

Vélemény

Kundráts-Simon Edina „Antropogén tevékenységek hatásának becslése falevelek, mint biológiai indikátorok biológiai és kémiai paramétereire alapján” című doktori értekezéséről

Amikor egy akadémiai doktori disszertáció témaválasztásának aktualitását és jelentőségét vizsgáljuk, választ kell adnunk – többek között – két kérdésre: (1) mennyiben járul hozzá a szakterület tudományos eredményeinek ismeretéhez, (2) eredményei milyen mértékben alkalmazhatók, jelen esetben az ökotoxikológia, a környezetvédelem és a hatósági döntéshozatal területén. A Jelölt témaválasztását az előző kritériumok alapján jónak és időszerűnek tartom, mivel (1) a városok porszennyezése jelentős egészségügyi kockázatokat jelent az egyre növekvő számú városi népességnek. Ezért örömmel fogadhatunk minden olyan tudományos munkát, amely ennek a problémakörnek valamelyik aspektusát vizsgálja. És (2) a porszennyezés mértékét és hatásait indikáló szervezetek keresése és megtalálása nem csupán tudományos szempontból jelent értékes eredményeket, hanem a hatóságok és döntéshozók számára is fontos információkat hordoznak. Az említett érvek alapján megállapítható, hogy az értekezés célkitűzései kutatásra érdemesek, eredményei pedig elméleti és gyakorlati szempontból is értékesek.

Az értekezés, felépítését tekintve áttekinthető, logikus rendet követ. Hasonló disszertációkhoz mérten nem túl vaskos mű. Érdemi része – irodalomjegyzék nélkül – 74 oldal. Az értekezés hat, jelentős nemzetközi folyóiratban megjelent saját cikket, valamint kevesebb, mint 150 egyéb szakcikk áttekintésén és feldolgozásán alapul. Szerkesztési szempontból a különféle hibák önmagukban talán még nem tűnnének fel, de az elütések száma (tekintettel a rendelkezésre álló helyesírás-ellenőrző programok seregére), tizedespont használata tizedesvessző helyett, négy hivatkozás hiánya az irodalomjegyzékből, vagy kilenc, nem idézett cikk ottfelejtése, és több egyéb – itt nem részletezendő – apró hiba, összességében már szóra érdemes, zavaró. Továbbá egy példával felhívom a figyelmet a „copy-paste” módszer veszélyére: három helyen is azt írja, hogy a pormintát tartalmazó szuszpenziót 150 mm átmérőjű szűrőn szűrte át, miközben nyilván nem a szűrő átmérőjéről, hanem annak pórusméretéről van szó, ami minden bizonnyal 150 µm volt.¹ Egy akadémiai doktori értekezéstől elvárható a szöveg jóval alaposabb lektorálása.

A módszertani leírásokban sok a felesleges ismétlés. Például szükségtelen volt három fejezetben azonos módon leírni, hogy miként történt a levelek lemosása és a por-frakciók elkülönítése vagy az ANOVA analízisek végzése. Ezeket az információkat elég lett volna egy fejezetben közreadni. Ugyanakkor örömmel vettem volna, ha a mintavételek pontos

¹ Megjegyzem, hogy a Simon E, Harangi S, Baranyai E, Fábíán I, Tóthmérész B (2016) Influence of past industry and urbanization on elemental concentrations in deposited dust and tree leaf tissue. *Urban Forestry & Urban Greening* 20, 12-19. cikkben is **150 mm** szerepel.

körülményeit (fák konkrét lokációja, kora, melyik napszakban történt a mintavétel, levelek elhelyezkedése a lombkoronában, magasság, ágvégektől való távolság, levélnagyság, egészségi állapot szerint, a mintavétel ideje a legutolsó jelentős esőzés óta, szélviszonyok stb.) minden vizsgálat esetében egyértelműen – akár táblázatos formában – részletezi. Tudom, hogy az eredmények jó tudományometriai paraméterekkel rendelkező folyóiratokban már megjelentek, de jelen értekezés árnyalt bírálata szempontjából a mintavételi körülmények és módok részletei engem érdekeltek volna.

Kifogásolom továbbá, hogy nem mindenütt adja meg az elemszámokat és a korrelációs együtthatók (r) szignifikanciáját a korreláció analízisek eredményeinek közlésekor, így az eredmények relevanciája kevésbé ellenőrizhető, nehezen értelmezhető (39-42. o.; 51. o.; 61. o.). Ezzel ellentétben az 55. oldalon szignifikáns korrelációról beszél, viszont nem írja meg, hogy milyen módszerrel számolt.

Van néhány további megjegyzésem az értekezés összeállításával kapcsolatban.

A szakirodalmi áttekintés kellően informatív és az értekezésben tárgyalt fő kérdésekre kiterjedő, bár néhány áttekintő (review) cikk és a bennük foglalt, a vizsgált témák szempontjából releváns általános jelenség ismertetésének hiánya megjegyzendő².

