

SBORNÍK KONFERENCE

29. listopadu 2007, Brno

Vydala Česká aerosolová společnost

ISBN 978-80-86186-00-9

OBSAH

J.Smolík: Úvod	3
J. Fišák, P. Chaloupecký, V. Stoyanova, D. Řezáčová, Ts. Tsacheva, T. Kuppenova and M. Marinov: Koncentrace rozpustných a nerozpustných látek ve vodě z mlh a námrazy	7
R. Ličbinský, V. Adamec, J. Huzlík, M. Schwarzová: Vliv klimatických podmínek na koncentrace pevných částic	11
L. Štefancová, J. Schwarz, I. Ševčíková, J. Smolík: Paralel sampling of dry and wet ambient aerosol	13
M. Braniš, L. Škrabalová: Concentration of fine aerosol (PM ₁) in the underground transport microenvironments	15
M. Braniš, J. Šafránek, A. Hytychová: Velikostní distribuce hmotnosti aerosolu a jeho zdroje v ovzduší tělocvičny v centrální části Prahy	19
Z. Kožíšek, P. Demo: Is it appropriate to use standard model of nucleation in finite systems?	23
P. Podoljak, J. Katolický, M. Jícha: CFD simulation of aerosol transport inside a room for various types of space heating	27
M. Forman, M. Jícha, J. Katolický: CFD modeling of aerosol transport and deposition in human airways in full breathing cycle	29
J. Pospíšil, M. Jícha: Mezní rychlost resuspenze částic PM ₁₀ v prostředí městské zástavby	33
J. Ondráček, M. Lazaridis: Algoritmus pro spojování velikostních distribucí aerosolových částic	35
L. Džumbová, V. Ždímal, J. Schwarz, J. Smolík, J.P. Putaud: Experimentální určení penetrace aerosolu denudérem	37
J. Hemerka, A. Hruška, J. Trojan: Ověření metody stanovení depozičního toku částic aerosolu v experimentální komoře	39
A. Hruška, M. Mík, J. Hemerka: Srovnávací měření optických počítáčů částic GRIMM 1.109 a METONE 3313	43
P. Moravec, J. Smolík, H. Keskinen, J.M. Mäkelä, S. Bakardjieva, V.V. Levdansky: Preparation of Ni/NiOx nanoparticles from nickelacetylacetonate	47
P. Krejčí, V. Ždímal, J. Schwarz, J. Hrubý: Sulphuric acid vapour pressure measurements – preliminary results	51
L. Štefancová, J. Schwarz, J. Ondráček, V. Ždímal, J. Smolík: Efficiency and particle losses in a new aerosol humidifier	53
P. Dohányosová, L. Kubincová, J. Smolík, J. Schwarz, V. Ždímal: Výkladový slovník aerosolových termínů	55

 **ECM ECO Monitoring**

Vážené kolegyně, vážení kolegové,

přestože letošní konference České aerosolové společnosti (již osmé v pořadí, pokud uvažujeme i loňské Finsko-české sympozium o aerosolech, které se pořádalo společně s konferencí aerosolových společností severovýchodních zemí NOSA 2006 v Helsinkách) je opět tradičně v listopadu, koná se netradičně v Brně. Je to díky kolegům z Ústavu analytické chemie AV ČR a je to podle mého názoru dobře, protože největší počet nových členů ČAS je právě z Brna. Nárůst se projevil i na účasti ČAS na Evropské aerosolové konferenci EAC2007, pořádané letos v září v Salzburku, kde počet účastníků z České republiky a počet jejich příspěvků byl zatím největší v historii těchto konferencí. Tuto událost se nám podařilo zvěčnit i na společném snímku.

K letošnímu sborníku jsme přiložili i výkladový anglicko-český slovník aerosolových termínů, který vytvořil kolektiv autorů na základě volného překladu výkladu pojmů z aerosolové problematiky uvedeného v knize Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications autorů Paula A. Barona a Klause Willekeho. Slovník, který je uveden i na stránkách ČAS pod adresou <http://cas.icpf.cas.cz/index.php?lang=cz&page=aerosols>, vznikl za podpory grantu Rady vědeckých společností.

Ve sborníku poslední konference jsem zauvažoval o tom, zda se podaří založit novou tradici, a to sponzorování konference a činnosti společnosti sponzory aktivními v oblasti aerosolové techniky a výzkumu. V letošním roce se to díky společnosti ECM ECO MONITORING spol. s r.o. podařilo.

