

Repülőtéri légszennyezés vizsgálata

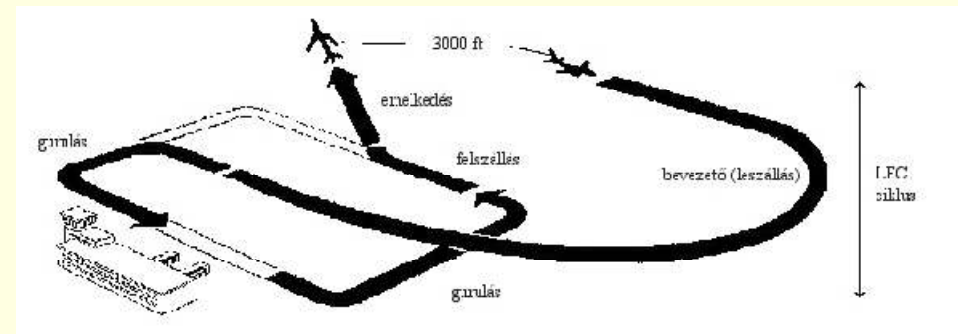
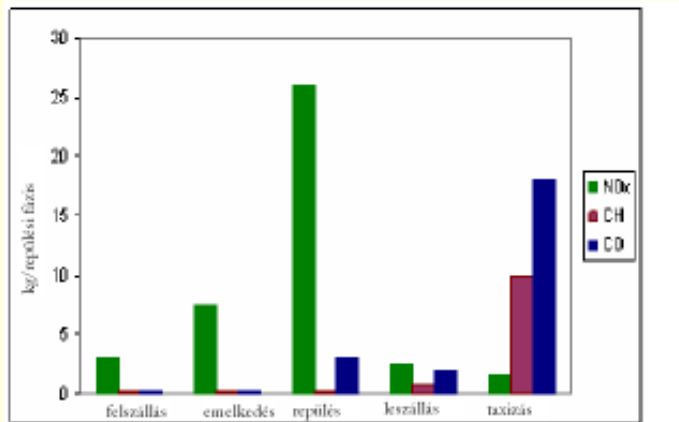
Összefoglalás

Témavezető: Török Szabina

2009.07.08.

Bevezető

- Általánosságban elmondható, hogy a növekvő forgalom következtében a repülőtereken a zajszennyezés mellett a repülőterek légszennyezése is jelentőssé válik. Nagyobb forgalmú nemzetközi repülőtereken már végeznek folyamatos illetve kampányszerű méréseket.
- A repülőterek emissziós forrásai: repülőgépek, gépkocsik (utazóközönség, beltéri gépkocsi forgalom), GPU, stb.
- Forráskarakterisztikájuk speciális, melynek következtében a mérésekhez speciális berendezésekre van szükség.
- A földi járművek kibocsátása általában jól ismert, repülőgépek kibocsátására mindösszesen az 1993-as ICAO adatbázis lehet irányadó.
- Elmúlt 5-10 év kutatásai ennek kiegészítésére, hibáinak folyamatos korrigálására vonatkoznak.



Mérések

- A mérések célja egy monitoring rendszer kiépítéséhez szükséges tanulmány elvégzése, valamint a repülőtérspecifikus vegyületek vizsgálata volt.
- A vizsgált komponensek: NO_x , CO , SO_2 , O_3 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, BC, aeroszolok kémiai összetétele, méreteloszlása



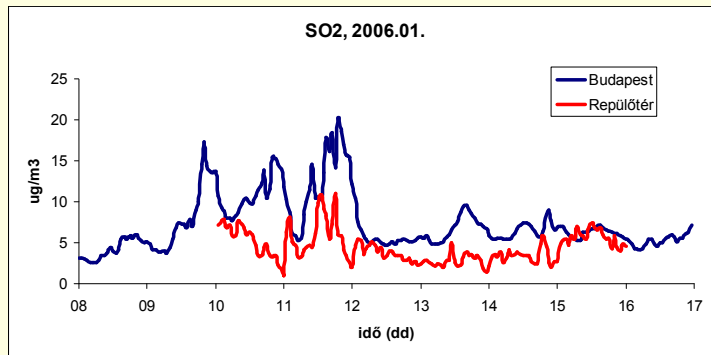
- Mérési helyszínek úgy lettek kiválasztva, hogy mind az egyes források emisszióját mind a levegőminőséget tudjuk vizsgálni.
- 4 intenzív mérési kampány (2006 tél, tavasz, nyár, 2008 nyár) mellett bizonyos berendezések folyamatos üzemelését biztosítottuk a 3 év során.
- A szennyezőanyag komponensek vertikális eloszlásának valamint kisskálájú légköri folyamatok hatásainak vizsgálatára kutatórepülőgépet terveztünk és végeztünk vele méréseket Budapest felett.

Modellezés

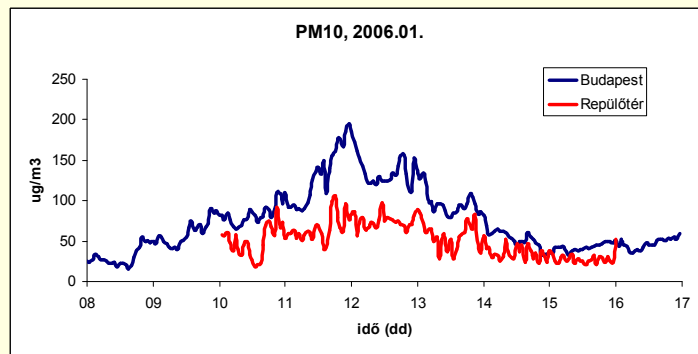
- A modellezés célja a mérések kiegészítése, hatástanulmányok készítéséhez alkalmas verifikált modell felállítása
- Alkalmazott diszperziós modell: EDMS (Emission and dispersion Modelling System)
- Speciálisan repülőtéri környezetre lett fejlesztve, amely a repülőtéri forgalom és kiszolgálás (gurulóutak, felszállópályák, kiszolgálás, APU, GPU, stb) speciális karakterisztikáinak beépítését jelenti.
- A repülőtér területére vonatkozó adaptálást (kifutópályák, guruló utak, autó utak, pontforrások, épületegyüttesek definiálása) elvégeztem.
- A modell futtatását az OMSZ munkatársai végzik
- Input adatok: Meteorológia + forgalmi adatok
- Beépített forraserősségek
- CO, NO_x, SO₂, NMHC, THC, VOC, PM_{2.5}, PM₁₀
- Csak járulék meghatározására alkalmas!

