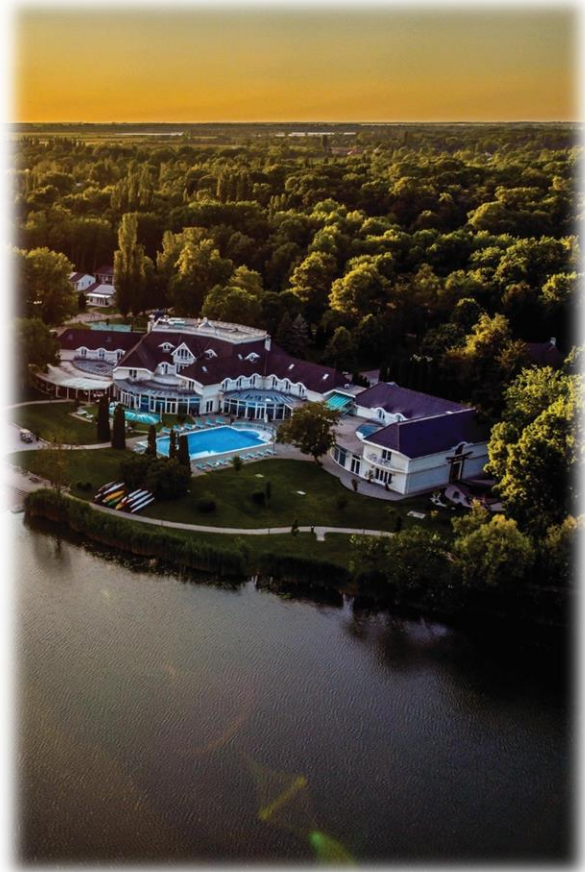


XVI. MAGYAR AEROSZOL KONFERENCIA

Szarvas

2024. április 25-27.



XVI. MAGYAR AEROSZOL KONFERENCIA SZARVAS 2024



Konferencia köszöntő



Tisztelettel köszöntöm a XVI. MAGYAR AEROSZOL KONFERENCIA minden kedves résztvevőjét, előadóit, hallgatóit és szervezőit! Nagy öröm számomra, hogy a Szegedi Tudományegyetem és a Szegedi Gyógyszerészképzés Fejlesztéséért Alapítvány szervezésében 2024-ben is meg tudjuk rendezni a Magyar Aeroszol Társaság nagy hagyományú és érdeklődésre számot tartó konferencia sorozat következő eseményét. A tudományos program széles szakmai kör érdeklődésének szeretne megfelelni, így az *Aeroszol technológia*, *Légköri aeroszol tanulmányok*, *Aeroszol mérési technikák*, *Aeroszolak és egészség (aeroszol gyógyszerek)* és *Alapvető aeroszolizációs eljárások új eredményei* témakörökben összesen 40 előadás 8 szekcióba sorolva kerül bemutatásra. Ezen a szakmai rendezvényen lehetőséget teremtünk arra, hogy különböző tudományterületeket érintő aeroszol kutatások színvonalas eredményeit helyezzük előtérbe, a szakmai diskussziók során felmerülő kérdésekkel és a szünetekben folytatott kötetlen eszemcserékkel pedig lehetőséget adjunk kooperációk kialakítására, ezáltal a kutatási irányvonalak erősítésére. Szponzoraink, kiállítóink támogatásával hasznosan és kellemesen tudjuk ezt megvalósítani.

A konferencia minden résztvevőjének eredményes tanácskozást, az impozáns környezetnek köszönhetően kellemes kikapcsolódást kívánok!

Dr. Ambrus Rita

a Konferencia elnöke

*Szegedi Tudományegyetem, Gyógyszertchnológiai
és Gyógyszerfelügyeleti Intézet*

Szakmai Szervező Bizottság

Dr. habil Ambrus Rita

Konferencia elnöke
Szegedi Tudományegyetem, Gyógyszertechnológiai és Gyógyszerfelügyeleti
Intézet

Prof. Dr. Hopp Béla

Konferencia tudományos és szervező bizottságának elnöke
Szegedi Tudományegyetem, Fizikai Intézet

Prof. Dr. Salma Imre

Magyar Aeroszol Társaság elnöke

Szegedi Gyógyszerészképzés Fejlesztéséért Alapítvány

kuratóriumi elnök: Prof. Dr. Csóka Ildikó

dr. Party Petra

kapcsolattartó szervező

Dr. Tóth Bettina

kapcsolattartó szervező

Általános információk:

Honlap:

<https://www.physx.u-szeged.hu/magyar-aeroszol-240122-3>

Helyszín:

Szarvas, Liget Wellness és Konferencia Hotel****

Absztraktfüzet:

DOI: <https://doi.org/10.14232/MAK.2024.af>

Szerkesztők: Ambrus Rita, Party Petra

Program

Április 25. Csütörtök

- 12:00 - 13:00 Regisztráció, Kávészünet
- 13:00 - 13:15 Megnyitó, Salma Imre és Ambrus Rita
- 13:15 – 13.30 **Czitrovszky Aladár:**
Az új Aerosol Research című szaklap ismertetése és szerkesztési tapasztalatai
- 13:30 - 14:00 Plenáris előadás - **Ajtai Tibor:**
Spektrális alapú forrásazonosító modellek. Alapelvek és gyakorlati alkalmazások.
- 14.00 - 15:00 1. szekció: A légköri aeroszol tanulmányok I.
Elnök: Salma Imre
- 14.00 - 14:15 **Kertész Zsófia:**
Légköri aeroszolszennyezés dinamikája a COVID-19 lezárások alatt Debrecenben
- 14.15 - 14:30 **Dobó Zsolt:**
Szállópor mérőhálózat fejlesztése Miskolcon és Kaposváron
- 14.30 - 14:45 **Uramné Dr. Lantai Katalin:**
PMMONITORING rendszer adatértékelésének tapasztalatai
- 14.45 - 15:00 **Major István:**
Magyarországi nagyvárosokban gyűjtött széntartalmú PM10 aeroszol forrásainak meghatározása nyomjelző analitikai módszerekkel
- 15:00 - 16:00 Kávészünet (szobák elfoglalása)
- 16:00 - 17:30 2. szekció: Aeroszol mérési technikák I.
Elnök: Nagy Attila
- 16:00 - 16:15 **Molnár Mihály:**
LEA + GIS – új lehetőség a hazai aeroszol 14C vizsgálatokban
- 16:15 - 16:30 **Alföldy Bálint:**
Fatüzelésből származó aeroszokok optikai tulajdonságainak vizsgálata 9-csatornás Aethalométer használatával

16:30 - 16:45	Abdul Rahman: Absorption based source apportionment of atmospheric carbonaceous particulate matter using Aethalometer and Photoacoustic methods
16:45 – 17:00	Kakasi Balázs: Legális szilárd tüzelőanyagok és különböző műanyag hulladéktípusok lakossági kályhában történő együttes égetéséből származó füstgázok és aeroszolak citotoxicitásának összehasonlító vizsgálata
17:00 - 17:15	Kup Katica Anna A COPD-s betegek és egészséges felnőttek PM2,5 expozíciója közötti különbség a kórházi rehabilitációs szobában végzett testmozgás során
17:15 – 17:30	Hopp Béla: Gyógyszerhatóanyag aeroszolak előállítása impulzulézeres ablációval gáz környezetben
17:30 - 17:35	Gera Tamás: Polimer alapú mágneses nanokompozitok impulzulézeres ablációval történő előállítása az olajszennyezések lehetséges kezelése érdekében
17:35 - 20:00	Szabadprogram, vacsora
20:00 -	Esti előadás és beszélgetés Gelencsér András: Ábrándos szép napok...– őszintén a globális fenntarthatóságról

Április 26. Péntek

7:00 - 10:00	Reggeli, szabadprogram
10:00 - 10:15	Zsigmondy Richárd díj átadása, Salma Imre
10:15 - 10:45	Díjazott előadása
10:45 - 11:45	3. szekció: Aeroszolak és egészség I. <i>Elnök: Ambrus Rita</i>
10:45 - 11:00	Farkas Árpád: Tradicionalis és új típusú dohánytermékek aeroszol részecskéi

- 11:00 - 11:15 **Horváth Alpár:**
Légzési paraméterek hatása az inhalációs gyógyszerek tüdőbeli kiülepedésére
- 11:15 - 11:30 **Keglevich András:**
Obstruktív légúti betegségek kezelésében alkalmazott innovatív inhalációs eszközök és technológiák
- 11:30 - 11:45 **Szénási Georgina:**
Inhalációs gyógyszerek törzskönyvezése
- 11:45 - 13:00 Kávészünet
- 13:00 - 14:30 4. szekció: Aeroszol mérési technikák II.
Elnök: Czitrovsky Aladár
- 13:00 - 13:15 **Lucia Bustin:**
Assesing potential health risks of nanoparticle emissions released during industrial metal laser cutting process
- 13:15 - 13:30 **Kugler Szilvia:**
Két különböző nikkell-ötvezet lézeres fémnyomtatása során újonnan keletkezett aeroszol részecskék tulajdonságai
- 13:30 - 13:45 **Nagy Attila:**
Lézeres fémnyomtatás során a környezetbe jutó aeroszol részecskék jellemzése és hatásai
- 13:45 - 14:00 **Osán János:**
Referenciaminták kaszkádimpaktorról vett aeroszol-részecskék totálreflexiós röntgenfluoreszcenciás elemzéséhez
- 14:00 - 14:15 **Papp Enikő:**
Gyógyszer-expozíció vizsgálata magisztrális gyógyszerkészítés közben
- 14:15 - 14:30 **Veres Miklós:**
A felületerősített Raman-szórás alkalmazása mikroműanyagok azonosítására
- 14:30 - 15:30 5. szekció: Aeroszolizációs eljárások
Elnök: Ajtai Tibor
- 14:30 - 14:45 **Kohut Attila:**
Atomi szintű keveredés vizsgálata kétkomponensű aeroszol nanorészecskék szikra ablációs kialakítása során

14:45 - 15:00	Horváth Viktória: Aeroszol úton előállított SERS szubsztrátok felhasználása tirám kimutatására
15:00 - 15:15	Villy Lajos Péter: Szikra ablációval előállított arany-kobalt nanorészecskék keveredésének vizsgálata
15:15 - 15:30	Megyeri Dániel: Fém nanorészecskék szinterezési mechanizmusának vizsgálata különböző gázkörnyezetben
15:30 - 16:00	Kávészünet
16:00 - 17:00	6. szekció: Légtörő aeroszol tanulmányok II: <i>Elnök: Kertész Zsófia</i>
16:00 - 16:15	Kövesi-Lázár Krisztina: A CAMS szakpolitikát segítő eszközei nyújtotta lehetőségek bemutatása
16:15 - 16:30	Ferenczi Zita: Milyen információkat szolgáltat a COPERNICUS ATMOSPHERE MONITORING SERVICE?
16:30 - 16:45	Tóth Anita: A saharai por magyarországi PM10 koncentrációhoz való hozzájárulásának meghatározása
16:45 - 17:00	Rostási Ágnes: A saharai porviharos események hatása a hazai fotovoltaikus energiatermelésre
17:00 - 19:30	Szabadprogram
19:30 - 21:30	Konferenciavacsora

Április 27. Szombat

8:00 – 10:00	Reggeli, szabadprogram (szobák elhagyása)
10:00 – 11:00	7. szekció: Aeroszolk és egészség II. <i>Elnök: Keglevich András</i>

- 10:00 – 10:15 **Party Petra:**
Ibuprofén tartalmú száraz porinhalációs rendszerek fejlesztése
cisztás fibrózis kezelése céljából
- 10:15 – 10:30 **Heba Banat:**
Development and formulation of a single dry powder inhaler
combining ketoprofen nanoparticles-embedded mannitol
microparticles for pulmonary inflammations: in vitro and in silico
analysis, and cell line assessment
- 10:30 – 10:45 **Motzwickler-Németh Anett:**
 γ -Ciklodextrin alapú fémorganikus hordozók előállítása és
alkalmazása ibuprofén pulmonális bevitele céljából
- 10:45 – 11:00 **Füri Péter:**
Aeroszolgyógyszer-részecskék méreteloszlásának és alakjának
meghatározása és a légúti kiülepedéseloszlás modellezése
- 11:00 – 12:15 8. szekció: Légköri aeroszol tanulmányok III.
Elnök: Gelencsér András
- 11:00 – 11:15 **Hoffer András:**
Az illegális háztartási hulladékégetés helyszíni azonosítása
- 11:15 – 11:30 **Jancsek-Turóczi Beatrix:**
A nem kipufogógázból származó közlekedés eredetű aeroszol
részecskék valós idejű monitorozása
- 11:30 – 11:45 **Tordai Ágoston Vilmos:**
Kerékpáros aeroszol mérések Budapest belvárosában
- 11:45 – 12:00 **Vörösmarty Máté:**
A budapesti aeroszol forrásai 11 év tapasztalatai alapján
- 12:00 – 12:15 **Salma Imre:**
A tűzijáték füstje és hatásai
- 12:15 – 12:30 Zárszó
Ambrus Rita és Salma Imre

**XVI. MAGYAR AEROSZOL KONFERENCIA
SZARVAS 2024**



Absztraktok

DOI: <https://doi.org/10.14232/MAK.2024.9>

Az új Aerosol Research c. szaklap ismertetése és szerkesztési tapasztalatai

Czitrovsky Aladár



Wigner Fizikai Kutatóközpont, 1121 Budapest, P.f. 49.

2023-ban a GAeF kezdeményezésére elindult az Aerosol Research c. peer reviewed open excess új szaklap, amelynek a létrehozásában mi is részt vettünk. Ebben a szaklapban a következő területek vannak preferálva: Aerosol Technology (AT), Atmospheric Aerosols (AA), Aerosol Measurements and Instrumentation (AMI), Aerosols and Health (AH), Fundamental Aerosol Research (FAR).

A szaklap főszerkesztői: Benjamin Murray (University of Leeds, UK), Jonas Elm (Aarhus University, Denmark), Eirini Goudeli (University of Melbourne, Australia), editorial manager: Sebastian Schmitt (GAeF treasurer, Germany).

Home

Aerosol Research

ARTICLES & PREPRINTS ▾ SUBMISSION POLICIES ▾ PEER REVIEW ▾ DIAMOND OPEN ACCESS EDITORIAL BOARD ABOUT ▾ ↗

OPEN ACCESS INTERACTIVE PUBLIC PEER REVIEW ARTICLE LEVEL METRICS DIAMOND OPEN ACCESS

Executive editors: Benjamin Murray, Jonas Elm & Eirini Goudeli
Editorial manager: Sebastian Schmitt

Aerosol Research (AR) is a not-for-profit international scientific journal dedicated to the publication and public discussion of high-quality studies investigating aerosols. It covers all aspects of aerosol-related research.

The main subject areas comprise aerosol technology, atmospheric aerosols, aerosol measurements and instrumentation, aerosols and health, and fundamental aerosol research. The journal scope is focused on studies with general implications for any of the subject areas rather than investigations that are primarily of local interest or of a descriptive nature. Research articles and review articles are considered for peer-reviewed publication. These are complemented by invited perspective articles and communication contributions. The conference proceedings of the annual European Aerosol Conferences are also published as a separate series of Aerosol Research Proceedings.

Mi az Aerosol Measurements and Instrumentation (AMI) szakcsoportban veszünk részt (Czitrovsky Aladár - felelős szerkesztő, Wigner FK, Andreas Held, Technische Universität Berlin, Hilikka Timonen, Finnish Meteorological Institute). A beküldött cikkek feldolgozása két lépcsős, a szakterület szerkesztői először átnézik a beküldött kéziratokat és kijelölik a referee-ket, vagy saját maguk vállalják a véleményezést. A teljes feldolgozás a közzétételig max. 1,5 – 2 hónap. A jövőben tematikus kiadványok is meg fognak jelenni.

