



VI. MAGYAR AEROSZOL KONFERENCIA
DEBRECEN
2002. OKTÓBER 10-11.

VI. MAGYAR AEROSZOL KONFERENCIA

Debrecen, 2002. október 10-11.

Tel.: +36 52 417-266, Fax: +36 52 416-181, Email: aero6@atomki.hu



Bevezetés

Az *“Aeroszolok a környezetben, a gyógyászatban, az iparban és a mezőgazdaságban”* címmel meghirdetett VI. Magyar Aeroszol Konferenciára beküldött előadások kivonatait gyűjtöttük össze ebbe a füzetbe. 19 intézményből ötvenen jelezték, hogy részt vesznek a konferencián, 34 szóbeli és poszter előadást jelentettek be.

A beküldött előadások a légköri aeroszolkutatás fontos témaköreit érintik. Az előadásokat a konferencia programjában közöltek szerint négy témacsoportba soroltuk. Ezek átfogják az aeroszol fizikai és kémiai tulajdonságainak vizsgálati módszereit, a vizsgálatok eredményeinek értelmezését az aeroszol éghajlatra és az ember egészségére gyakorolt hatásával kapcsolatban. Mintavételi és mérési (analitikai) módszerekkel, műszerekkel ismertetik meg a résztvevőket.

A szervezők nevében köszönetet mondok mindazoknak, akik a szervezésben és kivitelezésben segítették munkánkat.

Borbélyné Kiss Ildikó

A VI. Magyar Aeroszol Konferencia rendezői:

Magyar Kémikusok Egyesülete, Magyar Aeroszol Társaság

Magyar Tudományos Akadémia Debreceni Területi Bizottság Fizikai Munkabizottsága

MTA Atommagkutató Intézete

A konferencia szponzora:

Kálmán System Környezetvédelmi Műszer Fejlesztő, Gyártó és Kereskedelmi Kft.

A rendezvény programja

Október 10. Csütörtök

- 10:00-10:05 Köszöntő: Lovas Rezső. ATOMKI igazgató
10:05-10:20 *Megnyitó: Mészáros Ernő akadémikus. VE Föld- és Környezettudományi Tanszék
Beszámoló a lipcsei konferenciáról*
10:20-10:35 Czitrovszky Aladár. MTA SzFKI
Beszámoló a taipei konferenciáról és a 2004-es budapesti aeroszol konferencia előkészületeiről

1. Szekció: Szénvegyületek a légköri aeroszolban, Elnök: Dr. Mészáros Ernő

- 10:35-10:55 Krivácsy Zoltán, Gelencsér András. VE
Humuszanyag a légkörben: a kérdéskör áttekintése
10:55-11:15 Gelencsér András, Hoffer András, Kiss Gyula, Tombác Etelka, Blaszó Marianne. VE
Légköri humuszanyag képződése felhőfolyamatokban
11:15-11:35 Galambos István, Kiss Gyula, Martin Gysel, Stephan Nyeki. VE
Légköri finom aeroszol vizes extraktumának kémiai és fizikai vizsgálata
11:35-11:55 Janitsek Szilvia, Kiss Gyula, Gelencsér András. VE
Légköri humuszanyagok trópusi biomaszából származó aeroszolban
11:55-12:15 Simonics Renáta, Pósfai Mihály. VE
Dél-Afrikai szavannaégetésből származó egyedi aeroszol részecskék tulajdonságai
12:15-12:35 Salma Imre, Willy Maenhaut, Machon Attila, Krivácsy Zoltán. ELTE
A budapesti széntartalmú aeroszol: helyzetkép mintagyűjtés után

12:35-14:00 Ebédszünet

2. Szekció: Aeroszokok és éghajlat, Elnök: Dr. Koltay Ede

- 14:00-14:20 Papp Róbert. Kálmán System Kft
A Kálmán System Kft, a konferencia szponzora bemutatkozása
14:20-14:40 Feczkó Tivadar, Molnár Ágnes, Mészáros Ernő. VE
Az ammónium-szulfát aeroszol és a szén-dioxid éghajlati hatásának változása Magyarországon
14:40-15:00 Mészáros Ernő, Feczkó Tivadar, Molnár Ágnes. VE
Kísérlet a légköri aeroszol közvetett éghajlati hatásának megbecslésére
15:00-15:20 Geresdi István. Pécsi Tudományegyetem
A légköri aeroszol részecskék méret szerinti eloszlásának szerepe a vízcseppek kialakulásában és kondenzációs növekedésében
15:20-15:40 **Szünet**

3. Szekció: Hatások az emberi egészségre, Elnök: Dr. Kerényi Tibor

- 15:40-16:00 Jäckel Márta, Molnár Zsuzsa, Balla Márta, Sáfrány Ágnes, Hargittai Péter, Kerényi Tibor.
SE II. sz. Pathológiai Intézet
Különböző üvegstok porának biosolubilitása és tüdőhatásai
16:00-16:20 Kerényi Tibor, Sáfrány Ágnes, Hargittai Péter, Jäckel Márta. SE II. sz. Pathológiai Intézet
Gumiabroncs respirábilis porának tüdő-, mesothel- és szöveti hatásai - kísérletes vizsgálatok
16:20-16:40 Salma Imre, Balásházy Imre, Werner Hofmann, Záray Gyula. ELTE
A városi aeroszol méreteloszlásának és a fizikai igénybevételnek a hatása az aeroszol emberi légzőrendszerben történő kiülepedésére
16:40-17:00 Balásházy Imre, Hofmann Werner. KFKI AEKI, Salzburgi Egyetem
A radoninhalációt követő légúti sejttalálati valószínűségek eloszlásának numerikus szimulálása
17:00-17:20 Bogdándi E. Noémi, Dr. Polonyi István, Móriczné Sárdy Márta, Dr. Tátrai Erzsébet,
Dr. Kerényi Tibor, Dr. Fehér István, Szabó Júlia, Dr. Dám Annamária.
OKK-OSSKI, OKK-OMFI, SE. II Pathológiai Intézet, KFKI-AEKI
A radon és az asbeszt egészségkárosító hatásának vizsgálata sejtszinten
17:20-17:40 Farkas Árpád, Balásházy Imre, és Szőke István. KFKI AEKI
Centrális légúti levegőáramok és inhalált radioaeroszokok kiülepedés eloszlásának numerikus modellezése
17:40-17:45 **Szünet**
17:45- Fogadás a konferencia résztvevőinek (Kálmán System Kft)

Október 11. Péntek

4. Szekció: Mintavétel, mérési módszerek, mérőeszközök, Elnök: Dr. Kiss Árpád Zoltán

- 9:00-9:20 Czitrovsky Aladár, Nagy Attila, Jani Péter, Szigethy D, Kálmán István, Kálmán Csaba.
MTA SZFKI, Kálmán System Kft
Mobil környezetvédelmi laboratórium
- 9:20-9:40 Jani Péter, Nagy Attila, Lipp Z., Czitrovsky Aladár. MTA SZFKI
Részecske sokaságon szórt impulzusok idő-amplitúdó statisztikája
- 9:40-10:00 Nagy Attila, W.W. Szymansky, Czitrovsky Aladár, Jani Péter. MTA SZFKI
Két hullámhosszú aeroszol spektrométer modellezése és a módszer hibaanalízise
- 10:00-10:20 **Szünet**

5. Szekció: Léggöri aeroszol tulajdonságai, ülepedése, Elnök: Dr. Czitrovsky Aladár

- 10:20-10:40 Koltay Ede, Borbély-Kiss Ildikó, Kiss Árpád Zoltán, Szabó Gyula, Bozó László.
MTA ATOMKI, OMSz
Terjedési pályák és elemi nyomjelzők magyarországi aeroszolban 1991 és 2000 között megfigyelt szaharai epizódok idején
- 10:40-11:00 Molnár Ágnes, Temesi Dóra, Mészáros Ernő. VE
Az aeroszol részecskék kémiai összetételének és tömegmértékének évszakos változása
- 11:00-11:20 Imre Kornélia, Molnár Ágnes, Mészáros Ernő. VE
A léggöri aeroszol higroszkópos tulajdonságainak vizsgálata
- 11:20-11:40 Horváth László, Salma Imre, Maenhaut, Willy, Kovács Emese. OMSz, Ghent University, ELTE
Háttér aeroszol részecskék elemi összetétele és méret szerinti eloszlása egy erdőállomány felett
- 11:40-12:00 Kovács Emese, Horváth László. ELTE, OMSz
A léggöri ammónium-szulfát részecskék méret szerinti eloszlásának és ülepedési sebességének vizsgálata erdőállomány felett
- 12:00-12:20 Hlavay József, Polyák Klára, Bodnár Eszter. VE
Aeroszol részecskék balatoni ülepedése
- 12:20-14:00 **Ebéd-szünet**
- 14:00-14:20 Szeredi Ágnes, Salma Imre, Záray Gyula. ELTE
Platinafémek léggöri koncentrációjának meghatározása
- 14:20-14:40 Veres M., Füle M., Koós M., Pócsik I., Czitrovsky A., Nagy A., Jani P. MTA SZFKI
Az üzemanyag szennyezettségének vizsgálata gázturbinás hőerőművekben
- 14:40-15:00 Sági Lajos. TIKÖFE
A földmunkák porzasi eredetű légszennyezése
- 15:00-15:20 Czitrovsky Aladár. MTA SzFKI
Zárszó

A konferencia idején megtekinthető kiállítás és poszterek:

Kiállítás Kálmán System Környezetvédelmi Műszerfejlesztő Gyártó és Kereskedelmi Kft
(www.kalmansystem.hu)

Poszterek

Magyar Donát. MTA Növényvédelmi Intézete

Gomba eredetű léggöri elemek kimutatása

Osán János, Alföldy B., Kurunczi S., Török Sz., Bozó L., A. Worobiec, R. Van Grieken. KFKI AEKI, OMSz, Uni. of Antwerp

A balatoni léggöri aeroszol jellemzése röntgenemissziós módszerekkel

Osán János, Chul-Un Ro, Szalóki I., R. Van Grieken. KFKI AEKI, Hallym Univ. Korea, DE Kísérleti Fizikai Intézet, Univ. of Antwerp

Egyedi aeroszorrészecskék könnyűelemtartalmának meghatározása vékonyablakos elektronsugaras mikroanalízissel

Rajta István, W. Maenhaut, M.-T. Fernandez-Jimenez, P. Artaxo. MTA ATOMKI, Ghent University, Univ. of Sao Paulo

Alta Floresta, Brazília: Sokelemes összetétel vizsgálatok és forrásazonosítás

Sallai Mónika Angéla. VE

A léggöri aeroszolban található vízoldható huminszerű anyag sav-bázis tulajdonságai

Szőke István, Balásházy Imre és Farkas Árpád. KFKI AEKI

A mucociliaris tisztulás hatása a bronchialis aeroszol-kiülepedés eloszlására

Szőke Réka, Sziklainé László I., Balásházy I., Kerényi T., Szőke I., Szabó J. KFKI AEKI, SE. II Patológiai Intézet

Üveggyapotokból származó aeroszokok fizikai paraméterei, kémiai összetétele és légúti depozíciója

HUMUSZANYAG A LÉGKÖRBEN

Krivácsy Zoltán¹ és Gelencsér András²

¹ Veszprémi Egyetem, Föld- és Környezettudományi Tanszék, 8201 Veszprém PF. 158.

² MTA Levegőkémia Kutatócsoport

Napjainkban egyre nagyobb érdeklődés mutatkozik a finom méretű légköri aeroszolban lévő szerves komponensek iránt. Ez az érdeklődés alapvetően relatíve nagy légköri koncentrációjuknak és jelentős vízdoldhatóságuknak köszönhető. Ahhoz azonban, hogy egyértelműbb képet kaphassunk a légköri aeroszol szerves összetevőinek a légköri folyamatok szabályozásában betöltött szerepéről, elengedhetetlen ezen vegyületek kémiai összetételének ismerete. Az utóbbi években ezen a területen is jelentős előrelépések születtek, amennyiben bizonyítást nyert, hogy az egyedi komponensek mellett vegyületcsoportokat célszerű keresni.

Kutatásunk során kidolgoztunk egy olyan módszert, amely alkalmas a légköri aeroszol vízdoldható frakciójában található szerves anyagok egyik, vélhetően legnagyobb mennyiségben jelenlevő csoportjának elkülönítésére. Az így izolált szerves anyagról megtudtuk, hogy az nagyon sok, egymástól el nem választható és egyedileg nem azonosítható alifás-aromás polisavakból áll, amely vegyületek minden vizsgált tulajdonságukban a természetes humuszvegyületekre hasonlítanak. A továbbiakban pirolízis-gázkromatográfia-tömegspektrometria technika segítségével az is kiderült, hogy ezen légköri szerves vegyületek építőelemei ugyanazok a szerves molekulák (elsősorban alifás és aromás karbonsavak), amelyek a hidroszférában és a litoszférában található természetes humuszanyagot is felépítik. Mindezek alapján azt gondoljuk, hogy a légköri aeroszolban jelenlevő szerves vegyületek ezen csoportját légköri humuszanyag névvel illelhetjük.

Ezek az eredmények jelentősen befolyásolhatják a légköri aeroszollal kapcsolatos kutatások további alakulását. Fényelnelő-képességük és termikus stabilitásuk következtében módosítják azt a korábbi elképzelést, hogy globális léptékben a korom az egyetlen ilyen tulajdonságú aeroszolkomponens. Mindez arra kényszerít bennünket, hogy átgondoljuk a korommérésre vonatkozó optikai és termikus módszerek alkalmazhatóságát. Az izolált anyagon végzett további kísérletek során pedig azt is megállapítottuk, hogy a légköri humuszanyag jelentős mértékben csökkenti a víz felületi feszültségét, elősegítve ezáltal a felhőcseppek kondenzációját. Más kísérleteink azt is igazolták, hogy ezen vegyületeknek ködcseppekbe történő kimosódása ugyanolyan mértékű, mint az ammónium-, szulfát- vagy nitrátionoké. Az optikai aktivitás, valamint a kondenzációs folyamatokra gyakorolt vélhető hatás azt valószínűsíti, hogy a légköri humuszanyag a légköri aeroszol éghajlatra gyakorolt hatásában is fontos szerepet játszhat.

Mivel a légköri humuszanyagot különböző jellegű, európai háttérhelyeken gyűjtött mintákban, biomassza égetéséből származó mintákban egyértelműen azonosítottuk, valamint tengeri aeroszolban is találtunk hasonló viselkedésű komponenseket, nagy a valószínűsége annak, hogy a szulfáthoz hasonló globális hatású aeroszolalkotóról van szó.

LÉGKÖRI HUMUSZANYAG KÉPZŐDÉSE FELHŐFOLYAMATOKBAN

*Gelencsér András¹, Hoffer András¹, Kiss Gyula¹,
Tombác Etelka², Blazsó Marianne³*

¹ MTA Levegőkémiai Kutatócsoport, 8201 Veszprém, Pf. 158.

² Szegedi Egyetem, Kolloidkémiai Tanszék, 6720 Szeged, Aradi vértanúk tere 1.

³ MTA Kémiai Kutatóközpont, AKKL, 1525 Budapest, Pf. 17.