Praha 31. 10. 2007

Jiří Smolík
předseda ČAS



KONCENTRACE ROZPUSTNÝCH A NEROZPUSTNÝCH LÁTEK VE VODĚ Z MLH A NÁMRAZY

J. FIŠÁK¹, P. CHALOUPECKÝ¹, V. STOYANOVA², D. ŘEZÁČOVÁ¹, TS. TSACHEVA²,
T. KUPENOVA³ AND M. MARINOV²

¹ Institute of Atmospheric Physics, AS CR, v.v.i. (IAP ASCR), Prague, Czech Republic,
fisak@ufa.cas.cz

² Institute of Physical Chemistry, Bulgarian Academy of Sciences (IPC BAS), Sofia, Bulgaria,
valeria@ipc.bas.bg

³ Institute of Nuclear Research and Nuclear Energetics, BAS, Sofia, Bulgaria.

1. ÚVOD

V únoru a červnu 2006 byly na meteorologické observatoři Milešovka odebírány vzorky vody z mlh (resp. nízké oblačnosti) a námrazy. Před chemickou analýzou byly vzorky přefiltrovány přes nitrocelulózový filtr (velikost pórů 0,45 μm), čímž byla oddělena nerozpustná složka. Kapalné vzorky a odfiltrované nerozpustné látky byly dále analyzovány zvlášť. Kapalná část byla analyzována v laboratoři České geologické služby, filtry byly analyzovány v laboratoři IPC BAS. Cílem tohoto příspěvku bylo zjistit diference a souvislosti v koncentracích rozpustných a nerozpustných látek mezi odebranými vzorky vody z mlhy (resp. nízké oblačnosti) a námrazy. Za účelem zjištění odlišností v koncentracích sledovaných látek při přenosu vzduchových částic z různých směrů byly spočteny zpětné trajektorie vzduchových částic pro každou analyzovanou událost.

2. METODIKA

Tento příspěvek se zabývá srovnáním koncentrací vybraných látek, které byly naměřeny ve vzorcích vody z mlh a námrazy. Je obecně známé, že k nejrozsáhlejšímu rozvoji námrazových jevů dochází během výskytu mlhy při teplotách nižších než 0°C. V tomto příspěvku bude užíván termín voda z mlhy pro vzorky, které byly odebrány z mlhy (resp. nízké oblačnosti) při teplotě vzduchu vyšší než 0°C. Vzorky vody z mlhy byly odebírány pomocí aktivního odběrného zařízení, popsaného v příspěvcích Daube a kol. (1987) a Tesař a kol. (1995).

Hodnoty kapalného vodního obsahu (dále jen LWC – liquid water content) byly spočteny z naměřených hodnot horizontální dohlednosti (dále jen VIS – visibility). Hodnoty VIS byly naměřeny pomocí přístroje PWD 21 (Present Weather Detector) od firmy Vaisala. Pro výpočet hodnot LWC byl aplikován vztah (1) spočtený z datového souboru z Observatoře Milešovka (Fišák a kol., 2006).

$$\text{LWC} = 0.0152 \times \text{VIS}^{-0.8582} \quad (1)$$

Nerozpustné částice byly odděleny filtrací stanoveného množství vzorků vody z mlh, resp. námrazy. Tyto filtry byly následně vysušeny a pokryty tenkou karbonovou vrstvou. Poté byla na elektronovém mikroskopu JEOL JSM-6390 (Oxford Instruments) provedena analýza nerozpustných částic. Bylo vybráno přibližně 50 – 60 částic ze vzorků vody z mlh a 80 – 120 částic ze vzorků námrazy. Tyto částice pak byly dále analyzovány. Především se zjišťoval jejich tvar, velikost a chemické složení. Ke spočítání zpětných trajektorií byl využit NOAA HYSPLIT model (Draxler a Rolph, 2003; Rolph, 2003; <http://www.arl.noaa.gov/ready.html>). Trajektorie byly spočítány vždy zpětně za 24 hodin. V evaluaci směrů přenosu byly kvůli omezenému počtu odebraných vzorků uvažovány pouze 4 hlavní sektory: N (NW – NE), E (NE – SE), S (SE – SW) a W (SW – NW).

