

AZ ULTRAFINOM LÉGKÖRI AEROSZOL KUTATÁSI PROJEKT

LEGFŐBB EREDMÉNYEINEK TÖMÖR FELSOROLÁSA

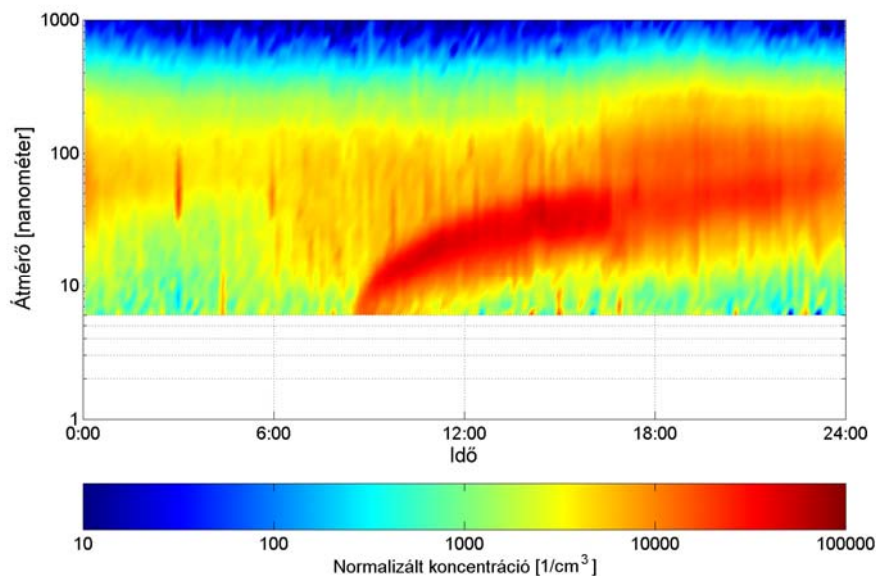
A kutatási projekt markánsan új célokat fogalmazott meg a hazai és nemzetközi aeroszol kutatás területén. Azokat az eredményeket és következtetéseket soroljuk itt fel elsősorban, amelyek legnagyobb része nemzetközileg is új eredménynek tekinthető. Az újrézecske-képződésről és az ultrafinom aeroszol tulajdonságairól Budapesten semmilyen információval nem rendelkezünk korábban. A projekt keretében a következő területeken értünk el jelentős eredményeket.

I. Az ultrafinom aeroszol fizikai tulajdonságai

Meghonosítottuk az ultrafinom ($d < 100$ nm) aeroszol részecskék mérés technikáját és a mért adatok fontosabb kiértékelési módszereit. Az ultrafinom aeroszol részecskék egymástól történő elkülönítése az eddig, általánosan használt aerodinamikai elvek helyett elektrodinamikai vagy elektrosztatikai elveken alapul. Tudomásunk szerint az egyetlen kutatócsoport vagyunk Magyarországon, amelyik saját mérőrendszerrel képes aeroszol részecskék méreteloszlását kísérletileg meghatározni a 6–100 nm átmérőtartományban. A mérőrendszerrel folyamatos terepi méréseket végeztünk Budapest több helyszínén, például belvárosi utcakanyonban (Rákóczi út 4., 2 hónap), nyitott, belvárosi helyszínen (ELTE Lágymányosi Telephely a Duna partján, 1 év 2 hónap), a Várhegy-alagútban (2 hét), városi háttérben (KFKI Telephely, 2 hónap) és további beltéri mikrokörnyezetekben (ELTE Ortvay-előadóterem, tornaterem), valamint a k-pusztai EMEP mérőállomáson (2 hónap) a pályázatban leírt feladatok megvalósítása érdekében. A mérőrendszer által szolgáltatott nagyszámú spektrumból és további segédmennyiségekből számolási és modellezési módszerekkel nukleációs sebesség (J_6), növekedési sebesség (GR), koagulációs nyelő (CoagS), kondenzációs nyelő (CS) és tartózkodási idők meghatározását végeztük el. Ezek értelmezésével:

1. Első alkalommal azonosítottunk légeköri nukleációt Budapesten. A legelső „banángörbét” az 1. ábrán mutatjuk be. Azóta többféle típusú banángörbét mértünk, és leírtuk a részecskék fotokémiai növekedésétől való megkülönböztetés fontosságát. A jelenséget teljes mértékben sikerült jellemeznünk több, mint egy éves, folyamatos mérés adatainak feldolgozásával. Megállapítottuk, hogy a légeköri nukleáció Budapesten nem ritka jelenség; az előfordulás gyakorisága a Duna felett éves szinten 27%. A nukleációs gyakoriság jelentős évszakos változékonysággal rendelkezik: tavasszal 44%, míg télen 7,3%. Számításaink azt mutatják, hogy a nukleáció előfordulását leginkább a kondenzációs nyelő (meglévő aeroszol-populáció), másodrészt a napsugárzás intenzitása határozza meg. A kondenzációképes gőzök (H_2SO_4 , H_2O és NH_3), illetve ezek elővegyületei (SO_2 , VOC-k) koncentrációjának kisebb a hatása. Korlátozott térbeli

kiterjedésű területeken (utcakanyonokban, alagútban) a mikrometeorológia gyakran játszik közvetítő szerepet. Az új részecske-képződés intenzitása $1,65$ és $12,5 \text{ cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ között változik; átlagértéke és szórása $(4,2 \pm 2,5) \text{ cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$. A 6 nm átmérőjű aeroszol részecskék növekedési sebessége jelentős: $2,0$ -tól $13,3 \text{ nm h}^{-1}$ értékű; $(7,7 \pm 2,4) \text{ nm h}^{-1}$ átlagértékkel és szórással. Az értékek a nukleáció levegőminőségi következményeire is rávilágítanak. A nukleációs „felhő” horizontális kiterjedése időnként eléri a főváros lineáris méretét, de gyakrabban jelentős térbeli különbségek alakulnak ki a városon belül. A nukleációs gyakoriság tehát összevethető, de nem azonos a város különböző környezeteiben. Ilyen jellemzéssel csupán 4–5 nagyváros rendelkezik világszerte.

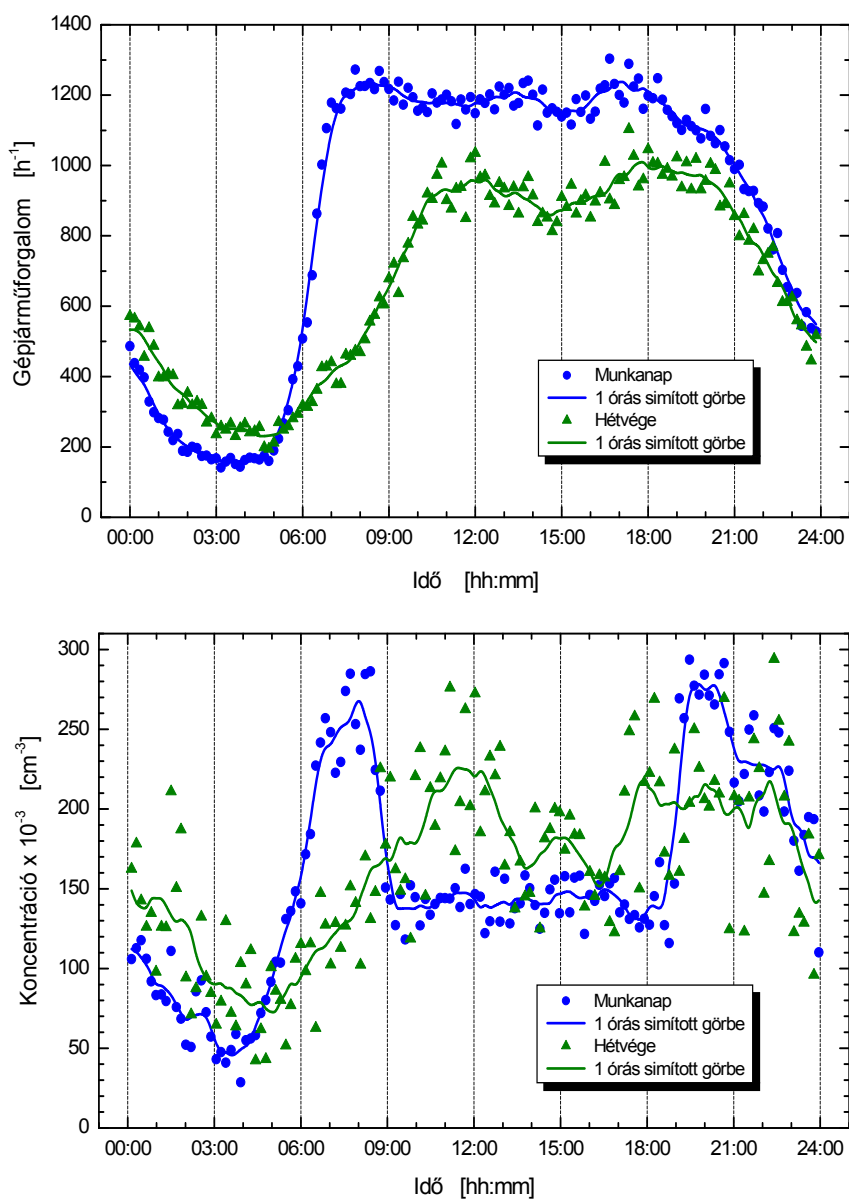


1. ábra: Új aeroszol részecskék keletkezése és növekedése Budapest belvárosában 2008. november 8-án, szombaton.