Eredmények: általános állapot, várossal összehasonlítva

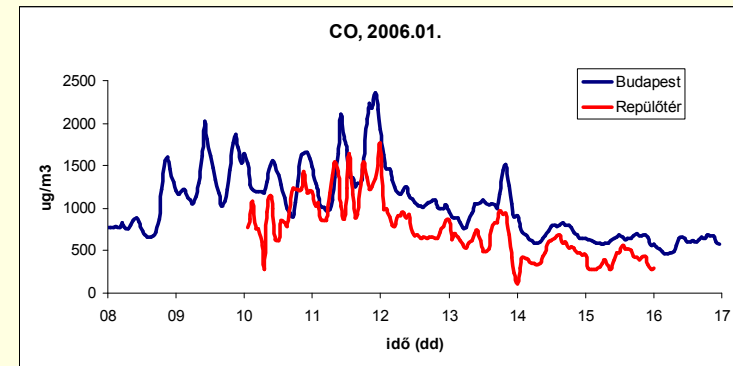
- Téli, 1 hetes kampány során a repülőtér „közeppontjában”, nem közvetlenül a források mellett is végeztünk méréseket
- Hagyományos komponensek
- Városi értékkel összehasonlítva:



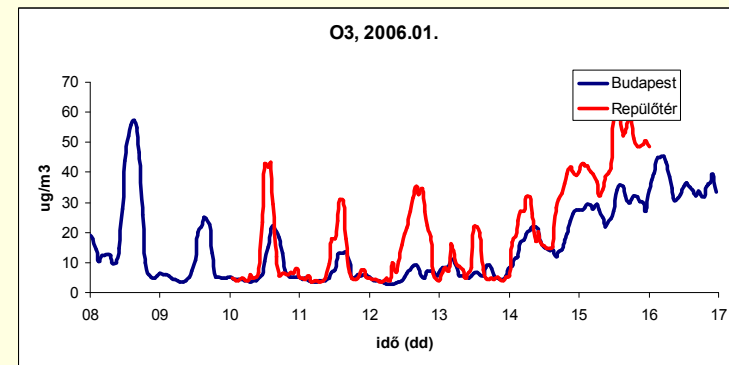
Határérték (órás átlag): 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Határérték (órás átlag): 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

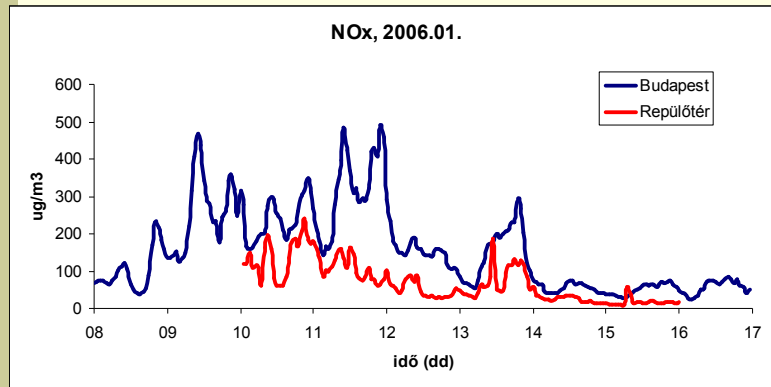


Határérték (órás átlag): 10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

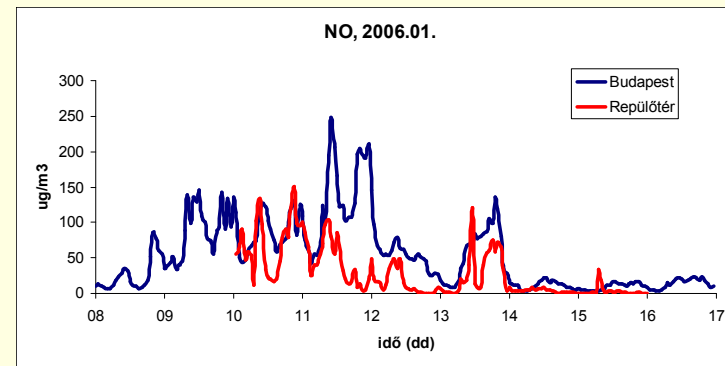


Határérték (8 órás átlag): 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

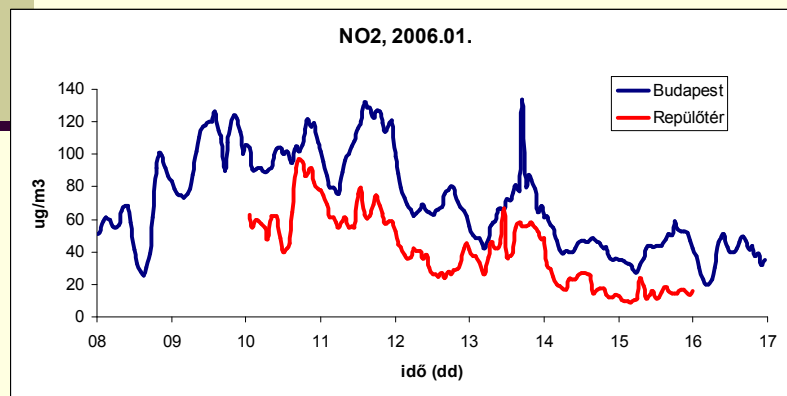
Eredmények: általános állapot, várossal összehasonlítva



Határérték (órás átlag): $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Határérték: jelenleg nincs



Határérték (órás átlag): $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Ózon kivételével valamennyi komponens
órás átlagban kisebb mint a városi átlag

Határérték túllépés szignifikánsan csak PM_{10} esetén
figyelhető meg.