3. VÝSLEDKY A DISKUZE

3.1 Rozpustná složka

Tab. 1 Koncentrace vybraných rozpustných látek ve vodě z mlhy a námrazy přepočítané pomocí hodnot LWC

Components	N á m r a z a			M l h a			
	mean	max.	min.	mean	max.	min.	
LWC	g.m ⁻³	0.074	0.132	0.036	0.096	0.130	0.062
NH ₄ ⁺	μg.m ⁻³	0.979	1.341	0.464	1.420	3.184	0.613
Na ⁺	μg.m ⁻³	0.165	0.406	0.033	0.143	0.216	0.025
Mg ²⁺	μg.m ⁻³	0.026	0.069	0.007	0.024	0.042	0.005
K ⁺	μg.m ⁻³	0.068	0.097	0.027	0.058	0.107	0.020
Ca ²⁺	μg.m ⁻³	0.142	0.254	0.039	0.086	0.195	0.029
Mn ²⁺	ng.m ⁻³	4.553	14.274	0.720	2.772	8.840	0.744
NO ₃ ⁻	μg.m ⁻³	2.150	3.790	0.931	2.793	6.614	0.839
F ⁻	μg.m ⁻³	0.019	0.034	0.002	0.017	0.047	0.005
SO ₄ ²⁻	μg.m ⁻³	2.019	2.952	0.721	2.128	4.182	1.010
Cl ⁻	μg.m ⁻³	0.226	0.546	0.038	0.200	0.476	0.041
pH		3.9	4.3	3.5	4.2	4.7	3.8
Cond.	μS.cm ⁻¹	190.6	381.0	80.1	157.3	214.0	93.1

Vypovídající informace o množství polutantů ve vzduchu je možné získat, pokud se vezme v úvahu LWC mlhy (resp. nízké oblačnosti). Tab. 1 udává koncentrace vybraných rozpustných látek ve vzorcích vody z mlhy a námrazy, které jsou přepočítány pomocí LWC. Tyto hodnoty byly spočteny z koncentrací látek v odebraných vzorcích vody a z příslušných průměrných hodnot LWC. Je zřejmé, že vyšší koncentrace polutantů v odebraných vzorcích byly zjištěny během námrazových událostí než při mlžných epizodách, s výjimkou NH₄⁺, NO₃⁻ a SO₄²⁻. Také je možné vypořadovat, že průměrné koncentrace Na⁺, Mg²⁺ a Cl⁻ byly velmi podobné při mlžných i námrazových událostech.

Tab. 2 Koncentrace vybraných rozpustných látek ve vzorcích vody z mlhy a námrazy podle různých sektorů přenosu

Components	Sector				
	N	E	S	W	
NH ₄ ⁺	μg.m ⁻³	0.654	0.946	1.341	0.891
Na ⁺	μg.m ⁻³	0.044	0.163	0.406	0.033
Mg ²⁺	μg.m ⁻³	0.010	0.012	0.069	0.007
K ⁺	μg.m ⁻³	0.040	0.097	0.088	0.049
Ca ²⁺	μg.m ⁻³	0.079	0.151	0.254	0.045
Mn ²⁺	ng.m ⁻³	1.345	14.274	3.570	0.792
NO ₃ ⁻	μg.m ⁻³	1.241	1.694	3.790	1.573
F ⁻	μg.m ⁻³	0.015	0.006	0.026	0.034
SO ₄ ²⁻	μg.m ⁻³	1.276	2.952	2.345	1.387
Cl ⁻	μg.m ⁻³	0.065	0.231	0.546	0.038
pH		4.1	3.5	3.6	4.3
Cond.	μS.cm ⁻¹	136.9	272.0	381.0	80.1
NH ₄ ⁺	μg.m ⁻³	0.861		3.184	1.356
Na ⁺	μg.m ⁻³	0.106		0.216	0.159
Mg ²⁺	μg.m ⁻³	0.015		0.042	0.029
K ⁺	μg.m ⁻³	0.028		0.082	0.084
Ca ²⁺	μg.m ⁻³	0.042		0.195	0.095
Mn ²⁺	ng.m ⁻³	0.886		8.840	2.716
NO ₃ ⁻	μg.m ⁻³	1.600		6.614	2.714
F ⁻	μg.m ⁻³	0.008		0.047	0.016
SO ₄ ²⁻	μg.m ⁻³	1.363		4.182	2.145
Cl ⁻	μg.m ⁻³	0.133		0.476	0.168
pH		4.1		4.7	4.1
Cond.	μS.cm ⁻¹	138.5		214.0	147.8

3.2 Nerozpustná složka

U nerozpustné složky bylo určeno její celkové chemické složení. Ze všech analyzovaných událostí byly určeny průměrné, maximální a minimální hodnoty koncentrací všech sledovaných látek. Výsledky jsou shrnuty v Tab. 3. V Tab. 4 jsou uvedeny průměrné koncentrace sledovaných nerozpustných látek podle 4 hlavních sektorů přenosu.