A légkörben a felhővízben zajló kémiai reakciók, az ún. felhőfolyamatok rendkívül fontosak számos elem biogeokémiai körforgása szempontjából, és alapvetően befolyásolják a felhővíz, a csapadékvíz és az aeroszolrészecskék kémiai összetételét. A kén esetében például a felhőfolyamatok megértése tette lehetővé a $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ átalakulás mechanizmusának tisztázását, melynek köszönhetően napjainkban a kénvegyületek környezeti sorsa és hatásai (pl. a savas ülepedés) elfogadható pontossággal modellezhetők. Korábbi aeroszolkémiai kutatásaink során megállapítottuk, hogy kontinentális környezetben a szerves aeroszol jelentős hányadát egy, a természetes humuszanyagokhoz minden vizsgált tulajdonságában és kémiai szerkezetét tekintve is hasonló anyag, a légköri humuszanyag alkotja [1]. Feltételeztük, hogy ez az anyag poláris elővegyületekből felhőfolyamatokban keletkezik, bár erre akkor még csak a humuszkémiából ismert irodalmi utalásokból következtettünk [2].

Munkánk során laboratóriumi kísérletekben igazoltuk, hogy a biomassza égetésből és más antropogén forrásokból származó aromás hidroxikarbonsavakból Fenton-reakciókban előállított OH gyökök segítségével a légköri humuszanyaghoz rendkívül hasonló anyag állítható elő a felhővízben uralkodó koncentrációviszonyok között. A reakció előrehaladását UV-VIS spektrometriával követtük nyomon, a reakciótermékeket folyadékkromatográfiával, tömegspektrometriával és a pirolízis-gázkromatográfia-tömegspektrometria módszerével vizsgáltuk. A reakció időállandója kisebb, mint a troposzférikus aeroszol, illetve a víz légköri tartózkodási ideje, így valószínűsíthető, hogy a felhőfolyamatoknak a légköri humuszanyag képződésében meghatározó szerepe van.

Irodalom:

1. Gelencsér, A., Mészáros, T., Blazsó, M., Kiss, G., Krivácsy, Z., Molnár, A., Mészáros, E.: Structural characterisation of organic matter in fine tropospheric aerosol by pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry. *J. Atmos. Chem.* 2000, 37, 173-183.
2. Gelencsér, A., Hoffer, A., Krivácsy, Z., Kiss, G., Molnár, A., and Mészáros, E. On the possible origin of humic matter in fine continental aerosol. *J. Geophys. Res.* in press.

LÉGKÖRI FINOM AEROSZOL VIZES EXTRAKTUMÁNAK KÉMIAI ÉS FIZIKAI VIZSGÁLATA

*Galambos István*¹, *Kiss Gyula*², *Martin Gysel*³, *Stephan Nyeki*³

¹ Veszprémi Egyetem, Föld- és Környezettudományi Tsz., 8201 Veszprém, Pf. 158

² MTA Levegőkémiai Kutatócsoport, Veszprémi Egyetem, 8201 Veszprém, Pf. 158

³ Paul Scherrer Intézet, Levegőkémiai Laboratórium, CH-5232 Villigen, Svájc

A légköri aeroszol a Föld éghajlatát számos módon befolyásolja. A Földre érkező napsugárzást az aeroszol részecskék szórják illetve abszorbeálják. Ez a közvetlen hatás a légkörben lehűlést illetve felmelegedést okoz. Ugyanakkor az aeroszol részecskék felhőkondenzációs magokként aktívan részt vesznek a légköri vízgőz kondenzációjában. Méret szerinti eloszlásuk és szám szerinti koncentrációjuk meghatározza a kialakuló felhők szerkezetét és azok albedóját. Ezért az ún. indirekt hatásért elsősorban a vízben oldódó, higroszkópos aeroszol részecskék felelősek. Korábban főként a szerves ionokból – elsősorban ammónium szulfátból – álló aeroszol részecskéket vélték felhőkondenzációs magoknak, azonban az utóbbi évek kutatásai a szerves összetevőkre is ráirányították a figyelmet [1,2].

Jelen vizsgálat célja az volt, hogy jellemezzük a légköri finom aeroszol ($d_p < 1.5 \mu\text{m}$) vízben oldható szervesanyag-tartalmának kémiai és fizikai tulajdonságait. Kémiai vizsgálatok hasonló mintákon már korábban is történtek, de ezek kombinálása higroszkóposság és illékonyság vizsgálatokkal még nem történt meg. Munkánk során K-pusztán 2001 telén és nyarán gyűjtött vidéki aeroszolmintákat vizsgáltunk. Folyadék-szilárd extrakciós mintaelőkészítési módszerrel [3] a minták vizes extraktumából a szerves anyag széntartalmának közel 75%-át sikerült tisztán, szervesetlen vegyületektől mentesen izolálni. A kémiai méréseket kiegészítettük az izolált szerves anyag higroszkóposságának és illékonyságának vizsgálatával. Ezeket a méréseket humin- és fulvósav referencia anyagokon elvégzett hasonló vizsgálatokkal vetettük össze.

A mérésekből megállapítást nyert, hogy az izolált szerves anyag kémiai jellegében nagyfokú hasonlóságot mutat a huminanyagokkal. Az izolált szerves anyagból generált szerves aeroszol részecskék száraz levegőre vonatkoztatott méretnövekedése 30-90% relatív nedvesség értékeken kisebbnek adódott, mint az ammónium-szulfát részecskéké. Az eredményeket a huminvegyületek higroszkóposságával összehasonlítva hasonlóságot tapasztaltunk. Azonban a görbék alakja a szervesetlen ionokéhoz képest más jellegű, melynek pontos értelmezése további kutatásokat igényel. Az illékonyságban ugyanakkor nagyobb különbségek mutatkoztak, az izolált szerves anyagok minden hőmérsékleten nagyobb illékonyságot mutattak a referenciaanyagokénál. Azonban mindegyikre jellemző volt, hogy olyan komponenst tartalmaznak, amely még 300°C feletti hőmérsékleten is stabilis.

Irodalom:

1. Novakov, T., Penner J.E., *Nature*, **365**, 823-826, 1993.
2. Saxena, P., Hildemann, L.M., *J. Atmos. Chem.*, **24**, 57-109, 1996.
3. Varga B. et al., *Talanta*, **55**, 561-572, 2001.

LÉGKÖRI HUMUSZANYAGOK TRÓPUSI BIOMASSZA ÉGETÉSŐL SZÁRMAZÓ AEROSZOLBAN

Janitsek Szilvia¹, Kiss Gyula², Gelencsér András²

¹ Veszprémi Egyetem, Föld- és Környezettudományi Tanszék

² MTA Levegőkémiai Kutatócsoport, 8201 Veszprém, Pf. 158.

A trópusokon minden évben kiterjedt erdőégetés folyik a földterületek mezőgazdasági hasznosítása céljából, melynek következtében hatalmas mennyiségben gázok és aeroszolrészecskék kerülnek a légkörbe. Brazíliában például, ahol a világ legnagyobb egybefüggő esőerdője található, évente mintegy 20 ezer km² erdőt égetnek fel. Az égetés az egyenlítői elhelyezkedésnek köszönhető áramlással egyetemben azt eredményezi, hogy az ezen a területen képződő aeroszol hatása globális léptékben érvényesül. Korábban végzett laboratóriumi kísérletek bizonyították, hogy a parázsló égésből származó füstben lévő vízben oldható szerves részecskék aktív felhőkondenzációs magvak lehetnek, következésképpen fontos szerepet tölthetnek be a felhőképződésben és a légköri sugárzásátvitelben. E tulajdonságok megértéséhez a szerves részecskék kémiai összetételének ismeretére van szükség.

Munkánk során a braziliai Amazonas területén lévő Rondóniából származó széntartalmú aeroszolt vizsgáltuk. Az aeroszol mintavételt 1999-ben és 2001-ben egy korábbi irtásterületen végezték a biomassza égetés időszakában, illetve a nedves évszakban [1]. Az aeroszolrészecskéket két mérettartományban, a finom ($D_p < 2,6 \mu\text{m}$) és a durva ($D_p > 2,6 \mu\text{m}$) módusban gyűjtötték kvarcszűrőre nagytérfogatú mintavevővel (HVDS). Az összes szén (TC) mennyiségét termikus égetés módszerével határoztuk meg, s a biomassza égetés időszakában jellemzően nagy tömegkoncentráció értéket kaptunk ($15\text{-}30 \mu\text{gC m}^{-3}$). A szénvegyületek kémiai szerkezetét pirolízis-gázkromato-gráfia-tömegspektrometria módszerével tanulmányoztuk. Az aeroszol vizes extraktumából izolált vízben oldható humuszanyagot (HULIS) UV-VIS, fluoreszcens, infravörös és tömegspektrometriával vizsgáltuk, valamint megállapítottuk elemi összetételét [2].

A légköri humuszanyag összes szénhez viszonyított arányát és vizsgált tulajdonságait illetően igen hasonlóan bizonyult a különböző időszakból származó finom és durva mérettartományú aeroszolrészecskék esetében. Sőt korábbi mérések alapján mérsékelt égővi kontinentális aeroszorból is hasonló vegyületeket különítettek el. Ezzel szemben azonban a pirolízis módszerével a kémiai szerkezetben a különböző minták esetében jelentős eltéréseket tapasztaltunk. Ez a látszólagos ellentmondás azonban feloldható akkor, ha feltételezzük, hogy a légkörben lejátszódó oxidációs folyamatok különböző forrásokból származó egyedi vegyületekből meglehetősen egységes tulajdonságú anyagot hoznak létre. Ezt a feltételezést kísérletileg is igazoltuk.

Irodalom:

1. Mayol-Bracero, O. L., Guyon, P., Graham, B., Roberts, G., Andreae, M. O., Decesari, S., Facchini, M. C., Fuzzi, S. and Artaxo, P. (2001) Water soluble organic compounds in biomass burning aerosol over Amazonia: Apportionment of the chemical composition and importance of the polyacidic fraction. *J. Geophys. Res.*, in press.
2. Varga, B., Kiss, G., Ganszky, I., Gelencsér, A., and Krivácsy, Z. (2001) Isolation of water soluble organic matter from atmospheric aerosol. *Talanta* **55**, 561-572.

DÉL-AFRIKAI SZANANNAÉGETÉSBŐL SZÁRMAZÓ EGYEDI AEROSZOL RÉSZECSKÉK TULAJDONSÁGAI

Simonics Renáta, Pósfai Mihály

Veszprémi Egyetem, Föld- és Környezettudományi Tanszék, 8200, Veszprém, Pf.: 158.

A biomassza égetés számos fontos légköri komponens, ideértve különböző nyomgázokat és aeroszol részecskéket, egyik legjelentősebb forrása. Ezek az alkotók hatással vannak a Föld sugárzási mérlegére és befolyásolják a légkör kémiai tulajdonságait.

A SAFARI-2000 elnevezésű nemzetközi légkörkutató kampány kereteiben gyűjtött, biomassza égetésből származó aeroszol mintákat vizsgáltunk. A mintagyűjtés Dél-Afrika térségében zajlott a száraz évszakban, 2000 augusztusában és szeptemberében. A vizsgálathoz analitikai transzmissziós elektronmikroszkópos módszereket alkalmaztunk. A részecskék összetétele, morfológiája és egymáshoz való fizikai viszonya alapján három jellegzetes részecsketípust különítettünk el a füstből származó mintákban: „szerves részecskék szervesen zárvánnyal”, „korom” és „C-gömb” részecskéknek neveztük el. Az egyes részecskék relatív koncentrációja erősen változik a mintától függően. A füst öregedésével a részecskék összetételében gyors változás következik be, klórtartalmuk eltűnik, és a kéntartalom lesz meghatározó, valamint megnő a C-gömb típusú részecskék relatív koncentrációja, különösen a finom mérettartományban. Tűztől távolodva megjelenik a szulfát részecske, ami a száraz évszak végére kialakuló „haze” fő alkotója is.

A részecskék tulajdonságainak részletes vizsgálatával (méreteloszlás, morfológia, összetétel, aggregáció) arra a következtetésre jutottunk, hogy a szerves és korom részecskék lehetnek felhő kondenzációs magvak, a C-gömbök viszont nem vesznek részt a felhő folyamatokban. Megállapítottuk azt is, hogy a biomassza égetés termékei igen fontos szerepet játszanak a dél-afrikai „haze” kialakulásában.

A BUDAPESTI SZÉNTARTALMÚ AEROSZOL: HELYZETKÉP MINTAGYŰJTÉS UTÁN

*Salma Imre*¹, *Willy Maenhaut*², *Machon Attila*¹, *Krivácsy Zoltán*³

¹ ELTE Kémiai Technológiai és Környezetkémiai Tanszék, Budapest

² Genti Egyetem, Nukleáris Tudományok Intézete, Gent, Belgium

³ VE – MTA Levegőkémiai Kutatócsoport, Veszprém

A széntartalmú aeroszol a finom méretű légköri aeroszol tömegének 54–61 %-át alkotja Budapest belvárosában [1]. Ennek köszönhetően meghatározó szerepet játszik az aeroszlok környezetre (pl. az emberi egészségre) gyakorolt hatásaiban és légkörkémiaili folyamataiban egyaránt. A széntartalmú aeroszol elemi szénből (EC) és több száz szerves vegyületből áll, mely utóbbiakat szerves szénnel (OC) jellemezhetjük összefoglalóan. A szerves aeroszol képződési mechanizmusára, ezáltal a részecskék kémiai összetételére és tulajdonságaira vonatkozó eddigi ismereteink nagyon hiányosak a szerves aeroszol nagyon bonyolult kémiai összetétele és szerkezete, valamint a mintavétel sajátos problémái miatt.

A városi széntartalmú aeroszol és hatásainak jobb megismerése érdekében egy kutatási projektet indítottunk. Ennek keretében intenzív, terepi mérési kampányt tartottunk nemzetközi és hazai együttműködésben Budapest két helyén 2002. május 22-től június 5-ig. A belvárosban az ELTE Rákoczi út 5. számú épületének első emeletére, a járdaszinttől 7.3 m magasra telepítettük műszereinket. MOUDI impaktort, SDI impaktort, Berner impaktort, ELPI impaktort használtunk, valamint Hi-Vol mintavevőt, kétfokozatú SFU szűrőegységeket (nuclepore membrán-, kvarcszálás vagy teflonszálás szűrőkkel), és teljes aeroszol mintavevőt (kvarcszálás szűrővel) alkalmaztunk, illetve TEOM és aethalométer on-line készülékeket működtettünk. A mintavevők többségével külön nappali és éjszakai időszakot jellemző aeroszol mintákat gyűjtöttünk. A városi háttérrel a KFKI Telephelyén felszerelt műszereinkkel mértük párhuzamos mintavétel során. Itt SFU szűrőegységeket (nuclepore membrán-, kvarcszálás vagy teflonszálás szűrőkkel) használtunk, és 24 órát reprezentáló mintákat gyűjtöttünk. Az adatok feldolgozása és a kémiai analízisek végzése előkészületben vagy folyamatban vannak.

Terveink között szerepel az OC és EC légköri koncentrációjának meghatározása Budapesten, a szerves aeroszol vízben oldódó és vízben oldhatatlan részének elkülönítése, majd a vízdoldható frakció elemi összetételének meghatározása. Tanulmányozzuk a széntartalmú aeroszol méreteloszlását, és modellszámításokkal vizsgáljuk az emberi légzőrendszerben történő kiülepedését. Meghatározzuk továbbá az elsődleges OC és másodlagos szerves aeroszol arányát, valamint megbecsüljük az emberi tevékenységnek az adott régióban kifejtett zavaró hatását, illetve pontosítjuk az aeroszol kémiai tömegmérleget. Előadásunkban áttekintjük a kutatások első fázisát és beszámolunk eddigi eredményeinkről.

Irodalom:

1. I. Salma, W. Maenhaut, É. Zemplén-Papp, Gy. Záray: Comprehensive characterisation of atmospheric aerosols in Budapest, Hungary: physicochemical properties of inorganic species, *Atmos. Environ.* **35** (2001) 4367–4378.