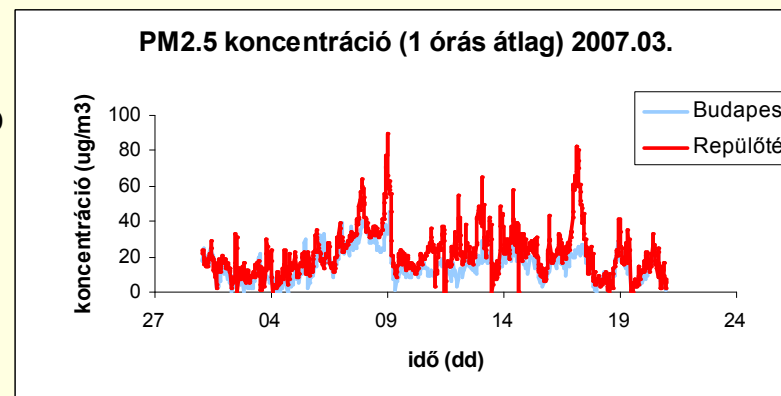
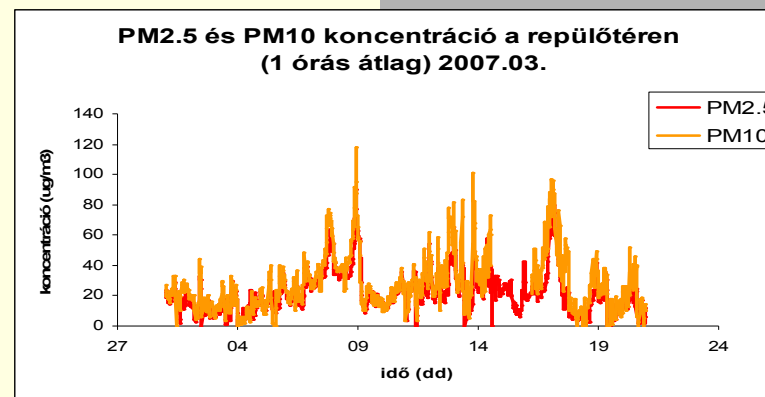
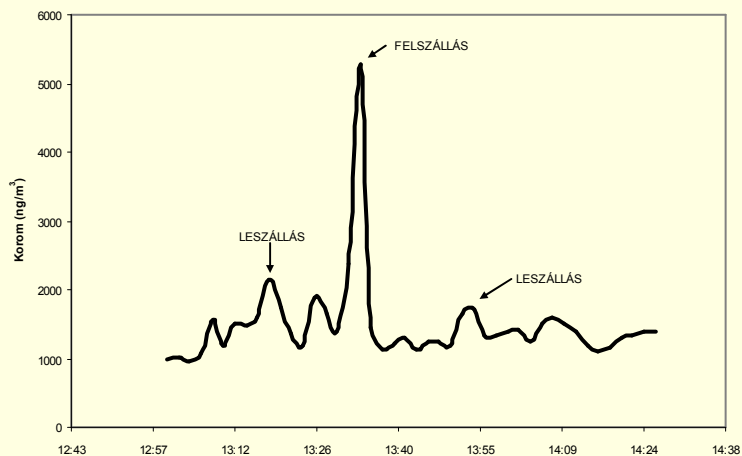
NO_x esetén is van határérték túllépés

Eredmények: aeroszol - általában

Mivel az aeroszol részecskék kémiai összetétele valamint tömeg/méretszerinti eloszlása repülőtéri környezetben nem ismert ezért ennek vizsgálatára külön hangsúlyt fektettünk.

PM₁₀ koncentráció nagysága egészségügyi szempontból a legkritikusabb Ferihegy repülőtéren.

2-es Terminálon elhelyezett konténerben folyamatos PM₁₀ és PM_{2.5} mérést biztosítottunk 2007-től. Kisméretű részecskék dominánsak, a városi értékekkel összehasonlítva a PM_{2.5} esetén magasabb értékeket kaptunk, mint a belvárosban



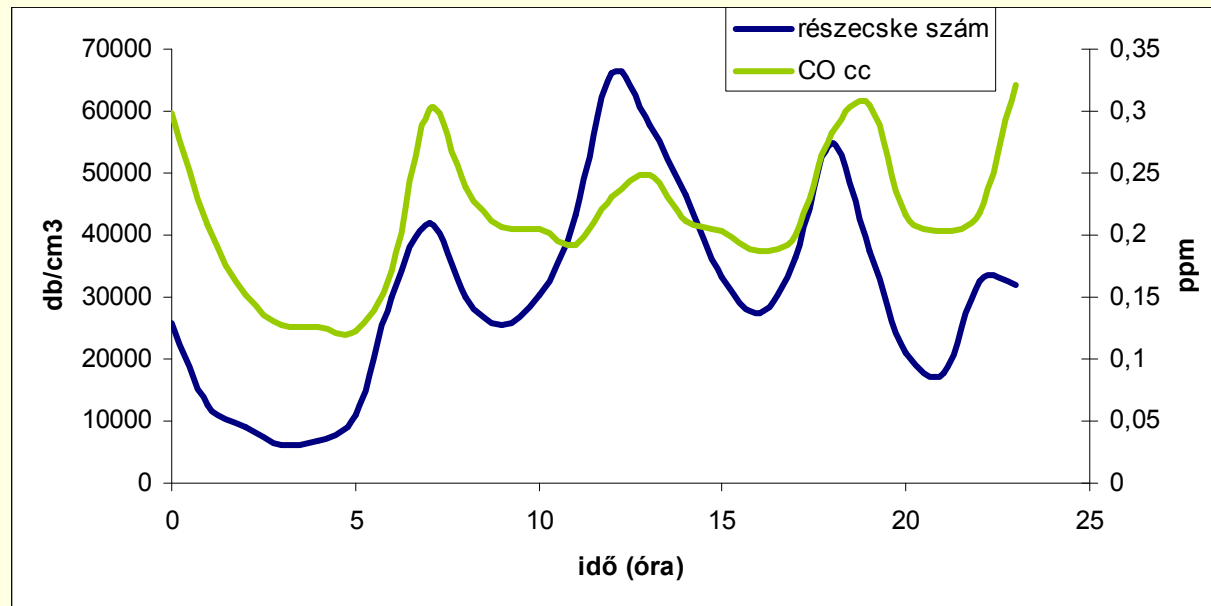
ICAO adatbázisban a BC-nek kiemelt szerepe van Felszállópálya mellett végzett mérések alapján csak a felszálló gépekhez tudunk egyértelmű kibocsátást rendelni

Eredmények: CO, másodlagos aeroszol képződés

A 3 forgalmi csúcs egyértelműen beazonosítható.

CO napközben a keveredési réteg megnövekedése miatt felhígul, így a talajmenti koncentráció a kibocsátás mértékéhez képest kisebb értékeket mutat.

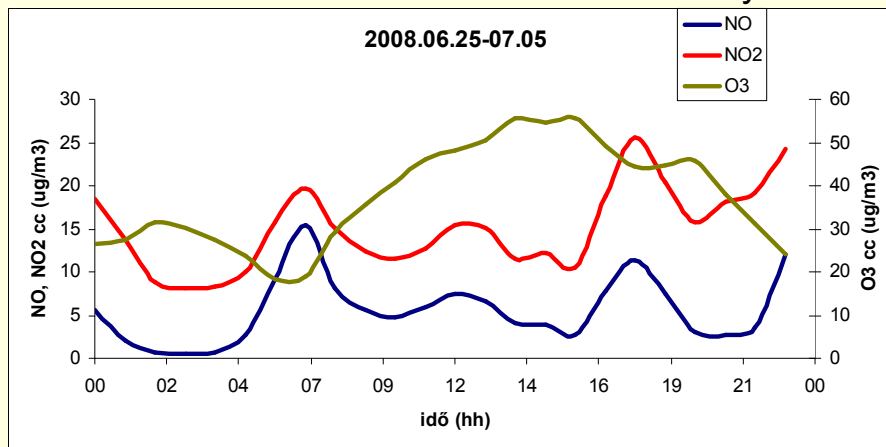
Ugyanakkor a részecskeszám jelentősen megnövekszik, amely a másodlagos aeroszolok megjelenését bizonyítja