Az Aerosol Research a Copernicus szerkesztői háttérrel működik, amely a következő linken érhető el: <https://www.aerosol-research.net/home.html> A szaklapban való publikálásra és a cikkek véleményezésére felkérjük a magyar kollégákat is.

Spektrális alapú forrásazonosító modellek. Alapelvek és gyakorlati alkalmazások.

Ajtai Tibor^{1,2}, Salma Imre³, Abdul Rahman¹, Hodovány Szabolcs¹, Szabó Gábor¹, Bozóki Zoltán^{1,2}

¹Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, Szegedi Tudományegyetem, Szeged

²HUN-REN-SZTE Fotoakusztikus Környezetifolyamat-megfigyelési Kutatócsoport, Szeged

³Kémiai Intézet, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest



Az abszorpciós spektrumának kvantitatív jellemzésére használt Aerosol Angström Expoent (AAE) a légköri korom aeroszolkok nyomjelzője. A légköri korom aeroszolkok kibocsátó forrásainak valós idejű azonosítása elsőként Sandradewy és mtsai javasoltak eljárást [1]. Az általuk javasolt forrásazonosító eljárásra az irodalomban leggyakrabban Aethalométer modelként hivatkoznak. Az Aethalométer modelben a forrásspecifikus AAE értékeket filteren gyűjtött minták utólagos, termoanalitikus, vagy termoanalitikus mérsekkel korrigált radiokarbon mérésekkel határozzák meg. A mérések magas költségigénye és bonyolultsága miatt az AAE értékek meghatározását sok esetben más mérési helyszíneken mért vagy önkényesen választott irodalmi adatokkal helyettesítik. Az AAE meghatározásához köthető bizonytalanságok erős korlátot jelentenek a kibocsátó források tömeg-koncentrációjának pontos és megbízható meghatározásánál. A forrásspecifikus AAE értékek meghatározására az abszorpciós és a méreteloszlás spectrum egyidejű mérésen alapuló általunk javasolt megoldás mentes a filteres mintavételhez köthető bizonytalanságoktól [2]. Az így meghatározott forrásspecifikus AAE értékeken alapuló általunk kifejlesztett forrásazonosító modelt egy korábbi előadásban már ismertettem. Az általam korábban bemutatott forrásazonosító model (PA-model), az Aethalométer-modelhez hasonlóan, a légköri korom aeroszolkok össztömeg-koncentrációjának kiegészítő mérési adatait is felhasználja a kibocsátó források tömeg-koncentrációjának a meghatározásához. Ebben az előadásban az Aethalométer-model, a párhuzamosan mért fizikai mennyiségek közötti összefüggések feltárásán és számszerűsítésén alapuló, továbbfejlesztett változatát ismertetem.

- 1 Sandradewi, J., Prévôt, A. S., Szidat, S., Perron, N., Alfarra, M. R., Lanz, V. A., ... & Baltensperger, U. R. S. (2008). Using aerosol light absorption measurements for the quantitative determination of wood burning and traffic emission contributions to particulate matter. *Environmental science & technology*, 42(9), 3316-3323.
2. Ajtai, T., Utry, N., Pintér, M., Major, B., Bozóki, Z., & Szabó, G. (2015). A method for segregating the optical absorption properties and the mass concentration of winter time urban aerosol. *Atmospheric Environment*, 122, 313-320.

Légköri aeroszolszennyezés dinamikája a COVID-19 lezárások alatt Debrecenben

Kertész Zsófia, Shafa Aljboor, Angyal Anikó, Papp Enikő, Bán Sándor, Furu Enikő, Szarka Máté, Szikszai Zita

HUN-REN ATOMKI, Debrecen, Bem tér 18/c



A COVID-19 világjárvány miatti világméretű korlátozások radikális változást idéztek elő a városi levegő minőségében. A munka célja az volt, hogy tanulmányozzuk és megértsük a PM10 és PM2,5 szennyezés változását más levegőminőségi paraméterekkel együtt Debrecen városában 2018 és 2022 között. E cél elérése érdekében egy olyan integrált megközelítést vezettünk be, amely kombinálja a források receptor-modellezéssel történő azonosítását, a trajektória-alapú statisztikai módszereket, és figyelembe veszi a helyi és regionális meteorológiát. 2020-2022-re vonatkozóan meghatároztuk a légköri aeroszol koncentrációját, elemi összetételét és forrásait tíz, egyenként 2-3 hónap hosszú időszakra (négy zárlat, két átmeneti intervallum és két-két lazítási időszak), és a kapott eredményeket összehasonlítottuk a 2018-19-es megfelelő bázisértékekkel. A durva frakció fő összetevője az ásványi por volt (32%), míg a PM2,5 fő összetevői a BC (15%), a szulfát aeroszokok (19%) és az ásványi por (13%). A pozitív mátrix faktorizáció 8 forrást azonosított mindkét méretfrakcióban: talaj, közlekedés, többféle tüzelés, biomassa égetés, biogén kibocsátás, tengeri só, építkezés, útépités, másodlagos szulfát. A korlátozások által érintett teljes kétéves időszakot figyelembe véve a koncentrációk és a források hozzájárulása 20-25%-os csökkenést mutatott, eltekintve az olyan ideiglenes forrásoktól, mint az útépitési munkálatok vagy a tengeri só epizódok. A lakosság megváltozott szokásai is nyomon követhetők voltak a légszennyezettség alakulásában. Pl. az otthon maradás a zárlatok idején a háztartási fűtésből származó biomassaégetés jelentős növekedéséhez vezetett 2020 és 2021 tavaszán. Az egyes zárlatok és lazítási időszakok vizsgálatával kimutattuk, hogy az aeroszol szennyezés alakulását a viszonylag rövid, 2-3 hónapos intervallumokban jelentősen befolyásolták a helyi és regionális meteorológiai paraméterek, a légtömegek eredete, a sivatagi poredzők és az időszakos építkezések.

1. Kertész Zs, et al. Atmospheric Environment 318 (2024): 120267.

Szállópor mérőhálózat fejlesztése Miskolcon és Kaposváron

Dr. Dobó Zsolt

Tudományos főmunkatárs, Energia-, Kerámia-, és Polimertechnológiai Intézet, Miskolci Egyetem



A LIFE IP HUNGAIRY projekt keretein belül Miskolc Megyei Jogú Önkormányzata és a Miskolci Egyetem közösen nagy-felbontású légszennyezettség mérőhálózatot indított el 2021 szeptemberében Miskolcon ún. low-cost szenzorok alkalmazásával, majd a mérőhálózat 2021 őszén kiterjesztésre került Kaposvárra is. Ehhez az Egyetem egyedi mérőegységet fejlesztett ki, amelyben PMS7003 típusú PM10 és PM2.5 mérésére alkalmas low-cost szenzor, továbbá BME680 típusú környezeti paramétereket (hőmérséklet, páratartalom, barometrikus nyomás) mérő szintén low-cost szenzor foglal helyet. A szenzoradatokat egy Raspberry Pi alapú egység folyamatosan regisztrálja, valamint 2G kommunikációt alkalmazva 15 perces adatokat továbbít a központi szerver felé. A szerveren a mérőhálózat összes mérőegységének az adata megtalálható adatbázisba rendezve, az aktuális és múltbéli légszennyezettségi adatokat pedig térképes megjelenítési formában a pmmonitoring.hu weboldalon lehet megtekinteni, amelyen a légszennyezettség mértékének megfelelő emoji ikonokkal történik a mérési adatok kommunikációja a közönség felé. A mérőegység alkatrészei 3D nyomtatott, lamellás szerkezetű mérőházban foglalnak helyet, a pormérő szenzorok pedig kalibráláson esnek át, amely klímakamrában kontrollált hőmérséklet és páratartalom viszonyok mellett történik, TSI DustTrak 8543-M (TSI) pormérő eszközt alkalmazva referenciaműszerként. Ezen kívül a kihelyezett mérőegységek közül három az OLM (Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat) mérési adataival is összehasonlításra kerül, amelyet kivetítve a teljes mérőhálózatra egyúttal tükrözik annak pontosságát. Miskolcon összesen 60 darab, Kaposváron 20 db mérőegység került kihelyezésre. Mivel a mérőhálózat low-cost szenzorokkal szerelt, ezért fontos megemlíteni, hogy a mérőhálózat nem szolgál hiteles adatokkal, ugyanakkor az általa eddig összegyűjtött adatok és a tapasztalatok alapján pontosabb képet kapunk a szmoghelyzetek kialakulásáról, a legszennyezettebb városrészek helyzetéről, a légszennyezettség terjedéséről, a terjedés irányáról és sebességéről, a fűtési szokásokról, a légszennyezés helyi sajátosságairól. A mérőhálózat üzemeltetése és karbantartása a projekten belül fontos feladat, naprakészen tartása az egyik legnagyobb kihívás. Ezért célunk a mérőhálózat minden szintjén, de főleg a mérőegységek területén az élettartam növelése és az adatok rendelkezésre állásának folyamatos biztosítása.

DOI: <https://doi.org/10.14232/MAK.2024.13>

PMMONITORING rendszer adatértékelésének tapasztalatai

Uramné Dr. Lantai Katalin

HungAIRy projekt,
Miskolc MJV Önkormányzat , 3525 Miskolc, Városház tér 8.



A LIFE HungAIRy 8 évig futó projekt az egyik legjelentősebb környezetvédelmi probléma megoldását, a levegőminőség javítását célozza 8 régiót lefedve 10 magyar településen, köztük Miskolcon is.

A HungAIRy-projektben Miskolc Megyei Jogú Város Önkormányzata és a Miskolci Egyetem együttműködésében, pilot akció keretén belül több mint 60 helyen telepítettek mérőegységeket városszerte. A mérőegységekbe beépített szenzorok a levegőben lévő szilárd részecskék – a köznyelvben szállópor – mennyiségének mérésére alkalmasak. A mért adatok a pmmonitoring.hu weboldalon és pmmonitoring applikációban minden érdeklődő számára elérhetőek, így bárki, bármikor tájékozódhat az aktuális levegőminőségről, emellett pedig egészség- és életmódtanácsokat is kaphat a levegőszennyezés megelőzéséhez, vagy az ahhoz történő alkalmazkodáshoz kapcsolódóan.

A mérőhálózat eddigi eredményei jól mutatják, hogy Miskolcon a légszennyezésért elsősorban a helytelenül alkalmazott szilárd tüzelés a felelős. Az éves adatsorok értékelésénél figyelembe vettük a jelenleg hatályos jogszabályban foglalt határértékek betartását, de a WHO 2021. évi ajánlásában szereplő szigorúbb értékekre is elvégeztük az elemzést. Két teljes év adatsora áll jelenleg rendelkezésre, melyek alapján már kiszűrhetők a város azon pontjai, ahol intenzívebb beavatkozás, hatékonyabb szemléletformálás szükséges a lakossági kibocsátások csökkentése érdekében.

Külön diagramban jelenítjük meg az átlagkoncentráció változást havi bontásban, továbbá az egészségügyi határérték és a tájékoztatási, riasztási küszöbérték túllépések számát.

Az adatok rendelkezésre állási statisztikája alapján megállapítható, hogy a low cost szenzorok 80-90 % os biztonsággal üzemelnek.

Az eredmények alátámasztják azt is, hogy a közhiedelemmel ellentétben a város levegőjének szennyezettsége nem nő, hanem évről-évre, még ha kis mértékben is, de csökken.

Magyarországi nagyvárosokban gyűjtött széntartalmú PM10 aeroszol forrásainak meghatározása nyomjelző analitikai módszerekkel

Major István¹, Kertész Zsófia¹, Angyal Anikó¹, Furu Enikő¹, Papp Enikő¹, Bán Sándor¹, Vasanits Anikó², Molnár Anita¹, Gergely Virág¹, Molnár Mihály¹



1 HUN-REN Atommagkutató Intézet, INTERACT laboratórium, 4026 Debrecen, Bem tér 18/c.

2 Eötvös Lóránd Tudományegyetem, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/a. imajor@atomki.hu

A magas aeroszol koncentrációjú időszakok környezet- és egészségkárosító hatása gyakran jelent problémát Magyarországon, ami főként az ország elhelyezkedéséből adódik (a medence jelleg a Kárpátokon belül). A légköri aeroszolnak az egyik fő összetevőjét olyan széntartalmú anyagok alkotják, melyek megkülönböztetése többféle szempontrendszer szerint lehetséges (forrás, keletkezés, stb.). A széntartalmú aeroszol fő forrásai többé kevésbé már ismertek, viszont az egyedi hozzájárulások számszerű értéke, illetve időbeli eloszlása még mindig számos kutatás tárgyát képezik. Ezen kutatásokban egyre gyakrabban hívnak segítségül izotópanalitikai eljárásokat, melyek a hagyományos módszereket kiegészítve még pontosabb forrásanalízist tesznek lehetővé. A radiokarbon módszer segítségével a modern, illetve fosszilis eredetű források különíthetők el (1), míg a levoglükozán nyomjelzőt alkalmazva a két legnagyobb modern forrás, vagyis a biológiai kibocsátás, illetve a fatüzelés általi emberi kibocsátások mértéke számszerűsíthető. A 2015-ös év első felében egy átfogó PM10 gyűjtő kampányt hajtottunk végre öt nagyvárosban (Budapest, Debrecen, Miskolc, Pécs, Nyíregyháza), amit a magyar állam finanszírozott. Ennek célja a kibocsátó források, illetve azok minél pontosabb hozzájárulásainak meghatározása volt. A vizsgálatok során meghatároztuk a gyűjtött minták teljes (TC), szerves (OC) és elemi (EC) szén tömegkoncentrációját és a TC fajlagos ¹⁴C aktivitását és levoglükozán koncentrációját. Az eddigi vizsgálataink egyértelműen a modern eredetű aeroszol források túlsúlyát mutatják a téli/fűtési időszakban, viszont a biológiai és fatüzelés hozzájárulások mértéke is széles skálán mozog. Ezzel szemben a fosszilis források hozzájárulásai viszonylag kiegyenlítettek voltak a vizsgált időszakban.

1. Major, I., Furu, E., Varga, T., Horváth, A., Futó, I., Gyökös, B., ... Molnár, M. Source identification of PM_{2.5} carbonaceous aerosol using combined carbon fraction, radiocarbon and stable carbon isotope analyses in Debrecen, Hungary. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT 782, 146520. (2021)

LEA + GIS – új lehetőség a hazai aeroszol ¹⁴C vizsgálatokban

Molnár Mihály, Major István, Bán Sándor

HUN-REN Atommagkutató Intézet, Debrecen, Magyarország
(mmol@atomki.hu)



Hazánkba az első gyorsítós tömegspektrométer (AMS) 2011-ben került beüzemelésre, mely egy MICADAS típusú (ETHZ, Zürich) kompakt berendezés volt. Ezzel addig elképzelhetetlen távlatokat nyitott meg, hiszem már 1-0,1 mg C mennyiségű széntartalomtól is képes megfelelő pontosságú ¹⁴C mérést végezni. A kozmogén radiokarbon, mint a biológiai-légköri szén természetes nyomjelzője, érzékenyen mutatja, ha fosszilis (¹⁴C mentes) szénnel szennyeződik egy minta. Ezzel kezdve itthon is megnyílt a lehetőség az aeroszol kutatás számára a fosszilis és biogén széntartalom arányának izotópos mérésére. A korábbi radiometrikus módszerekkel még 1000 mg C volt a minimális szükséges mintamennyiség. Azóta számos tanulmányt végezhattünk és publikáltunk aeroszolok ¹⁴C mérései kapcsán (1,2,3,4,5). Most újabb fejezet nyílik a hazai aeroszol kutatásban a legújabb, legmodernebb AMS-berendezés: a LEA (Ionplus) beüzemelésével az ATOMKI-ban, ugyanis ez az eszköz még egyszerűbb és megbízhatóbb használatot lesz tehetővé és a mérhető szénmennyiség immár a 0,001 mg C tartományt közelíti. Ez lehetőséget ad az egyes aeroszol frakciók egyedi mérésére is, akár 24 órás mintákból. A legújabb gázionforrás csatoló egység (GIS) alkalmazásával, már akár on-line módon is elemezhetjük az EC/OC analizátorok kimeneti gázából az EC és OC frakciók izotópösszetételét.

