 114–118.
6. Unger J, Skarbit N, Gál T, 2018: Evaluation of outdoor human thermal sensation of local climate zones based on long-term database. International Journal of Biometeorology, 62(2), 183–193.  
**IF=2,204**  
*Folyóirat szakterülete és helyzete:*  
*Atmospheric Science* Q2  
*Ecology* Q2  
*Health, Toxicology and Mutagenesis* Q2