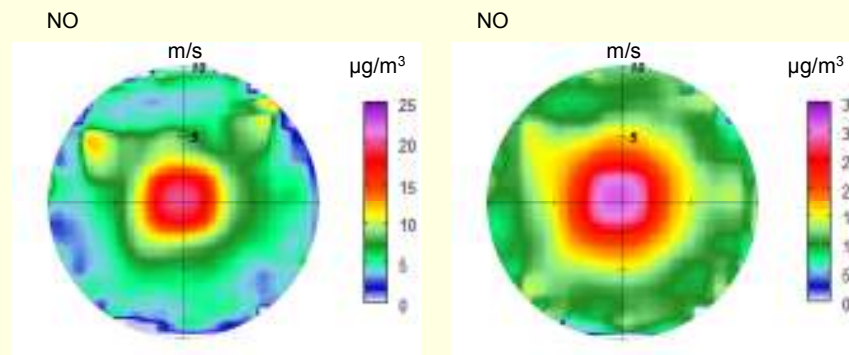
Terasz (2008 nyár) napi átlagok

Eredmények: gázok – NO, NO₂, O₃

- A repülőtér területének egyik „forró pontja” a 2-es Terminál (legtöbb forrás, emberi mozgás)
- 2008 szeptemberében az integető teraszra telepített monitoring állomás adatai statisztikai elemzéshez kellő időtartamban rendelkezésre állnak.
- NO és NO₂ tipikus napi trendjében jól beazonosíthatóak a forgalmi csúcsok következtében bekövetkező koncentráció-növekmények.



A terminál környezetében egyértelműen az NO₂ –amely az egészségre károsabb – domináns.



3D szennyezési rózsák segítségével lehetővé válik az eltérő helyszínekről érkező szennyezőanyagok beazonosítása.

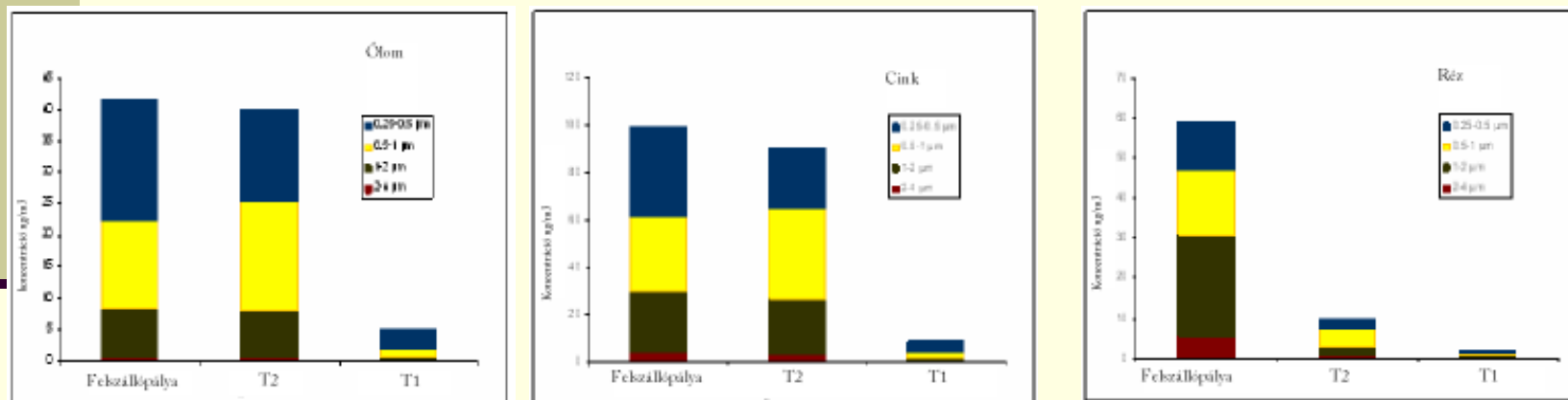
NO és NO₂ között nincs szignifikáns eltérés

Kb 30°-nál NO csúcs, míg NO₂-nél hiányzik, mely a kiszolgáló terület kibocsátásának illetve NO₂/NO átalakulásnak tudható be.

Eredmények: aeroszok – repülőgép specifikus

Felszállópálya mellett May impaktorról méretfrakcionált aeroszol mintát vettünk, amely perces mintavételezésű minta kémiai analízisét teszi lehetővé. Si-lapkára vett minták kémiai elemzését SR-TXRF analízissel végeztük el.

A nyomelemanalízis eredményei alapján kijelenthetjük, hogy az összetétel a városi környezetétől eltérő. Kiugróan magas értékeket réz esetén tapasztaltunk, amely a –gépkocsi fékkopásához hasonlóan– a repülőgépek fékkopásából származhat.

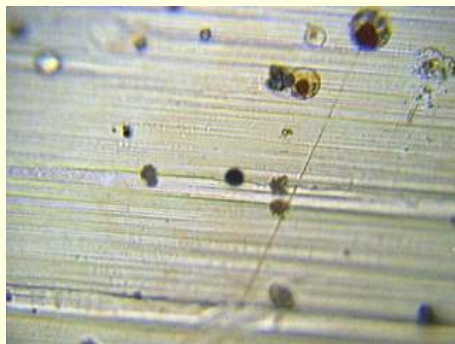
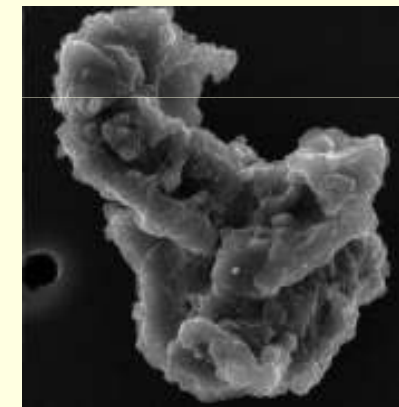
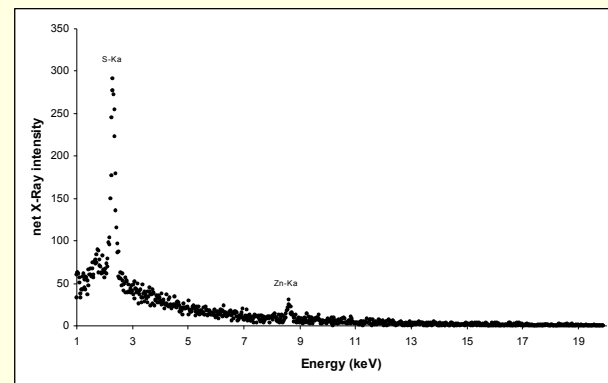
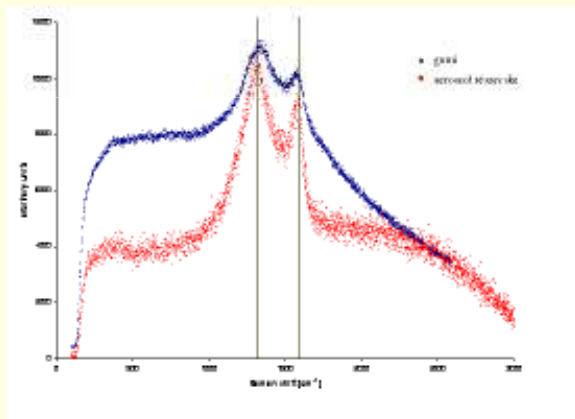


Nehézfémek méretfrakciók szerinti koncentrációértékei

Publikáció: Groma, V., Osán, J., Török, S., Meirer, F., Strel, C., Wobrauschek, P., Falkenberg, G. (2008). Trace element analysis of airport related aerosols using SR-TXRF *Időjárás*, 112, 83-97.