1. Major, I., Molnár, M., Futó, I., Gergely, V., Bán, S., Machon, A., ... Varga, T. (2022). Detailed Carbon Isotope Study of PM_{2.5} Aerosols at Urban Background, Suburban Background and Regional Background Sites in Hungary. *ATMOSPHERE*, 13(5).
1. Major, I., Furu, E., Varga, T., Horváth, A., Futó, I., Gyökös, B., ... Molnár, M. (2021). Source identification of PM_{2.5} carbonaceous aerosol using combined carbon fraction, radiocarbon and stable carbon isotope analyses in Debrecen, Hungary. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*, 782.
2. Varga, T., Major, I., Gergely, V., Lencsés, A., Bujtás, T., Jull, A., ... Molnár, M. (2021). Radiocarbon in the atmospheric gases and PM₁₀ aerosol around the Paks Nuclear Power Plant, Hungary. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY*, 237.
3. Salma, I., Vasánits-Zsigrai, A., Machon, A., Varga, T., Major, I., Gergely, V., & Molnár, M. (2020). Fossil fuel combustion, biomass burning and biogenic sources of fine carbonaceous aerosol in the Carpathian Basin. *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS*, 20(7), 4295–4312. <http://doi.org/10.5194/acp-20-4295-2020>
4. Major, I., Gyökös, B., Túri, M., Futó, I., Filep, Á., Hoffer, A., ... Molnár, M. (2018). Evaluation of an automated EA-IRMS method for total carbon analysis of atmospheric aerosol at HEKAL. *JOURNAL OF ATMOSPHERIC CHEMISTRY*, 75(1), 85–96. <http://doi.org/10.1007/s10874-017-9363-y>

Fatüzelésből Származó Aeroszolk Optikai Tulajdonságainak Vizsgálata 9-csatornás Aethalométer Használatával

Alföldy Bálint¹, Asta Gregorič¹, Gaspar Lavrič¹, Martin Rigler¹, Amalia Muñoz², Mila Ródenas²

¹Aerosol Magee Scientific, Kamniska 39a, Ljubljana-1000, Szlovénia

²EUPHORE Labs., CEAM Foundation, Paterna, Valencia, 46980, Spain



A koromrészecskék fényelnyelése a hullámhossz reciprokával arányos. Másképp fogalmazva, az abszorpció hullámhosszfüggését leíró Angström egyenletben a hullámhossz kitevőjének értéke -1. Amennyiben szerves molekulák kötődnek a koromrészecskék felszínéhez az Angström kitevő értéke ennél jóval kisebb negatív szám, ami ezen molekulák erőteljes UV elnyelésének következménye. Az abszorpció spektrális tulajdonságaiból így arra lehet következtetni, hogy milyen mértékben borítja szerves molekulákból álló burok a koromrészecskék felszínét. Ez az információ az aeroszolk forrásmegosztásában nyújt segítséget, ugyanis a nagy szerves tartalom a fatüzelésből származó részecskékre jellemző, míg a dízel motorok többnyire “tisztá” kormot bocsátanak ki. További lehetőséget biztosít a részecskék jellemzésére, hogy a szerves molekulák változtatják optikai jellemzőiket a légkörben történő fotooxidáció során. Egyes molekulák elvesztik fényelnyelő képességüket bizonyos hullámhosszakon, míg más, eleinte nem abszorbens molekulák elnyelővé válnak. Így ugyanannak a részecskének más lehet az abszorpciós spektruma attól függően, hogy közvetlenül keletkezés után, vagy pedig bizonyos mértékű oxidációt követően mértük-e meg. Az abszorpció spektrális tulajdonságában rejlő információ alaposabb megismerése érdekében fatüzelésből származó aeroszolk részecskét mintavételeztünk új, kilenc hullámhosszra bővített spektrális tartományú Aethalométerrel¹ (AE36s, AEROSOL). A mintavételre a CEAM-EUPHORE² kutatóközpont 200 m³ térfogatú szimulációs kamrájában került sor a spanyolországi Valenciában. Kísérleteink során különböző fafajták eltüzelése során keletkező égéstermékot vezettük a kamrába, ahol a részecskét fotooxidációnak vetettük alá. A részecskék optikai tulajdonságai mellett a korom/szerves szén arányt is vizsgáltuk valós idejű CASS³ (AEROSOL) monitorral. A részecske keletkezés és növekedés dinamikáját SMPS (TSI) méréssel követtük nyomon. A fotooxidációs szakaszban jelentős változásokat tapasztaltunk a részecskék optikai tulajdonságait illetően. Emellett új részecskék keletkezését is megfigyeltük, melyek tömege jóval meghaladta az eredetileg kibocsátott aeroszolk tömegét.

1. <https://www.aerosolmageesci.com/products/aethalometer-ae36s/>
2. <https://www.eurochamp.org/simulation-chambers/EUPHORE>
3. <https://www.aerosolmageesci.com/products/oc-ec-analyzer-carbonaceous-aerosol-speciation-system-model-cass/>

Absorption based source apportionment of atmospheric carbonaceous particulate matter using Aethalometer and Photoacoustic methods

Tibor Ajtai¹, Noémi Utry¹, Csilla Gombi, Imre Salma²,
Rahman Abdul¹, Zoltan Bozoki¹

¹Department of Optics and Quantum Electronics, University of Szeged, Hungary

²Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary



To understand the significance of atmospheric black carbon (BC) and its impact, thorough physicochemical characterization and correlation analysis of measured quantities are crucial. However, the complex, variable nature of BC, along with its dynamic physicochemical features in constantly changing atmospheric conditions, pose challenges for its characterization and source apportionment of light absorbing carbonaceous (LAC) particulate matter. Employing receptor-based models that involve extended filter-sampling periods followed by chemical analysis for source apportionment underscores the importance of revealing and quantifying correlations between these measurements with the real-time characterizations of atmospheric aerosols. This approach provides deeper insight into the dynamic evolution of LAC in relation to the emission strengths of different sources. In the present work, we demonstrate a comparative analysis of spectral based source apportionment of traffic and wood burning aerosols using Aethalometer- and photoacoustic (PA)-model [1]. The measurements and collection of aerosol samples were carried out at the Budapest platform for Aerosol Research and Training (BpART) [2]. A strong and positive correlation of off-line measured source specific quantities with absorption Ångström exponent (AAE) is demonstrated, especially the source specific ratios of $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$, the $\text{TCM}_{\text{nonfossil}}/\text{TCM}_{\text{fossil}}$ are deduced from the radiocarbon measurements and their correlation with AAE data was revealed and quantified for the first time. For comparison purpose, we use different but widely accepted assumptions for defining source specific AAEs in the Aethalometer model. Applying the site-specific and wavelength-independent correction factors for compensation of multiple scattering effect in Aethalometer, result in different mass concentrations of the emitted sources. The percentage difference in average mass concentration in case of different AAE values with same wavelength-independent correction factor falls between 52% and 180%, while for the wavelength-dependent and wavelength-independent correction factors alongside with source and site-specific AAE, the percentage difference turns out to be 45% and 26% for traffic and wood burning aerosols respectively. We also demonstrate the source apportionment results of PA-model, which shows significantly different results than Aethalometer model regardless of the applied AAE and correction schemes. The key findings of our study highlight the significant limitations of the Aethalometer-model and that the outcome of the spectral based source apportionment strongly depends on the applied method.

1. Ajtai, T. Atmospheric Environment, 122, 313-320, (2015).
2. Salma, I. Atmospheric Chemistry and Physics, 16, 8715–8728, (2016).

Legális szilárd tüzelőanyagok és különböző műanyag hulladéktípusok lakossági kályhában történő együttes égetéséből származó füstgázok és aeroszolok citotoxicitásának összehasonlító vizsgálata



Kakasi Balázs^{1,2}, Varga Flóra Judit², Tóth Ádám², Kornaizel Gábor², Jancsek-Turóczi Beatrix^{1,2}, Hoffer András^{1,2}, Gelencsér András^{1,2}

¹ HUN-REN—PE Levegőkémiai Kutatócsoport,

² Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Bio-nanotechnológiai és Műszaki Kémiai Kutatóintézet, Levegőkémiai Kutatócsoport

A települések levegőminőségét jelentősen befolyásolja a háztartásokban fűtési céllal elégetett szilárd tüzelőanyagokból származó kibocsátás. Az illegális lakossági hulladékégetés során kibocsátott gáz- és részecske jellegű légszennyező anyagok biológiai hatásairól a szakirodalomban csak szórványosan áll rendelkezésre információ.

A munkánk során legális szilárd tüzelőanyagok (akác, tölgy, fekete szén, barna szén, brikett), illetve az ezekhez adagolt különböző háztartási hulladékok égetéséből származó minták cito- és genotoxikus hatásait vizsgáltuk.

A modell égetéses kísérletekben használt minták olyan általánosan elérhető szilárd műanyag hulladéktípusok voltak, amelyeket jellemzően lakossági fűtésre használnak, úgymint a polietilén (PE), polietilén-tereftalát (PET), polipropilén (PP), poliuretán (PU) illetve polisztirol (PS). Ezeket, valós körülményeket imitálva egy tesztkályhában legális szilárd tüzelőanyagokkal égettük együtt.

Az égés során keletkező füstgázokat és aeroszol részecskéket desztillált vizet tartalmazó gázmosókban gyűjtöttük, majd a teljes széntartalmuk (TC) alapján egységes koncentrációra hígítva vizsgáltuk azok citotoxikus és genotoxikus hatásait A549 tüdő epitél sejteken. A vizsgált paraméterek közt az élő-elpusztult sejtarány és a mitokondriális aktivitás vizsgálata flow citometriával történt, a genotoxicitást Comet teszttel vizsgáltuk.

Az eredmények azt mutatják, hogy a hulladékok együttes égetéséből származó emissziók toxikus hatásai magasabbak, mint az engedélyezett szilárd tüzelőanyagok kizárólagos égetéséből származó emisszióké. 24 óra expozíciót követően az 50 mg Cdm⁻³ koncentrációra hígított PP, PE, PET és PS égetésből származó mintákban a kontrollhoz képest szignifikánsan emelkedett az elpusztult sejtek aránya, miközben csökkent a mitokondriális aktivitás. A PP, PE és PET mintákban jelentős mértékű, míg a PS, fekete- és barnaszén mintákban enyhe mértékű DNS fragmentáció volt megfigyelhető.

A kutatást az Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium RRF-2.3.1-21-2022-00014 projektje támogatta.

A COPD-s betegek és egészséges felnőttek PM_{2,5} expozíciója közötti különbség a kórházi rehabilitációs szobában végzett testmozgás során

Kup Katica¹, Kugler Szilvia², Nagy Attila³, Farkas Árpád², Erdélyi Tamás¹, Müller Veronika¹

¹Semmelweis Egyetem Pulmonológiai Klinika

²HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont

³HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont



A finom aeroszolfrakció ($\leq\text{PM}_{2,5}$) a felső légutakon áthaladva lejut egészen a kis légutakig, a nanofrakció ($\leq\text{PM}_{1,0}$) az alveolusokig, ahol közvetlen irritatív hatásával, illetve különböző toxikus és infektív anyagok révén károsítja a strukturális sejteket. A légúti betegségekben (pl. COPD) szenvedők légzőszervi rehabilitációja kiemelten fontos terápiás lehetőség, a tornaszerek használata során bekövetkező részecsk koncentráció változásról azonban nincsenek információink. Vizsgálatunk célja, hogy meghatározzuk az egészséges felnőttek és a COPD-s betegek eltérő PM_{2,5} expozícióját kórházi rehabilitációs szobában végzett testmozgás során.

Nyolc Alphasense OPC-N3 és egy GRIMM 11-D optikai részecskeszámlálót telepítettünk egy fizioterápiás tornaterembe. A helyiség mérete $7,8 \times 5,0 \times 3,2 \text{ m}^3$ volt, ahol a részecskeszámlálók folyamatosan üzemeltek. A mérések alatt az ablakok és az ajtó zárva voltak, de egy légkondicionáló berendezés működött. Minden mérési napon először kiszellőztettük a helyiséget. Következő lépésként két COPD-s beteg a gyógytornász által bemutatott 30 perces légzőtornát végzett, széken ülve. Ezt követően 10 percig pihentek, majd további 30 percig tréningeztek a szobakerékpáron, majd a helyiséget ismét kiszellőztettük. Utolsó lépésként négy egészséges önkéntes 30 percig edzett; ketten kerékpárt, egy-egy fő evezős ergométert, illetve ellipszis tréneret használt. A fent leírt gyakorlatsorozatot nyolc különböző mérési napon megismételtük.

A testmozgások megkezdése előtt az átlagos PM_{2,5} háttérkoncentrációk $2,62 \pm 0,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ míg a két COPD-s beteg légzőgyakorlata során ezek az értékek $4,2 \pm 0,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re változtak. Amikor a két beteg a rehabilitációs program részeként előírt kerékpározást végzett, a PM_{2,5} koncentráció $5,85 \pm 0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re emelkedett. Amikor a négy egészséges önkéntes használta a tornaszereket a koncentráció a kezdeti háttérértéknek majdnem a négyszeresére ($11,1 \pm 0,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$) növekedett.

Eddigi eredményeink szerint az egészséges személyek által 30 percig végzett nagy intenzitású testmozgás a szokásos edzőtermi eszközökön, nagyobb finom frakciójú részecske koncentrációt eredményez, mint COPD-s páciensek esetén. A nagyobb légzési volumennek és nagyobb légzésszámmal járó terhelés fokozott PM_{2,5}-expozíció mellett a kis légutak és az alveolusok káros részecskék általi fokozott terhelését okozza. A PM_{2,5} frakció tornatermi aktivitással járó emelkedés csökkentésének lehetőségei további vizsgálatokat igényelnek.

Gyógyszerhatóanyag aeroszolok előállítása impulzuslézeres ablációval gáz környezetben

Hopp Béla^{1,2*}, Nagy Eszter¹, Gera Tamás², Kopniczky Judit¹, Homik Zsolt¹, Smausz Tamás^{1,2}, Bohus János³, Pajer Viktor³, Ajtai Tibor¹, Csóka Ildikó⁴, Ambrus Rita⁴

¹Szegedi Tudományegyetem, Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, 6720 Szeged, Dóm tér 9.

²Szegedi Tudományegyetem Interdiszciplináris Kutatásfejlesztési és Innovációs Kiválósági Központ, 6720 Szeged, Dugonics tér 13.