2. Meghatároztuk, hogy részecskeszám-koncentráció jelentős eltér a város egyes területein. Városi háttérhelyen az aeroszol részecskék számának napi medián koncentrációja $4,3 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$, a belvárosban $11,8 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$, egy belvárosi utcakanyonban $23 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$, míg a Várhegy-alagútban a medián elérte a $143 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$ értéket. A legnagyobb mért (10 perces) adat az Alagútban $463 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$ volt. Az ultrafinom aeroszol részecskék átlagos járuléka a teljes részecskeszámhoz meglehetősen nagy: 80% körüli, és csupán kismértékben, vagyis 79% és 86% között változik a különböző helyszíneken. Ennek az emberi légzőszervekben történő kiülepedésben van jelentősége. Kidolgoztuk az ultrafinom aeroszol részecskék tüdőbeli kiülepedésének sztochasztikus modelljét, és elvégeztük az első számításokat. Az eredmények azt mutatják, hogy a kiülepedés mértéke jelentősen függ a részecskék higroszkópos tulajdonságától. Meghatároztuk a részecskék koncentrációjának átlagos/tipikus napi menetét különböző időszakokban (nukleációs nap,

munkanap, hétvége, különböző évszakok), és megállapítottuk ennek relevanciáját a városlakók részecskeszám-expozíciója szempontjából.

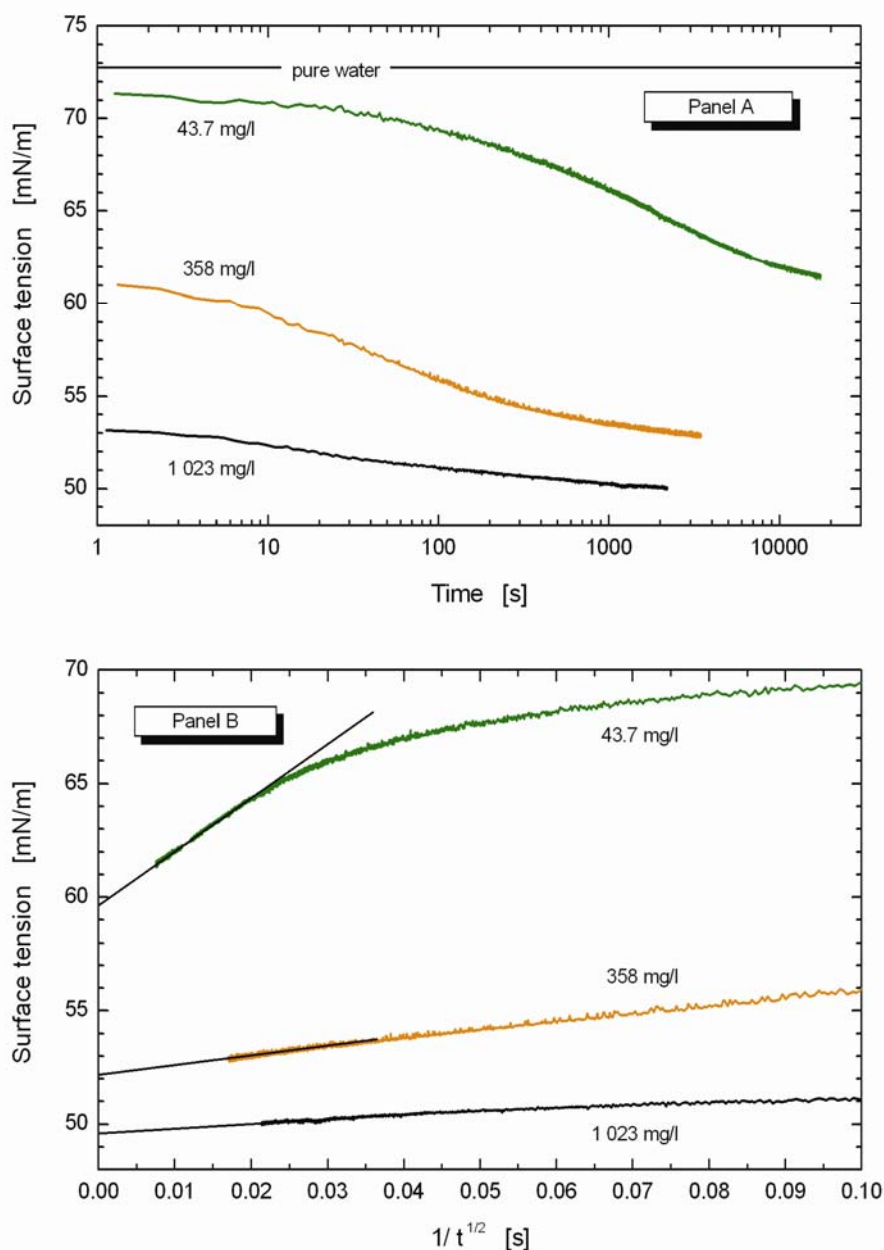
- Megállapítottuk, hogy a méreteloszlásokban általában az Aitken-módus és az akkumulációs módus azonosítható, változó, de napi átlagot tekintve közel azonos relatív koncentrációban. A módusokat természetes és antropogén emissziós forrásokhoz kapcsoltuk. Időszakosan megjelenik a nukleációs módus, amely átlagosan 2,7-szeresére növeli a meglévő részecskék koncentrációját. Az antropogén források között a közúti gépjárműforgalom és a háztartási tüzelés a legjelentősebb. A közúti közlekedésből származó emissziót a helyi meteorológiai viszonyok, illetve a mesterséges szellőztetés jelentősen befolyásolja.