Eredmények: aeroszolok – repülőgép specifikus, gumi részecskék

- May impaktorral vett mintákat Raman-spektroszkóppal illetve pásztázó elektronmikroszkóppal is vizsgáltuk, hogy beazonosítsuk a landoláskor a légkörbe kerülő gumi részecskéket.
- Ismert, mesterségesen előállított mintát hasonlítottunk össze a terepi mintával



Két csúcs nagysága közelítőleg megegyezik, tehát Raman-spektroszkópia segítségével a gumi részecskék beazonosíthatóak

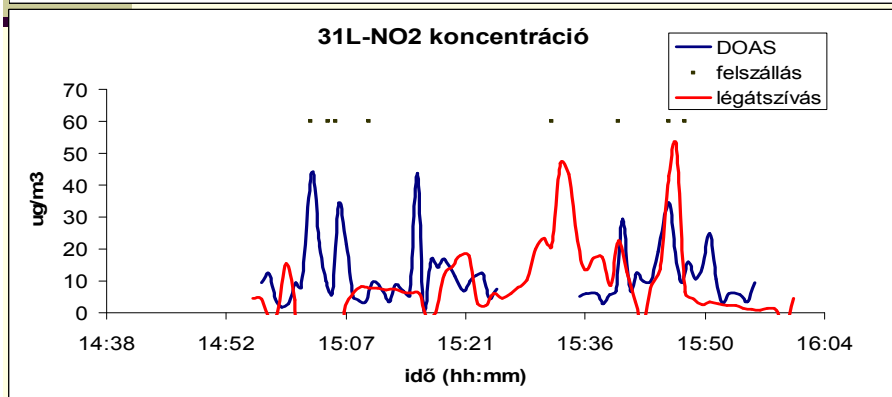
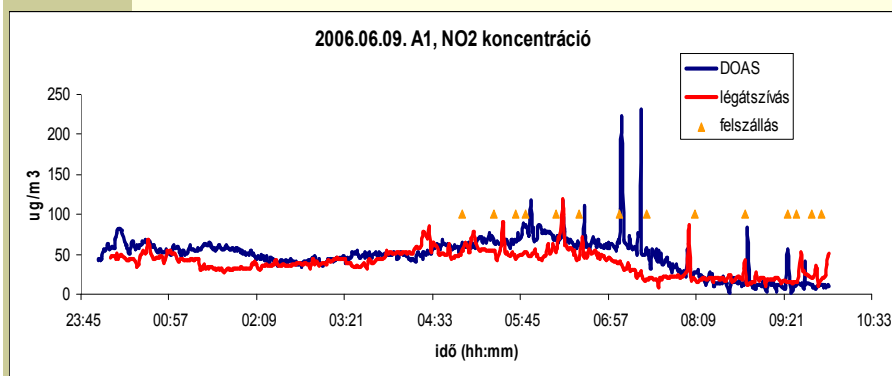
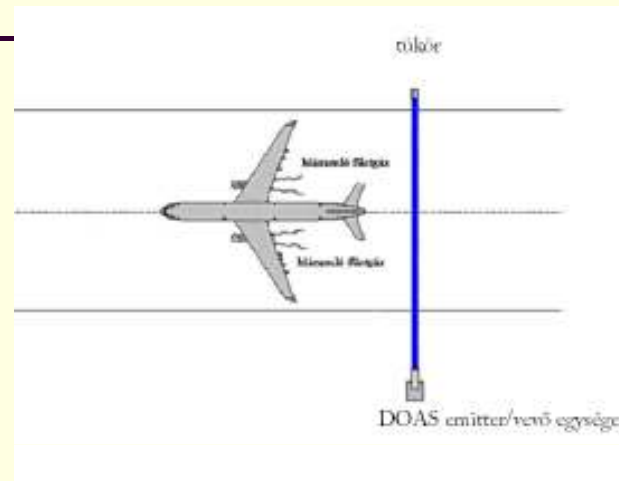
EPMA mérések során Zn illetve S K-vonalai alapján beazonosítható, a szakirodalomból ismert gépkocsi gumikhoz hasonlóan

Eredmények: DOAS – NO₂

DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy) segítségével a közvetlenül mérhető a mozgó jármű emissziója.

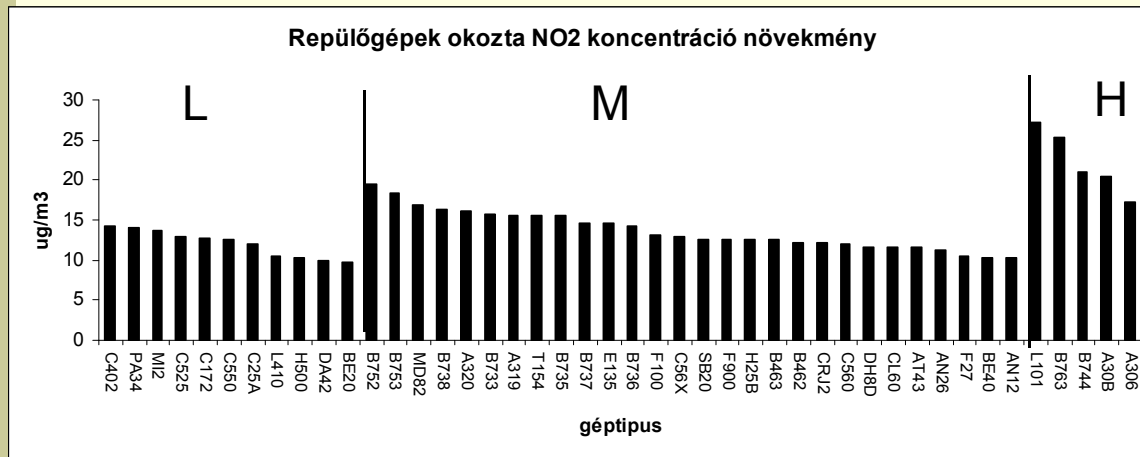
Korábban gépkocsi illetve guruló úton történtek mérések, Ferihegy repülőtéren lehetőség nyílt a felszállópályán keresztüli mérésre is (2006 aug.-2007 máj.)