³ELI ALPS, ELI-HU Non-Profit Ltd., 6728_Szeged, Wolfgang Sandner utca 3,

⁴Szegedi Tudományegyetem, Gyógyszertechnológiai és Gyógyszerfelületesi Intézet, 6720 Szeged, Eötvös utca 6



A forgalmazott gyógyszerhatóanyagok körülbelül 40%-a, míg a fejlesztés alatt állók 90%-a tartozik a vízben rosszul oldódó vegyületek közé. Ez a készítményfejlesztésben tapasztalható trend kihívást jelent a gyógyszeriparnak, hiszen a gyenge vízoldhatóság legtöbb esetben korlátozza a biológiai hasznosíthatóságot is. A preformulációs eljárások közül igen elterjedtek a különféle részecskeméret csökkentő technológiák. A szemcseméret redukálásával megnő a fajlagos felület, melynek köszönhetően általában javul az oldódási arány és a transzport karakterisztika, így az emberi sejtek gyorsabban, nagy koncentrációban fel tudják venni a hatóanyagot. Az impulzuslézeres abláció alkalmas arra, hogy tömbi anyagból mikro- és nanométeres méretű részecskéket állítsunk elő. A lézereparaméterek és a kísérleti körülmények megfelelő megválasztásával szerves és szervetlen részecskék előállítására egyaránt találhatunk példákat.

Kísérleteinkben vízben rosszul oldódó nem-szteroid gyulladáscsökkentő, fájdalomcsillapító hatóanyagok (ibuprofen, nifluminsav és meloxicám) részecskéinek méretét sikerült jelentős mértékben csökkenteni lézeres besugárással levegő környezetben. Ennek során különböző hullámhosszúságú és impulzushosszú lézereket alkalmaztunk hatékonyan. FTIR és Raman spektroszkópiával igazoltuk, hogy az előállított részecskék kémiai összetétele megegyezik az eredeti gyógyszerhatóanyagokéval. Kimutattuk, hogy a lézerrel aprított részecskék oldhatósága és gyulladáscsökkentő hatása is jobb, mint a referencia hatóanyag poroké. Gyorsfényképezéses vizsgálattal nyomonkövettük, feltérképeztük a részecskeaprítási folyamatokat.

A TKP2021-EGA-32 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-EGA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Polimer alapú mágneses nanokompozitok impulzslézeres ablációval történő előállításának az olajszennyezések lehetséges kezelése érdekében

Gera Tamás¹, Kondász Bence¹, Smausz Tamás^{1,2}, Kopniczky Judit¹, Ajtai Tibor^{1,5}, Hodovány Szabolcs^{1,5}, Szabó-Révész Piroska³, Ambrus Rita³, Csóka Ildikó³, Hopp Béla¹



¹Szegedi Tudományegyetem, Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék

²MTA-SZTE Fotoakusztikus Kutatócsoport

³Szegedi Tudományegyetem, Gyógyszertechnológiai és Gyógyszerfelügyeleti Intézet

⁴HUN-REN-SZTE Fotoakusztikus Környezetifolyamat-megfigyelési Kutatócsoport

Az olajszennyezések kritikus környezeti veszélyt jelentek a tengeri ökoszisztémákra nézve, ami hatékony és környezetbarát helyreállítási technológiák kifejlesztését teszi szükségessé. Ez a tanulmány az impulzslézeres abláció (PLA) alkalmazását vizsgálja polimer alapú mágneses nanokompozitok előállításában. Három polimert alkalmaztunk, polivinil-pirrolidont, kitozánt és metil-cellulózt. Ezeket a polimereket, előszeretettel használják különböző olajokból származó szennyezőanyagok adszorbeálásához önmagukban, de manapság már gyakran magnetit nanorészecskékkel (NP-k) kombinált formában is. A magnetit nanorészecskék szintén rendelkeznek abszorbens tulajdonságokkal, de a fenti polimerekkel kombinálva a hatásfok megnövelhető, valamint külső mágneses tér segítségével az abszorbeált olaj könnyedén eltávolítható a tisztítani kívánt térből. Impulzslézeres ablációt alkalmazva keverék préselt tablettákból hoztunk létre abszorbens mágneses kompozitokat, amelyeket külső mágneses tér segítségével gyűjtöttek össze. E kompozitok kémiai összetételét Fourier-transzformált infravörös (FTIR) és Raman-spektroszkópiával elemeztük, míg a részecskék méretét a Leica képfeldolgozó és elemző rendszerrel, valamint optikai részecskeszámláló segítségével határoztuk meg. A vizsgálat kimutatta, hogy az impulzslézeres abláció egy zöld, kevés lépésből álló technika a mágneses nanokompozitok előállítására, amellyel túlnyomórészt 400 nm - 4 μ m mérettartományba eső részecskéket állíthatunk elő. Ezen kompozitok alkalmazását demonstráltuk azzal, hogy a mágneses mező használatával elvégeztük az olaj/víz szeparációt. Ezek az eredmények alátámasztják, hogy a módszer ígéretes lehet a mágneses nanokompozitok előállításában, amelyeket az olajszennyezések gyors és környezeti szempontból fenntartható helyreállítására alkalmazhatunk.

Tradicionális és új típusú dohánytermékek aeroszol részecskéi

Farkas Árpád¹, dr. Horváth Alpár Zsolt²

¹HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont

²Chiesi Hungary Kft.



A dohányzás káros hatásainak vizsgálata hosszú ideje az orvostudomány egyik legintenzívebben kutatott területe. Az intenzív kutatásoknak köszönhetően ma már meggyőző evidenciák állnak rendelkezésre a hagyományos cigaretta használatának számos negatív hatásáról. Ezzel ellentétben a sokkal később bevezetett helyettesítő termékek hatásairól lényegesen kevesebbet tudunk. E körbe tartozik a manapság egyre népszerűbb elektromos cigaretta is, amelyre egyre több egészségügyi kockázatot felmérni hivatott kutatás fókuszál.

Az aeroszol tudomány mind a hagyományos, mind az alternatív dohánytermékek esetében fontos eszköze lehet a füst- illetve párárszecskek aerodinamikai jellemzésének, és az egyes káros összetevők tüdőben kiülepedett hányada meghatározásának.

Jelen bemutató egyik célja, hogy a hazai és nemzetközi szakirodalom alapján feltérképezze a hagyományos cigaretta és az e-cigaretta fontosabb egészségügyi hatásait és rámutasson azokra a kapcsolódó területekre, ahol további kutatások szükségesek.

A szakirodalmi áttekintés kiterjed a cigaretta és az e-cigaretta méreteloszlására is. Az irodalmi adatok alapján, saját modell alkalmazásával meghatározásra és összehasonlításra kerül a hagyományos és az alternatív dohánytermékek légutakban kiülepedő mennyisége.

Az eredmények alapján, a cigaretta és az elektromos cigaretta részecskéinek légutakban kiülepedő frakciói nagyon hasonlóak, tehát eltérő hatást csak eltérő összetétel okozhat.

Az elektromos cigaretta esetében a hosszú távú hatások kapcsán a meggyőző evidencia hiánya semmiképpen nem jelenti azt, hogy e termékeket kockázatmentesnek kellene tekinteni.

Farkas Á, Tomisa G, Kis E, Horváth A. Orv. Hetil. 162(3), 83-90 (2021)

Légzési paraméterek hatása az inhalációs gyógyszerek tüdőbeli kiülepedésére

Horváth Alpár^{1,2}, Farkas Árpád³, Háklár Katalin¹, Müller Veronika²

¹ Chiesi Hungary Kft

² Semmelweis Egyetem Pulmonológiai Klinika

³ HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont



A szárazpor inhalációs gyógyszerek (DPI) tüdőbeli kiülepedése, annak hatékonysága számos tényezőtől függ. Kiemelkedő jelentősége van a gyógyszer formulálásnak, az eszköz jellemzőknek és magának a betegnek. Kutatócsoportunk az elmúlt évek során egészséges önkéntes, valamint obstruktív tüdőbetegségben (asztma, COPD) szenvedő egyének esetében vizsgálta az eszközhasználat közben mérhető légzési paramétereket.

Eredményeinkből kitűnik, hogy a vizsgált gyógyszerek esetében (Symbicort Turbuhaler®, DuoResp Spiromax®, Onbrez Breezhaler®, Seebri Breezhaler®, Spiriva HandiHaler®, Anoro Ellipta®) a belégzést követő 5 sec légzési szünet 11,3%-26,5%-al, míg a 25 sec (mely valós körülmények obstruktív betegek esetében nem, vagy csak kiételes esetben érhető el) 20,7-53%-al képes növelni a gyógyszer tüdőbeli kiülepedését azon egyénekhez képest, akik a belégzést követően azonnal kilégzést végeznek.¹

Az inhalációs gyógyszer belégzését megelőző erőltetett kilégzésnek, melyet általában egy nagyobb volumenű belégzés követ, szintén jelentősége van a tüdődepozíció szempontjából. Erőltetett kilégzést követő belégzés során növekszik az eszközt elhagyó hatóanyag mennyisége (emittált dózis) és növekszik a finomrészecske frakció. Vizsgálatunkban a különböző eszközök igen jelentős eltérést mutatnak. A vizsgált egyének esetében az emittált dózis Foster Nexthaler® esetében 0,2%-al, míg Bufomix Easyhaller®-nél 8%-al növekszik. A finomrészecske frakció Foster Nexthaler® esetében 1,9%-os, míg Symbicort Turbuhaler® esetén 30,8%-os növekedést mutat.² Mindezeknek a légzési paraméterek változásával együtt befolyása van a tüdődepozícióra is. A betegek egy jelentős részénél eszközfüggően növekszik a depozíció, melynek átlagos mértéke 7,1% (Seebri Breezhaler®) - 31,8% (Symbicort Turbuhaler®) között van. Egyes egyének esetében viszont nincs változás, az egymást kioltó mechanizmusok miatt.³

A fentiek alapján kijelenthető, hogy az inhalációs eszközök személyre, az egyének belégzési kapacitására való illesztése kiemelt jelentőségű, komoly kihívás.

1. Horváth A et al. Eur J Pharm Sci. 104, 145-149 (2017)
2. Farkas Á et al. Int J Pharm X. 5:100167 (2023)
3. Farkas Á et al. Int J Pharm X. 6:100192 (2023)

DOI: <https://doi.org/10.14232/MAK.2024.24>

Obstruktív légúti betegségek kezelésében alkalmazott innovatív inhalációs eszközök és technológiák

Dr. Keglevich András

Chiesi Hungary Kft., 1138 Budapest, Dunavirág utca 2.



Az asztma és a krónikus obstruktív tüdőbetegség (COPD) terápiájában használt inhalációs hörgőtágító és gyulladáscsökkentő gyógyszerek a tüdőt célozzák. Belégzéskor a hatóanyag szemcsék a tüdő nyálkahártyájára kerülve azonnal felszívódnak, a lokális hatás miatt jellemzően alacsonyabb dózis szükséges és kevesebb mellékhatás fordul elő, mint szájon át (*per os*) alkalmazott készítmények esetén. Számos farmakokinetikai szempontból előnyös tulajdonsága ellenére (pl. nagy felület, vékony membrán, jó vérellátás) a tüdőbe – különösen a kislégutakba (belső átmérő < 2 mm) – nem könnyű hatóanyagot lejuttatni. A megfelelő technológia és inhalációs eszköz (túlnyomásos, szárazpor vagy finomköd) nagymértékben befolyásolja a terápia sikerességét, a kutatók ezért régóta vizsgálják, hogyan lehet hatékonyabbá tenni a gyógyszerbevitelt a légutakba. Ennek jegyében az inhalációs gyógyszerkészítmények jelentős fejlődésen mentek keresztül az utóbbi években. Jelen előadás néhány innovatív, az obstruktív légúti betegségek kezelésében használatos, klinikai gyakorlatban is elérhető belégző eszközt, illetve új/haladó technológiai megoldást mutat be röviden, a teljesség igénye nélkül.

Inhalációs gyógyszerek törzskönyvezése

Szénási Georgina

Chiesi Hungary Kft.



Az inhalációs gyógyszeralkalmazás fő indikációja jellegéből adódóan a különböző légzőszervi betegségek kezelése. Az inhalátor egy olyan (orvostechikai) eszköz, amely por vagy aeroszol formájában a belégzésre szánt gyógyszerkészítményt közvetlenül a tüdőbe juttatja. Gyógyszerfejlesztés és törzskönyvezés során az inhalációs készítmények az ún. gyógyszer/eszköz kombináció (*drug-device combination*) kategóriába tartoznak, melyek engedélyezése jóval összetettebb folyamat, mint egy 'átlagos' gyógyszer törzskönyvezése, mivel a gyógyszer összetételének, gyártási folyamatának és minőségének dokumentálásán, valamint a hatékonyságot és biztonságosságot alátámasztó klinikai vizsgálatok demonstrálásán túl az eszközzel kapcsolatos szabályozási követelménynek is meg kell felelni. Az inhalációs eszközök helyes használata kiemelt fontosságú a terápia sikeressége szempontjából. Ennek megfelelően a kísérőiratok (alkalmazási előírás, betegtájékoztató) részletes utasításokat tartalmaznak többek között az eszköz helyes használatáról, a gyógyszer megfelelő adagolásáról, illetve felhívják a figyelmet az esetleges alkalmazási hibákra és azok megelőzési lehetőségeire. Emellett a helyes eszközhasználat érdekében a felelős egészségügyi szakemberek (tüdőgyógyászok és szakdolgozók, esetleg házi orvosok) személyre szabott oktatást nyújtanak az érintett betegnek a rendelőből történő távozás előtt. Végül az eszközök gyártói folyamatosan figyelemmel kísérik a gyógyszer/eszköz kombinációkat a forgalomba hozatalt követően is, hogy tovább javítsák a betegek kezelésének hatékonyságát és biztonságát, valamint minimalizálják az alkalmazási hibák potenciális kockázatát. Előadásomban a gyógyszer/eszköz kombinációkhoz kapcsolódó gyógyszeripari szabályozást, a törzskönyvezési eljárások sajátosságait, illetve néhány konkrét, gyakran előforduló eszközhasználati hibát szeretnék bemutatni.

Assesing potential health risks of nanoparticle emissions released during industrial metal laser cutting process

Lucia Bustin¹, Miroslav Badida², Lýdia Sobotová²,
Miroslava Badidová², Emília Hroncová³, Juraj
Ladomerský³, Torsten Tritscher¹



¹ TSI GmbH, Neukollner Str.4, 520 68, Aachen, Germany, lucia.bustin@tsi.com

² Institute of Industrial Engineering, Management, Environmental Engineering and Applied, Mathematics Technical University of Kosice, Park Komenského 5, 042 00 Košice, Slovakia

³ European Science and Research Institute, A. Hlinku 2556/29, 960 01 Zvolen, Slovakia

There is increasing interest in information about nanoparticles emissions as their exposure relates to potential health risks. Due to the fact, the particulate matter closely correlates with their size, which is determining their behaviour in respiratory system and their potential toxicity. Measuring exposure to nanoparticles has typically been conducted as academic research using high-end instrumentation and sophisticated software. For many applications, e.g., in the field of Indoor Air Quality and Occupational Health and Safety, this may not be necessary. This contribution presents a case study on nanomaterial exposure using portable online spectrometers measuring particle emissions from 10 nm to 10 µm. Data were collected to analyse workers exposure during industrial operation of metal laser cutting process. This study approached the Nanoparticle Emission Assessment Technique (NEAT) developed by the NIOSH nanotechnology field research team to evaluate airborne nanomaterial concentrations in the workplace¹. The results shown the levels of nanoparticles number concentration highly exceed the recommended value limit for ultrafine particles exposure recommended by WHO² in ambient air.

1. Methner M. et al.: "Nanoparticle Emission Assessment Technique (NEAT) for the Identification and Measurement of Potential Inhalation Exposure to Engineered Nanomaterials — Part A," *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 7: 127-132, (2010).
2. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide, <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228> , (2021).