AZ AMMÓNÍUM-SZULFÁT AEROSZOL ÉS A SZÉN-DIOXID ÉGHAJLATI HATÁSÁNAK VÁLTOZÁSA MAGYARORSZÁGON

Feczkó Tivadar¹, Molnár Ágnes², Mészáros Ernő¹

¹ Veszprémi Egyetem, Föld- és Környezettudományi Tanszék,

² MTA Levegőkémiai Kutatócsoport, 8201 Veszprém, Pf. 158

A légkör szilárd és gáznemű alkotói a levegő sugárzásátviteli folyamatait egyaránt befolyásolják. Az aeroszol részecskék a felszínre érkező rövidhullámú sugárzás mennyiségét a fény szórása és elnyelése révén csökkentik. Az üvegházhatású gázok, legnagyobb mértékben a szén-dioxid a Föld által kisugárzott hosszuhullámú sugárzást elnyelik, és melegítő hatást fejtenek ki.

Az aeroszol részecskék és a fény kölcsönhatásában meghatározó szerepet játszik a finom részecskék ($1 \mu\text{m}$ -nél kisebb) szórása. Ezek az ún. optikailag aktív finom részecskék a fény szórása által csökkentik a földfelszínre érkező sugárzási energiát, azaz az üvegház gázok hatásával ellentétes előjelű éghajlati kényszeret fejtenek ki. Míg az üvegházhatású gázok koncentrációja csak kissé változó a Földön, addig az aeroszol eloszlása – rövid légköri tartózkodási idejének következtében – nem egyenletes.

Munkánk célja kétirányú: egyfelől a szárazföldi háttér aeroszol legfontosabb komponense, az ammónium-szulfát közvetlen éghajlati hatásának alakulását vizsgáltuk a 20. sz. utolsó két évtizedében Magyarországon, ahol az aeroszol terhelés a '80-as évek elején az európai maximumot megközelítette. Másfelől a szén-dioxid koncentráció változásából következő éghajlati kényszeret tanulmányoztuk ugyanebben az időszakban. A finom aeroszol részecskék közvetlen éghajlati hatásának becsléséhez egyszerű doboz modellt adaptáltunk, a számításához szükséges paramétereket földi és műholdas mérésekből nyertük. A bejövő napsugárzás intenzitását és a felhőborítottságot műholdas megfigyelések alapján becsültük meg, míg az ammónium-szulfát aeroszol extinkciós együtthatóját és tömeg koncentrációját az Országos Meteorológia Szolgálat k-pusztai állomásán mértük. A szén-dioxid hatásának számolásához szükséges koncentráció adatokat K-pusztán és Hegyhátsálon rögzítették.

Eredményeink alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a '80-as évek legelején az emberi eredetű ammónium-szulfát közvetlen sugárzási kényszere $-3,7 \text{ W/m}^2$ -re tehető, ami a közép-kelet európai régió ipari átalakulásának következményeként a 20. sz. végére -2 W/m^2 -re csökkent. Így az ammónium-szulfát légköri koncentrációjának csökkenése az éghajlati kényszerben $+1,7 \text{ W/m}^2$ -es változást eredményezett a vizsgált időszakban. Ezzel egyidejűleg a szén-dioxid koncentráció emelkedése az eltelt két évtized alatt hozzávetőleg $0,5 \text{ W/m}^2$ ($+0,9 \text{ W/m}^2 - 1981.$; $+1,4 \text{ W/m}^2 - 2001.$) nagyságú éghajlati kényszer növekedést eredményezett. Következésképpen mindkét vizsgált légköri nyomanyag koncentráció változása az éghajlati felmelegedés irányába hatott, amelyet a '90-es évek második felében a magyarországi hőmérséklet-tendencia is jelez.

KÍSÉRLET A LÉGKÖRI AEROSZOL KÖZVETETT ÉGHAJLATI HATÁSÁNAK MEGBECSLÉSÉRE

Mészáros Ernő¹, Feczkó Tivadar¹ és Molnár Ágnes²

¹ Veszprémi Egyetem, Föld- és Környezettudományi Tanszék,

² MTA Levegőkémiai Kutatócsoport, 8201 Veszprém, Pf. 158

A légköri aeroszol részecskék az éghajlatot két módon befolyásolják. Egyrészt szórják és abszorbeálják a napsugárzást (közvetlen hatás), másrészt a kondenzációs magvak számának megváltoztatásán keresztül módosítják a felhők szerkezetét, következésképpen albedóját (közvetett hatás). Kutatásaink keretében, hazai aeroszol és egyéb megfigyelések felhasználásával mindkét hatás megbecslésével foglalkozunk. Az ammónium-szulfát részecskék *közvetlen* hatásával kapcsolatos vizsgálatokról, valamint az antropogén üvegházhatású gázok és az aeroszol éghajlati kényszerének összehasonlításáról ezen a konferencián is beszámolunk (Feczkó és mts., jelent konferencia). Jelen előadás célja a *közvetett* hatások megbecslésével kapcsolatos első számítások ismertetése. A közvetett hatások azért lépnek fel, mivel a felhők rövidhullámú sugárzás-visszaverő képessége (albedója) a felhők szerkezetének függvénye. Adott túltelítettségén az aeroszol részecskék (kondenzációs magvak) számának növekedése növeli a cseppek számát, következésképpen csökkenti átlagos nagyságukat. Ez az albedó növekedésével, azaz a felhő alatt lévő légréteg hűlésével jár. A kérdést az bonyolítja, hogy a felhők a földfelszín által kibocsátott hosszuhullámú hőszugárzást is elnyelik. A 20. század nyolcvanas éveinek elején a jelentős kén-dioxid kibocsátás miatt Magyarország háttérlevegőjében az ammónium-szulfát koncentrációja meglehetősen magas volt: a szulfát tömege megközelítette a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t. Ugyanakkor légköri kénmérleg számítások arra utalnak, hogy a természetes (biológiai) kén-gázokból keletkezett szulfát a fenti értéknek mintegy 10 %-át teszi ki. Ebből következik, hogy az ipari forradalom óta a szulfát részecskék közvetett éghajlati kényszere, a közvetlen hatásokhoz hasonlóan, igen jelentős lehetett. Az utóbbi években azonban a kén-dioxid kibocsátás mérséklődése csökkentette az éghajlati kényszert. Az előadás keretében bemutatjuk a szulfátkoncentrációnak az éghajlati kényszerre gyakorolt közvetett hatását a felhők tulajdonságainak (a felhőzet jellege, kiterjedése, vastagsága, folyékony víztartalma) függvényében. Egyúttal vázoljuk a számítások megbízhatóságának fokozására szolgáló elképzeléseinket. Példaként megemlítjük, hogy ha a szulfátkoncentráció $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ról $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re változik, akkor a felhőcseppek száma 174 cm^{-3} -ről 263 cm^{-3} -re növekszik (empirikus összefüggések alapján). Ha ugyanezen idő alatt a felhők tulajdonságai (az égbolt felét rétegfelhő borítja, amelynek vastagsága 200 m, víztartalma $0,3 \text{ g}/\text{m}^3$), akkor az éghajlati kényszer $-3 \text{ W}/\text{m}^2$ -el egyenlő, ami összevethető a közvetett hatásokkal (lásd: Feczkó és mts., jelen konferencia).

A LÉGKÖRI AEROSZOL RÉSZECSKÉK MÉRET SZERINTI ELOSZLÁSÁNAK SZEREPE A VÍZCSEPPEK KIALAKULÁSÁBAN ÉS KONDENZÁCIÓS NÖVEKEDÉSÉBEN

Geresdi István

PTE, Földrajzi Intézet, 7626 Pécs, Ifjúság útja 6.

A felhőképződés egyik meghatározó feltétele a kondenzációs magként viselkedő aeroszol részecskék jelenléte. Ezen aeroszol részecskék koncentrációja, méret szerinti eloszlása, illetve anyagi összetétele mind térben, mind időben jelentősen változhat.

Kutatásainkban azt vizsgáljuk, hogy a vízcseppek kialakulása és kondenzációs növekedése mennyire érzékeny a fenti paraméterek változására különböző felhőtípusokban. A számítások elvégzéséhez egy-dimenziós stacionárius felhőmodellt használunk. A különböző felhőtípusokban lejátszódó folyamatokat a feláramlási sebességprofil változtatásával írjuk le. A kondenzációs növekedés meghatározása során alkalmazott eljárás lehetővé teszi, hogy nyomon tudjuk követni a vízcseppek méret szerinti eloszlásának változását.

Eredményeink röviden a következők:

- a) A feláramlási sebesség maximumának növekedésével a kondenzációs magvakon kialakuló vízcseppek száma kevésbé függ a kondenzációs magvak vízben oldható arányától.
- b) Kisebb feláramlási sebesség esetén (~ 10 cm/s) a vízben oldható rész arányának növekedésével csökken az átlagos vízcsepp méret.
- c) Nem csak a feláramlási sebesség maximális értéke, hanem a $w(z)$ sebesség függvény alakja is befolyásolja a vízcseppek méret szerinti eloszlását.

KÜLÖNBÖZŐ ÜVEGGYAPOTOK BIOSZOLUBILITÁSA ÉS TÜDŐKÖVETKEZMÉNYEI

*Jäckel Márta*¹, *Molnár Zsuzsa*², *Balla Márta*²,
*Sáfrány Ágnes*³, *Hargittai Péter*³, *Kerényi Tibor*¹

¹ Semmelweis Egyetem, II. Pathológiai Intézet, 1091 Budapest, üllői Út 93.;

² Műszaki Egyetem, Nukleáris Technológiai Intézet, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3.;

³ MTA Sugárhatás Kémiai Intézet, Felületkémiai Kutató Osztály,
1122 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29-33

A nem bányászati eredetű foglalkozási tüdőbetegségek leggyakoribb okai rostos porok. Minden belégzet és a tüdőben visszamaradó természetes vagy mesterséges ásványi rost kockázatot jelent a kötőszövetes átépülés vagy a tumorképződés vonatkozásában. Az üvegrostokat széles körben alkalmazzák szigetelő anyagnak olyan területeken, ahol évekkel ezelőtt azbesztet használtak. Az újonnan kifejlesztett, szöveti nedvekben könnyebben oldódó üvegyapotok hatásaira vonatkozóan nem rendelkezünk elegendő adattal a várható tüdőkövetkezmények megítéléséhez.

Munkánkban egy hagyományos és két "bioszolubilis" üvegyapot tüdőkárosító képességét hasonlítottuk össze. Wistar patkányok egyszeri alkalommal intratracheálisan 2-2 mg hagyományos üvegyapot vagy bioszolubilis üvegrost porát kapták fiziológiás konyhasóban. A kezelés után 2 naptól 6 hónapig több csoportban dolgoztuk fel a tüdőket szövettanilag és scanning elektronmikroszkóppal. Elemanalízis energia diszperzív röntgen spektrometriával és neutron aktiváció után történt.

A vizsgált porok makrofág alveolitiszt és enyhe kötőszövetsszaporulatot okoztak, de soha nem alakultak ki proliferatív bronchus elváltozások. A neutron aktiváció 228 ± 15 ppm arzén és 1800 ± 20 ppm stibium jelenlétét mutatta ki a bioszolubilis üvegrostokban. Egy hónappal a bejuttatás után a tüdőszövetben még 8.6 ± 0.6 ppm arzén volt jelen, míg a kontrol állatok tüdejében csupán 1.9 ± 0.2 ppm. Az üvegrostok gyors oldódása toxikus helyi arzénkoncentrációkhoz vezethet, ezért e vonatkozásban további krónikus kísérletek szükségesek.

Támogatta: NKFP-008/2001 és OTKA 2100167

GUMIABRONCS RESPIRÁBILIS PORÁNAK TÜDŐ-, MESOTHEL- ÉS SZÖVETI HATÁSAI - KÍSÉRLETES VIZSGÁLATOK

Kerényi Tibor¹, Sáfrány Ágnes², Hargittai Péter², Jäckel Márta¹

¹ II. Pathológiai Intézet, Semmelweis Egyetem - 1091 Budapest, Üllői út 93.;

² MTA Sugárhatás Kémiai Intézet, Felületkémiai Kutató Osztály
1122 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29-33.

Az utóbbi húsz évben a közlekedés által gerjesztett por lett a városi levegő aeroszol-szennyezésének fő forrása. A belvárosok levegőjében nemcsak a motorok kipufogógázában lévő porszemcsék, hanem a gumiabroncsok kopásával keletkező, gumiból és az útbúrkolat anyagaiból álló por is jelen van, melyet a közlekedés ismételten a levegőbe juttat és ezáltal közlekedés résztvevői inhalálhatják. A természetes gumiból készült termékek széleskörű elterjedése révén a latex allergia gyakorisága és súlyossága az utóbbi 15 évben drámaian fokozódott. Az allergiás jelenségek intenzív vizsgálatával szemben, a kutatók kevés figyelmet fordítottak és egyetlen kísérletes eredményéről sem számoltak be a respirábilis gumipor lokális hatásait illetően.

A következőkben ismertetendő kísérletek a tüdő, a savós hártyák és a kötőszövet szövettani reakcióinak tisztázása céljából történtek.

Wistar patkányok jobb tüdejébe, egy alkalommal, 4mg fiziológiás konyhasóban szuszpendált autógumi port instilláltunk. Ugyanakkor az állatok 10-10 mg autógumi por szuszpenziót kaptak a hasüregükbe és a bőrük alá injektálva. A patkányokat a kezelést követő 12. hónapig több csoportban dolgoztuk fel. A tüdőt, a hashártyával fedett szerveket és a bőr alatti kötőszövetet fény és elektronmikroszkópos vizsgálatokra készítettük elő.

Az autógumiból készített por szemcséi többnyire meghaladták a 10 mikronos nagyságot és egymáshoz tapadtak. A gumipor energia diszperzív röntgen spektrometriás elemvizsgálata kismértékű inhomogenitást mutatott. Az instillált porkonglomerátumok a terminális bronchusokig jutottak le és fokozott nyákelválasztást, valamint enyhe krónikus peribronchiális gyulladást okoztak. A P10 frakció az instillált tüdőrések mellhártya alatti régióiban jelentkezett és makrofág alveolitisz kísérte. A falósejtek lényegesen nagyobbak voltak az alveolusokban normálisan előfordulóknál, plazmájukat finom fekete szemcsék töltötte ki. Ezeket fénymikroszkópos vizsgáló módszerekkel az anthrakozistól elkülöníteni nem lehetett. Töredezésük feltehetően biodegradációra utalt. A mellhártya felszínén néhány polipózus mesothel képződmény volt.

A hashártyán kitapadt porszemcséket köbös átalakulást mutató mesothel sejtek fedték. A kötőszövetben a porhalmaz körül kevés idegentest típusú óriássejt és limfociták beszűrődés jelentkezett. A kialakuló granulómákban egyetlen vaslerakódás és néha micéliumképzést mutató Gram pozitív baktérium csoportok kísérték a porlerakódást.

A kísérletek szerint az autógumi porának a tüdőszövetben, a savós hártyákon és a kötőszövetben nincs daganatképző sajátsága. A porfelhalmozódás a tüdőben mikroszkóposan elkülöníthetetlen a szénpor lerakódástól. Az autógumipor-belégzés fő veszélyének a gumi degradációjában tevékeny nocardia baktériumokkal történő fertőződés és később esetleg a biodegradációval szabaddá váló tumorkeltő anyagok látszanak.