30 másodperces mintavételezési idővel, csak NO₂



Párhuzamos in situ és nyílt fénytűz mérés eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy „megfelelő” szélirány esetén sem minden esetben alkalmas a csóvadetektálásra a forrástól kb. 100 méteres távolságban elhelyezett légtásvívásos berendezés.

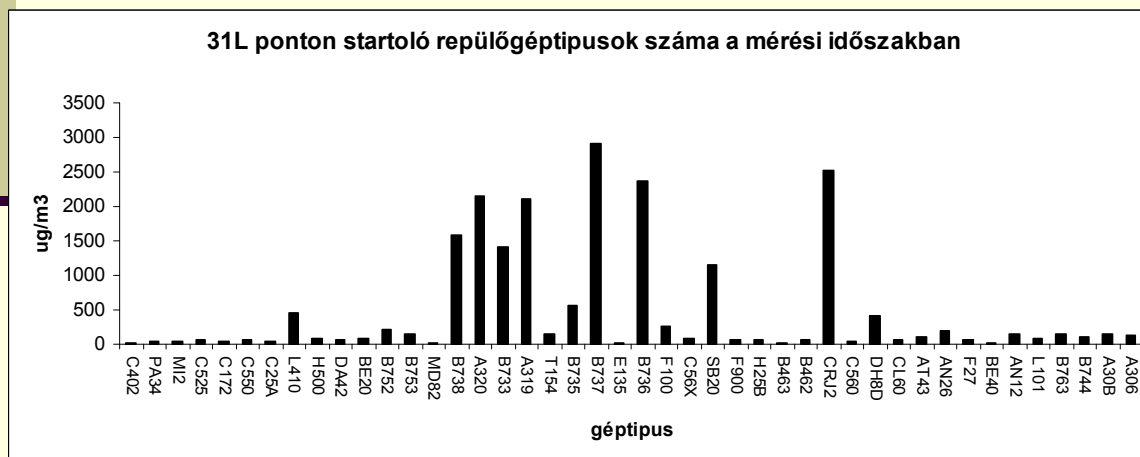
Eredmények: DOAS- emissziós kataszter



Az egyes gépek okozta NO₂ növekményt közel 200 géptípusra Meghatároztam.

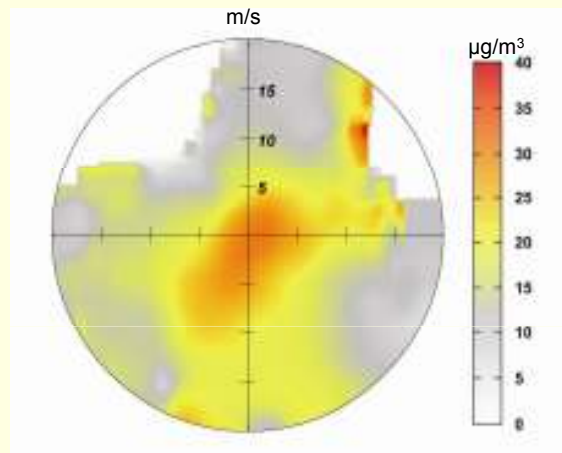
Emissziós index nem arányos a koncentráció növekménnyel.

Ezen eredmények segítségével pontosabb képet kaphatunk a repülőgépek NO és NO₂ kibocsátásáról, amely a diszperziós modellek pontosságának javítását is elősegíti.

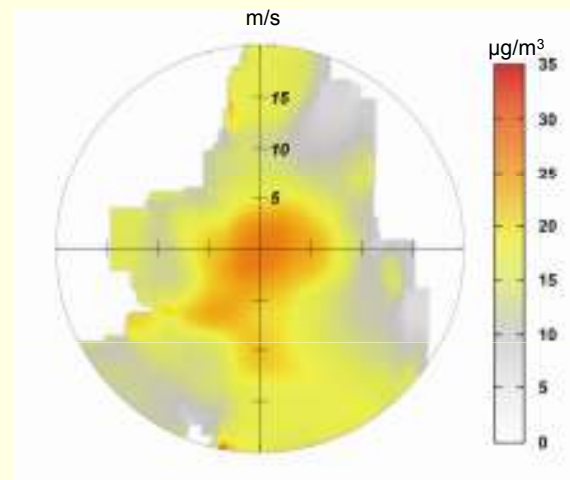


Publikáció előkészületben: V. Groma, Sz. Török, K. Schaefer: Aircraft originated NO₂ emission during take off using long term open path measurement, Environmental Science and Technology

Eredmények:DOAS- 3D szennyezési rózsa



Nappal



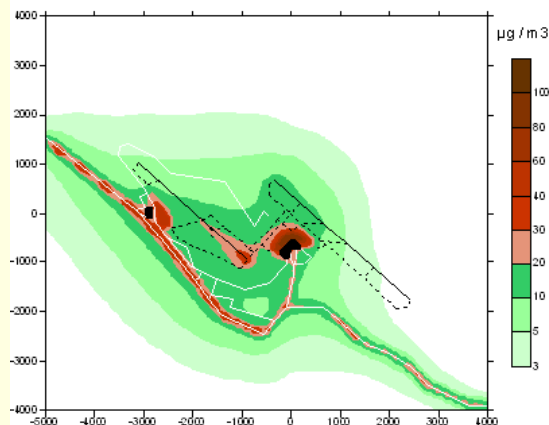
Éjjel

A repülőgépek közvetlen kibocsátásának kiszűrésével (amely jelen esetben a gép felszállása utáni 3 perc mérési adatainak törlését jelenti) kapjuk a felszállópályán az NO₂ re vonatkozó 3D szennyezési rózskákat, mely alapján a nappali illetve éjszakai periódusokra beazonosíthatjuk a jelentős forrásokat, amelyek hatásai több 100 méteres mérési pontban detektálhatók:

1. Mind nappal mind éjszaka a 4-es főút illetve a belterületi gépkocsi forgalom
2. Nappal 2-es Terminál területe illetve 1-es felszállópálya
3. 1-es Terminálnak nincs hatása
4. Mérési pontban a gépek kibocsátásának „utóhatása”