Két különböző nikkel ötvözet lézeres fémnyomtatása során újonnan keletkezett aeroszol részecskék tulajdonságai

Kugler Szilvia¹, Nagy Attila², Oláhné Groma Veronika¹, Osán János¹

¹HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont

²HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont



A lézeres fémmegmunkálás során jelentős mennyiségű aeroszol részecske keletkezik, mely a nyitott munkaterületű fémnyomtató alkalmazásakor komoly munkaegészségügyi kockázatot jelenthet az operátorok számára. A folyamat során keletkezett aeroszol részecskék tulajdonságait vizsgáltuk, meghatároztuk elemösszetételüket és a fémek oxidációs állapotát.

A 3D fémnyomtatáshoz Inconel (In) 718 és 625 Ni-ötvözeteket (45-90 μm) használtunk. Mindkét fémpor kb. 52 m/m% Ni-t és kb. 20 m/m% Cr-ot tartalmaz.

A fémnyomtatót egy 26 m³-es zárt helyiségben helyeztük el, ahol a kísérletek során elszívó berendezés nem üzemelt. Az építési folyamat során méret szerinti frakcionált aeroszol mintákat gyűjtöttünk Si lapkákra egy 9 fokozatú May-típusú kaszkád impaktorral. A részecskék elemi összetételét totálreflexiós röntgenfluoreszcenciával határoztuk meg [1]. A kiválasztott fémek (Cr, Mn, Fe, Ni, Pb) oxidációs állapotát röntgenabszorpciós spektroszkópiával (XANES) vizsgáltuk [2].

A keletkezett részecskékben az eredeti 0,5-ös [Cr]/[Ni] arány 1,5-re (In 718), illetve 0,95-re (In 625) változott. Mindkét Ni-ötvözet esetében tízszeres Mn-dúsulást tapasztaltunk. A Fe-tartalom az In 625 esetében háromszorosára nőtt, de az In 718 esetében szinte változatlan maradt. Fontos kiemelni, hogy a fémek többsége 180 nm-nél kisebb részecskékben volt megtalálható.

A XANES eredmények Mn (Pb) > Cr > Fe > Ni oxidációs trendet mutattak az újonnan képződött aeroszol részecskékben, ahol a Ni fémes formában maradt. Bár a Cr jelentősen oxidálódott, a Cr⁶⁺ jelenléte kizárható [2]. Jelentős mennyiségű Pb-t csak az In 625 esetében találtunk, többnyire az ultrafinom aeroszolfrakcióban, oxidált formában.

A munka a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alap 2017-1.3.1-VKE-2017-00039 számú, valamint az Európai Bizottság és a magyar kormány által közösen finanszírozott Európai Strukturális és Beruházási Alapok VEKOP-2.3.2-16-2016-00011 számú támogatásával valósult meg.

1. Osán et al., SAPB. **167**, 105852, 9 p. (2020)
2. Kugler et al., SAPB **177** 106110, 11 p. (2021)

Lézeres fémnyomtatás során a környezetbe jutó aeroszol részecskék jellemzése és hatásai

Nagy Attila¹, Kugler Szilvia², Péter László¹, Osán János², Groma Veronika², Czitrovsky Aladár¹

¹HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

²HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont



A lézeres fémmegmunkálás közben keletkező nanorészecskék számos ipari folyamat velejárói, és munkaegészségügyi vonzatuk is sok esetben ismert már. Kimutattuk, hogy jelentős mennyiségű fém nanorészecske keletkezik a munkadarabok olvasztásos technikával történő építése közben is, melyek mérete jellemzően a néhány nanométeres tartománytól indul, és masszív finom és ultrafinom részecskefrakciót eredményeznek a környezeti levegőben [1,2].

A részecskeképződést egy nyitott munkaterületű 3D fémnyomtató géppel vizsgáltuk, amely az irányított energia depozíciós technikát alkalmazza. Alapanyagként különböző nikkel- és acélapapú fémötvözeteket használtunk por alakban, melyben a szemcsék mérete 45 és 90 μm között van. A kibocsátott aeroszol részecskék számát és méreteloszlását egy pásztázó mobilitási és egy aerodinamikai részecskeméret-mérő segítségével határoztuk meg. Ezzel egyidejűleg méretfrakcionált aeroszolimintákat gyűjtöttünk kaszkád impaktorral szilícium- és szénhordozókra. A részecskék morfológiáját és elemi összetételét pásztázó elektronmikroszkópiával és energiadiszperzív röntgenspektroszkópiával vizsgáltuk. A kísérleteket egy zárt helyiségben, 15×15×5 mm³-es hasábok építése közben végeztük, ahol a mérések során nem működött elszívó berendezés. Egy minta nettó gyártási ideje 15-25 perc volt.

Vizsgálataink során három részecskefrakciót különböztettünk meg a levegőben. Fraktálszerű nanorészecske-aggregátumokat és mikroméretű gömböket azonosítottunk az elektronmikroszkópos felvételeken, melyek mérete összhangban volt az aeroszolimérő műszerek által mért eloszlásokkal. Vizsgáltuk a részecskék fizikai és kémiai tulajdonságait, morfológiáját, valamint elemeztük az egészségi állapotunkra és az építési folyamatra gyakorolt hatásukat.

A munka a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alap 2017-1.3.1-VKE-2017-00039 számú, valamint az Európai Bizottság és a magyar kormány által közösen finanszírozott Európai Strukturális és Beruházási Alapok VEKOP-2.3.2-16-2016-00011 számú támogatásával valósult meg.

1. Kugler et al., SAPB **177** 106110, 11 p. (2021)
2. Péter et al., MATERIALS **15** : 20 7367 , 24 p. (2022)

Referenciaminták kaszkádimpaktossal vett aeroszol-részecskék totálreflexiós röntgenfluoreszcenciás elemvizsgálásához

Osán János, Dücső Csaba, Oláhné Groma Veronika, Czömpöly Ottó

HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont



A kaszkádimpaktoros aeroszol-mintavétel és a totálreflexiós röntgenfluoreszcencia (TXRF) kombinációja hatékony eszköz a méret szerint frakcionált aeroszolrészecskék elemvizsgálásában. A módszer alacsony kimutatási határának köszönhetően ($0,1-10 \text{ ng/m}^3$) városi környezetben 1-4 órás időfelbontással vizsgálható az elemkoncentrációk napi változása a frakcionált aeroszolmintákban [1,2,3]. A folyadékanyagvizsgálásban általánosan alkalmazott belső standard módszer nem egyszerű a kaszkádimpaktossal gyűjtött minták közvetlen TXRF vizsgálatához, mivel az impaktálódott részecskék lerakódási mintázata általában eltérő a különböző impaktortípusoknál.

Az AEROMET II projekt keretében olyan potenciális referenciamintákat fejlesztettünk, amelyek az impaktálódott aeroszol-részecskéknek megfelelő síkbeli eloszlásban, hozzájuk hasonló méretű objektumokat ismert elemösszetételben és tömegben tartalmaznak. A tesztmintákat kör alakú, 30 mm átmérőjű Si- és kvarclapkákra készítettük, hogy alkalmasak legyenek a legtöbb kereskedelmi TXRF berendezésben való mérésre. Az optikai litográfiával készített minták ~1000 db 2-3 μm átmérőjű és 50-120 nm magasságú Cr korongot tartalmaznak, a kiülepedési mintázatnak megfelelő területen belül véletlenszerűen elosztva.

A korongok alakját, átmérőjét és egyenletességét pásztázó elektronmikroszkóppal ellenőriztük, igazolva, hogy ezek a tesztminták jó reprodukálhatósággal készíthetők. Különböző laboratóriumi és szinkrotronsugárzásos TXRF rendszerekkel végzett vizsgálatokkal megmutattuk, hogy az így készített minták jól használhatók külső standardként asztali TXRF-berendezések kalibrálásához impaktált aeroszol-részecskék méréséhez. A módszert May-, Sioutas- és Dekati-impaktorokkal vett méret szerint frakcionált aeroszolrészecskék elemösszetételének meghatározására alkalmaztuk.

A kutatást az Európai Unió Horizont 2020 programjának EMPIR kezdeményezése támogatta a 19ENV08 AEROMET II projekt keretében.

1. Seeger S, Osán J, Czömpöly O, Gross A, Stosnach H, et al (2021) Atmosphere 12, 309.
2. Groma V, Alföldy B, Börcsök E, Czömpöly O, Fűri P, et al (2022) Atmos Pollut Res 13, 101302
3. Kayser Y, Osán J, Hönicke P, Beckhoff B. (2022) Anal Chim Acta 1192, 339367

DOI: <https://doi.org/10.14232/MAK.2024.30>

Gyógyszer-expozíció vizsgálata magisztrális gyógyszerkészítés közben

Papp Enikő¹, Baka József², Angyal Anikó¹, Kertész Zsófia¹, Bácskay Ildikó³

¹ HUN-REN Atommagkutató Intézet, Örökségtudományi Kutatócsoport, H-4026 Debrecen, Bem tér 18/c.

² Gyógyszerészeti Tudományok Doktori Iskola, Debreceni Egyetem H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

³ Debreceni Egyetem, Gyógyszerésztudományi Kar, Gyógyszertechnológiai Tanszék, H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.



Vizsgálataink során arra kerestük a választ, hogy van-e számottevő expozíciónk magisztrális gyógyszerkészítés közben, illetve ez mennyire jelent egészségügyi kockázatot a gyógyszerészek életpályája során. A mintavételek öt nagy porképződéssel járó gyógyszer készítése közben lettek elvégezve személyi mintavevők és optikai részecskeszámláló alkalmazásával: prednizolon tartalmú végbélkúp, „CNS-M” hüvelygolyó, Pasta SBC FoNo Vet. IV., fájdalomcsillapító osztott por, talkum-cink-oxid 1:1 tömegarányú keverék. A mért aeroszol tömegkoncentrációk a határértékekkel összevethetőek, a határérték nélküli anyagok esetében pedig érdemes elővigyázatosnak lenni. A minták pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálata megerősítette az egyes alkotók jelenlétét a respirábilis frakcióban. A vizsgálatok eredménye alapján kiemelhető a védőeszközök használatának, a megfelelő szellőztetésnek és az expozíció ellenőrzésének fontossága.

A felületerősített Raman-szórás alkalmazása mikroműanyagok azonosítására

Veres Miklós¹, Himics László¹, Rigó István¹, Ana Tolic, Mile Ivanda², Lara Mikac²

¹HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest, Magyarország

²Ruder Bošković Institute, Zágráb, Horvátország



Az 5 mm-nél kisebb méretű műanyagdarabok, vagy mikroműanyagok általában kozmetikumokban, műanyag csomagolóanyagokban, textiltermékekben és a modern ipar által gyártott és használt egyéb eszközökben és tárgyakban található nagyobb műanyagok lebomlása során keletkeznek. Méreteik a milliméterestől a néhány nanométeresig terjedhetnek, és súlyos veszélyforrást jelentenek a környezetre és az egészségre. Mivel az iparban a műanyagok széles körét használják, melyek lényegében mindegyike lehet mikroműanyag-forrás, napjainkban jelentős problémát jelent ezek kimutatása és beazonosítása, különösen kis koncentrációkban.

A Raman-spektroszkópia egy széles körben alkalmazott anyagvizsgálati módszer, amely a szerkezet karakterisztikus rezgéseinek detektálása révén képes azonosítani az abban található kötéseket, és ezeken keresztül annak összetételét. A módszert rutinszerűen alkalmazzák a geológiában, a gyógyszeriparban, a környezetvédelemben, a petrolkémiai és a műanyagok vizsgálatára is. Nagyon kis koncentrációjú anyagok kimutatására csak korlátozottan alkalmas, de érzékenysége a felületerősített Raman-szórás segítségével több nagyságrenddel megnövelhető. Ennek során nanoantennaként viselkedő plazmonikus nanorészecskéket visznek a vizsgált minta közvetlen környezetébe, melyek jelentősen megnövelik a gerjesztő vagy a Raman-szórt fény elektromágneses terét, és ezáltal a detektált Raman-jelet is a közvetlen környezetükben.

Kidolgoztunk egy eljárást [1] mikroműanyag részecskék felületerősített Raman-szórással való detektálásra. Arany nanorészecskéket állítottunk elő kolloidban négy különböző mérettel és alakkal (33,2, 67,5 és 93,7 nm átmérőjű nanogömb, és 23,5 x 35,5 nm méretű nanorúd), és polisztirol és polietilén részecskékkel vizsgáltuk ezek felületerősített Raman-szórás hatékonyságát. Meghatároztuk a legjobb detektálási hatásfokot biztosító optimális előállítási és minta-előkészítési feltételeket, melyekkel a polisztirol esetében 6,5 µg/ml érzékenységi küszöböt sikerült elérni. A kidolgozott eljárás a gyakorlatban is alkalmazható lehet a mikroműanyag szennyezők kimutatására.

1. L. Mikac, I. Rigó, L. Himics, A. Tolić, M. Ivanda, M. Veres. Applied Surf. Sci. 608 (2023) 155239.

Atomi szintű keveredés vizsgálata kétkomponensű aeroszol nanorészecskék szikra ablációs kialakítása során

Kohut Attila¹, Villy L. P.¹, Jönsson L.², Galbács G.³, Messing M. E.², és Geretovszky Zs.¹

¹Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 6720, Magyarország

²Szilárdtest Fizikai Tanszék és NanoLund, Lundi Egyetem, Lund, 221 00, Svédország

³Molekuláris és Analitikai Kémiai Tanszék, Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 6720, Magyarország



Többkomponensű nanorészecskék (NR-ék) aeroszol fázisban történő előállításának egyik hatékony módja az ún. szikra abláció (SZA)¹. A módszer alapja két, elektromosan vezető, eltérő anyagú, vagy adott összetételű ötvözet elektród szikra-plazma általi periodikus ablációja áramló gázkörnyezetben. A nagyenergiájú szikrák hatására az egyes elektródokból a gáztérbe juttatott fémgőz felhők atomi szinten keverednek, így a részecskék növekedése során vegyes nanokristályos fázisok alakulhatnak ki. Ezáltal számos olyan anyagkombinációból hozhatók létre ötvözet NR-ék, amelyek tömbi fázisban nem keverednek². Ezen ötvözetek gyakorlati alkalmazhatóságát befolyásoló döntő szempont az átlagos összetételük mellett annak szórása, vagyis a részecskék összetétel-eloszlása. Míg a legtöbb alkalmazás esetében általában a szűk eloszlás az előnyös, közismert, hogy a SZA során létrehozott részecskék összetétele a kísérleti paramétereiktől függően jelentősen szórhat¹. A teljesen kevert NR-ék előállításának egyik döntő előfeltétele, hogy az egyes elektródokból származó atomok teljesen összekeveredjenek, mielőtt a koaguláció megkezdődik. Ez teljesül, ha ötvözet elektródokat használunk, ami az elektródok kezdeti összetételével gyakorlatilag azonos átlagos részecske-összetételt eredményez, nagyon kis szórás mellett³. Ugyanakkor sokkal kevésbé egyértelmű a keveredés állapotának megítélése, ha két különböző elektródot alkalmazunk.

Előadásunkban röviden áttekintjük a többkomponensű NR-ék SZA-s előállításának főbb lehetőségeit és az Au-Ag rendszer példáján bemutatjuk a fémgőzök keveredési dinamikájának vizsgálatával kapcsolatos eredményeinket. Ehhez a szikraplazma időben-, térben- és spektrálisan bontott optikai emisszióját tanulmányoztuk egy saját-fejlesztésű plazmadiagnosztikai módszer segítségével. Az eljárással rekonstruáltuk a plazma összetételének időbeli változását a szikraköz különböző pozícióiban. A kapott adatokat összehasonlítottuk a keletkező Au/Ag NR-ék összetételének eloszlásával, amelyet 30 egyedi részecske STEM-EDX méréseiből származtattunk.