Tab. 3 a 4 zahrnují také údaje o velikosti částic. Z Tab. 3 a 4 je zřetelné, že největší částice se nacházely ve vzorcích vody z mlhy, při přenosu vzduchu z jižního sektoru (S). Je zřejmé, že nerozpustná složka obsahuje zejména chemické prvky a sloučeniny, které jsou obsaženy ve fonolitu (znělec), který je z geologického hlediska na Milešovce dominantní horninou.

Kromě prvků typických pro fonolit byly ve vzorcích zaznamenány také např. Ag, Cr, Gd a Tl. Další kovy antropogenního původu byly identifikovány ve stopovém množství.

Tab. 3 Nerozpustná složka ve vzorcích vody z mlhy a námrazy ve wt%. (MS – průměrná velikost částic v μm)

Comp.	R i m e			F o g		
	mean	max.	min.	mean	max.	min.
C	46.94	48.43	46.27	51.40	57.79	46.19
N				0.29	0.29	0.29
O	42.26	44.40	40.20	41.05	44.26	38.45
Na	0.11	0.19	0.05	0.24	0.50	0.08
Mg	0.14	0.27	0.09	0.11	0.29	0.02
Al	2.15	3.27	1.26	1.54	2.34	0.19
Si	4.20	4.93	3.60	2.36	4.80	0.71
S	0.09	0.28	0.02	0.17	0.29	0.08
Cl	0.02	0.06	0.00	0.22	0.73	0.01
K	0.21	0.35	0.13	0.18	0.40	0.04
Ca	0.17	0.32	0.03	0.80	1.63	0.02
Ti	0.24	0.38	0.10	0.03	0.09	0.01
Cr	0.65	2.47	0.00	0.21	0.38	0.03
Mn	0.04	0.11	0.01	0.01	0.02	0.01
Fe	2.68	4.80	1.11	0.99	3.16	0.14
Ni	0.16	0.16	0.16	0.02	0.02	0.02
Cu	0.01	0.01	0.01	0.26	0.51	0.03
Zn	0.07	0.15	0.01	0.07	0.14	0.02
Zr	0.67	0.67	0.67			
Ag	0.03	0.03	0.03	0.83	1.63	0.03
Sn	0.27	0.27	0.27			
Gd				0.49	0.49	0.49
Tl				0.43	0.43	0.43
Pb	0.26	0.26	0.26			
MS	3.72	4.81	2.85	6.27	10.55	3.80

Tab. 4 Nerozpustná složka ve vzorcích vody z mlhy a námrazy podle sektorů přenosu (N, E, S, W) [wt%]. (MS – průměrná velikost částic v μm)

Comp.	R i m e				F o g			
	N	E	S	W	N	E	S	W
C	47.3	46.3	46.5	47.0	51.3		46.2	54.1
O	42.6	42.5	41.1	42.1	42.1		38.4	41.3
Na	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4		0.3	0.1
Mg	0.1	0.1	0.3	0.1	0.0		0.3	0.1
Al	2.1	2.0	1.3	3.3	1.5		2.3	1.2
Si	4.2	3.9	3.9	4.7	2.0		4.8	1.5
S	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2		0.3	0.1
Cl	0.0	0.1	0.0		0.4		0.0	0.1
K	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2		0.4	0.1
Ca	0.1	0.3	0.3	0.1	1.1		0.1	0.8
Ti	0.2	0.1	0.2	0.4	0.0		0.1	0.0
Cr	0.0	2.5	0.1		0.0		0.4	
Fe	2.7	1.3	4.8	1.8	0.6		3.2	0.3
Ni		0.2			0.0			
Cu	0.0	0.0		0.0	0.0		0.5	0.2
Zr			0.7					
Ag	0.0						1.6	0.0
Sn			0.3					
Gd							0.5	
Tl					0.4			
Pb		0.3						
MS	3.6	2.8	4.8	3.9	5.4		10.5	5.0

4. ZÁVĚR

4.1 Rozpustná složka

Průměrné koncentrace sledovaných látek byly během námrazových událostí na Observatoři Milešovka vyšší než koncentrace zjištěné ve vzorcích vody z mlh. Může to být důsledkem různé délky trvání „mlžných“ a námrazových epizod a také rozdílných typů odběrných zařízení (aktivní a pasivní) v případě, že vzorky námrazy obsahují prachové částice. Také depozice ledu a „zahušťování“ vzorků mohou být významné faktory.

