

AZ ULTRAFINOM VÁROSI AEROSZOL RÉSZECSKÉK MÉRETELOSZLÁSA ÉS LÉGZŐRENDSZERI DEPOZÍCIÓELOSZLÁSA

Füri Péter¹, Salma Imre², Farkas Árpád¹, Németh Zoltán², Balásházy Imre¹

¹Magyar Tudományos Akadémia, Energiatudományi Kutatóközpont
1221 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29-33, E-mail: furi.peter@energia.mta.hu

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kémiai Intézet
1518 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A, E-mail: salma@chem.elte.hu

Bevezetés

Az ultrafinom (100 nm-nél nem nagyobb elektromos mobilitási átmérőjű) részecskék egészségre gyakorolt hatásának becslése a modern aeroszolkutatás egyik fontos kérdése. E nagy fajlagos felülettel rendelkező részecskék a városi levegőben is nagy számban fordulnak elő. E környezetben általában magas hőmérsékletű égés során, illetve légköri nukleációval keletkeznek és változatos kémiai összetétellel rendelkeznek. E részecskék belégzés útján kerülnek az emberi szervezetbe, így elsődlegesen a légutakban ülepednek ki. Az egészségre gyakorolt hatásuk meghatározásához elengedhetetlen e részecskék légúti depozíció- és depozíciósűrűség-eloszlásának az ismerete. Jelen munka célja e paraméterértékek eloszlásának valós budapesti expozíciós körülmények közötti meghatározása volt.

Módszerek

A belélegzett ultrafinom aeroszol légúti kiülepedés- és depozíciósűrűség eloszlásának meghatározása ma leghatékonyabban számítógépes modellezéssel lehetséges. Ahhoz, hogy a légúti depozíciót minél realisztikusabban modellezhessük, szükség van a belélegzett aeroszol részecskék minél pontosabb méreteloszlására. E munkában a mért méreteloszlások Budapest négy különböző városi környezetet reprezentáló helyszínén DMPS (Differential Mobility Particle Sizer) berendezéssel kerültek meghatározásra, Salma *et al* (2015). Elemzett mikrokörnyezetnek a belváros (Lágymányos), egy utca kanyon (Astoria), egy közlekedési (Várhegyi) alagút és a városhoz közeli háttérként az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet területe kerültek kiválasztásra. E négy helyszínen a mérések ideje rendre a következő volt: 1 év, 2 hónap, 2 hét és 1 év. Az átlagos köbcentiméterenkénti számszerinti koncentrációk rendre: $8,1 \cdot 10^3$, $14,4 \cdot 10^3$, $103 \cdot 10^3$ és $2,9 \cdot 10^3$. Az átlagos számszerinti medián elektromos mobilitási átmérők rendre: 42 nm, 35 nm, 42 nm és 70 nm.

A légúti kiülepedéseloszlások számítása a mért polidiszperz aeroszol méreteloszlásokból a Sztochasztikus Tüdőmodell segítségével történt. A Sztochasztikus Tüdőmodell realisztikus szerkezetű emberi légutakban számolja a belélegzett aeroszol részecskék légúti generációs szám szerinti, regionális és teljes kiülepedéseloszlását és kiülepedési sűrűségeloszlását is. Jelen munkában a számításokat alvó és ülő helyzetnek, valamint könnyű és nehéz fizikai munkának megfelelő légzési viszonyokra végeztük el egészséges felnőtt nő esetére, az említett helyszíneken mért expozíciós körülmények mindegyikére.