Ezt a munkát a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap támogatta a PD_21 OTKA 139077, TKP2021-NVA-19 és 2022-2.1.1-NL-2022-00012 projekteken keresztül.

1. Schmidt-Ott, A. Spark Ablation: Building Blocks for Nanotechnology, Jenny Stanford Publishing (2020)

2. Feng, J. *et al.* Matter **3**(5), 1646-1663 (2020)

Jönsson, L., *et al.* J. Aerosol Sci. **177**, 106333 (2024)

Aeroszol úton előállított SERS szubsztrátok felhasználása tirám kimutatására

Horváth Viktória, Geretovszky Zsolt, Kohut Attila

Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék, Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 6720



Ismeretlen minták összetételének meghatározására elterjedt módszer a Raman spektroszkópia. A normál Raman spektroszkópia alkalmazhatósága kiterjeszhető alacsony koncentrációban előforduló mintákra, a felületerősített Raman szórás felhasználásával. Ezen jelenség során egy nanostruktúrált fém felület plazmonikus erősítését használjuk ki a Raman-jel felerősítéséhez.

Ahogy azt csoportunk korábbi munkája során demonstrálta, a felületerősített Raman spektroszkópiához szükséges felületek (ún. SERS szubsztrátok) előállíthatók szikrakisülések segítségével, aeroszol nanorészecskék felhasználásával (Kohut, 2020). Jelen munkánkban az aeroszolt egy filteren átvezetve alakítottunk ki SERS szubsztrátokat, melyek tulajdonságait így a filter jellemzői, a leválasztási körülmények, illetve az aeroszol tulajdonságainak együttese határozza meg. Ezek közül vizsgáltuk a filter pórusméretének, valamint a részecskék kompaktálásának, és a leválasztási idő változtatásának hatását a szubsztrát erősítésére.

A kialakított szubsztrátok gyakorlati alkalmazásához elengedhetetlen a segítségükkel mért Raman spektrumok helyes azonosítása. Ezen spektrumok jel/zaj viszonya a gyakorlati szempontól releváns koncentráció-tartományon jellemzően alacsony, illetve a spektrumon a mérési körülményektől és a SERS szubsztrát típusától függően a mintától eltérő csúcsok is megjelenhetnek, nehézkessé téve a SERS spektrum alapján az anyag helyes azonosítását. A probléma egy újszerű megközelítése mély neurális hálók alkalmazása, melyeket sikeresen használnak képek ill. szöveges tartalmak klasszifikációjára (egyes tartalmak csoportokba való automatizált besorolására). Raman-spektrumok esetén azonban még nincs ezen alapuló, széles körben elterjedt módszer. Az általunk mért adatokat felhasználva vizsgáltuk mély neurális hálók felhasználásának lehetőségét SERS spektrumok klasszifikációjára.

Ez a projekt Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-3-SZTE-454 kódszámú Új Nemzeti Kiválósági Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával valósult meg. Munkánkat továbbá a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap támogatta a PD_21 OTKA 139077, TKP2021-NVA-19 és 2022-2.1.1-NL-2022-00012 projekteken keresztül.

1. Kohut A. et al, Applied Surface Science, 532, 147268 (2020)

Szikra ablációval előállított arany-kobalt nanorészecskék keveredésének vizsgálata

Villy Lajos Péter^{1,2}, Kohut Attila^{1,2}, Geretovszky Zsolt^{1,2}

1 Szegedi Tudományegyetem, TTIK, Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék

2 Szegedi Tudományegyetem Interdiszciplináris Kutatásfejlesztési és Innovációs Kiválósági Központ



A nanotechnológiai kutatások egyik központi iránya a nanorészecskék (NR) létrehozása gazdaságos módon. Erre a kihívásra megoldást kínálhat az általunk is kutatott szikrakisüléses NR generálás. Az elmúlt időszakban az ipari és tudományos érdeklődés eltolódni látszik a többkomponensű NR-ek előállításának irányába, ahol érdekes anyagkombináció lehet az Au/Co rendszer, előnyös katalitikus tulajdonságai miatt.

Korábbi kutatásunk során bemutattuk, hogy az Au/Co NR-ek előállítása szikrakisüléses NR generátorban (SDG) lehetséges. Mivel a Co oxidációra hajlamos fém és az oxigén kizárására nincs technológiai lehetőségünk, ezért Au kristályos magból és ezt körülvevő amorf CoO_x -ből álló rendszert hoztunk létre. Utólagos hőkezelés hatására az amorf Co-ból kristályos fázis alakult ki, sőt az Au és Co keveredése egy részecskén belül is megvalósult [1]. Svéd kollégáink megmutatták, hogy a vivőgázhoz hidrogént keverve nagymértékben elnyomható az oxidációs hatás, melyet Co esetén is demonstráltak és kristályos fázist hoztak létre [2].

Ezen eredmények alapján vizsgáltuk a kristályos Au/Co NR-ek SDG-ben történő létrehozásának lehetőségét hidrogén vivőgázhoz történő keverésével. Munkánk során Au/Co NR-eket állítottunk elő különböző H_2 keverési arányok és elektródtávolságok mellett és gyűjtöttük az NR-eket transzmissziós elektronmikroszkópiai vizsgálatokhoz (TEM). A felvételek vizsgálata során megmutattuk, hogy H_2 alkalmazása nélkül a már ismert Au mag, Co amorf héj típusú rendszerek jönnek létre, viszont a várakozásokkal ellentétben H_2 alkalmazása során sem változott a morfológia. A kristálytani síkok vizsgálata tovább erősítette az előzetes tapasztalatokat, miszerint kristályos fázisban tiszta Au vagy nagyon kis Co tartalmú Au/Co NR-ek keletkeztek. Annak kiderítésére, hogy a H_2 bekeverés hatására miért nem alakul ki a kristályos Co fázis, tiszta Co NR-eket generáltunk különböző H_2 arányok mellett.

1. Villy L. P. *et al.* Sci Rep 12, 18560 (2022)
2. Hallberg R. T. *et al.* AS&T 52:3, 347-358 (2018)

Ezt a munkát a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap támogatta a PD_21 OTKA 139077, TKP2021-NVA-19 és 2022-2.1.1-NL-2022-00012 projekteken keresztül. Továbbá jelen kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-4 - kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Fém nanorészecskék szinterezési mechanizmusának vizsgálata különböző gázkörnyezetben

Megyeri Dániel, Kohut Attila, Geretovszky Zsolt

Szegedi Tudományegyetem, Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék

Gáz fázisú fém nanorészecskék előállítása a Brown-mozgás következtében agglomerátumok keletkezésével jár, amely számos alkalmazás szempontjából nem kívánatos. Szabályozható hőmérsékletű csökemence alkalmazásával szférikus részecskék érhetőek el, amely folyamatot szinterezésnek nevezünk. A gyenge van der Waals erőkkel összetartott, primer részecskékből álló agglomerátumok hőkezelés hatására kompakt, gömb alakú struktúrába rendeződnek. Munkánk során fém aeroszol nanorészecskék szinterezési mechanizmusát vizsgáltuk különböző gázkörnyezetben Weber és Friedlander [1] átrendeződési modellje alapján, amely a koordinációs szám csökkenésével írja le a folyamatot. Szikrakisüléses generátorban létrehozott ezüst nanorészecskék 25, 50 és 70 nm szelektált méretosztályú populációját hőkezeltük különböző nitrogén-hidrogén gázkeverékekben. A kiválasztott méretosztály hőkezeléssel végbemenő méretváltozását tandem DMA (Differential Mobility Analyzer) elrendezésben egy SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) készülékkel mértük. Méréseinket 1,6 L/perc térfogatáram mellett végeztük, rögzítve így a szinterezési időt, amelyet korábbi munkánkra alapozva CFD szimulációkkal határoztunk meg [2]. Megállapítottuk, hogy a szinterezési mechanizmus szinte azonnal elindul már 5% hidrogén tartalom mellett és 100°C kemence hőmérséklet alatt teljesen végbemegy. A mechanizmus tiszta nitrogén gázkörnyezetben 100°C körül kezdődik és a részecskék 300°C körül érik el a teljesen kompaktált egyensúlyi állapotot. A folyamatot jellemző aktivációs energiát meghatároztuk, és bár a folyamat más hőmérséklettartományokon zajlik le, az aktivációs energiák a különböző gázkörnyezetben hibahatáron belül megegyeztek.

Ezt a munkát a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap támogatta a PD_21 OTKA 139077, TKP2021-NVA-19 és 2022-2.1.1-NL-2022-00012 projekteken keresztül

1. Weber, A. P., Friedlander, S. K. (1997). *J. Aerosol Sci.*, **28**, pp. 179-192.
2. Megyeri, D., Kohut, A., Geretovszky, Zs. (2021) *J. Aerosol Sci.*, **154**, 105758.

DOI: <https://doi.org/10.14232/MAK.2024.36>

A CAMS szakpolitikát segítő eszközei nyújtotta lehetőségek bemutatása

Kövesi-Lázár Krisztina, Ferenczi Zita

HungaroMet Nonprofit Zrt.



A CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) számos eszközt bocsát rendelkezésünkre, amelyekkel monitorozható a levegőminőség, felhasználásuk egyszerű és segítségül szolgál szakpolitikai döntéshozók számára mind nemzeti, regionális és helyi szinten is a levegő minőségét célzó effektív intézkedések meghatározásához, valamint az európai irányelvek szerinti jelentéstételhez.

A légszennyezettség kérdésköre gyakran nem csak helyi kérdés, így európai léptékű levegőminőség modellezésre is szükség van, hiszen az Európán belüli közlekedés is hozzájárulhat jelentős helyi légszennyezési epizód helyzetekhez. A szakpolitikai eszközök interaktív webalkalmazások, amelyek a CAMS levegőminőség modelljein alapulnak. Segítségükkel olyan kérdésekre kaphatunk válaszokat, mint:

- Milyen országok járulnak jelenleg hozzá a helyi légszennyezettséghez?
- Az ágazati kibocsátást érintő különböző intézkedéseknek milyen lehetséges hatásai vannak az európai nagyvárosokban?
- Hogyan alakulna napjaink levegőminősége, ha már most betartanánk a 2030-as vállalásokat?
- Hogyan alakul a szálló por kémiai specifikációja?
- A modell előrejelzések és az EEA megfigyelései hogyan alakulnak egymáshoz képest?

Az előadás célja a CAMS szakpolitikai eszközei nyújtotta lehetőségek bemutatása az aeroszol részecskékre fókuszálva annak érdekében, hogy az értékes információ az adekvát emberekhez eljutva segítse a megfelelő levegőminőséget célzó intézkedések meghatározását, hogy javuljon a levegőminőség, amely egyrészt jogszabályi kötelezettségünk, másrészt szívügyünk.

A kutatást az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program (FFT NP FTA) támogatta.

Milyen információkat szolgáltat a COPERNICUS ATMOSPHERE MONITORING SERVICE?

Ferenczi Zita, Tóth Anita, Kövesi-Lázár Krisztina

HungaroMet Nonprofit Zrt.



A Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) egy olyan európai kezdeményezés, amely a légkör és a légköri összetevők rendszeres megfigyelésére és monitorozására irányul. A szolgáltatás részét képezi az Európai Unió Copernicus programjának, amely nagyfokú részletességgel és időbeli folyamatossággal nyújt adatokat, információkat a légkör különböző paramétereiről.

A CAMS által szolgáltatott információk több területet ölelnek fel, nagy segítséget nyújtanak a környezetvédelem, az egészségügy, a meteorológia és a megújuló energia szektor területén dolgozó kutatóknak és a döntéshozók számára egyaránt.

A szolgáltatás keretében a levegőminőség előrejelzése mellett elemzések is készülnek a móltra vonatkozóan, valamint egyre szélesebb körű, szakpolitikát támogató webes applikációk is elérhetők a CAMS honlapján. A CAMS által üzemeltetett Atmosphere Data Store lehetőséget biztosít a felhasználók számára, hogy az adatokat alkalmoszerűen, vagy akár napi rendszerességgel is le tudják tölteni, majd saját igényeiknek megfelelően feldolgozzák, kiértékelik.

A CAMS néhány éve elindította a National Collaboration Programját, azzal a céllal, hogy arra ösztönözze a nemzeti intézményeket, hogy a CAMS produktumokat minél szélesebb körben használják az adott országban. Hazánkban a HungaroMet Zrt. vesz részt ebben a programban, amelynek keretében az alábbi vállalásokat tettük:

- A CAMS szolgáltatások, alkalmazások és eszközök ismertségének növekedése Magyarországon
- Megerősített szakmai kapcsolatok a döntéshozókkal és a szakma képviselőivel
- A hazai levegőminőségi előrejelzések megbízhatóságának javítása
- A CAMS szolgáltatások keretében szakértelem és információcsere biztosítása hazai szinten

Az előadásban részletes áttekintést adunk a CAMS levegőminőséghez kapcsolódó szolgáltatásairól, valamint a magyar National Collaboration Program-ról is.

A kutatást a CAMS National Collaboration Program (CAMS2_72HU) támogatta.

DOI: <https://doi.org/10.14232/MAK.2024.38>

A szaharai por magyarországi PM₁₀ koncentrációhoz való hozzájárulásának meghatározása

Tóth Anita, Ferenczi Zita

HungaroMet Nonprofit Zrt.



A környezeti levegő minőségének védelmével foglalkozó európai uniós irányelv (2008/50/EK irányelv) határértékeket határoz meg a főbb légszennyező anyagok koncentrációjára vonatkozóan. A PM₁₀ napi átlagkoncentrációjára vonatkozó határérték jelenleg 50 µg/m³, amely évente maximum 35-ször léphető túl. Egy adott földrajzi pontban kialakuló PM₁₀ koncentrációt az antropogén kibocsátások mellett a meteorológiai helyzet és a természetes források aktivitása is jelentősen befolyásolja. Mivel időnként a természetes hozzájárulások hatása jelentős, akár határérték túllépést is eredményezhet, ezért a mért PM₁₀-koncentrációkból le lehet vonni a természetes hozzájárulást, ezáltal csökkentve a határérték túllépések számát egy adott mérési pontban. Bizonyos időjárási helyzetekben nagy mennyiségű ásványi por szállíthat a Szahara felől a magasabb földrajzi szélességű területek felé. A CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) produktumai között elérhető a PM₁₀ porfrakció, amely a PM₁₀ koncentráción belüli por mennyiségét számszerűsíti. Ezeket a PM₁₀ porfrakció adatokat felhasználva azonosítottunk olyan időszakokat a 2022-es évben, amikor a Szahara felől érkező por jelentős hatással volt a Magyarország feletti PM₁₀ koncentrációkra. A szaharai por mennyiségét ezen időszakok alatt a CAMS PM₁₀ porfrakció korrigálásával kapott értékkel határoztuk meg a 26 mérőállomáson, melyek PM₁₀ méréseket szolgáltatnak a nemzetközi adatbázisba.

A szaharai porviharos események hatása a hazai fotovoltaikus energiatermelésre

Rostási Ágnes¹, Varga György^{1,2,3}, Gresina Fruzsina^{2,3}, Szeberényi József², Gelencsér András^{1,4}

¹Levegőkémia Kutatócsoport, Bio - nanotechnológiai és Műszaki Kémiai Kutatóintézet, Pannon Egyetem, Veszprém

²HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Budapest

³ELTE TTK Meteorológiai Tanszék, Budapest

⁴MTA-PE Levegőkémia Kutatócsoport, Pannon Egyetem, Veszprém



A fotovoltaikus energiatermelés és általában az időjárásfüggő megújuló energiaforrások kiszámíthatatlanok. A villamosenergia-mixben napról napra változó a fosszilis és a megújuló energiaforrások aránya és a termelés–fogyasztás kényszerű egyensúlyának szükségessége miatt fontos az időjárásfüggő megújulók arányának ismerete. Ha a menetrend nem jó, akkor drága és fosszilis tartalékkapacitások – főként gázerőművek – gyors üzembe helyezésére van szükség.