Támogatta: NKFP-008/2001 és OTKA 2100167

A VÁROSI AEROSZOL MÉRETELOSZLÁSÁNAK ÉS A FIZIKAI IGÉNYBEVÉTELNEK A HATÁSA AZ AEROSZOL EMBERI LÉGZŐRENDSZERBEN TÖRTÉNŐ KIÜLEPEDÉSÉRE

*Salma Imre*¹, *Balásházy Imre*², *Werner Hofmann*³, *Záray Gyula*¹

¹ ELTE Kémiai Technológiai és Környezetkémiai Tanszék, Budapest

² KFKI Atomenergia Kutatóintézet, Budapest

³ Salzburgi Egyetem, Fizikai és Biofizikai Intézet, Salzburg, Ausztria

Eddigi munkáink eredményeként meghatároztuk több elem tömeg-méreteloszlását a légköri aeroszolban a 0.125–16 µm aerodinamikai átmérő tartományban kaszkád impaktorról külvárosi/parkvárosi, belvárosi és alagúti környezetekben gyűjtött minták alapján. Az elemi méreteloszlások modális jellemzőit felhasználtuk a szálló por (PM) méreteloszlásaink kiszámolására is. A kísérleti és számolt eloszlásokat az aeroszol emberi légzőrendszerben történő kiülepedésének modellezésére használtuk. Egy stochasztikus tüdőmodellel (IDEAL-4) számításokat végeztünk egészséges, felnőtt férfi, nő és ötéves gyermek esetében alvásnak, ülő tevékenységnek, kis valamint nagy fizikai igénybevételnek megfelelő, referencia légzési körülmények figyelembe vételével. Regionális és differenciális kiülepedéseket határoztunk meg a légzőrendszer három, fő részében: az orr- és szájüregben, a tracheobronchiális (TB) részben és az acináris (Aci) régióban.

Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy 1) legnagyobb kiülepedés az orr- és szájüregben történik, 2) a városi körülmények között mért, viszonylag széles méreteloszlásnak az orr- és szájüregben történő kiülepedésre van a legnagyobb hatása, míg 3) a mellkasi (TB+Aci) részben történő depozíciót kisebb mértékben változtatja mind a differenciális kiülepedés alakját, mind a kiülepedés abszolút értékét tekintve [1]. Ezzel ellentétben, a fizikai igénybevétel 4) az orr- és szájüregre számolt kiülepedést kisebb mértékben befolyásolja, mint a méreteloszlás, viszont 5) a tüdőben történő lerakódás szempontjából meghatározó [2]. Megállapítottuk továbbá, hogy 6) a kiülepedett frakció nem monoton módon változik a fizikai igénybevétellel, hanem maximális értéket mutat az orrlégzés és a kombinált orr- és szájlégzés átváltási pontjához tartozó légzési sebesség körül, ami 2.1 m³/h. A kiülepedést természetesen a belélegzett levegő összterfogata is módosítja, aminek következtében 7) a kiülepedési sebesség már monoton módon növekszik a fizikai igénybevétellel. A tüdő felületének eloszlását figyelembe véve megállapítottuk, hogy 8) az első néhány légúti generáció kapja a legnagyobb felületi aeroszol dózist.

Irodalom:

1. I. Salma, I. Balásházy, R. Winkler-Heil, W. Hofmann, Gy. Záray: Effect of particle mass size distribution on the deposition of aerosols in the human respiratory system, *J. Aerosol Sci.* **33** (2002) 119–132.
2. I. Salma, I. Balásházy, W. Hofmann, Gy. Záray: Effect of physical exertion on the deposition of urban aerosols in the human respiratory system, *J. Aerosol Sci.* **33** (2002) 983–997.

A RADONINHALÁCIÓT KÖVETŐ LÉGÚTI SEJTTALÁLATI VALÓSZÍNŰSÉGEK ELOSZLÁSÁNAK NUMERIKUS SZIMULÁLÁSA

Balásházy Imre¹ és Hofmann Werner²

¹ KFKI Atomenergia Kutatóintézet, Pf. 49, H-1525 Budapest, Hungary

² Fizika és Biofizika Intézet, Salzburgi Egyetem, Hellbrunner Str. 34, A-5020 Salzburg, Ausztria

A kutatás célja ionizáló sugárzások kis dózisi hatásának sejtbioológiai szintű vizsgálata, különösen a lineáris és küszöb nélküli (LNT) dózis - hatás hipotézis megerősítése vagy elvetése. A kérdést a radoninhaláció okozta rosszindulatú sejttanszformáció és tüdőrákkeletkezés numerikus szimulációjával elemezzük.

Ismert, hogy a természetben előforduló radionuklidok fokozott mértékű inhalációja tüdőrákot okozhat. A klinikai és szövettani vizsgálatok szerint a rák kialakulásának helye az esetek zömében a centrális légutak elágazásainak csúcsa, azaz karina régiója. Éppen az a hely, ahol a radioaeroszok kiülepedése erősen fokozott mértékű.

A feladathoz inhalált radon leánytermékek légúti kiülepedéseloszlását modelleztük morfológiailag realiztikus centrális légúti elágazásokban, olyan részecskeméreteknél és légzésintenzitásoknál, amelyek lakásokra és uránbányákra jellemzőek. Ehhez a FLUENT CFD (computational fluid dynamics) kódot alkalmaztuk. A kiülepedés eloszlását enhancement factorok (fokozott kiülepedési tényező) számításával kvantifikáltuk, oly módon, hogy egységnyi felülettelmel letapogattuk az elágazások felületét, majd számoltuk a lokális és az átlagos depozíciósűrűségek hányadosát. Az eredmények szerint az elágazás csúcsában fekvő sejtek az átlagértéknél körülbelül két nagyságrenddel nagyobb terhelést kapnak.

Homogán depozíció-eloszlást feltételezve az ún. sztochasztikus tudómodellel számoltuk az alfa-aktivitás mértékét a centrális légutak felületén, majd az enhancement factorok ismeretében meghatároztuk a sugárzásra érzékeny sejtmagok alfa-találati valószínűségét az elágazások csúcsában lévő ún. hot spot-okban (forró területek). Az eredmények alapján az alfa sugár és sejtmag találati valószínűségek körülbelül 50-szer nagyobbak az elágazások csúcsaiban az átlagértéknél. Ez azt jelenti, hogy a sejttalálati valószínűségek kis átlagos dózisoknál is nagyok lehetnek e területeken. A hot spot-okban 200 mGy felett gyakorlatilag minden sejt kap legalább egy találatot. E módon a "kis dózis dilemma" valószínűleg nem is kis dózis kérdés.

Alkalmazva in vitro kísérleti sejttanszformációs irodalmi adatokat, az LNT dilemmára vonatkozó hasznos információkat remélünk.

Köszönetnyilvánítás:

A munkát a következő projektek támogatták: OTKA T030571, OTKA T034564; NKFP-3/005/2001, NKFP-1/008/2001; CEC FIGD-CT-2000-00053 és FIS5-2002-000016.

A RADON ÉS AZ AZBESZT EGÉSZSÉGGÁROSÍTÓ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA SEJTSZINTEN

*Bogdándi E. Noémi¹, Dr. Polonyi István¹, Móriczné Sárdy Márta¹, Dr. Tátrai Erzsébet²,
Dr. Kerényi Tibor³, Dr. Fehér István⁴, Szabó Júlia⁴, Dr. Dám Annamária¹*

¹ OKK-OSSKI, Sejtbiológia osztály, 1221, Budapest, Anna u. 5,

² OKK-OMFI,

³ SE. II Patológiai Intézet,

⁴ KFKI-AEKI

Környezetünk egészségkárosító tényezői közé tartozik a radon és az azbeszt. Tudományosan igazolták, hogy a radon a második helyen áll a tüdőrák kialakulásában a cigaretta után. (1) A radon és bomlástermékeinek a belélegzése következtében a tüdő sejteket alacsony dózisú alfa sugárzás éri. A direkt sugárzás útján vagy a keletkező szabad oxigén gyökök által, az alfa részecskék számos károsodást okoznak a sejtcitoplazmában vagy károsítják a DNS-t. Ilyen károsodás a gén mutáció, különböző gén expressziós változások, mikronukleusz indukálása. A sugárzás akár a sejthalálhoz is vezethet. (2) Az alfa sugárzás károsító hatásának a vizsgálata különös jelentőségű, mivel a radon-bomlástermékek belélegzése a lakosság egészét érintik. Az azbeszt a másik igen fontos, a környezetben is előforduló (pl. az épületek szigetelésénél), karcinogén ágens, mert a belélegzése tüdőrákhoz vezethet vagy azbesztózist okoz. Az azbeszt szálak a tüdő sejtekben a szabad oxigén gyökök keletkezését váltják ki, amelyek közvetlen szerepet játszanak az azbeszt indukálta tüdőkárosodásban. (3) A tüdősejtek károsodásában az is szerepet játszik, hogy az azbeszt DNS lánctörést és malignus transzformációt okoz.

Kísérleteink célja volt, hogy vizsgáljuk a radon és az azbeszt hatására kialakuló sejtbeli elváltozásokat (mutáció, transzformáció, DNS lánctörés, stb). A kísérleteket humán és emlős tüdő sejtvonalakon végeztük, amelyeket a KFKI-AEKI által készített ²¹⁰Po-t tartalmazó sugárforrással sugaraztunk be illetve bioszolubilis azbeszttel kezeltük. Vizsgáltuk a hprt génen való mutációt, transzformációt, DNS lánctörést (Comet Assay módszerrel), antioxidáns (védekező) rendszer alakulását (spektrofotometriás méréssel), a fehérjeszintézis változását (western blot technikával) és a toxicitást.

Eredményeink szerint az alfa sugárzás hatására a sejtek túlélése nem lineáris, mint ahogy a nagy-LET értékű sugárzásoknál várható lett volna, hanem bifázisos összefüggésekkel írható le. Nagyon alacsony dózistartományokban kis dózisoknál a sejtpopuláció a vártnál nagyobb sugárérzékenységet mutatott. Különböző dózisú alfa sugárzás hatására a sejtekben kimutatható az egyszál DNS lánctörés. A szolubilis azbesztek közül a krocidolit már alacsony koncentrációnál is (1 µg/ml) károsította a sejtmembránokat és egyidejűleg a marker enzimek (savanyú és alkalikus foszfatáz pozitív sejtek) aktivitását 50%-al csökkentette.

Készült az OTKA 030353 és NKFP-1/0008/2001 támogatásával.

Irodalom:

1. C. Soyland, S. P. Hassfjel, 2000. A Novel ²¹⁰Po-based α -particle Irradiator for Radiobiological Experiments with Retrospective α -particle Hit Per Cell Determination. *Radiat. Environ. Biophys.*, 39: 125-130
2. S. G. Sawant, G. Randers-Pehrson, C. R. Geard, D. J. Brenner, E. J. Hall, 2001. The bystander effect in radiation oncogenesis: I. Transformation in C3H 10T1/2 Cells In Vitro can be Initiated in the Unirradiated Neighbours of Irradiated Cells. *Rad. Res.* 155, 397-401.
3. M. I. Luster, P.P. Simeonova, 1998. Asbestos Induces Inflammatory Cytokines in the Lung through Redox Sensitive Transcription Factors. *Toxicology Letters* 102-103, 271-275

CENTRÁLIS LÉGÚTI LEVEGŐÁRAMOK ÉS INHALÁLT RADIOAEROSZOLOK KIÜLEPEDÉSELOSZLÁSÁNAK NUMERIKUS MODELLEZÉSE

Farkas Á., Balásházy I. és Szőke I.

KFKI Atomenergia Kutatóintézet, Pf. 49, H-1525 Budapest

A belélegzett radioaeroszolok biológiai hatása, mint például a tüdőrák kialakulása, nagymértékben függ a légutak geometriájától, a belélegzett levegő sebességterétől, az inhalált részecskék trajektóriáitól és a sejtszintű részecskekiülepedés sűrűségektől.

Az irodalomból ismert⁽¹⁾, hogy uránbányászoknál a tüdőrák keletkezése az esetek zömében a 3-4-5. légúti generációiban és leginkább a jobb felső lebenyben alakult ki.

A jelen munkában fiziológiailag realiztikus légúti geometrián számoltuk sorsolt aeroszol részecskék pályáját. A geometria az első öt légúti generációt tartalmazza, a jobb felső lebeny irányába és összesen 11 összekapcsolt légúti elágazásból áll. Az egyes elágazások geometriai adatai: hossz, átmérő, elágazási és gravitációs szögek, valamint a légutak és a karina régiók görbületi rádiuszai. Ezek értékei vagy irodalomból vett átlagadatok, vagy kipreparált felnőtt tüdőn lemerített paraméterértékek.

A realiztikus geometriát egy magunk által készített program segítségével hoztuk létre, amely a felület tetszés számú pontját generálja. Az előállított felületi pontsorozaton a UNIGRAPHICS kereskedelmi kóddal három-dimenziós térfogatot, a GAMBIT nevű szoftverrel, pedig három-dimenziós matematikai rácsot hoztunk létre. Mivel a rácsra számolt áramlási sebességterét függhet a rácsból, ezért a rács szerkesztésére igen nagy gondot fordítottunk. Olyan rácsot hoztunk létre, amely sűrűbb ott, ahol a levegő sebességgradiense nagy, azaz a felület közelében, és ott, ahol nagy részecske depozíció-sűrűséget várunk.

A levegő stacioner (be- és kilégzés), valamint időfüggő sebességterét a FLUENT CFD (computational fluid dynamics) kóddal számoltuk különböző karakterisztikus légzésintenzitások mellett. A FLUENT kóddal részecske trajektóriákat is szimuláltunk, a kompakt részecskékre jellemző részecskekiülepedési mechanizmusok figyelembe vételével, ezek: impakció, gravitációs ülepedés és Brown mozgás. Kellően nagyszámú trajektóriát sorsolva meghatároztuk a radioaktív részecskék felületi kiülepedés-eloszlását. Az itt bemutatott számításokhoz a radon és leánytermékeire jellemző részecske méreteket és sűrűségeket választottuk. Saját programokat illesztettünk a FLUENT-hez, hogy megfelelő sebességprofilokat, részecskeméreteket és bejárat eloszlásokat adhassunk meg. A számolt kiülepedési eloszlásokat és hatásfokokat összehasonlítottuk egyszerű és dupla elágazásokra kapott irodalmi és saját adatokkal.

Az eredmények hasznos információt adnak egy új, fluid dinamikai, tüdőrák keletkezési modellhez és elősegíthetik a dózis és biológiai válasz közti összefüggések mainál jóval pontosabb feltárását.

Köszönetnyilvánítás:

A kutatásokat az OTKA T030571 és OTKA T034564, az NKFP-3/005/2001, valamint a CEC No. FIS5-2002-000016 projektek támogatták.

Irodalom:

1. Macklin C.C. Induction of bronchial cancer by local massing of carcinogen in outdrifting mucus. J. Thorac. Surg. 31, 238-244, 1956.

MOBIL KÖRNYEZETVÉDELMI LABORATÓRIUM

Czitrovszky A. ¹, Nagy A. ¹, Jani P. ¹, Szigethy D. ², Kálmán I. ³, Kálmán Cs. ³

¹ MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, 1525, Budapest, Pf. 49,

² Technoorg-Linda Kft, 1077, Budapest, Rózsa u. 24,

³ Kálmán System Kft, 1121, Budapest, Konkoly Thege út 29-33.

A létrehozott környezetvédelmi laboratórium egy mikrobuszba épített, saját táprendszerrel rendelkező mérőlaboratórium, amelyet a légkörben lebegő szubmikronos és mikronos szilárd vagy folyadék fázisú részecskék (aeroszok) vizsgálatára, a meteorológiai paraméterek regisztrálására, valamint a légszennyezettség feltérképezésére terveztünk.

A beépített részecskeszámláló és koncentrációmérő műszerekkel mérhető a lebegő részecskék darabszám koncentrációja, méreteloszlása és mérettartományonkénti koncentrációja.

A többlépcsős kaszkád impaktorral történő mintavételezéssel meghatározható a lebegő részecskék integrális tömegkoncentrációja.