2. ábra: Az Alagúton mindkét irányban áthaladó gépjárművek átlagos száma, valamint a részecskeszám koncentráció átlagos változása munkanapokon és hétvégéken 2010. júliusban

II. A légköri humuszszerű anyag kémiai tulajdonságai

4. Első alkalommal bizonyítottuk, hogy a HULIS éghajlati hatását befolyásoló felületi aktivitás nagyobb koncentrációkban gyors és igen jelentős (akár 69%-ra is csökkentheti a csepp-levegő fázishatáron a felületi feszültséget), míg közepes koncentrációkban nem érvényesül, mert az egyensúlyi állapot eléréséhez szükséges idő hosszú (több óra), és ez általában nem áll rendelkezésre valós légköri folyamatokban.



3. ábra: HULIS tartalmú oldatcsepp felületi feszültségének változása különböző koncentrációk esetén. A panel: a mért relaxáció, B panel: az egyensúlyi állapot diffúzióvezérelt folyamatot feltételezve

5. Megvizsgáltuk a légköri humuszszerű anyag (HULIS) kiralitásának és keletkezési mechanizmusának kapcsolatát, és megerősítettük a vidéki, városi és trópusi biomassza égetés környezetekben korábban javasolt képződési folyamatokat. Eközben első alkalommal használtunk kiroptikus (ECD és VCD) spektroszkópia módszereket szerves vegyületek tartalmazó aeroszol részecskék kutatására.
6. Először határoztuk meg a HULIS higroszkópos viselkedését, amelynek értelmében nem elfolyósodó tulajdonságú anyagról van szó, amely néhány 100 nm átmérőjű részecskéi 1,6-szoros méretűre képesek nőni telített vízgőz környezetében. Az eredmény a globális levegőkémiai modellek bemenő adatát pontosítja.

III. Különleges városi mikrokörnyezetek

7. Magyarországon elsőként jellemeztük a budapesti metróban kialakuló aeroszol fizikai tulajdonságait nagy időfelbontással, kémiai összetételét, és meghatároztuk fő forrástípusait, valamint a szerelvényvezetőkre és az utasokra kifejtett egészségügyi hatását. Az eredmények nemzetközileg újdonsága miatt a Royal Chemical Society, UK a világ metróit áttekintő könyvfejezet megírására kérte fel a projekt vezetőjét (lásd: publikációs lista).

A projekt tehát a terveket meghaladó mértékben, eredményesen alakult. Érdemes külön is megemlíteni, hogy:

- a szűkebb szakterület legnagyobb (5,309) impaktfaktorú, csúcsfolyóiratában az *Atmospheric Chemistry and Physics*-ben a futamidő alatt 6 cikkünk jelent meg,
- a futamidő alatt a projekt vezetője (2007-ben) és a társintézmény vezető kutatója (2011-ben) megszerezték az MTA doktora címet,
- a projekt vezetője a hónap OTKA kutatója volt 2007. októberben,
- az OTKA – Élet és Tudomány cikkpályázat második helyezettje lett az eredményeinket bemutató dolgozat 2009-ben,
- a mérési eredményeinket megjelenítő ún. banángörbét a címlapon hozta az Élet és Tudomány 2010. május 21-i száma,
- eredményeink alapján felkértek a Mindentudás egyetem 2.0 Lég-kör-kép című magazinműsorában való szereplésre 2011-ben,
- munkánk folytatását támogatta az OTKA Bizottság egy új kutatási projekt formájában a legutóbbi pályázati fordulóban.