Munkánk során a fotovoltaikus energiatermelésre adott, jelentős hibákkal terhelt 24 órás menetrendeket vizsgáltuk a 2022. évi, hazánkban rekordot döntött 16 szaharai porviharos esemény idején. A poros epizódok során az ásványi szemcsék jelentős szerepet játszanak a felhőképződésben: nagyobb lesz a felhőzettség, nő a felhők élettartama és a besugárzás a vártnál kisebb lesz, így kevesebb villamos energia termelhető. Az alkalmazott módszerek között a műholdas méréseken, a numerikus szimulációkon, a légtömegek mozgáspályáinak számításain és a szinoptikus meteorológiai elemzéseken túl a szaharai porviharos események során csapadékkal együtt kimosódó poranyag laboratóriumi elemzése is szerepeltek. Az egyes epizódok során időszakosan akár 500 MW-nyi deficit is kimutatható a tényleges és az előre jelzett teljesítmény között.

Az általános aeroszol klimatológia alkalmazása mellett az epizodikus porviharokat is figyelembe kell venni a menetrendezésben, amely folyamat során eddig a felhőre vonatkozó mikrofizikai folyamatok – azaz a por és a felhőképződés összefüggései – nem kerültek be a számításokba.

A kutatást az NKFI FK138692 és RRF-2.3.1-21-2021 projektek és a Magyar Tudományos Akadémia Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Programja (FFT NP FTA) támogatta.

Varga Gy., Gresina F., Szeberényi J., Gelencsér A., Rostási Á. (2024) Effect of Saharan dust episodes on the accuracy of photovoltaic energy production forecast in Hungary (Central Europe). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 193, 114289, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114289>.

Ibuprofén tartalmú száraz porinhalációs rendszerek fejlesztése cisztás fibrózis kezelése céljából

Party Petra¹, Pizman Zsófia Ilona¹, Ambrus Rita¹

¹Szegedi Tudományegyetem Gyógyszertechnológiai és Gyógyszerfelügyeleti Intézet



A cisztás fibrózis (CF) kezelésében klinikailag bizonyítottan hatékony a nem szteroid gyulladásgátló ibuprofén (IBU) alkalmazása. Per os bevitel esetén a hatóanyag nagy dózisa szükséges a kívánt terápiás hatás eléréséhez, ami közvetlen tüdőn keresztüli bevitellel csökkenthető, mérsékelve a mellékhatások megjelenését. Mannitollal (MAN) kombinálva az IBU-t, mukolitikus hatásának köszönhetően, tovább javítható a betegek állapota CF-ban.

Célul tűztük ki nagy dózisú IBU-MAN tartalmú kombinált inhalációs porok fejlesztését, amelyek potenciálisan alkalmazhatóak lehetnek CF kezelésében. A száraz porinhalációs rendszerek (DPI, dry-powder inhaler) követelményeinek megfelelően a szférikus alakot, mikrométeres részecskeátmérőt, gyors hatóanyag leadást és megfelelő aerodinamikai tulajdonságokat vártunk el a fejlesztett készítményektől.

Első lépésként az IBU-t poloxamer-188 (POL) oldatban diszpergáltuk és bolygómalomban, nedves őrléssel állítottuk elő a preszuszenziót. A DPI készítményeket porlasztva szárító berendezéssel formuláltuk leucin (LEU) hozzáadásával. A mintákat a következő módszerekkel vizsgáltuk: lézerdiffrakció, pásztázó elektronmikroszkóp, porröntgen-diffrakció, differenciál pásztázó kalorimetria, stampfvoluméter, *in vitro* aerodinamikai vizsgálat (Andersen-féle kaszkád impaktor, Spraytec[®] inhalációs cella) és *in vitro* kioldódás mesterséges tüdőfolyadékban.

Összességében elmondhatjuk, hogy sikeresen lecsökkentettük az IBU szemcseméretét nedves őrléssel a mikrométeres tartományba, majd porlasztva szárítással inhalációra alkalmas, szférikus, kis sűrűségű részecskéket formuláltunk. A LEU tartalmú mintákat az *in vitro* aerodinamikai vizsgálat eredményei alapján megfelelő aerodinamikai átmérő és nagy tüdődepozíció jellemezte. Az IBU megnövelt fajlagos felülete és amorfizációja gyors hatóanyag felszabadulást eredményezett a mesterséges tüdőfolyadékban. A fejlesztett készítmények innovatív kezelési lehetőséget nyújthatnak CF terápiájában, javítva a betegek életminőségét.

Támogató: NKFI OTKA K_146148 projekt

Development and formulation of a single dry powder inhaler combining ketoprofen nanoparticles-embedded mannitol microparticles for pulmonary inflammations: in vitro and in silico analysis, and cell line assessment



Heba Banat¹, Ildikó Csóka¹, Dóra Paróczai², Katalin Burián², Árpád Farkas³, Rita Ambrus¹

1 Institute of Pharmaceutical Technology and Regulatory Affairs, Faculty of Pharmacy, University of Szeged, Eötvös u.6, H-6720 Szeged, Hungary

2 Department of Medical Microbiology, Faculty of Medicine, University of Szeged, Dóm square 10, Szeged 6720, Hungary

3 Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences, 1121 Budapest, Hungary

Pulmonary inflammation is a common symptom of many lung diseases and can be threatening, especially when it involves abnormal mucus buildup. Despite the notable side effects, inhaled corticosteroids are frequently used for these conditions. To address this, a single dry powder inhaler (DPI) comprising two active ingredients has been created using advanced nano-in-micro approach. This system improves the delivery of medication directly to the lungs while avoiding clearance mechanisms.

Ketoprofen, an anti-inflammatory drug with low water solubility, was first dispersed and homogenised in a stabilizer solution. Next, a nanosuspension of ketoprofen was created through wet-media milling. Co-spray drying with L-leucine (a dispersity enhancer) and mannitol (a mucuactive agent) was then carried out. Spray-dried powders were characterised by size, shape, dissolution rate, permeation, viscosity, deposition in lung models (both in vitro and in silico), cytotoxicity, and anti-inflammatory properties.

The size of the ketoprofen nanosuspension particles was approximately 230 nm. Scanning electron microscopy (SEM) images revealed wrinkled and nearly spherical particles with a final size of about 2 μm (referred to as nano-in-micro). Mannitol-containing samples reduced the viscosity of a 10% mucin solution. Results of mass median aerodynamic diameter (2.4-4.5 μm), fine particle fraction (56-71%), permeation (enhanced by 5-fold), and dissolution (80% release within 5 minutes) confirmed the suitability of the system for local inhalation therapy. All samples exhibited significant anti-inflammatory effects and reduced IL-6 levels in LPS-treated U937 cells with minimal cytotoxicity. Thus, combining ketoprofen and mannitol in one inhaled system holds promise for effectively managing lung inflammations (1).

This work was supported by NKFI OTKA K_146148 project.

1. Banat H, Csóka I, Paróczai D, Burian K, Farkas Á, Ambrus R. pharmaceuticals, 2024;17(75).

γ -Ciklodextrin alapú fémorganikus hordozók előállítása és alkalmazása Ibuprofén pulmonális bevitele céljából

Motzwickler-Németh Anett¹, Marta Baiugini², Milena Sorrenti², Party Petra¹, Csóka Ildikó¹, Ambrus Rita¹

¹Gyógyszertechnológiai és Gyógyszerfelügyeleti Intézet, Szegedi Tudományegyetem

²Department of Drug Sciences, University of Pavia, Italy



A ciklodextrin alapú fémorganikus hordozók (CD-MOF-ok) nagy porozitású, üreges szerkezetű anyagok, melyek alkálifém-kationok és ciklodextrinek közötti koordinációs kötések révén jönnek létre ötvözve a fémorganikus vázszerkezetek és a ciklodextrinek előnyös tulajdonságait. A gyógyszerkészítményekben lévő inhalációs hordozókhoz képest a homogén nanopórusos szerkezetük következtében kiváló aerodinamikai jellemzőkkel rendelkeznek, vagyis potenciális hordozók lehetnek rossz vízoldékonyságú hatóanyagok pulmonális alkalmazása céljára. Előállításukra leggyakrabban alkalmazott módszer a gőzdiffúzió, mely időigényes és alacsony termékhozamot biztosít.

Célul tűztük ki egy egyszerű, egylépéses, fagyasztva szárításon alapuló módszer alkalmazását a ciklodextrin alapú fémorganikus hordozók előállítására.

γ -ciklodextrinből és K^+ ionokból állítottuk elő a γ -CD-MOF-okat a vízben rosszul oldódó Ibuprofen (IBU) modell hatóanyag komplexálására. A kísérletet és az elkészített mintákat a Quality by Design koncepció alapján, a Box Behnken kísérletterv szerint végeztük el. Az előállított minták morfológiájának vizsgálatához optikai- és pásztázó elektronmikroszkópot (SEM) használtunk. A részecskék méretét lézerdiffrakcióval mértük, továbbá differenciális pásztázó kalorimetriával (DSC), porröntgen-diffrakcióval (XRPD) és Fourier transzformációs infravörös spektroszkópiával (FT-IR) jellemeztük a kapott porokat. A tüdődepozícióra vonatkozó vizsgálatokhoz in vitro Andersen Cascade impaktort használtunk.

A DSC és FT-IR mérések eredményei alapján kijelenthetjük, hogy az általunk választott módszerrel sikerült kialakítani a γ CD-MOF/IBU komplexet. Az ígéretesnek tűnő minták szférikus alakot mutattak, átlagos részecskeátmérőjük 3-4 μ m között volt. Ezekben a preformulációkban az IBU oldhatóságát 55 mg/ml-re sikerült növelni. A kiválasztott minták in vitro kioldási vizsgálatával igazoltuk, hogy az IBU 100 %-a 5 perc elteltével felszabadult. A minták MMAD (aerodinamikai átmérő) értéke 4-5 μ m-, FPF (finom részecske frakció) értéke pedig 38-48 % között változott. A kapott γ -CD-MOF/IBU komplexek alkalmazása ígéretesnek tűnik az IBU pulmonális úton történő bejuttatásához.

Támogató: NKFI OTKA K_146148 projekt.

DOI: <https://doi.org/10.14232/MAK.2024.43>

Aeroszolgyógyszer-részecskék méreteloszlásának és alakjának meghatározása és a légúti kiülepedéseloszlás modellezése

Füri Péter

HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29-33.



E tanulmány célja annak vizsgálata volt, hogy a szárazpor inhalátorokból kiszívott aeroszolgyógyszer-részecskék mérete és alakja hogyan befolyásolja a légúti kiülepedéseloszlásukat. E célból több gyógyszer-inhalátor páros esetén megmértük az inhalátorból kilépő részecskék méretét és alakfaktorait (Aspect ratio (AR), height width ratio (HWR)). A következő lépésként a Sztochasztikus Tüdőmodellel megvizsgáltuk, hogy hogyan hat a részecske alak, a méreteloszlás és a légzési mód a légúti kiülepedéseloszlásra. A számításaink során összehasonlítottuk a legegyszerűbb gömbi közelítést (geometriai átmérő) a realisztikusabb dinamikus alakfaktoral korrigált közelítéssel (Huang et al. (2021)). Az egyszerű gömbi és az alakfaktoral korrigált számítási mód között kicsi volt a különbség, mert a vizsgált részecskék alakja átlagosan nem tér el nagy mértékben a gömbétől. Az AR és a HWR ritkán vesz fel csak extrém értéket.

A mért két gyógyszer esetén a preszeperatoron és az első három impaktortálcán átlagosan 2 μm feletti, nagy részecskék vannak, sok azonban a 4-7 tálcán lévő, ennél kisebb részecske, így az összes részecskét tekintve legtöbb esetben az acináris kiülepedés dominál. Ezt erősíti a hosszú benntartás és a nagy belégzési térfogat is. A két vizsgált gyógyszer méreteloszlása között még azonos megszívásra (4000 cm^3 légzési térfogat, 3 másodperces belégzés, 5 másodperces benntartás és 4 másodperces kilégzés) is jelentős különbségek vannak. Amennyiben más a megszívás is, ezek a különbségek akár fokozódhatnak is. Ez felveti annak a lehetőségét, hogy egyénre szabott gyógyszer-inhalátor választással maximalizáljuk a tüdőben kiülepedett gyógyszer mennyiséget, a felső légúti kiülepedést és a kilélegzett gyógyszer mennyiséget pedig minimalizálhatjuk.

U Huang, Y., Adebiji, A. A., Formenti, P., & Kok, J. F. (2021). Linking the different diameter types of aspherical desert dust indicates that models underestimate coarse dust emission. *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL092054.

Az illegális háztartási hulladékégetés helyszíni azonosítása

Hoffer András^{1,2}, Tóth Ádám², Jancsek-Turóczi Beatrix^{1,2}, Ajtai Tibor³, Hodovány Szabolcs³, Gelencsér András^{1,2}



¹HUN-REN-PE Levegőkémiai Kutatócsoport, Pannon Egyetem, Veszprém, H-8200

²Bio-nanotechnológiai és Műszaki Kémiai Kutatóintézet, Pannon Egyetem, Veszprém, 8200

³HUN-REN-SZTE Fotoakusztikus Kutatócsoport, Szeged, H-6720

A háztartásokban történő illegális hulladékégetés helyszínen történő kimutatása nehéz feladat, pedig a hatóságok beavatkozásának legitimálásához erre nagy szükség lenne. Munkánk során különböző hulladéktípusokat (különböző műanyagokat, kezelt fát) égettünk együtt tűzifával, valamint különböző szénfajtákat és tűzifát külön-külön is egy kandallóban, ellenőrzött körülmények között, és mértük a kibocsátott aeroszol különböző fizikai és kémiai paramétereit. Célunk az volt, hogy meghatározzuk azokat a kulcsfontosságú emissziós paramétereket, amelyek segítségével a hulladékégetés helyszíni kimutatása lehetséges. A munkában több mint 1000 szilárd tüzelőanyagkeverék égetése során gyűjtött adatot dolgoztunk fel.

Meghatároztuk azokat a paramétereket, amelyek a legnagyobb különbséget mutatták a legális tüzelőanyagok és a különböző hulladék-típusok égetése között. Megállapítottuk, hogy a begyűjtési és az égési fázist az egyszeres szórási albedó, az abszorpciós Ångström-exponens és a módosított égési hatások alapján lehet megkülönböztetni egymástól, ebben a paramétertérben a hulladékégetés lángoló fázisa 70–99%-os valószínűséggel (átlagosan 90%) azonosítható. A füstgáz NO_x/CO₂-aránya alapján a bútortáblák és az OSB égetése különböztethető meg a tűzifa és más hulladéktípusok égetésétől, ezen hulladékok égetésének effektív pozitív azonosítási aránya 77%, illetve 94%, a nem nitrogéntartalmú műanyagok égetésének téves pozitív azonosítási aránya ~5% volt. A műanyag-hulladékok égetése a számkoncentráció méret szerinti eloszlásának geometriai átlaga, a PM₁₀/CO₂ arány és a BC/CO₂ arány segítségével különböztethető meg a tűzifa égetésétől, ebben a paramétertérben a tűzifával együtt eltűzelt műanyag-hulladék effektív pozitív azonosítási aránya 34 és 84% között változik. A fontosabb vizsgált paraméterek alapján neurális hálózat segítségével hulladékégetés effektív pozitív azonosítási aránya a tesztelt hulladéktípusok esetében 55% és 90% között változott.