Maximální koncentrace sledovaných látek v mlze i námraze byly zaznamenány při přenosu vzduchu z jižního sektoru (S). Zásadní roli zde hraje znečištění ze zdrojů ve středních Čechách (Praha, Kladno, Beroun) a v západních Čechách (Plzeň).

Vzorky odebrané pro tento příspěvek vykazují v porovnání s dříve publikovanými výsledky (Fišák a kol., 2002) výrazně nižší hodnoty koncentrací sledovaných látek při přenosu vzduchu ze severního sektoru (N). Proudění vzduchu ze severního sektoru zahrnuje přenos polutantů z pohraničního regionu Polska, který je součástí regionu nazývaného „black triangle“.

4.2 Nerozpustná složka

Nerozpustné komponenty zjištěné ve vzorcích vody z mlhy a námrazy zahrnují především prvky, které jsou obsaženy ve fonolitu, který je dominantní horninou na Milešovce. Ve vzorcích byly dále zaznamenány stopové koncentrace některých kovů. Větší průměrná velikost částic byla naměřena ve vzorcích vody z mlhy. Některé prvky (Ca, Cl, C, Cu, Ag) se vyskytly ve větším množství ve vzorcích vody z mlhy a další prvky (např. Fe, Al, Si, Ti) převažují ve vzorcích námrazy.

Většina stopových prvků obsažená ve vzorcích vody z mlhy byla transportována na Milešovku z jižního sektoru (S). Vzorky námrazy obsahují stopové prvky z jižního (S) a východního (E) sektoru.

5. PODĚKOVÁNÍ

Výsledky popsané v tomto příspěvku byly získány v rámci spolupráce AV ČR a BAS. Tato práce vznikla také za podpory GA AV (projekt A3042301) a AV ČR (projekt 1QS200420562).

6. LITERATURA

- Daube B., Kimball K. D., Lamar P. A. and Weathers K. C., 1987. Two new ground-level cloud water sampler designs which reduce rain contamination. *Atmospheric Environment*, 21, 893- 900.
- Draxler, R.R. and Rolph, G.D., 2003. HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.
- Fisak J., Rezacova D., Elias V., Tesar M., Weignerova V. and Fottova, D., 2002: Pollutant Concentrations in Fog/Low Cloud Water at Selected Sites of the Czech Republic. *Atmospheric Research* ISSN 0169-8095, 64, 2002, 75-87.
- Fisak J., Rezacova D. and Mattanen J., 2006: Calculated and Measured Values of Liquid Water Content in clean and polluted environments. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 50, 121-130.
- Rolph, G.D., 2003. Real-time Environmental Applications and Display sYstem (READY) NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD. Website (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>).
- Tesar M., Elias V., Sir M., 1995. Preliminary Results of Characterisation of Cloud and Fog Water in the Mountains of Southern and Northern Bohemia. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 43, 412-426.

VLIV KLIMATICKÝCH PODMÍNEK NA KONCENTRACE PEVNÝCH ČÁSTIC

R. LIČBINSKÝ¹, V. ADAMEC¹, J. HUZLÍK¹, M. SCHWARZOVÁ¹

¹Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Brno, Česká republika

Keywords: pevné částice, ovzduší, teplota

ÚVOD

Problematika pevných částic (PM) v současné době nabývá na aktuálnosti a to nejen v důsledku zvyšujících se koncentrací v ovzduší, ale zejména v poškozování lidského zdraví (respirační a kardiovaskulární choroby). Podle nejnovější studie EU (Watkiss a kol., 2005) zemřelo v roce 2000 na následky znečištění ovzduší PM 347 900 Evropanů a byl určen statistický předpoklad zkrácení délky života o 8 měsíců. Poslední studie dokonce poukazují i na možný vznik rakoviny plic (Krzyzanowsky a kol., 2005). Zátěž ovzduší PM však podle některých studií (Charron, Harrison, 2006) není konstantní po celý rok a v této souvislosti je diskutován zejména vliv teploty na koncentrace PM. Proto bylo v letech 2005 až 2006 provedeno monitorování kvality ovzduší v intencích NV 350/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů, s cílem objasnit dlouhodobější vývojové trendy obsahů a složení PM_{2,5} na vybraných modelových lokalitách.