A begyűjtött pormintákból meghatározható a részecskék elemi összetétele - pl. a nehézfémek jelenléte (az ólom, a cink), valamint a kén, a klór, az arzén, a bróm, a titán, a króm, a réz, a mangán, a nikkel, az alumínium részaránya, amelyek egészségkárosító hatása közismert. Az összetétel elemzése elvégezhető minden egyes frakcióban (mérettartományban) és így szétválasztható azok eredete.

A csapadékban jelenlévő szennyeződést (pl. az esőben lévő port, kormot, vagy egyéb égésterméket), egy másik műszercsaláddal lehet vizsgálni (Liquidborne Particle Counter).

Ezzel a folyadékban lebegő részecskék méreteloszlása, részecskeszám koncentrációja, mérettartományonkénti koncentrációja, valamint alakfaktora mérhető.

A fentiekén kívül a meteorológiai paramétereket folyamatosan figyeli a beépített szélesebbességmérő (TESTOVENT anemométer), a légnyomásmérő, a páratartalom mérő, a hőmérsékletváltozásokat pedig a különböző hőmérők mérik.

A beépített műszerek és berendezések PC vezérléssel működtethetők - (egy részük saját, beépített számítógéppel is rendelkezik), így automatikus üzemmódban is működtethetők. A vezérléshez jelenleg 2 notebook számítógépet használunk, az adatokat egy TFT LCD monitoron jelenítjük meg. A méréseket mind álló helyzetben, mind mozgó járműben programozott módon is el lehet végezni, így a fenti paraméterek térbeli és időbeli eloszlása is regisztrálható. A pontos helymeghatározásban és az útvonal regisztrálásában, a terepen való tájékozódásban segít a beépített műholdas pozicionáló rendszer (Magellan 315 GPS).

A belső tápellátást egy 360 Ah-ás akkumulátor kötegre épített hálózat biztosítja, az áramfelvételt egy Hall-szondás árammérőn keresztül egy METEX multiméterrel mérjük, a feszültséget 2 helyen folyamatosan figyeljük, az akkumulátorok állapotát is folyamatosan monitorozzuk. A váltóáramot két inverterrel állítjuk elő, ezek együttes teljesítménye folyamatos terhelés mellett 650W. A feltöltést egy FOREX automata töltő végzi (kb. 10 óra alatt).

A műszerek és berendezések a mikrobusz belső merevítő szerkezetéhez rögzített állványokba vannak építve, néhány egység (pl. az akkumulátor köteg és a töltő) szeparált zárható szekrényekben van elhelyezve. A nagyáramú kábelek gégecsőben futnak, amelyek rögzítve vannak a mikrobusz vázához. A vezérlőpult előtt két munkahely van kialakítva, ahonnan figyelemmel lehet kísérni a laboratórium műszereinek és a tápellátásnak a működését.

A megvalósítást a Nemzeti Kutatási Fejlesztési Program 3/005/2001sz. szerződése támogatta.

RÉSZECSCKE SOKASÁGON SZÓRT IMPULZUSOK IDŐ-AMPLITÚDÓ STATISZTIKÁJA

Jani P. Nagy A. Lipp Z.. Czitrovsky A.

MTA SZFKI, H-1525 Budapest Pf. 49.

Számos gyakorlati alkalmazásban a szórt intenzitás eloszlásának ismerete fontos, mert ez hordoz alapvető információt az aeroszol optikai tulajdonságairól, vagy, mert más fizikai mennyiségek meghatározásának pontosságát befolyásolja. Egy kézenfekvő példa erre a fény repülési idejének meghatározása a szórt fényimpulzusok alapján. Egy a közelmúltban megjelent közleményben [1] (P. Jani *et al.* (2002)), analitikus kifejezést találtunk a szórt intenzitás eloszlására abban az esetben, mikor az érzékelő térfogatban jelen levő részecskék száma Poisson eloszlást, a részecskék mérete pedig log-normál eloszlást mutat.

A szórt intenzitás valószínűségi sűrűség függvénye, $f(I, \Theta)$, előállítható a pontosan n szórócentrumot tartalmazó feltételes valószínűségi sűrűségfüggvény és az n részecske valószínűségének szorzatával, majd e tagok felösszegzésével az összes lehetséges részecskeszámra:

$$f(I, \Theta) = \sum_{n=1}^{\infty} P_n f_n(I, \Theta). \quad (1)$$

Az (1) egyenletet numerikusan lehet kiértékelni. Ugyanakkor a legtöbb gyakorlati esetre érvényes közelítő kifejezés adható meg. Bemutatható, hogy a részecskék viszonylag nem túlságosan magas számára vonatkozóan érvényes az alábbi approximációs formula:

$$\phi(I, \Theta) = e^{\bar{N} \left(i \bar{I}_1 I - \frac{1}{2} I^2 (\sigma_{I_1}^2 + \bar{I}_1^2) + o(I^3) \right)}, \quad (2)$$

mely a normál eloszláshoz konvergál az alábbi

$$\bar{I} = \bar{N} \bar{I}_1 \text{ középpértékkel, és } \sigma_I = \sqrt{\bar{N} (\sigma_{I_1}^2 + \bar{I}_1^2)} \text{ szórással,} \quad (3)$$

ahol N a részecske szám, I_1 az egy részecskén szórt intenzitás várható értéke, σ_{I_1} az egy részecskén szórt intenzitás szórása. Egy fontos következménye az elért eredménynek, hogy egy adott aeroszol mintára vonatkoztatva a szórt intenzitás várható értékének és szórásának aránya csak a részecskeszámtól függ. E tulajdonságból következik továbbá, hogy az intenzitás eloszlás pontossági feltételeket szab a szórt felvillanásokhoz tartozó repülési idő mérések pontosságára.

Jelen előadás célja az idő-amplitúdó mérések bizonytalanságának kísérleti kimutatása. Mivel a szórt intenzitás mint véletlen szerű mennyiség épül fel, bármilyen módon kijelölt küszöb elérése is véletlenszerű. Kísérletileg meghatározott idő-amplitúdó eloszlásokat mutatunk be különböző koncentrációjú és típusú aeroszokok esetére.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők kifejezik elismerésüket az OM pénzügyi támogatásáért az OMFB-021266/1999 szerződés keretében.

Irodalom:

1. Jani, P. Koniorczyk, M. Nagy, A. Lipp, Z. BartaL, B. Laszlo, A. Czitrovsky, A.: Probability distribution of scattered intensities, **J. of Aerosol Science** V. 33, N 5 pp 697-704. 2002.

KÉTHULLÁMHOSSZÚ AEROSZOL SPEKTROMÉTER MODELLEZÉSE ÉS A MÓDSZER HIBAANALÍZISE

Nagy A.¹, W.W. Szymanski², Czitrovsky A.¹, Jani P.¹

¹ Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, Lézeralkalmazási osztály, 1525 Budapest, Pf.: 49.

² Institute of Experimental Physics, Aerosol Laboratory, University of Vienna, Boltzmannngasse 5, A1090 Vienna, Austria

Az aeroszolok optikai tulajdonságait meghatározó törésmutató alapvető szerepet játszik gyakorlatilag minden optikai mérés technikai módszerben, például jelentősen befolyásolja a részecskék fényszórását, így az ezen alapuló méret-meghatározást is. Az aeroszol részecskék méretének törésmutatótól független meghatározására és a törésmutató egyidejű mérésére kidolgoztunk egy módszert, amely két, különböző hullámhosszú megvilágításon és a két hullámhosszra előre- és hátraszórást mérő detektor rendszeren alapul [1] (Szymanski *et al.*, 2002.).

A módszer működésének tanulmányozására szimulációs eljárást építettünk fel, amely egy adott méretű és törésmutatójú részecskére meghatározza a négy detektoron megjelenő jelet, ezekből az adatkiértékelő eljárásnak megfelelően visszszámolja a részecske méretét és komplex törésmutatóját. Az eljárásba be lehet építeni a különböző típusú optikai és elektronikai zajokat, aminek az egyik formája, hogy a detektorjeleket megterheljük $\pm 10\%$ egyenletes eloszlású zajjal. Ezek alapján a méret és a komplex törésmutató meghatározásának a felbontását és pontosságát a következő eljárással vizsgáltuk: A vizsgált méret és törésmutató tartományban egyenletes eloszlással generáltunk részecskéket, és összevetettük a módszer szimulálásával kapott eredményeket az eredeti értékekkel. Eredményül az kaptuk, hogy ideális esetben a generált részecskék 98%-ánál a méret-meghatározás abszolút hibája $0.5 \mu\text{m}$ -en belül volt, míg a zajjal terhelt esetben ez a részecskék 90%-ára állt. A méret-meghatározás abszolút hibájának mérettől függő vizsgálata megmutatta, hogy ezek az értékek a vizsgált mérettartományban gyakorlatilag egyenletesen teljesülnek. Megállapítható továbbá, hogy a hozzáadott zaj a mikron alatti mérettartomány mérési pontosságát befolyásolta a legkevésbé, itt mind az ideális, mind a zajjal terhelt esetben a szimulált részecskék 98%-ánál az abszolút hiba kisebb volt, mint $0.05 \mu\text{m}$. Hasonlóan vizsgáltuk a törésmutató meghatározásának a pontosságát is, a valós és a képzetes részre. Megállapítottuk, hogy megfelelő körülmények között 0.1 -es pontossággal mindkettő meghatározható. A módszer által visszaadott méret- és törésmutatóeloszlás torzulását adott méreteloszlással generált aeroszol mintán tanulmányoztuk. Ideális esetben a módszer szimulálásával kapott eloszlás jól illeszkedett az eredeti eloszlásra, a detektorjel bizonytalanságának hatására pedig az eloszlás zajosodása volt megfigyelhető, de a fentiekkel összhangban a hibahatáron belül maradt az eltérés.

Irodalom:

1. Szymanski, W. W., Nagy, A., Czitrovsky, A., Jani, P. (2002). A new method for the simultaneous measurement of aerosol particle size, complex refractive index and density. *Measurement Science & Technology*. 13, 303-307.

TERJEDÉSI PÁLYÁK ÉS ELEMI NYOMJELZŐK MAGYARORSZÁGI AEROSZOLBAN 1991 ÉS 2000 KÖZÖTT MEGFIGYELT SAHARAI EPIZÓDOK IDEJÉN

Koltay Ede¹, Borbély-Kiss Ildokó¹, Kiss Árpád Zoltán¹, Szabó Gyula¹, Bozó László²

¹ MTA Atommag Kutató Intézete, 4001 Debrecen, Pf 51

² Légkörfizikai Intézet, 1675 Budapest, Pf 39

A légkör globális aeroszol terhelése jelentős része származik sivatagos területeken lezajló porviharokból. E komponens hosszú hatótávú terjedése jelenleg széles körű vizsgálatok tárgya.

Protongerjesztéses röntgenemissziós elemanalitikai módszerrel (PIXE) magyarországi mintavételi helyekre vonatkozóan gyűjtött aeroszol adatkészletünk 1991 és 2000 közötti részének feldolgozásával vizsgálatokat végeztünk arra vonatkozóan, hogyan jelentkezik szaharai porviharok hatása a magyarországi aeroszolban.

A szaharai forrásokhoz rendelhető magyarországi epizódok válogatására három – egymást időben részben kiegészítő, részben átfedő időtartamokra vonatkozó - eljárást használtunk. Egyrészt az 1991 november-1992 augusztus és az 1995 május-1996 március időtartamokra légköri terjedési modellekben hátrafelé irányban számított légköri trajektóriák álltak rendelkezésünkre. Másrészt az 1991 január–1993 május, illetve az 1996 július-2000 december periódusokra felhasználtuk a NASA NIMBUS7 illetve EARTH PROBE műholdjain TOMS technikával meghatározott, globális portérképeken megjelenített aeroszol index adatokat. Harmadik eszközként az irodalomban szaharai nyomjelzőnek tekintett Ti/Ca, Si/Al, Al/Ca, Ti/Fe, Si/Fe, Ca/Fe elemi koncentrációviszonyok idősorait használtuk fel, minden tekintett periódusban. A három módszer eltérő közelítéseket képvisel. A számított trajektóriák a légtömegek transzportútját írják le, anélkül hogy figyelembe vennék a száraz illetve a nedves ülepedési viszonyokat a légköri transzport alatt. A ténylegesen kialakult regionális porkoncentrációkat jellemző aeroszol index a teljes keveredési rétegre vonatkozik, míg saját méréseink a környezeti hatások szempontjából közvetlenül meghatározó talajközeli levegőrétegben mutathatják a szaharai komponens megjelenését.

A vizsgált tíz éves szakaszban mintegy 50 magyarországi epizódot találtunk szaharai eredetűnek. Adataink szezonális eloszlása tavaszi és őszi csúcsot mutat, irodalmi adatokkal egyezően. Érdekes összehasonlításra adott alkalmat egy 1991 évi tavaszi transzportepizód Olaszországban és Magyarországon megfigyelt eseményeinek nyomon követése az elemarányok módszere alapján.

Az események válogatására használt három módszer eredményeinek együttes értékelése, valamint a szaharai regionális nyomjelzőkként általában elfogadott elemarányokra talált epizodikus és átlagos értékek összevetése alapján képet adunk a hazai aeroszol szaharai érintettségéről és a regionális jellemzők nyomjelzési alkalmazhatóságának fokáról.

Jelen munkát részben az Országos Kutatási Alap (OTKA No. T032264) és a Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Program (NRDP 3/005/2001) támogatta.

AZ AEROSZOL RÉSZECSKÉK KÉMIAI ÖSSZETÉTELÉNEK ÉS TÖMEGMÉRLEGÉNEK ÉVSZAKOS VÁLTOZÁSA

Molnár Ágnes¹, Temesi Dóra¹, Mészáros Ernő²

¹MTA Levegőkémiai Kutatócsoport

²Veszprémi Egyetem, Föld- és Környezettudományi Tanszék, 8201 Veszprém, P.f. 158

A légköri aeroszol részecskék kémiai összetételét, annak méret szerinti eloszlását a források megoszlása, intenzitása, a transzport folyamatok, valamint az időjárást kialakító tényezők határozzák meg. Ezek a paraméterek, következésképpen a részecskék kémiai összetétele és tömegmérlege, nem állandók, azaz időbeli változékonyságuk nyomon követhető. Az előadásunk célja az, hogy bemutassuk az aeroszol finom mérettartományában ($d < 2 \mu\text{m}$) a részecskék kémiai összetételének, tömegmérlegének évszakok szerinti változását.

Az aeroszol mintákat K-pusztán gyűjtöttük, 8 mérettartományban, kisnyomású impaktor (ELPI) segítségével. Eredményeink szerint a legnagyobb ammónium-szulfát koncentrációt nyáron mértük. A finom részecskék széntartalma (TC) minden évszakban jelentős volt, nyár kivételével meghaladta az ammónium-szulfát mennyiségét. A részecskék széntartalmának nagy része vízben oldódott. Legnagyobb vízoldható (WSOC) hányadot a nyári mintákban találtunk, ekkor az összes szén 70%-a oldódott vízben. A nyáron gyűjtött mintákra általánosságban jellemző volt, hogy a vízoldható alkotók (szervetlen és szerves együtt) a részecskék össztömegének felét képviselték. Ezzel szemben a többi évszakban a vízoldható összetevők csupán a tömeg 30%-át tették ki.

Az év során az ammónium-szulfát méret szerinti eloszlása egyöntetűen egymódusú volt, míg a szénvegyületek nagyság szerinti eloszlásában eltéréseket tapasztaltunk. Bár a TC eloszlására is általánosságban jellemző az egy módus jelenléte, elsősorban nyáron a $0,1 \mu\text{m}$ alatti részecsketartományban viszonylag nagy szénkoncentrációt mutattunk ki, amely „friss” részecskekeletkezésre utal. Ugyanakkor a vízoldható szénvegyületek aránya is jelentős volt ebben a mérettartományban. Mindebből arra következtethetünk, hogy – különösen nyáron – a szénvegyületek fontos szerepet játszanak a felhőképződésben.