A munkát az Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium támogatta (RRF-2.3.1-21-2022-00014 projekt).

A nem kipufogógázból származó közlekedés eredetű aeroszol részecskék valós idejű monitorozása

Jancsek-Turóczi Beatrix^{1,2}, Hoffer András^{1,2}, Őri Péter³,
Lakatos István³, Gelencsér András^{1,2}

¹HUN-REN-PE Levegőkémiai Kutatócsoport, 8200 Veszprém, Egyetem utca 10.

²Pannon Egyetem, Bio-nanotechnológiai és Műszaki Kémiai Kutatóintézet, Levegőkémiai Kutatócsoport, 8200 Veszprém, Egyetem utca 10.

³Széchenyi István Egyetem, Közúti és Vasúti Járművek Tanszék, 9026 Győr, Egyetem tér 1.



Európában a járműpark korszerűbbé válásának és a szigorodó emissziós előírásoknak következtében a kipufogógázzal együtt légkörbe kerülő részecskék száma csökken, így azonban a közlekedés járulékos emissziójaként (a fékbetétek, a gumiabroncsok és az útfelület kopása révén) levegőbe jutó részecskék, valamint a már kiülepedett részecskék reszuszpenziója egyre nagyobb szerephez jutnak a városi levegőszennyezésben. Az ilyen ún. „NEE” (non-exhaust emissions) folyamatokból származó aeroszol részecskéket korábban csak típusonként vizsgálták, ráadásul laboratóriumi körülmények között (Piscitello *et al.*, 2021), míg a városi levegőminőség javítása érdekében szükség lenne ezen forrásokból származó részecskék valós közlekedési körülmények között történő elemzésére is.

A kutatás célja egy egyszerű, gyors és valós idejű monitoring rendszer kifejlesztése volt a nem kipufogógázból származó közlekedés eredetű aeroszol részecskék által okozott részecskeszennyezés kimutatására, valamint ezek lehetséges elsődleges forrásainak azonosítására. Ehhez egy optikai részecskeszámlálót (OPC), valamint a járműveket, azok sebességét és manőverezését rögzítő kamerát helyeztünk el mozgó járművön, hogy valós forgalmi körülmények között azonosíthassuk az NEE folyamatokból származó részecskék forrásait.

A módszer segítségével lehetőség nyílt az NEE forrásokból származó részecskék tömegkoncentrációjának térbeli eloszlásának, illetve az általuk előidézett kritikus terhelésű helyszínek (ún. „hotspot”) meghatározására egy tetszőleges város úthálózatán. Megállapítottuk, hogy a megnövekedett részecskekoncentráció buszok és egyéb tehergépjárművek közlekedésével hozható összefüggésbe, melynek mértéke jelentősen korrelál a gépjárművek sebességével. Az 50–60 km h⁻¹ sebességgel haladó tehergépjárművek lokálisan akár nyolcszor nagyobb PM₁₋₁₀ tömegkoncentráció többletet is eredményezhetnek, mint a 40 km h⁻¹ sebességgel haladó személygépjárművek.

A kutatást az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program (FFT NP FTA) és a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja támogatta.

Piscitello, A., Bianco, C., Casasso, A., Sethi, R. *Sci. Total Environ.* 766, 144440. (2021)

Kerékpáros aeroszol mérések Budapest belvárosában

Tordai Ágoston Vilmos, Mészáros Róbert

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet,
Meteorológiai Tanszék



A sűrűn lakott városi területek aeroszol szennyezettsége korunk kiemelt jelentőségű kérdése. Referenciamérések (háttérszennyezettség) kijelölt pontokban állnak rendelkezésre. Ezek az adatok azonban nem reprezentálják a városon belüli, lokális skálájú változékonyságot, mely utcaszinten jelentős koncentráció-eltéréseket eredményez. A helyi szennyezést befolyásoló levegőkémiai (pl. nukleáció, reakciók, lokális emissziók), meteorológiai (turbulencia, sugárzási komponensek, hőmérséklet, nedvesség, határréteg szerkezete) és egyéb környezeti tényezők komplexitása és változékonysága folytán e területek aeroszolterhelésének vizsgálatához nagy tér- és időbeli felbontású mérésekre van szükség (1). Ennek egyik eszköze a kerékpáros (mobil) mérés, melyet több nagyvárosban is sikerrel alkalmaztak (2, 3). Budapesten, 4 kiválasztott útvonal mentén folytattunk nagyfelbontású méréseket 2022. októberétől. Célunk i) a lokális szennyezettségi zónák, hotspotok azonosítása további vizsgálatok céljából, ii) műszerfejlesztéshez szolgáló adatok gyűjtése, iii) low-cost szenzorok alkalmazhatóságának és korlátainak vizsgálata (OPC-k, elektrokémiai műszerek), valamint iv) évszakos és napi trendek kimutatása.

A PM₁₀ és PM₂₅ koncentrációt TSI Dusttrak II (8532) műszerekkel, a léghőmérsékletet és relatív nedvességet Testo 635-1 műszerrel rögzítettük, részletes GPS információkkal kiegészítve. Összesen több, mint 150 mérési útvonal adatai állnak rendelkezésünkre, melyek feldolgozásához és korrigálásához többségben automatizált algoritmust fejlesztettük. A térbeli összehasonlíthatóság céljából adatainkat szabályos földrajzi rácsra vetítve rácsponti adatbázist is előállítottunk. Bemutatjuk a mérési kampányunk során alkalmazott eljárásokat, korrekciókat, illusztráljuk az adatfeldolgozás főbb lépéseit, illetve az adatbázis felépítését. Esettanulmányokon keresztül mutatjuk be az adatbázis alkalmazhatóságát.

A kutatás az Éghajlatváltozás Nemzeti Multidiszciplináris Laboratórium RRF-2.3.1-21-2022-00014 számú projekt keretében valósult meg.

1. Boniardi, L., Borghi, F., Straccini, S., Fanti, G., Campagnolo, D., Campo, L., . . . Fustinoni, S., 2021: Commuting by car, public transport, and bike: Exposure assessment and estimation of the inhaled dose of multiple airborne pollutants. *Atmospheric Environment*, 262, 118613. doi:10.1016/j.atmosenv.2021.118613
2. Hernández, M.A., Ramírez, O., Benavides, J.A., és Franco, J.F., 2021: Urban cycling and air quality: Characterizing cyclist exposure to particulate-related pollution. *Urban Climate*, 36, 100767. doi:10.1016/j.uclim.2020.100767
3. Norra, S., Song, J., Gebhardt, R., Bauer, J., Broß, M., Fuchs, M., . . . Saathoff, H., 2023: Spatio-temporal dynamics of aerosol distribution in an urban environment recorded in situ by means of a bike based monitoring system. *Frontiers in Environmental Science*, 11. doi:10.3389/fenvs.2023.749477

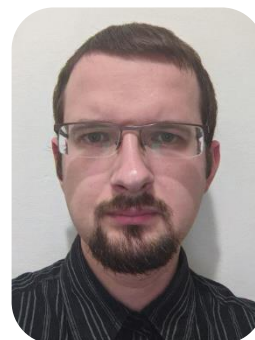
A budapesti aeroszol forrásai 11 év tapasztalatai alapján

Vörösmarty Máté¹, Philip K. Hopke², Salma Imre³

¹ Hevesy György Kémia Doktori Iskola, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

² Department of Public Health Sciences, University of Rochester, NY, USA

³ Kémiai Intézet, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest



A városi levegőminőség egyik fontos tényezője az aeroszol rendszer. Leggyakrabban az aeroszol tömegét használjuk ennek jellemzésére, de az Egészségügyi Világszervezet (WHO) a részecskék számát is kritikus tényezőnek minősítette az elmúlt években.

A kutatómunkában az aeroszol részecskék számának fő forrásait határoztuk meg. A kiértékelés alapját a Budapest Aeroszol Kutató és Oktató Platform (BpART) Laboratóriumában 11 év alatt mért 6–1000 nm közötti méretszeparált részecskeszám-koncentráció adatbázisa biztosította, melyet kiegészítettünk egyéb levegőszennyezőkkel. A forrásazonosítást a pozitív mátrix faktorizáció (PMF) módszerrel végeztük. A szezonális fontos tényező lehet a forrásintenzitások befolyásolásában, ezért a modellezést évszakos bontásban végeztük el. Az adatsorok évszakonként 21–24 ezer adatpontot tartalmaztak. A meteorológia hatását a ventilációs együttható (VC) segítségével vettük figyelembe, mely azt a levegőtér fogatot fejezi ki, melyben a komponensek keveredhetnek, hígulhatnak.

Hat fő forrást azonosítottunk. Az első a nukleációs folyamat, mely összetett forrás. Magába foglalja az új részecske-képződést és közlekedéshez kapcsolódó nukleációt. Ez a forrás a legkisebb, <30 nm részecskéért volt felelős, és az összes részecske 20%-át eredményezte átlagosan alsó becslésként. A déli, napsütéses órákban ez az arány azonban elérte a 35–50%-ot is. A legnagyobb hányadot a közúti közlekedés képviselte. Ez magába foglalja az közepesen illékonyabb komponensekkel rendelkező, 30 nm medián átmérőjű módust, illetve a főleg szilárd, koromrészecskékkel kapcsolatos közlekedési forrást a 90 nm medián átmérőnél. A részecskék számának körülbelül 60%-át a közlekedés adja évszaktól függetlenül. Kevésbé hangsúlyos forrásként azonosítottuk a diffúz városi emissziót (7–15%), a másodlagos szerves aeroszolt, ami főleg szulfátrészecskéket tartalmaz (1–10%) és az ózonhoz köthető gáz-részecske konverziót (3–7%). A VC nagyban átalakította a PMF bemenő adatait, de csak kevésbé változtatta meg a modellezés eredményeit. A különbségek főleg az azonosított források eredetének eltéréseiben jelentkeztek.

Az eredményeink kihangsúlyozzák a gépjárműforgalom szerepét a városi levegőminőség alakításában, és támpontot adhatnak olyan környezetvédelmi intézkedésekhez is, melyek a forrástípusokra összpontosítva kívánják csökkenteni a káros hatásokat.

A tűzijáték füstje és hatásai

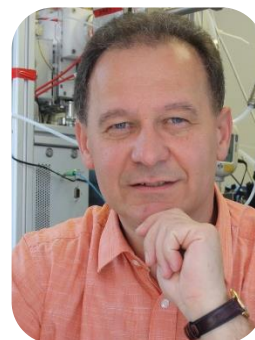
Salma Imre¹, Farkas Árpád², Weidinger Tamás³, Balogh Miklós⁴

¹ ELTE Kémiai Intézet, Budapest

² HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

³ ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest

⁴ BME Áramlástan Tanszék, Budapest



Magyarország legjelentősebb, szervezett tűzijátékát Budapesten tartják a Szent István-napi ünnepi eseménysorozat részeként. A 2014–2023. években kísérleti úton mért légkörkémiailag adatainkat természettudományos módszerekkel feldolgoztuk és szakmailag értelmeztük.^{1, 2}

2021-ben az első lövések 21:06 órakor történtek, és a görögtűz 21:32-kor fejeződött be. Az aeroszol részecskék számának a koncentrációja $20 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$ értékről $369 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$ -re nőtt a BpART Laboratórium mérőállomásunkon. A koncentráció a tűzijáték után 5–6 perccel érte el a maximumát, majd további 45 perc alatt visszatért az esemény előtti szintre. A kapott csúcsérték extrém nagy koncentrációnak minősül Budapesten; sokkal nagyobb, mint a szennyezett időszakokban előforduló adatok. Hasonlóan nagy értékeket csak a Várhegyi-alagútban mértünk. A tűzijátékból származó részecskék medián átmérője viszonylag nagy, 200 nm körüli. Ez a tulajdonság elkülöníti a tűzijátékból származó részecskéket a többi, légköri részecskétől. A PM₁₀ méretfrakció tömegkoncentrációja a Duna-parton 100–150-szeresére növekedett a tűzijáték csúcspontjában a tűzijáték előtti vagy utáni időszakokhoz képest, míg az órás átlagokat tekintve 25–70-szeres emelkedést kaptunk.

A füstcsóva terjedését numerikus áramlástanai modellel követtük a felszínhez közelebbi és távolabbi rétegekben. A magasabb rétegben tipikusan mintegy 15-ször nagyobb koncentrációk fordulnak elő, mint az alsóbb részben. A csóva terjedelmesebb is volt a felsőbb részben. A tűzijáték füstcsóvája és a belőle kihulló szennyező anyagok nemcsak az adott Duna szakaszt és partokat érintik, hanem a város nagyobb és távolabbi kerületeire is hatással lehetnek. A részecskék légzőszervi kiülepedésének valószínűsége a tűzijáték ideje alatt csökkent (a beszívott részecskék több, mint felét kilélegeztük), ami a tűzijátékból származó részecskék átmérőjével magyarázható. A kiülepedési sebesség azonban 4-szer nagyobb volt a tűzijáték alatt, mint előtte vagy utána, és a maximuma a tüdő mélyebb, acináris részeiben alakult ki. Mindez egészségi többletkockázatot jelent. A részecskék kémiai összetételének meghatározása jelenleg már folyamatban van.

1. Salma, I., Farkas, Á., Weidinger, T., Balogh, M.: Firework smoke: Impacts on urban air quality and deposition in the human respiratory system, *Environ. Pollut.*, 320, 121612, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121612>, 2023.
2. Salma I., Farkas, Á., Weidinger, T., Balogh, M.: A tűzijáték árnyai és fényei, *Magyar Kémikusok Lapja*, 78, 214–217, 2023.

XVI. MAGYAR AEROSZOL KONFERENCIA SZARVAS 2024



Résztevők listája

Abdul Rahman	Kertész Zsófia
Alföldy Bálint	Kohut Attila
Antoinette Bechara	Kövesi-Lázár Krisztina
Ajtai Tibor	Kup Katica Anna
Ambrus Rita	Kugler Szilvia
Angyal Anikó	Labancz Krisztina
Bán Sándor	Lucia Bustin
Borbély Dezső	Major István
Csóka Ildikó	Megyeri Dániel
Czeplédy Ferenc	Molnár Ágnes
Czeplédy Karin	Molnár Mihály
Czitrovsky Aladár	Motzwickler-Németh Anett
Dobó Zsolt	Nagy Attila Tibor
Farkas Árpád	Osán János
Ferenczi Zita	Papp Enikő
Füri Péter	Papp István
Gelencsér András	Party Petra
Gera Tamás	Rostási Ágnes
Heba Banat	Salma Imre
Hoffer András	Szénási Georgina
Hofstedterné Jutasi Angelina	Tordai Ágoston Vilmos
Hopp Béla	Tóth Ádám
Horváth Alpár Zsolt	Tóth Anita
Horváth Viktória	Uramné Dr. Lantai Katalin
Jancsek-Turóczi Beatrix	Veres Miklós
Kakasi Balázs	Villy Lajos Péter
Keglevich András	Vörösmarty Máté

A rendezvény szervezésének és szakmai lebonyolításának támogatói



**SZEGEDI
GYÓGYSZERÉSZKÉPZÉS
FEJLESZTÉSÉÉRT
ALAPÍTVÁNY**



További támogatók



BERLIN-CHEMIE
MENARINI



ABL&E-JASCO
Magyarország Kft.



 **AEROSOL**
MAGEE SCIENTIFIC