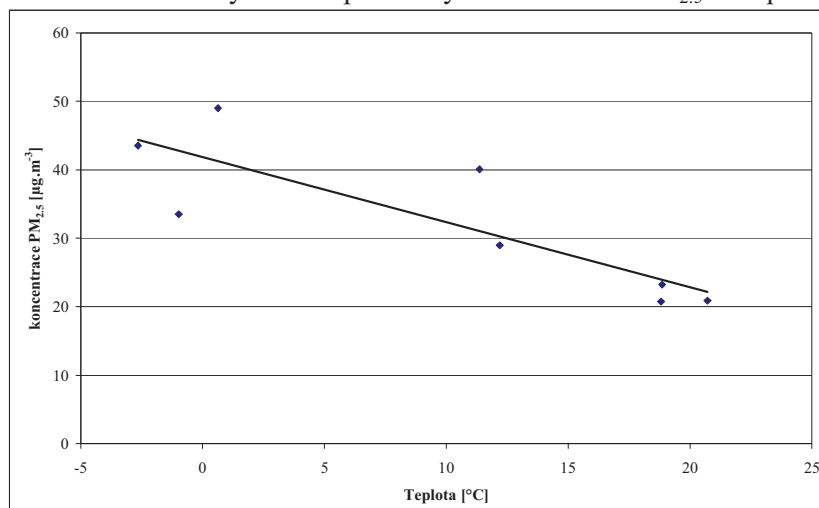
METODY

Pro odběry vzorků ovzduší byly vybrány lokality města Brna s vysokou intenzitou dopravy a různou morfologií okolního prostředí. Lokalita Arboretum, představující široce otevřené prostředí s množstvím zeleně, se nachází v bezprostřední blízkosti I. silničního okruhu u křižovatky ulic Drobného, Lesnické, Provazníkové a třídy generála Píky. Lokalita Kotlářská se rovněž nachází v těsné blízkosti I. silničního okruhu města Brna, ale narozdíl od předešlé lokality je obklopena obytnou zástavbou a má charakter tzv. uličního kaňonu. Odběry vzorků ovzduší byly prováděny s využitím středně objemových vzorkovačů typu LECKEL MVS6 (Sven Leckel Ingenierbüro, Německo) a jejich četnost a trvání byly voleny tak, aby charakterizovaly roční průměrné obsahy PM v ovzduší. Koncentrace byly zjišťovány gravimetricky z každého exponovaného filtru na vahách Mettler-Toledo MX5/A (Mettler-Toledo GmbH, Švýcarsko). V průběhu měření byly sledovány rovněž vybrané meteorologické charakteristiky. Základní statistické charakteristiky zpracovávaných souborů dat byly určeny prostřednictvím využitím komerčního SW QC.Expert 3.0 (TriloByte, Česká republika) a Open Source SW R (The R Foundation for Statistical Computing, URL <http://www.R-project.org>).

VÝSLEDKY

Výsledky měření prokazují významnou negativní korelaci průměrných týdenních koncentrací PM_{2,5} a teploty (obr. 1) se statisticky významným korelačním koeficientem (-0,62). To je způsobeno pravděpodobně ztrátou těkavých komponent PM (amonné soli) v letních měsících, které se za nižších teplot nerozkládají a mohou být zachyceny na filtrech. Další příčinou může být vertikální stabilita atmosféry, kdy v důsledku lepší ventilace v teplejším období (konvekce) jsou částice lépe rozptýlovány, zatímco v chladnějších měsících (inverze) je ventilace omezená a dochází tak k akumulaci PM ve spodních vrstvách atmosféry, poblíž místa svého vzniku. V zimě se na přítomnosti částic mohou také výrazně podílet lokální topeniště. Vzájemná korelace pevných částic frakce PM_{2,5} na lokalitách vykazuje statisticky významný korelační koeficient (0,967), což indikuje podobné chování částic tedy i společný původ částic, kterým je pravděpodobně doprava. Dále byly zjištěny statisticky významné korelace mezi PM_{2,5} - NO_x (korelační koeficient pro Arboretum 0,73 resp. 0,67 pro Kotlářskou) a PM_{2,5} - NO₂ (Arboretum 0,532 a Kotlářská 0,639). Poměrně těsné korelace mohou podporovat využívání koncentrací NO_x jako indikátoru znečištění ovzduší PM. Korelace mezi PM_{2,5} a NO₂ je však méně těsná než v případě NO_x. Pravděpodobnou příčinou je větší závislost NO₂ na aktuálních fyzikálních podmínkách atmosféry, především teplotě a intenzitě slunečního svitu.

Obr. 1. Závislost týdenních průměrných koncentrací $PM_{2.5}$ na teplotě



Rovněž byla hodnocena závislost koncentrace $PM_{2.5}$ na relativní vlhkosti vzduchu a směru větru. Směr větru byl vyjádřen jako četnost naměřených významných směrů pro jednotlivé dny. Při souhrnném hodnocení kampaní se vliv směru větru ani vlhkosti neprojevuje, ale při výpočtech pro jednotlivé dny naznačují statisticky významnou korelaci mezi $PM_{2.5}$ a směry větru.