Eredmények

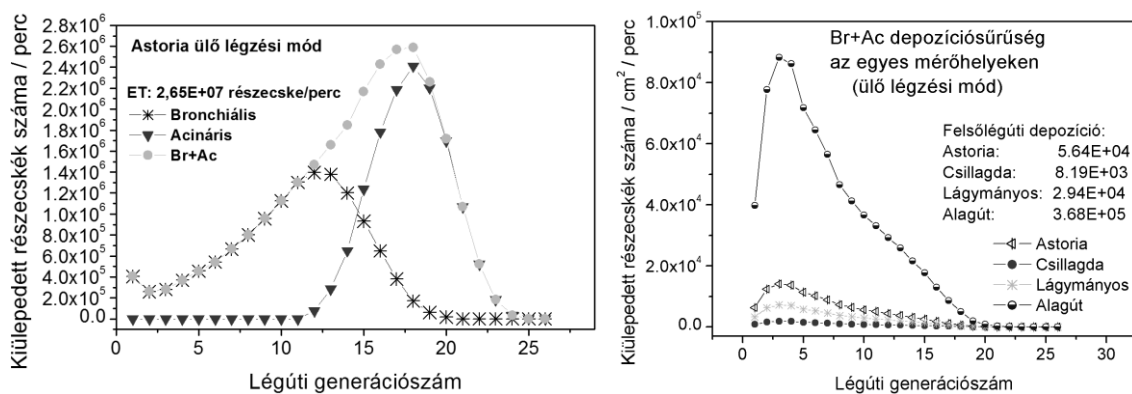
A felső légúti kiülepedés a fizikai aktivitás növekedésével minden helyszínre monoton módon csökkent (22-30%-ról 7,5-10,5%-ra), ugyanakkor a tüdődepozíció nőtt (25-29%-ról 38-49%-ra). Az adott helyen mért koncentrációból, a belélegzett levegő mennyiségéből és a légúti kiülepedési frakciókból kiszámítható a légutakban kiülepedett részecskeszám, mely egy

perc alatt – légzési módtól függően a teljes légzőrendszerre vonatkoztatva – 7,2 millió és 60 millió közötti értéknek adódott a városhoz közeli háttérnek választott Csillagászati Intézet mérőhelyen és 309 millió és 2670 millió közöttinek az alagút esetében.

Fontos megjegyezni, hogy a mikrométeres részecskékkel ellentétben, az ultrafinom részecskék extrathorakális és bronchiális depozíciója nem nő a légúti levegőáramlási sebességgel, mivel az ultrafinom mérettartományban uralkodó fő depozíciós mechanizmusok a diffúzió, valamint a szedimentáció, és mindegyiknek a lassúbb légáramlás kedvez. Gyorsabb légzéskor viszont megnő az acináris légutakban kiülepedő aeroszolmennyiség, mivel a felette lévő régiókban kisebb a kiülepedés valószínűsége és így több részecske jut le a mély tüdőregiókba. Emiatt megfelelő maszkok, szűrők viselése javasolt lehet a városi levegőn sportoló vagy nehéz fizikai munkát végző embereknek, hiszen az acináris, mély régiókból az ott kiülepedett részecskék gyors tisztulásának esélye jóval kisebb, mint a felső vagy bronchiális légutakban kiülepedett részecskéké, ahol a mukociliáris tisztulás hatékony.

A belélegzett aeroszol légúti generációnkénti kiülepedett mennyisége általában két – egy bronchiális és egy acináris – maximummal rendelkezik. Amint az az 1. ábra bal oldali paneljén látható, ultrafinom aeroszol esetén, az első maximumnak (12. generáció) megfelelő részecskeszám durván a fele a második maximumhoz (18. generáció) tartozónak. Ha azonban a deponálódó részecskeszámot az adott légúti generáció egységnyi felületére vonatkoztatjuk, akkor a kapott maximális felületi depozíciósűrűség a második-ötödik generációkban, tehát a nagy bronchusokban jelenik meg (1. ábra, jobb oldali panel), hiszen a tüdő bronchiális felülete kevesebb, mint egy négyzetméter, amíg az acináris felülete kb. 140 m² nagyságú.

Az extrathorakális és a bronchiális rendszer hatékony szűrőként viselkedik mikrométeres és nanométeres részecskéknel. E hatékonyság jelentősen csökken e két mérettartomány között. Ultrafinom méreteknél a levegő áramlási sebességének növekedése e hatékonyság csökkenésével jár. A belélegzett ultrafinom részecskék nehéz fizikai munka esetén könnyen lejuthatnak a tüdő mélyebb, lassú tisztulású zónájába, ahonnan a véráramba is bekerülhetnek. E jelenségnek fontos szerepe van az egészségre gyakorolt hatások tekintetében.



1. ábra. Az Astoria mérőhelyen, ülő légzési mód mellett, 1 perc alatt a légutakban kiülepedett regionális részecskeszám (bal oldal) és a négy helyszínen ugyancsak egy perc alatt kiülepedett légúti felületi részecskesűrűség (jobb oldal)

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a K84091 OTKA és a KTIA_AIK_12-1-2012-0019 számú projektek támogatták.

Felhasznált irodalom

Salma, I., Furi, P., Németh, Z., Balásházy, I., Hofmann, W., Farkas, Á., 2015. Lung burden and deposition distribution of inhaled atmospheric urban ultrafine particles as the first step in their health risk assesment. Atmos. Environ. 104, 39-49.