A Debrecen városában végzett első vizsgálat esetében nem talált különbséget az urbanizációs gradiens mentén a leveleken felhalmozódott pormennyiség alapján. Az eredményt a város meteorológiai és területi elhelyezkedésével magyarázza. Szerintem inkább a mintavételi helyek lokációja a magyarázat, mert az első vizsgálat esetén mindhárom terület (városi, városszéli és városon kívüli) a Nagyerdőhöz kapcsolódik. A második vizsgálat esetében a városi mintavételi hely Debrecen szívében, forgalmas helyen volt. Ekkor a nagyobb porszennyezettséget – érthetően – már kimutatta. A mintavételi helyek kiválasztásához a jövőben javaslok azoknak a honlapoknak a használatát, amelyek évekre visszamenőleg, valós idejű adatokat tartalmaznak a légszennyezettségről (például: <https://aqicn.org>).

A statisztikai adatok részletesebb közlését vártam akkor, amikor egy elemzésben a szignifikancia szint 5% körül mozgott (mondjuk a 3-7% intervallumot tekintve). Az eredmények árnyaltabb megértése és korrekt következtetések levonása miatt helyes lett volna

² Kour, N., & Adak, P. (2023). Role of air pollution tolerance index (APTI) method for green belt development: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(7), 856.

Singh, A. K., Kumar, M., Baudh, K., Singh, A., Singh, P., Madhav, S., & Shukla, S. K. (2023). Environmental impacts of air pollution and its abatement by plant species: A comprehensive review. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(33), 79587-79616.

Különösen: Corada, K., Woodward, H., Alaraj, H., Collins, C. M., & de Nazelle, A. (2021). A systematic review of the leaf traits considered to contribute to removal of airborne particulate matter pollution in urban areas. *Environmental Pollution*, 269, 116104.

ezekben az esetekben hatásméretet (effect size) is számolni ($p=0,068$, 29. o.; $p=0,044$ és $p=0,040$, 37. o.; $p=0,042$, 40. o.; $p=0,044$, 43. o.; stb.).

Saját vizsgálatai esetében nem értek egyet azzal, hogy a finom és durva frakciójú por kifejezések helyett esetenként a PM5 és PM10 frakció elnevezést használja, hiszen nem ezeket a részecskeméreteket különítette el a frakcionálás során (7., 58., 67. o.). Az adott vizsgálatokban használt szűrők átlagos pórusméretét tekintve a finom frakciójú por a PM2,5, a durva frakciójú pedig a PM6,5 méretnek felel meg.

Az „5. Következtetések” fejezet lényegében megbeszélés, diszkusszió. Főleg az eredmények rekapitulációjából és irodalmi adatokkal történő, leíró összevetéséből áll. Egy akadémiai doktori értekezésben azonban a megjelent cikkek eredményeinek szintézisét, esetleg egy-két grafikus összefoglalóját is joggal vártam, de nem találtam. Mivel az értekezés már a címe szerint is indikációs kérdésekkel foglalkozik, eredményeinek összefoglalása során kiindulhatott volna például Juhász-Nagy Pál általános indikátor elvéből.³ Hiányérzetem van azért, amiért nem tárgyalja a saját és szakirodalmi vizsgálatok alapján feltárt jelenségek lehetséges kiváltó okait, azok háttérmechanizmusait, legalább a hipotézisek szintjén. Hiányolom továbbá a nyert eredmények jelentőségének rövid kifejtését, vizsgálatainak korlátainak bemutatását és a jövőbeli kutatási irányokra tett javaslatokat.

Az értekezésben közölt eredmények nemzetközileg ismert folyóiratokban jelentek meg, tehát komoly szakmai szűrőkön mentek keresztül. Ettől függetlenül maradtak még kérdések, amik az eredmények tágabb körű értelmezését segíthetik elő. Részemről ezek a következők:

1. A porszennyezések vizsgálatakor rendszerint a PM2,5 és PM10 részecskénagyságokat különítik el a kutatók, ezeket mérik a mérőállomások és ezek vizsgálatára vannak szabványok. Jelölt miért nem ezekkel a frakciókkal dolgozott, hiszen egzakt módon így tudta volna adatait összehasonlítani más vizsgálatok eredményeivel.
2. A 65-66. oldalakon összehasonlítja a pormintákban talált elemkoncentrációkat más szerzők adataival és „kisebb”, illetve „nagyobb” koncentrációkról beszél. Végzett statisztikai számításokat a megállapítások alátámasztására? Ha nem, milyen kritériumok alapján hasonlította össze az adatokat? Ugyanezek a kérdések vonatkoznak a levelekben mért elemkoncentrációkra is.
3. A bécsi és miskolci vizsgálatok eredményei között a CDA tengelyek és egyes elemek korrelációját részletesen bemutatja. Az eredmények diszkusszióját azonban nem találtam az értekezésben. Kérem, a szignifikáns korrelációk esetében értékelje ezeket az eredményeket.