ZÁVĚRY

Z výše uvedeného je dobře patrný vliv sezónních změn, zejména teploty a stability atmosféry na koncentrace $PM_{2.5}$. Získané výsledky podporují závěry publikované v některých zahraničních studiích (Duan a kol., 2006, Charron, Harrison, 2006; Gertler a kol., 2006), konkrétně závislost koncentrací PM na teplotě pozorované při měřeních v Londýně, v Pekingu a v Egyptě, i když zde nelze srovnávat absolutní hodnoty. Můžeme také potvrdit tvrzení, že znečištění může pocházet i z jiných vzdálenějších zdrojů než z dopravy.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla za podpory MD v rámci VZ č. 4499457501 a projektu VaV č. 1F54H/098/520.

REFERENCE

- Duan F. K., He K. B., Ma Y. L., Yang F. M., Yu X. C., Cadle S. H., Chan T., Mulawa P. A. (2006). Concentration and chemical characteristics of $PM_{2.5}$ in Beijing, China: 2001 – 2002, *Science of Total Environment*, 355, 264.
- Gertler A. W., Abu-Allaban M., & Lowenthal D. H. (2006). The mobile source contribution to observed PM_{10} , $PM_{2.5}$ and VOCs in the greater Cairo area, In JOUMARD, R. (ed.) *Environnement & Transports / Environment & Transport: Vol. 1 Poster communications. Actes INRETS n°107. Reims (France), June 12-14, 2006. Bron cedex (France), INRETS, 263-269.*
- Charron A., Harrison R. (2006). Interpretation of multi-metric particulate matter data monitored near busy London highway. In JOUMARD, R. (ed.) *Environnement & Transports / Environment & Transport: Vol. 1 Poster communications. Actes INRETS n°107. Reims (France), June 12-14, 2006. Bron cedex (France), INRETS, 255-262.*
- Krzyzanowsky, M., Kuna-Dibbert, B., Schneider, J. (Eds.) (2005), *Health effects of transport – related air pollution*, Copenhagen, WHO Europe, ISBN 92-890-1373-7.
- Watkiss, P., Pye, S., Holland, M. (2005). *CAFE CBA: Baseline analysis 2000 to 2020, CAFÉ Programme.*

PARALEL SAMPLING OF DRY AND WET AMBIENT AEROSOL

L. ŠTEFANCOVÁ, J. SCHWARZ, I. ŠEVČÍKOVÁ, J. SMOLÍK

Institute of Chemical Process Fundamentals AS CR, Prague, Czech Republic

Keywords: Outdoor aerosols, Impactor, Relative humidity

INTRODUCTION

Atmospheric aerosols in our conditions contain mostly sulfates, nitrates and carbonaceous species. Many of the inorganic salts are hygroscopic, and particles formed of them tend to grow in humid air. Accordingly, the hygroscopicity strongly influences particle deposition behavior (Seinfeld and Pandis, 1996). The hygroscopic behavior is mostly studied using the HTDMA technique. However, this technique does not provide the information about particles' chemical composition that is responsible for hygroscopic behavior. Consequently, we decided to study both hygroscopic behavior and size resolved chemical composition of an aerosol at the same time. In order to do that, we sampled using a two newly designed 7-stage modified Berner impactors (BLPI) connected in parallel, each provided with a backup filter. A diffusion drier was used upstream the first BLPI to obtain the aerosol sample under dry conditions; analogically, a humidifier upstream the BLPI in the second branch provided wet particles sampling. This configuration allowed us to get the mass size distribution of dry and wet ambient aerosol simultaneously.

METHODS

The air flow through the 7-stage modified impactor is 26,3 l/min, regulated by a critical orifice 2,1 mm in diameter. Basic parameters of the modified impactor are shown in Table 1. The device was constructed to retain wet aerosol, hence its pressure drop is smaller comparing with a regular 10-stage Berner low pressure impactor (Berner and Lurzer, 1980). A backup filter (Zefluor, Pall, USA), placed downstream the last impactor stage, was used to collect the smallest particles. Stokes numbers corresponding to D_{50} were taken from calibration of the BLPI impactor (Hillamo et al., 1999).

Table 1: Technical properties of 7-stage modified BLPI impactor + backup filter.