Az adatok alapján az is valószínűnek látszik, hogy nyáron az aeroszol részecskék higroszkópos növekedése sokkal jelentősebb, mint az év más időszakaiban. A nyári időszakban gyűjtött aeroszol részecskék nedvszívó képességének vizsgálatát Imre és munkatársai mutatják be a konferencián.

AZ AEROSZOL RÉSZECSKÉK HIGROSKÓPOS TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA

Imre Kornélia¹, Molnár Ágnes², Mészáros Ernő¹

¹ Veszprémi Egyetem, Föld- és Környezettudományi Tanszék

² MTA Levegőkémiai Kutatócsoport, 8201 Veszprém, P.f. 158

A légköri aeroszol részecskék fontos szerepet töltenek be a légkör állapotának szabályozásában. Így befolyásolják a légkör optikai tulajdonságait, részt vesznek a felhő- és csapadékképződésben. A részecskék mérete szerint az aeroszolt két - ún. finom ($d < 1 \mu\text{m}$) és durva ($d > 1 \mu\text{m}$) - mérettartományra osztjuk, amelyekben az eltérő keletkezés miatt a részecskék kémiai összetétele különböző. A kondenzációval keletkező finom részecskék szervesen ionokból, toxikus elemekből és szerves vegyületekből állnak. A felszín diszperziójával keletkező durva részecskék kémiai összetételét a felszín alkotó anyagok (szárazföldek felett, pl.: szilikátok, óceánok felett NaCl) határozzák meg. A finom részecskék jelentős mértékben az emberi tevékenység nyomán kerülnek a levegőbe, míg a durva részecskékre a természetes eredet jellemző.

A légköri aeroszol kémiai összetételéből következik a részecskék nedvszívó képessége. Ez azt jelenti, hogy a részecskék a vízre vonatkoztatott túltelítettség elérése előtt a levegőben környezetükkel stabilis egyensúlyban lévő oldatcseppeket alkotnak. A szilárd-folyadék fázisátmenet az ún. kritikus relatív nedvességen következik be, amely a részecskét alkotó vegyület(ek) függvénye. A vízfelvétel során a részecskék mérete jelentősen megnő, befolyásolva a légköri folyamatokat, így a levegő optikai tulajdonságait.

A szerves komponensek higroszkópos viselkedését viszonylag jól ismerjük, de a szerves összetevők tulajdonságairól meglehetősen keveset tudunk. Az egymásnak ellentmondó kutatási eredmények szerint a szerves összetevők elősegíthetik vagy hátráltathatják a részecskék vízfelvételét. Különösen kevés információ áll rendelkezésre a higroszkópos tulajdonság méret szerinti változásáról, amelynek az optikai tulajdonságok szabályozásán kívül igen fontos szerepe van a vízgőz kondenzációjában, azaz a felhőképződésben is. Kutatási célunk ezért az volt, hogy a magyarországi regionális háttérlevegőben található aeroszol higroszkópos viselkedését tanulmányozzuk a részecskék méretének, valamint a kémiai összetételének függvényében, különös tekintettel a szerves vegyületekre. A cél elérése érdekében az aeroszol minták tömegét különböző nedvességeken határoztuk meg, amely lehetővé tette a nedvszívó képességük tanulmányozását. Eredményeinket jelen előadásban mutatjuk be és értékeljük.

HÁTTÉR AEROSZOL RÉSZECSKÉK ELEMI ÖSSZETÉTELE ÉS MÉRET SZERINTI ELOSZLÁSA EGY ERDŐÁLLOMÁNY FELETT

*Horváth László*¹, *Salma Imre*², *Maenhaut, Willy*³, *Kovács Emese*²

¹Országos Meteorológiai Szolgálat, 1118 Budapest, Gilice tér 39.

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar,
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1.

³Institute for Nuclear Sciences, University of Ghent, Proeftuinstraat 86, B-9000 Gent, Belgium

Aeroszol mintavételeket végeztünk egy 2001 nyarán végrehajtott mérési kampány során az Erdészeti Tudományos Intézet ökológiai bázisterületén. A mintavételek Gent típusú mintavevő fejjel történtek, Nuclepore polikarbonát membránszűrőkkel. A részecskéket két nagyság szerinti frakcióban fogtuk fel ($10 \mu\text{m} > \text{EAD} \geq 2.5 \mu\text{m}$ és $\text{EAD} < 2.5 \mu\text{m}$).

A minták analízise PIXE (Proton Induced X-ray Emission) módszerrel történt. Összesen 13 komponenst sikerült kimutatási határ feletti koncentrációban mérni. A mérések szerint a finom és durva frakciókban a koncentrációk aránya a következő:

S	BC	Pb	Zn	K	Cu	Ni	Mn	Fe	Al	Si	Ti	Ca
10.5	5.88	5.63	2.57	1.66	1.33	1.08	0.62	0.42	0.38	0.33	0.27	0.20

Ezen kívül kimutattuk, hogy az ammónium-szulfát részecskék 92 százaléka a finom eloszlású frakcióban ($d < 2.5 \mu\text{m}$) található, míg a nitrátion döntő többsége a durva frakcióba esik. Az előadásban koncentrációkat és a dúsulási faktorokat is bemutatjuk.

A LÉGKÖRI AMMÓNÍUM-SZULFÁT RÉSZECSKÉK MÉRET SZERINTI ELOSZLÁSÁNAK ÉS ÜLEPEDÉSI SEBESSÉGÉNEK VIZSGÁLATA ERDŐÁLLOMÁNY FELETT

Kovács Emese¹, Horváth László²

¹ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar,
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1.

² Országos Meteorológiai Szolgálat, 1118 Budapest, Gilice tér 39.

Az ammónium-szulfát aeroszol részecskék számos légköri folyamat szabályozásában játszanak alapvető szerepet. Erdősült területek felett, a gázfázisú nyomanyagokkal együtt, jelentős mértékben hozzájárulnak az erdőállomány kén- és nitrogén terheléséhez is. Az ammónium és szulfátrészecskék méret szerinti eloszlásának és ülepedésének problémájával a légkör-erdő közti kén- és nitrogénmérleg meghatározása során találkoztunk. A következőkben röviden összefoglaljuk az ammónium-szulfát részecskékre vonatkozó eredményeinket.

A 2001. év nyarán, az Erdészeti Tudományos Intézet ökológiai bázisterületén végzett mérési sorozat eredményei alapján megállapítottuk, hogy az ammónium- és a szulfátrészecskék sztöchiometrikus arányban fordulnak elő, azaz a kénsav teljes mértékben semlegesítve van az ammónia gáz által.

Az ammónium-szulfát részecskék 92 %-a a $d < 2,5 \mu\text{m}$, míg csupán 8%-a a $2,5 < d < 10 \mu\text{m}$ mérettartományba esik. A finom eloszlású aeroszol részecskék erdők feletti ülepedési sebességének elméleti és laboratóriumi, valamint helyszíni, kísérletileg meghatározott értékei között továbbra is jelentős eltérések mutatkoznak. Az elméleti számításokkal és laboratóriumi (szélcsatorna) kísérletekkel meghatározott ülepedési sebességek nagyságrendileg $0,1 \text{ cm s}^{-1}$ mértékűek, míg az irodalomban fellelhető helyszíni mérések eredményei inkább az 1 cm s^{-1} értéket valószínűsítik.

Jelen munkában, a szóban forgó erdőállományra korábban meghatározott, 1996-98 évekre vonatkozó, kén- és nitrogénmérleg eredményeit felhasználva, megpróbáltuk az ammónium-szulfát részecskék ülepedési sebességét megbecsülni. Elsősorban az állományon áthulló és szabadterületi csapadék ammónium és szulfáttartalmára vonatkozó mérésekből indultunk ki, figyelembe véve az ammónia és a kén-dioxid száraz ülepedését is. A kénmérleg segítségével meghatározott ülepedési sebesség az ammónium szulfát részecskékre $0,83 \text{ cm s}^{-1}$ -nak adódott, ugyanez az érték a nitrogénmérlegből becsülve $0,81 \text{ cm s}^{-1}$. A kétféle úton meghatározott ülepedési sebesség tehát igen jó egyezést mutat. Ezek az értékek összhangban vannak a korábban kísérletileg meghatározott értékekkel és ismét felveti az ülepedési sebesség elméleti becslésénél alkalmazott modellek felülvizsgálatának szükségességét.

AEROSZOL RÉSZECSKÉK BALATONI ÜLEPEDÉSE

Hlavay József, Bodnár Eszter, Polyák Klára

Veszprémi Egyetem, Föld- és Környezettudományi Tanszék

A kutatás célja a környezetszennyező anyagok meghatározására irányuló megfigyelési rendszer kialakítása természeti körülmények között a Balatonra és vízgyűjtő területén. A megfigyelési rendszerben megbízható mintavételi és mérési módszerekkel végzett elemzésekkel adatokat szolgáltatunk a környezet állapotáról, az emberi egészségre ártalmas anyagok (pl. toxikus fémek, szerves vegyületek) minőségéről és közelítő mennyiségéről.

A kutatás első lépéseként mintavételi tervet készítettünk. A tervben részletesen összefoglaltuk a kutatási munka során végzendő feladatokat, analitikai meghatározásokat és a minőségbiztosítás lépéseit. A légköri aeroszol mintákat és a csapadék mintákat Tihanyban, Keszthelyen és Siófokon gyűjtjük. A légköri aeroszol mintákat hetente folyamatosan két, illetve három napig gyűjtjük Teflon és kvarcszűrőkre a fémtartalom és a poliaromás szénhidrogének (PAH) vizsgálatára.

A légköri száraz ülepedés vizsgálata során mintavételi rendszert alakítottunk ki a légkörben lévő szilárd részecskék összegyűjtésére. A mintavételnél membrán szivattyúkat használunk, és 5 cm átmérőjű 1 μ m pórusméretű Teflon szűrőkön gyűjtjük össze az aeroszol részecskéket 1-1,8 m³/h átszívási sebességgel. A mintavétel során mintegy 45-65 m³ levegőből gyűjtjük össze az aeroszol részecskéket. A légköri nedves ülepedés vizsgálata során mintavételi rendszereket alakítottunk ki automata (wet-only) csapadék mintavevő segítségével, amely csak a csapadékkal kiülepedő szennyezők összegyűjtésére szolgál. Az elemzésekhez ICP-AES (P-E Optima 4000) és atomabszorpciós (P-E 5100 PC) berendezéseket használtunk.

Az elemek kémiai formájának meghatározását különböző oldószerekkel végzett kioldás után atomspektrometriás módszerrel végeztük el. Az alábbi szekvenciális kioldási módszert dolgoztuk ki: 1. frakció: cserélhető/mobilis elemek, 2. frakció: karbonátokhoz, oxidokhoz kötött elemek, 3. frakció: szerves anyagokhoz és savoldható szilikátokhoz kötött elemek. A szelektív oldási sorozatot a szűrővel mintavétel előtt elvégeztük (szűrő vak) és valamennyi reagens vakértékét is meghatároztuk. A szekvens eljárás során nyert oldatokat előzetesen 10 m/m %-os nagy tisztaságú salétromsavból készített oldatokkal 24 órán át áztatott műanyag edényekben, hűtőszekrényben 4 $^{\circ}$ C-on tároltuk.

Az aeroszolak és csapadékok PAH-tartalmának meghatározására folyadékkromatográfiás módszert dolgoztunk ki. Az elválasztást LiChrospher C18 PAH, 250 mm*4 mm oszlopban lévő 5 μ m-es töltettel végeztük. Eluensként acetonitril-víz gradienst, detektorként programozható hullámhosszú fluoreszcenciás detektort használtunk. A mérés és a kiértékelés során a Maxima 820 adatgyűjtő és kiértékelő kromatográfiás programot alkalmaztunk.

Az eredmények alapján megbecsülhető az a szennyező hányad, amely száraz és nedves ülepedéssel a tóba jut. Hosszabb időtartamú megfigyelések és a tó, a befolyók és a kikötők egyidejű rendszeres vizsgálatával a szennyező anyag forgalma megbecsülhető.

PLATINAFÉMEK LÉGKÖRI KONCENTRÁCIÓJÁNAK MEGHATÁROZÁSA

Szeredi Ágnes, Salma Imre, Gyula Záray

ELTE Kémiai Technológiai és Környeztkémiai Tanszék, Budapest

A városi levegőszennyezettség forrásai között kitüntetett helyet foglalnak el a közúti gépjárművek, amelyek az antropopén NO mintegy 47%-át, a CO 65–80%-át, a szénhidrogének körülbelül 50%-át emittálják. Ezen anyagok további levegőkémiai folyamatokban vesznek részt, amelyek fotokémiai szmog kialakulásához is vezethetnek. Az emisszió jelentőségét jelzi az a tény is, hogy az egy főre jutó személygépkocsik száma Budapesten több, mint négyszeresére nőtt az 1970-es évektől napjainkig. A hármashatású katalizátorokkal elérhető, hogy a gépjárművek környezeti szempontból legfontosabb, három, fent említett gáznemű kipufogógáz-összetevője kölcsönös kémiai reakcióikban lényegesen kevésbé veszélyes vegyületekké alakuljanak át a kipufogógáz utókezelése során a motor működési körülményei és viszonyai között. Az átalakítási reakciókat platinafémelek: Pt, Pd és Rh katalizálják, melyekből általában néhány gramm mennyiséget helyeznek el a kipufogórendszerben. Az átalakítási hatások mértéke és a műszaki megoldások következtében az említett kipufogógáz-összetevők emissziója elhanyagolható mértékűre csökken. A sikerek mellett azonban eddig ismeretlen veszély, a platinafémelek emissziója jelent újabb kihívást a városi levegő minőségével foglalkozó szakemberek számára. Ezen potenciálisan toxikus fémekre vonatkozó ismereteink teljesen hiányoznak Budapesten. Nemzetközi adatok szerint a platinafémelek nyomnyi mennyiségben (10^{-12} g/g) vannak jelen az aeroszolban, ami egyrészt azt sejteti, hogy a lehetséges emisszió nagy relatív változást okoz, másrészt különleges igényeket támaszt a mintavétel és az alkalmazandó analitikai módszerrel szemben.

A platinafémelek léghőri koncentrációjának meghatározása érdekében durva és finom frakciójú aeroszol mintákat gyűjtöttünk polikarbonát membránszűrőkön Budapesten 2001 júliusában. A mintákat induktív csatolású plazma tömegspektrometria (ICP-MS) módszerrel, proton-indukált röntgenemissziós analízissel, gravimetriával és fényreflektometriával vizsgáltuk. Az ICP-MS mérések előkészítése céljából egy mikrohullámú roncsolási eljárást alkalmaztunk irodalmi ismeretek alapján. Az analitikai adatokból megállapítható, hogy a platina átlagos léghőri koncentrációja: a durva frakcióban 2 pg/m^3 , míg a finom frakcióban 3 pg/m^3 körüli. Az adatok nagyságrendileg összemérhetők más európai nagyvárosok közzétett értékeivel. Eddigi ismereteink azt sejtetik, hogy a Pt közel azonos mértékben oszlik meg a durva és a finom frakciók között. A platina léghőri koncentrációja jelentősen függ a gépjárművek számától, átlagos korától és műszaki állapotától is. A Pd és a Rh koncentrációja a jelenlegi mintakezelési és analitikai eljárást alkalmazva nem volt kimutatható spektrális interferenciák miatt. A katalizátorok elterjedése miatt (is) megszüntetett ólmozott benzin kedvező környezeti hatásáról viszont megállapítottuk, hogy már a kivonást (1999. április 1-t) követő első hónapokban a levegő Pb és Br koncentrációja a harmad-negyed részére csökkent, és azóta az említett két elem hibahatáron belüli vagy kissé csökkenő koncentrációban van jelen a levegőben.