Eredmények: modellezés

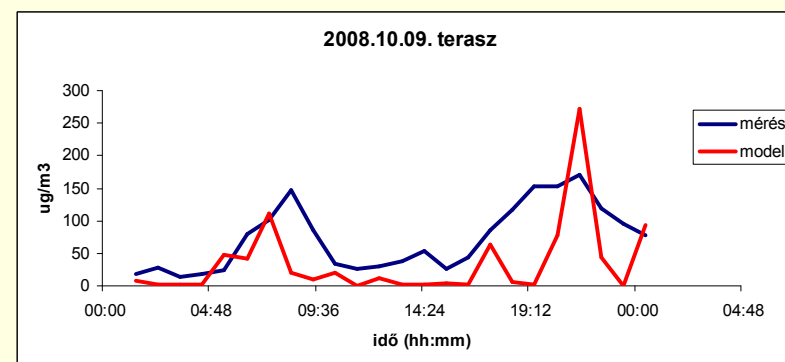
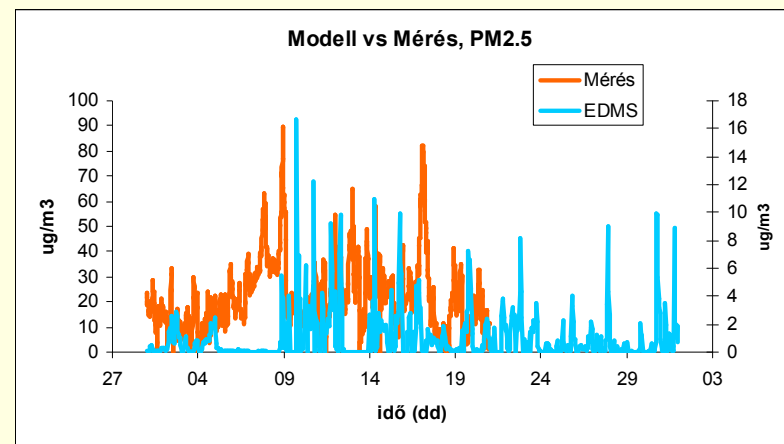
Modell segítségével a repülőtér okozta terhelés növekmény számítható, illetve a repülőtér forrópontjai beazonosíthatók.



Éves átlagos NO_x koncentráció eloszlás (2006-os alapállapot) a Ferihegyi repülőtér közvetlen környezetében.

A modellezési eredmények verifikációja a mérési eredményekkel való összevetéssel történt meg.

1. NO_x esetén nagy forgalmi csúcsokban kismértékű túlbecslés tapasztalható, a többi esetben viszont alul becsül, de háttértékek nincsenek beleszámolva
2. $\text{PM}_{2.5}$ esetén jelentős alulbecslés, mely 2 okra vezethető vissza: gépkocsi kibocsátásnak emissziós adatbázisa hibás, valamint, hogy a másodlagos aeroszol képződés a modellben nincs figyelembe véve



Repülőgépes mérések

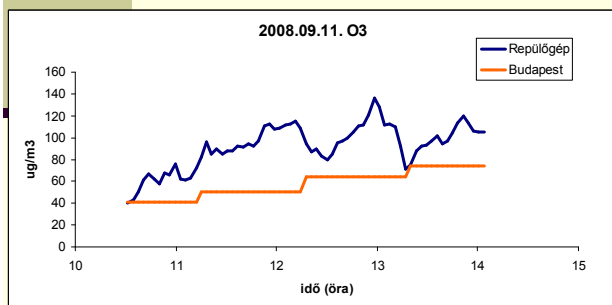


A talajmenti mérések során felmerült az igény, hogy a légszennyező komponensek vertikális eloszlását is vizsgáljuk, melynek segítségével a légköri fel és leáramlási folyamatok hatásai megismerhetők. Ehhez egy kutatórepülőgépet állítottunk össze.

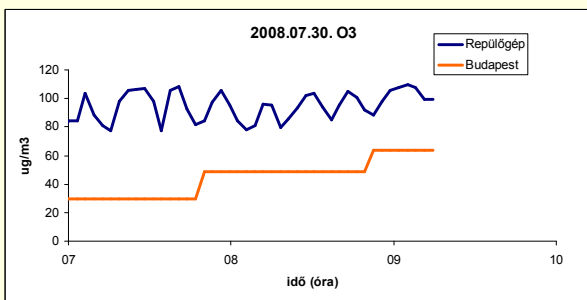
Mérések során biztosítani kell az izokinetikus mintavételt.

A mért komponensek: CO, O₃, BC, részecske méreteloszlás, meteorológia

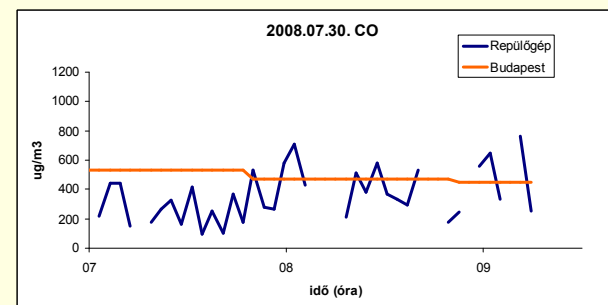
Útvonal: É-D irányban több magasságban, több napszakban