³ Juhász-Nagy, P. (1986). Egy operatív ökológia hiánya, szükséglete és feladatai. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 250.

4. Mivel magyarázza, hogy a bécsi vizsgálatában a városon kívül szignifikánsan magasabb volt a Cd koncentráció a hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus*) levelében, mint a városban (3. táblázat)?
5. Hipotézisként írja: „korrelációt feltételeztünk az APTI [légszennyezettségi tolerancia index] értékek és a finom és durva frakciójú por, valamint a levélszövetben felhalmozódott elemek koncentrációja között” (7. o.). Érdekel, hogy ezt a hipotézist mennyiben sikerült igazolni. A kapott adatokból mire lehet következtetni?
6. Mi lehet az oka annak, hogy a miskolci vizsgálatban a CDA tengelyek mentén a vizsgált fajok levelében talált elemösszetétel sokkal kevésbé különbözik a mintavételi helyek között, mint az ülepedett por elemösszetétele?
7. A légszennyezettségi tolerancia index (APTI) értéke függ a levél aszkorbinsav- és összklorofill-koncentrációjától, a levél oldat pH-jától és a levél relatív nedvességtartalmától. Megállapítja, hogy ezek közül a légszennyezettséggel szemben legérzékenyebbnek a klorofill koncentráció tekinthető (72. o.). Milyen alapon teszi ezt a megállapítást? Végzett esetleg érzékenységvizsgálatot (sensitivity analysis) vagy más kvantitatív elemzést a négy összetevő relatív hatásának megállapítására?
8. Nyolc faj levelein kiülepedett por, két szemnagyságú frakcióit hasonlította össze. Minden faj esetében kevesebb finom, mint durva frakciójú port talált a leveleken (25. ábra). Mi lehetett ennek az oka, hiszen korábban megállapította, hogy a fajoknak szignifikáns hatása van az összes kiülepedett por mennyiségére (29. o.)?
9. Van-e valamelyik fajnak kitüntetett szerepe a vizsgált (egy vagy több) elem indikálásában? Ha igen, melyik fajnak és milyen érvek alapján?
10. Azt írja, hogy „A falevelek és a falevélre ülepedett por elemösszetétele használható indikátor a légszennyezettség jelenlegi becslésére,...” (68. o.). Mennyire védhető ez az állítás, tekintettel arra, hogy a levelekbe nem csak a levegőből, hanem a talajból is juthatnak szennyező elemek.

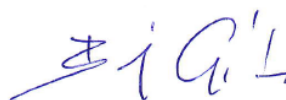
A disszertáció értékeit összefoglalva, a Jelölt alábbi eredményeit tekintem a többi közül kiemelendőnek:

1. Kvantitatív adatokat szolgáltatott arra vonatkozóan, hogy egyes falevelek és az azokra kiülepedett por elemkoncentrációjának együttes vizsgálta alapján, urbanizált környezetben magasabb nehézfém- és elemkoncentráció található. Ezt többféle urbanizációs gradiens mentén is igazolta.
2. Kimutatta, hogy az urbanizáció hatására a fák leveleiben mérhető klorofill-a tartalom csökken, így ezt az értéket önmagában használni lehet a levegő porszennyezésének indikátoraként, különösen a nyugati osterfa (*C. occidentalis*) esetében.
3. A légszennyezettségi tolerancia index (APTI), a porlerakódás és a fémkoncentráció elemzésével bizonyította, hogy ez a kombinált mutató-rendszer használható az urbanizáció és egyéb antropogén tevékenység együttes hatásainak jelzésére.

4. Összehasonlító analízis segítségével kimutatta, hogy a fehérakác (*Robinia pseudoacacia*), az európai hárs (*Tilia europaea*), a hegyi juhar (*A. pseudoplatanus*), a magas kőris (*Fraxinus excelsior*), a közönséges nyír (*B. pendula*) és a nyugati osterfa (*Celtis occidentalis*) fajok leveleinek vizsgálata alkalmas arra, hogy ennek alapján a városi levegő porszennyezésének változásait monitorozzák.
5. Továbbá, adatai segítik a városi levegőminőség és környezeti egészség értékeléséhez szükséges módszerek kidolgozását és a zöld infrastruktúra-tervezését. Eredményeit felhasználhatják a városi tájépítők, környezettervezők, városrendezők, amikor élhetőbb városok kialakítására törekednek. Ne feledjük Magyarországon már most több ember él városokban, mint vidéken.

A fentiek alapján megállapítom, hogy a benyújtott doktori mű eredeti adatokon alapszik, valamint kellő számban és minőségben tartalmaz új tudományos eredményeket, ezért nyilvános vitára alkalmasnak tartom és elfogadását javaslom.

Gödöllő, 2026. 01. 26.



Bakonyi Gábor
az MTA doktora