A platinafémelek városi léghőri viselkedésének és környezeti hatásainak jobb megértése céljából tervezzük további, nagyobb mintaszámmal végzett, esetleg kiemelten terhelt célcsoportok bevonásával gyűjtött minták vizsgálatát.

AZ ÜZEMANYAG SZENNYEZETTSÉGÉNEK VIZSGÁLATA GÁZTURBINÁS HŐERŐMŰVEKBEN

Veres M., Füle M., Koós M., Pócsik I., Czitrovsky A., Nagy A., Jani P.

MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet, 1525, Budapest, Pf. 49.

Az üzemanyagban jelenlévő szennyeződések, amelyek kiülepednek a fúvókákra és a lapátokra számottevően befolyásolják a turbina élettartamát és csökkentik annak hatásfokát.

Munkánk során egy 74MW-os General Electric gázturbina üzemanyagának tisztaságát vizsgáltuk, amely 25bar nyomás mellett 20 000 m³/h gázt fogyaszt.

A vizsgálatok a részecskék Raman spektrumára, méreteloszlására és morfológiájára irányultak. A Raman spektrumokat egy OLYMPUS mikroszkóppal egybeépített Renishaw 1000 típusú spectrometerrel mértük, a méreteloszlást optikai részecskeszámlálóval határoztuk meg, a morfológiát egy JEOL JSM 25SIII típusú SEM berendezéssel tanulmányoztuk.

A Raman spektrumokban vas oxidok, szilikátok és foszfátok (Al, Cu) nyomait találtuk.

A 0,3- 10 mikrométeres tartományban vizsgált méreteloszlás maximuma 1 mikrométer körül volt.

A SEM vizsgálatokat visszaszórásos és másodlagos elektron emissziós módszerrel végeztük.

A kutatást a Nemzeti Kutatási Fejlesztési Program 3/005/2001sz. és 3/064/2001 sz. szerződésesei támogatták

A FÖLDMUNKÁK PORZÁSI EREDETŰ LÉGSZENNYEZÉSE

Sámi Lajos

Tiszántúli Környezetvédelmi Felügyelőség (TIKÖFE)
4025 Debrecen, Piac u. 9/b

A földmunkák területei -különös tekintettel a hatásvizsgálat köteles tevékenységek/beruházások telepítésére, felhagyására ill. a környezeti kármentesítésekre- diffúz légszennyező források. A műveletek, a földtani közeg, az alkalmazott anyagok, a meteorológiai körülmények jellemzőitől függően a légszennyező hatás mértéke és típusa eltérő lehet.

Meghatározó a földmunkák során kiporzott szilárd anyagok okozta légszennyezés. Ennek számítása többféle modellel történhet.

Dolgozatunkban az aerodinamikai, fluidizációs alapelvek alkalmazásával a Leva-féle modell általánosításával számítjuk a földmunkák okozta levegőterhelést. Az eltérő állapotok speciális kibocsátásait az anyagjellemzők súlyozásával differenciáljuk.

A dolgozatban a kiporzott szemcseméret eloszlásának ismeretében meghatározzuk a transzmisszió, a felhígulás jellemzőit és az így becsülhető légszennyezettséget. Lehetőség van szálló- és ülepedő por megkülönböztetésére és környezetegészségügyi hatásának jellemzésére is.

A kidolgozott modell alkalmazhatóságát mérési eredményekkel szemléltetjük.

Nem vizsgáljuk a kiporzás csökkentésének szervezési, műszaki és környezeti feltételeit.

GOMBA EREDETŰ LÉGKÖRI ELEMÉK KIMUTATÁSA

Magyar Donát

MTA Növényvédelmi Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf. 102

A gombák jelentős szerepet töltenek be környezetünkben, mint lebontó szervezetek, közegészségügyi és növény kórokozók, készletkárosítók, allergének, toxintermelők, de élelmiszeripari felhasználásuk is jelentős. A gombaelemek (spórák, konídiumok, hífadarabkák) jelentős hányadát képezhetik a szerves aeroszolnak. Jellemző mérettartományuk 3-200 mikron. Külső térben, nyár végén-ősszel mennyiségük gyakran a 10.000 gombaelem/m³ fölé emelkedik. Kimutatásukra a levegőből igen változatos módszerek léteznek (pl. Hirst-csapda, mintázó cellák, forgó karú mintavevő (Rotorod), orrba illeszthető mintavevők, elektrosztatikus vagy termikus kicsapás táptalajra, részecskeszámlálók, radar, papír-, selyem-, lőgyapot-, üvegpór-, és homokszűrők, állati tüdő vizsgálata, levélfelszín lenyomat, csapdázó vízfelszínnek szűrése, mely utóbbiak természetes spóracsapdaként működnek. Áttekintésünkben említésre kerülnek a legújabb immunológiai és molekuláris biológiai megoldások is. Közleményünk célja az elmúlt évszázad különböző megoldásait, ötleteit összefoglalni és rendszerezni. Az alábbi táblázatban működésük alapján csoportosítjuk a felsorolt eszközöket.

mintavétel módja			mintahordozó		
			táptalaj	ragadós felszín	egyéb
légáramlás nélkül		ülepítés			
(légáramlással)	természetes légáram	ütköztetés			
	mesterséges légáram (térfogati)	ütköztetés			
		elnyeletés			
		szűrés			
egyéb					

A BALATONI LÉGKÖRI AEROSZOL JELLEMZÉSE RÖNTGENEMISSZIÓS MÓDSZEREKKEL

*Osán János¹, Alföldy Bálint¹, Kurunczi Sándor¹, Török Szabina¹, Bozó László², Anna Worobiec³,
René Van Grieken³*

¹KFKI Atomenergia Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf. 49.

²Országos Meteorológiai Szolgálat, 1675 Budapest, Pf. 39.

³Department of Chemistry, University of Antwerp, Belgium

A Balaton Közép-Európa legnagyobb tava (596 km²). Viszonylag kis víztérfogata miatt a szennyezésekre nagyon érzékeny, mivel a szennyező anyagok hígulása a tóban korlátozott. A tó környéki népesség nyáron többszöröse a télnek, ezért nyáron súlyos környezeti stressznek van kitéve. Az utóbbi évtizedben több kormányhatározatot adtak ki a régió levegő- és vízminőségének javítására. Feltételezhető, hogy a légkör a tó környezeti károsodásának fontos forrása a folyókból származó és a közvetlen szennyezéssel összehasonlítva. A tápelemek különösen fontosak, hiszen bejutásuk megnövekedett biológiai aktivitáshoz, faji összetétel változásához és fitoplankton szukcesszióhoz, toxikus algák megjelenéséhez, a fauna és flóra szegényedéséhez, tápláléklánc-beli változásokhoz illetve a vízoszlop és az üledék oxigéntartalmának csökkenéséhez vezethet.

Az aeroszolminták gyűjtése Berner-rendszerű kaszkádimpaktorról és kétfokozatú mintavevővel történt Siófokon, négy mintavételi expedíció keretében 1999-ben és 2000-ben. Összesen 40 tömbminta mérését végeztük el röntgenfluoreszcencia-analízissel (XRF). Mintegy 25 000 egyedi aeroszolrészecskét elemeztünk számítógépes vezérlésű elektronsugaras mikroanalízissel (EPMA). Az egyedi részecskék könnyűelem-tartalmának meghatározására az Antwerpeni Egyetemen kifejlesztett reverz Monte Carlo módszert^{1,2} alkalmaztuk. A részecskék osztályozása hierarchikus és nem-hierarchikus klaszteranalízissel történt. Az aeroszolrészecskék lehetséges forrásainak meghatározásához főkomponens-analízist alkalmaztunk, az XRF és az EPMA eredmények egyesített adatbázisából kiindulva. A kapott analitikai eredményeknek a légcella-trajektóriákkal való összevetése jó egyezést eredményezett az egyes mintavételi időszakokra. Az aeroszol összetétele nem mutatott évszakokra jellemző változást, de korrelációban volt a napi meteorológiai körülményekkel és a légtömeg eredetével.

¹ Osán J, Szalóki I, Ro CU, Van Grieken R. *Mikrochim. Acta* 2000; **132**:349–355

² Szalóki I, Osán J, Ro CU, Van Grieken R, *Spectrochim. Acta B* 2000; **55**:1017–1030

EGYEDI AEROSZOLRÉSZECSKÉK KÖNNYŰELEM-TARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA VÉKONYABLAKOS ELEKTRONSUGARAS MIKROANALÍZISSEL

Osán János¹, Chul-Un Ro², Szalóki Imre³, René Van Grieken⁴

¹KFKI Atomenergia Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf. 49.

²Department of Chemistry, Hallym University, Chuncheon, Korea

³Debreceni Egyetem, Kísérleti Fizikai Intézet, 4026 Debrecen, Bem tér 14/a.

⁴Department of Chemistry, University of Antwerp, Belgium

A könnyű elemek, mint szén, nitrogén és oxigén mennyiségének egyedi légköri aeroszolrészecskékben való meghatározása nagy jelentőséggel bír a környezeti kutatásokban. Kifejlesztettünk egy olyan kvantitatív analitikai módszert, amely vékonyablakos energiadiszipatív röntgendetektort felhasználó elektronsugaras mikroanalízisen (EPMA) alapszik. A könnyű elemek által kibocsátott lágy röntgenfotonok még a mikrométeres méretű részecskékben is jelentős abszorpciót szenvednek. Megmutattuk, hogy a kisenergiájú röntgenemisszióknál fontos mátrix- és geometriai effektusok Monte Carlo számításokkal jól leírhatók.¹ Emiatt az általunk kifejlesztett új kvantitatív kiértékelő módszer és szoftver a Monte Carlo szimuláció és a szukcesszív approximáció kombinációját alkalmazza az elemi összetétel optimalására,² és képes a könnyű elemek koncentrációjának meghatározására mikroszkopikus részecskékben, a széntől felfelé. A kifejlesztett analitikai módszert egyedi standard részecskéken átfogóan teszteltük, a nominális és számított koncentrációértékek között 3–8 relatív %-os egyezést tapasztaltunk.³ Az elektronnalára érzékeny részecskék, mint ammónium-szulfát és ammónium-nitrát analízise folyékony nitrogénnel hűtött mintatartóval történt.

A módszer analitikai hatékonyságának javítása érdekében különös figyelmet fordítottunk a röntgenspektrumok kiértékelésére. A nehezebb elemek L és M vonalai erősen átfedhetnek a könnyű elemek K vonalaival. A K, Ca és Ti K/L intenzitásarányának a részecske méretétől és összetételétől való függését Monte Carlo szimulációval modelleztük. A K, Ca vagy Ti L vonalának figyelembe vételével a C és N koncentrációjának meghatározása szignifikánsan javult, különösen akkor, ha a K, Ca vagy Ti nagy mennyiségben volt jelen a részecskében.

Jelen félautomatikus módszert az Északi-tenger fölött gyűjtött tengeri és kontinentális aeroszolmintákra alkalmaztuk. Ezzel a megközelítéssel lehetővé válik a tápelemek és organikus aeroszolok kiülepedésének számszerűsítése, amely fontos az eutrofizációs kutatásokban. A módszer alkalmazása a részecske-gáz kölcsönhatások kutatásához (pl. tengeri sórészecskék módosulása a troposzférában⁴) is hozzájárulhat.

¹ Ro CU, Osán J, Van Grieken R. *Anal. Chem.* 1999; **71**:1521–1528

² Osán J, Szalóki I, Ro CU, Van Grieken R. *Mikrochim. Acta* 2000; **132**:349–355

³ Szalóki I, Osán J, Ro CU, Van Grieken R. *Spectrochim. Acta B* 2000; **55**:1017–1030

⁴ Ro CU, Oh KY, Kim HK, Kim YP, Lee CB, Kim KH, Kang CH, Osán J, de Hoog J, Worobiec A, Van Grieken R. *Environ. Sci. Technol.* 2001; **35**:4487–4494

**LÉGKÖRI AEROSZOLOK KÉT ÉVES VIZSGÁLATA,
ALTA FLORESTA, BRAZÍLIA:
SOKELEMES ÖSSZETÉTEL VIZSGÁLATOK ÉS FORRÁS AZONOSÍTÁS**

Rajta István¹, Willy Maenhaut², Maria-Teresa Fernandez-Jimenez², Paulo Artaxo³

¹ MTA Atommagkutató Intézete, H-4001 Debrecen, P.O. Box 51, Hungary

² Institute for Nuclear Sciences, Ghent University, Proeftuinstraat 86, B-9000 Gent, Belgium

³ Institute of Physics, University of Sao Paulo, P.O. Box 66318, CEP 05315-970,
Sao Paulo, S.P., Brazil

1996 augusztusától 1998 szeptemberig légköri aeroszolókat gyűjtöttünk Brazíliában, az Alta Floresta elsődleges esőerdő vidéken. A mintavevő SFU (Stacked Filter Unit) volt, amely durva (2 – 10 µm ekvivalens aerodinamikus átmérő (EAD)) és finom (<2 µm EAD) méretfrakcióra bontva gyűjtötte a mintákat. Az összes SFU mintát (205 darab) a következő módszerekkel analizáltuk: részecske tömeg (PM) szerint, fekete szén (BC), valamint legfeljebb 47 elem koncentrációra (Na és nehezebb elemek). A sokelemes analízist PIXE (protonokkal indukált röntgenemisszió) és INAA (műszeres neutronaktivációs analízis módszerekkel végeztük. Az eredményeken APCA (abszolút főelem komponens analízist) végeztünk a források és forrástípusok meghatározása céljából. A finom frakcióban öt forrást azonosítottunk: ásványi port, (pirogenikus) biomassa égetést (PM, BC, S, K, Zn, Br, Rb és I komponensekkel, 0,7-0,9 közötti járulékkal), egy Na/Ca komponens, egy biogenikus komponens (P tartalom), és egy szinte tiszta Pb komponens. Átlagosan a PM 67%-át tulajdonítottuk a pirogenikus komponensnek, 14% az ásványi por, 7% a biogenikus és a Na/Ca komponens, és 4% az ólom. A pirogenikus aeroszol aránya az évszaktól függően változott. Általában 60 és 100 % között volt a száraz évszakban, viszont gyakran jelentéktelen kis mértékűre csökkent az esős évszakban. Ekkor a finom frakció nagy része a biogenikus komponensből származott.

Köszönetnyilvánítás:

Köszönjük a Belgian Federal Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs (OSTC), a “Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek – Vlaanderen”, és az Európai Bizottság (European Commission (contract nos. CHRX-CT92-0039 and CII*-CT92-0082)) támogatását. Az egyik szerző (P.A.) köszöntettel tartozik a FAPESP – Fundacao de apoio a pesquisa do Estado de Sao Paulo alapítványnak az anyagi támogatásért. Továbbá hálásak vagyunk A.C. Ribeiro, A.L. Loureiro, J. Cafmeyer munkatársainknak a technikai közreműködésért.

A LÉGKÖRI AEROSZOLBAN TALÁLHATÓ VÍZOLDHATÓ HUMINSZERŰ ANYAG SAV-BÁZIS TULAJDONSÁGAI

Sallai Mónika Angéla

Veszprémi Egyetem, Föld-és Környezettudományi Tanszék, 8201 Veszprém, Pf.: 158

A finom aeroszolban található vízoldható szerves anyagok kémiai összetétele és tulajdonságainak ismerete kulcsfontosságú a szén-tartalmú aeroszol légköri folyamatokban játszott szerepének megértéséhez.