Repülési magasság: 1000, 700, 400m

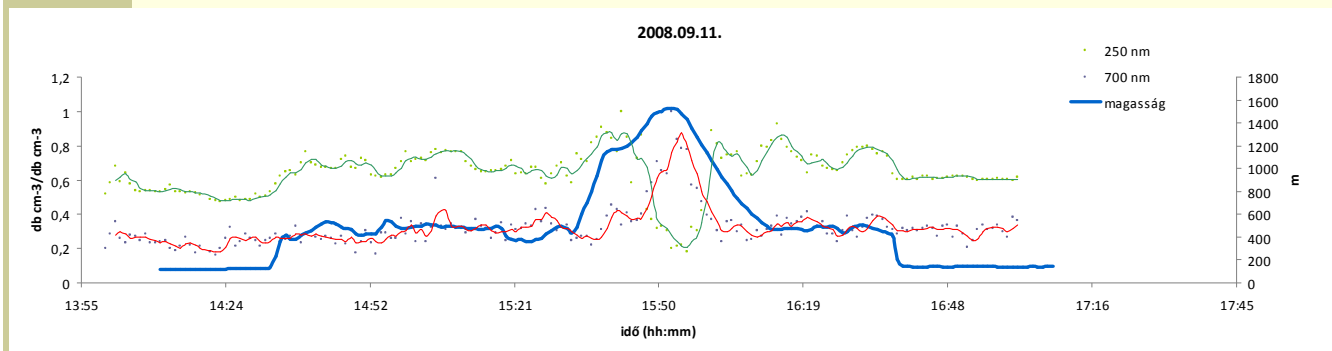


konstans 500 m



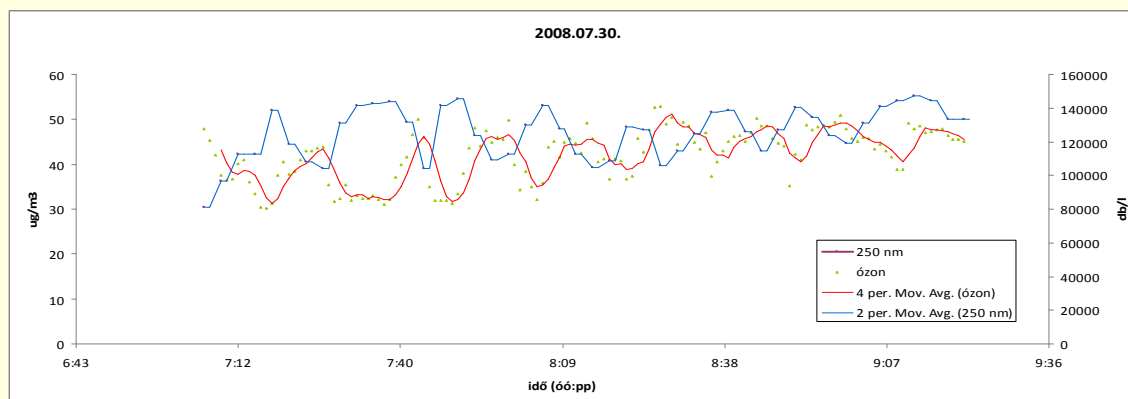
Hajnali órákban a keveredési réteg felett a talajmenti értékek 3-4-szerese az ózonkoncentráció, míg ez a különbség a nappali órákra kiegyenlítődik. CO esetén ilyen különbség nem tapasztalható

Repülőgépes mérések: aeroszolok



Nagy méretfelbontású
méretfrakcionált
aeroszol mérések
lehetővé tették
Szahara eredetű aeroszol
részecskék detektálását

Állandó magasságban végzett reggeli repülés során azt tapasztaltuk, hogy a feláramlási zónákban növekszik a részecske szám, amely a szennyezett levegő vertikális szállítódását mutatja.



Publikáció előkészületben: B. Alföldy, V. Groma, A. Nagy, A. Czitrovsky : Vertical distribution of air pollutants over Budapest city based on aircraft measurements, Atmospheric Environment

Összefoglalás

- Repülőtér légszennyezettségi terheltségének mértékét feltérképeztük, a monitoring rendszer kiépítésére javaslatok megfogalmazódtak
- Megvizsgáltuk a repülőtéren kritikus az egészségre ártalmas komponenseket (PM, NO₂)
- Repülőtér-specifikus aeroszol komponenseket mutattam ki: gumi, fékpofák kopása
- Repülőgéptípusokhoz tartozó NO₂ növekedésre vonatkozó katasztert elkészítettem
- Mérési módszerekre vonatkozó eredmények:
 1. Mozgó források kibocsátásának mértékének meghatározására nem minden esetben jó módszer a relatíve távoli in-situ mérés
 2. Rövid mintavételezési időt igénylő May-impaktor alkalmas a repülőgép-specifikus aeroszlok detektálására
- Repülőtér területére eredményes modell-futtatások, mely emissziós adatbázisát korrigálásának szükségességét kimutattam
- Másodlagos aeroszol képződés jelentőségét bizonyítottam
- Vertikális profil mérésekhez kutatórepülőgép megtervezését elvégeztem, bizonyítottuk a mérések helyességét, valamint, hogy a kisskálájú légköri feláramlásoknak másodlagos aeroszol képződést elősegítő hatása van

Publikációs lista

Publikáció

V. Groma, J. Osán, S. Török, F. Meirer, C. Strelí, P. Wobrauschek, G. Falkenberg: Trace element analysis of airport related aerosols using synchrotron radiation total reflection X-ray spectrometry, *Időjárás*, 2007, Vol. 112, No.2., 83-97

Konferencia anyagok

V. Groma, J. Osán, A. Alsecz, S. Török, F. Meirer, C. Strelí, P. Wobrauschek, G. Falkenberg. Trace element analysis of airport related aerosols using SR-TXRF. 12th Conference on Total Reflection X-Ray Fluorescence Analysis and Related Methods, 18–22 June 2007, Povo (Trento), Italy.

V. Groma, B. Alföldy, J. Osán, S. Kugler, M. Kalocsai. Impact of the airport related traffic on the urban particulate pollution. European Aerosol Conference, 9th-14th Sept. 2007, Salzburg, Austria.

K. Schäfer, G. Schürmann, C. Jahn, C. Matuse, H. Hoffmann, E. Takacs, B. Alföldy, V. Groma, Sz. Kugler: Budapest airport air quality long-term studies by remote sensing with DOAS and FTIR with focus upon runway emissions, *Proceeding of SPIE meeting*, 2007

Schürmann, G., K. Schäfer, C. Jahn, H. Hoffmann, V. Groma, S. Török, S. Emeis, *Airport air quality and emission studies by remote sensing and inverse dispersion modelling*, *Proceedings of SPIE*, Vol. 6362: Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere XI, (2006).

Schürmann, G., Schäfer, K., Jahn, C., Hoffmann, H., Groma, V., Török, S., Emeis, S.: *Airport air quality studies by remote sensing and inverse dispersion modelling*. In: *Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere XI, Remote Sensing, An SPIE Europe Event*, Stockholm, Sweden, 11. – 16.09.2006, James R. Slusser, Klaus Schäfer, Adolfo T. Comeron (eds.), *Proceedings of SPIE*, Bellingham, WA, USA, Vol. 6362 (2006), 63621E-1, doi: 10.1117/12.695821.

V. Groma, J. Osán, S. Török, C. Strelí, P. Wobrauschek, F. Meirer, G. Falkenberg (2006), *Trace element analysis of fine aerosol particles with high time resolution using SR- TXRF*. EXRS 2006, European Conference on X-Ray Spectrometry, June 19-23, 2006 – Paris, France, Poster presentation

J. Osán, V. Groma, E. Stefaniak, A. Worobiec, S. Török, M. K. Rasztozky, S. Kugler, R. V. Grieken (2006), *Microcharacterization and identification of tire debris of airplanes*. EXRS 2006, European Conference on X-Ray Spectrometry, June 19-23, 2006 – Paris, France, Book of abstract.

G. Schuermann, K. Schaefer, S. Emeis, S. Torok, V. Groma, *Application of Bayesian Inverse Methods to Determine Emission Strengths on the Airport Budapest*, 8th International Conference on Emissions Monitoring, 5-6 Sep. 2007, Zürich, Switzerland.

B. Alföldy, V. Groma, E. Böröcsök, A. Nagy, A. Czitrovsky, S. Török Determination of vertical distribution of air pollution over Budapest by aircraft based measurements

Témavezetés (NyMo) egyetemi szakdolgozat

Takács Edina: Nagy időfelbontású NO₂ mérés a Ferihegyi repülőtéren nyílt fényutas spektrofotometriás berendezés segítségével