Eddigi aeroszolminták vizsgálata során kiderült, hogy a vidéki finom aeroszolban jelentős mennyiségű huminszerű makromolekula van jelen, és ezek teszik ki a vízben oldódó szerves szén jelentős részét [1]. A finom szerves aeroszol kromatográfiás, spektroszkópiás, anódos stripping voltometriás, kapilláris elektroforézis vizsgálata során kapott eddigi eredmények azt mutatják, hogy ezen anyagok minden vizsgált tulajdonságaiban nagyon hasonlít a természetes humuszanyagokhoz. Az aeroszolmintákból a huminszerű anyagot egy korábban kidolgozott módszerrel izoláltuk, és egyensúlyi sav-bázis titrálással határoztuk meg.

Ezen egyensúlyi titrálási módszer általánosan használt a humin- és fulvósavaknál. Az egyensúlyi titrálási görbe eredményei segítségével becsültük meg a különböző pK értékhez tartozó savas funkciós csoportok számát. A titrálási görbék maximuma nem volt jól elhatárolható, ez arra utal, hogy a huminsavak a természetes makromolekulákhoz hasonlóan nem jellemezhetőek egyértelműen egy vagy több jól definiált pK értékkel, hanem egy eloszlásfüggvénnyel írható le. Az így kapott pK eloszlásfüggvényt használtuk fel az általunk készített számítási modellnél, amelyben a szerves ionok mért koncentrációját is figyelembe vettük.

A számítási modell segítségével határoztuk meg az összes- és a szabad savasságot, és megbecsültük a huminszerű anyag hozzájárulását az aeroszol savasságához. Azt tapasztaltuk, hogy a huminszerű anyag hozzájárulása a szabad savassághoz 30-60 %-ak adódik.

Irodalom:

1. Zappoli S., Andracchio A., Fuzzi S., Facchini M. C., Gelencsér A., Kiss Gy., Krivácsy Z., Molnár Á., Mészáros E., Hansson H. C., Rosman K. (1999): Inorganic, organic and macromolecular components of fine aerosol in different areas of Europe in relation to their water solubility, *Atmospheric Environment*, **33**, 2733-2743

A MUCOCILIARIS TISZTULÁS HATÁSA A BRONCHIALIS AEROSZOL-KIÜLEPEDÉS ELOSZLÁSÁRA

Szőke István, Balásházy Imre és Farkas Árpád

KFKI Atomenergia Kutatóintézet, Pf. 49, H-1525 Budapest

A tracheobronchiális légutakban kiülepedett részecskéket a bronchiális epitéliumot borító nyák, az ún. mucus réteg szállítja a garat felé. A nyákréteg alatt elhelyezkedő csillószőrök mozgásának köszönhetően a kiülepedett részecskék nagy része folytonosan vándorol a mélyebben elhelyezkedő légutaktól a garat irányába, a 2 – 15 μm vastagságú⁽¹⁾ nyálkahártya szekréttummal együtt. Ezen, ún. gyors tisztulási mechanizmus, a tracheobronchialis légutak fő tisztulási folyamata és a depozíciót követő 24 órában ezen típusú tisztulás lezajlik.

A jelen munka célja, hogy kvantifikáljuk a nyákréteg sebességeloszlását légúti elágazásokon belül, ugyanis várható, hogy a mucus réteg sebessége az elágazás mentén nem egységes és ez befolyásolhatja a részecskék kiülepedésével járó egészségi hatásokat.

Ehhez morfológiailag realiztikus légúti elágazás geometriákon számoltuk a nyákréteg sebességeloszlását a FLUENT™ CFD (Computational fluid dynamics) programcsomag alkalmazásával. Először az elágazás felületi pontjait generáltuk egy saját számítógépes programmal, majd a GAMBIT felületszerkesztő és rácszóó kóddal (ami a FLUENT™ programcsomag része) felépítettük a nyákréteg geometriáját egyszeri légúti elágazásokra.

A numerikus számításainkban a nyákréteg vastagságának a realiztikusnál nagyobb értéket választottunk, mert egyébként irreálisan nagy számú, vagy túlzottan aszimmetrikus matematikai cellákat kellett volna generálnunk. Ötszáz és 28 μm közötti mucus rétegvastagsággal számoltunk. A kapott mucus sebességmező gyakorlatilag nem változott ezen vastagságértékek között és a felületre merőleges sebességkomponens elhanyagolható volt valamennyi pontban. Így a számolt sebességmezőt a realiztikus 2-15 μm vastagságú rétegre is érvényesnek vesszük. A nyákréteget összenyomhatatlannak és állandó vastagságúnak tételeztük fel, kivéve a karina csúcsát, ahol 75 % -al vastagabb réteget definiáltunk. A leányágak végén, egyenletes, a leányágak tengelyével párhuzamos, 3×10^{-4} m/s nagyságú belépési sebességprofilt választottunk. A nyák rétegre a víz viszkozitásának 1000 szeresét⁽²⁾ alkalmaztuk. A be- és kijáratokon azonos tömegáramot tételeztünk fel. Ezenkívül a következő határfeltételeket alkalmaztuk: a nyák és a légutak belső fala, valamint a nyák és a légutakban áramló levegő között nincs súrlódás. Végül a FLUENT™ CFD kóddal meghatároztuk a nyák sebességterét.

A kapott sebességmező erősen aszimmetrikus. A karina közelében a sebesség a belépési érték egy tizedére csökken. Ez nagymértékben lassítja az idekerülő részecskék tisztulását. Az anyaágon belül a sebesség viszonylag egyenletes és a kisebb keresztmetszetnek köszönhetően kb. 25 % - kal nagyobb a bemeneti értéknél.

Inhaláció esetén a részecske-kiülepedés erősen fokozott a karina régióban és a leányágak belső falain ("hot spots"), éppen ott, ahol a mucusréteg mozgása igen lassú.

Következésképpen a karina régióban fellépő erősen csökkent sebességű tisztulás tovább növelheti a primer depozíciós kép inhomogenitását és fokozza az itt fekvő sejtek terhelését.

Köszönetnyilvánítás:

A kutatásokat az OTKA T030571, T034564, NKFP-3/005/2001 és NKFP-1/008/2001, valamint a CEC Contract No. MCFI-2000-01310 és FIGD-CT-2000-00053 Projektek támogatták.

Irodalom:

1. International Commission on Radiological Protection. (1994) Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection. Oxford: Pergamon Press, ICRP Publications 66.
2. Podgórski A. and Sosnowski T.R. (2000) *Journal of Aerosol Science* 31, S500-S501.

ÜVEGGYAPOTOKBÓL SZÁRMAZÓ AEROSZOLOK FIZIKAI PARAMÉTEREI, KÉMIAI ÖSSZETÉTELE ÉS LÉGÚTI DEPOZÍCIÓJA

*Szőke Réka¹, Sziklainé László Ibolya¹, Balásházy Imre¹, Kerényi Tibor²,
Szőke István¹ és Szabó Julianna¹*

¹ KFKI Atomenergia Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf. 49

² II. sz. Pathológiai Intézet, Semmelweis Egyetem, 1091 Budapest, Üllői út 93

Jelenleg Európa országaiban körülbelül minden századik ember azbeszt inhalációja miatt hal meg. Napjainkban az azbesztet egyéb szálak szigetelőkkel helyettesítik, amelyeknek több mint a fele üvegszál. Kísérleti és epidemiológiai tanulmányok egyaránt bizonyítják, hogy az üveg is lehet karcinogén, sőt azonos szálméret mellett, nem kevésbé karcinogén, mint a legveszélyesebb azbeszt (krokodolit). Szerencsére az üvegszálak szálmérete általában jóval nagyobb, mint az azbeszté, így csak kis frakciója inhalálható.

Mind az azbeszt, mind az üveg ún. fizikai karcinogén, azaz a szálak alakja és nem kémiai összetétele okozza a tüdőrákkeltő hatást. Természetesen az üvegyapótok ettől függetlenül tartalmazhatnak toxikus elemeket is.

Inhaláció szempontjából kétféle üvegyapótot érdemes megkülönböztetni: a hagyományos, a tüdőben nem oldódó, és bioszolubilis, a légzőrendszerben oldódó üvegyapótot. Ez utóbbi a sejtnedvek hatására oldódik, majd migrációba kezd a szövetben, ahol esetleg káros elváltozásokat okozhat.

Az inhalált üvegszálak fizikai tulajdonságai és kémiai összetétele egyaránt jelentős szerepet játszhatnak a biológiai válaszreakciókban. Ezért vizsgálatuk kiemelten fontos.

Kutatásaink fő célkitűzése a tüdőben oldódó és nem oldódó üvegyapótok fizikai és kémiai paramétereinek, valamint légzőrendszeri kiülepedésének vizsgálata. Jelen munkában a különböző eredetű üvegszálak hosszának és átmérőjének eloszlását, valamint alakzatát ismertetjük, melyet optikai mikroszkóppal és a hozzá csatolt képanalizátor program segítségével határoztunk meg. Szemcseméret eloszlás vizsgálatával az inhalációs szempontból leginkább veszélyes, finom, ún. respirabilis frakciót (aerodinamikai átmérő $< 10 \mu\text{m}$) is elemeztük.

Az üvegszálak kémiai összetételének tanulmányozására instrumentális neutron-aktivációs analitikai (INAA) módszert alkalmaztunk. Az INAA extrém nagy érzékenysége révén lehetővé teszi az üvegyapótot minták makro- és mikroelem komponenseinek pontos meghatározását.

Fontos kérdés, hogy egy adott üvegyapótból a légzőrendszer egészében és egyes szakaszaiban, mennyi üvegszál ülepszik ki. E kérdés vizsgálatához az ún. sztochasztikus tüdőmodell szál alakú részecskék kiülepedésének leírására készült verzióját alkalmaztuk.

A sztochasztikus tüdőmodell segítségével jellemeztük az azbeszt, a hagyományos- és a bioszolubilis üvegyapótokból származó aeroszolok légzőrendszeri lokális, regionális és teljes kiülepedés-eloszlását a szálak fizikai paramétereinek függvényében, különböző légzésintenzitások mellett, egészséges felnőtt ember esetére.

Köszönetnyilvánítás:

A munkát az OTKA T034564 és az NKFP-3/005/2001 projektek támogatták.

A VI. Magyar Aeroszol Konferencia résztvevőinek névsora

Név	E-mail cím	Munkahely
	marketing@florin.hu	FLORIN Vegyipari és Kereskedelmi Rt.
Apai Pál	apai@power.szfi.kfki.hu	IVAX..Gyógyszerkutató Intézet Kft.
Balásházy Imre	ibalas@sunserv.kfki.hu	KFKI Atomenergia Kutatóintézet
Bálint Szende Ágnes	balintszende@personal.ro	Pro Philosophia Alapítvány
Bogdándi Enikő Noémi	Nbogdandi@hotmail.com	Országos Közegészségügyi Központ - Országos F. J. C. Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet
Borbélyné Kiss Ildikó	ibkiss@atomki.hu	MTA Atommagkutató Intézete
Czitrovszky Aladár	czitrov@sunserv.kfki.hu	KFKI Szilárdfizikai Kutatóintézet
Dezső Zoltán	dezsoz@tigris.klte.hu	DE-ATOMKI Környezetfizika Tanszék
Dobos Erik	dobos@atomki.hu,	MTA Atommagkutató Intézete
Farkas Árpád	farkasa@sunserv.kfki.hu	KFKI Atomenergia Kutatóintézet
Feczkó Tivadar	feczkot@freemail.hu	VE, Föld-és Környezettudományi Tanszék
Galambos István	galambos@almos.vein.hu	VE, Föld-és Környezettudományi Tanszék,
Gelencsér András	gelencs@almos.vein.hu	VE, MTA Levegőkémiai Kutatócsoport
Geresdi István	geresdi@ttk.pte.hu	Pécsi Tudományegyetem
Grósz Márta	gro5298@ella.hu	IVAX..Gyógyszerkutató Intézet Kft.
Hlavay József	hlavay@almos.vein.hu	VE, Föld-és Környezettudományi Tanszék,
Horváth László	Horvath.l@met.hu	Országos Meteorológiai Szolgálat
Imre Kornélia	kornelia@webmail.hu	VE, Föld-és Környezettudományi Tanszék
Jäckel Márta	jm@korb2.sote.hu	SE II. sz. Patológiai Intézet
Jani Péter	jani@mail.szfi.kfki.hu	KFKI Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet
Janitsék Szilvia	toppans@freemail.hu	VE, Föld-és Környezettudományi Tanszék
Kálmán István	kalman@kalman.kfkipark.hu,	Kalman System Kft
Kerényi Tibor	kt@korb2.sote.hu	SE II. sz. Patológiai Intézet
Kertész Zsófia	zsofi@atomki.hu	MTA Atommagkutató Intézete
Kiss Árpád Zoltán	azkiss@atomki.hu	MTA Atommagkutató Intézete
Koltay Ede	koltay@atomki.hu,	MTA Atommagkutató Intézete
Kovács Emese	Kovacs.emese@internet.hu	ELTE, Természetudományi Kar
Krivácsy Zoltán	krivacsy@almos.vein.hu	VE, Föld-és Környezettudományi Tanszék,
Machon Attila	salma@para.chem.elte.hu	ELTE Kémiai Technológiai és Környezetkémiai Tanszék
Magyar Donát	magyard@freemail.hu	MTA Növényvédelmi Intézete
Mészáros Ernő	meszaros@anal.venus.vein.hu	VE, Föld-és Környezettudományi Tanszék,
Mócsy Ildikó	imocsy@ecosoft.ro	
Molnár Ágnes	amolnar@almos.vein.hu	VE, MTA Levegőkémiai Kutatócsoport
Nagy Attila	nagya@sunserv.kfki.hu	KFKI Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet
Náray Miklós	miklos_naray@e34.kibernet.hu	Fodor József Országos Közegészségügyi Központ, Központi Kémiai Laboratórium
Osán János	osan@sunserv.kfki.hu	KFKI AEKI
Oszetzky Dániel		KFKI SZFKI
Papp Zoltán	zpapp@tigris.klte.hu	DE-ATOMKI Környezetfizika Tanszék
Rajta István	rajta@atomki.hu	MTA Atommagkutató Intézete
Rudnai Péter	rudnai@oki1.joboki.hu	Fodor József Országos Közegészségügyi Központ
Sallai Mónika Angéla	sallaim@almos.vein.hu	VE, Föld-és Környezettudományi Tanszék
Salma Imre	salma@para.chem.elte.hu	ELTE Kémiai Technológiai és Környezetkémiai Tanszék
Sámi Lajos	tikofe@mail.datanet.hu	Tiszántúli Környezetvédelmi Felügyelőség
Simonics Renáta	srenata@webmail.hu	VE, Föld-és Környezettudományi Tanszék,
Szabó Gyula	szgy@atomki.hu	MTA Atommagkutató Intézete
Szeredi Ágnes	salma@para.chem.elte.hu	ELTE Kémiai Technológiai és Környezetkémiai Tanszék
Szirmai Sándor	szirmai.sandor@caola-alfa.hu	CAOLA-ALFA Kozmetikai Rt.
Szőke István	szoke@sunserv.kfki.hu	KFKI Atomenergia Kutatóintézet
Szőke Réka	rszoke@sunserv.kfki.hu	KFKI Atomenergia Kutatóintézet
Tar Károly	tark@tigris.klte.hu	DE Meteorológia Tanszék
Veres Miklós	vm@szfi.kfki.hu	KFKI Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet
Záray Gyula	zaray@ludens.elte.hu	ELTE Kémiai Technológiai és Környezetkémiai Tanszék