7-stage modified Berner impactor + backup filter								
Stage	7	6	5	4	3	2	1	Filter
Nozzle diameter (mm)	5,200	2,210	1,170	0,695	0,284	0,288	0,340	n/a
Number of nozzles	6	20	33	47	262	127	65	n/a
Pressure upon stage (kPa)	101,320	101,250	101,100	100,910	99,975	99,041	95,511	80,458
Stk ₅₀	0,190	0,195	0,195	0,190	0,203	0,214	0,235	n/a
D ₅₀ (µm)	6,770	3,420	1,650	0,838	0,580	0,342	0,291	0

An annular diffusion drier was constructed to collect dry aerosol particles. The ambient atmospheric aerosol is separated from silica gel particles by metal stainless steel mesh. Relative humidity was approximately 16 % at the output of the drier. After each experiment the silica gel filling had to be regenerated by hot air flowing through at temperature about 200 °C. In order to humidify the outdoor aerosol, temperature of sampled air was controlled using parallel tube heat exchanger and copper spiral wrapped around the impactor. Temperature of the liquid circulating inside the exchanger and the spiral was controlled using the cryostat; its feedback was provided by a relative humidity sensor located downstream the backup filter. The output relative humidity was kept at about 85 %. The main experiment consisted of parallel sampling of ambient aerosol, Figure 1. Sampling site was located at the northwest suburbs of Prague in the campus of the Institute of Chemical Process Fundamentals, 285 m ASL, on the roof of one of the Institute's buildings. In the spring 2007 three 24 hours sampling experiments were performed (21st, 29th of March and 4th of April). Greased and plain Tedlar foils were

used for the impactors. Greased foils were spread with solution of Apiezon L. Samples were analyzed by gravimetry and ion chromatography.

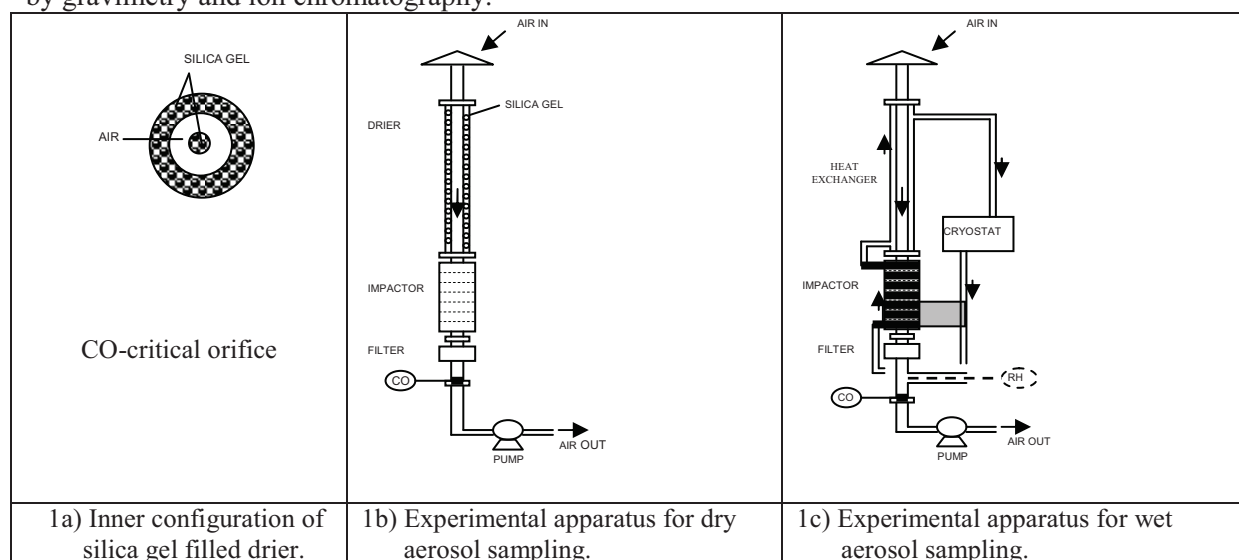


Figure 1: Apparatuses used for wet and dry aerosol samplings with inner configuration of drier used to get dry particles.

RESULTS

Three parallel samplings to collect wet and dry aerosol were done. The mass size distributions of samples collected upon different relative humidities were obtained. The largest shift of mass distribution was observed on the 21st of March, 2007. The mass size distribution of fine wet aerosol shows remarkably that the accumulation mode is split into the condensation and the droplet modes. Condensation mode particles were collected mainly on the last two stages and the backup filter. Their mass seems to be smaller in comparison to dry aerosol particles. Also the results obtained from ion chromatography confirm the shift of the part of the accumulation mode. We calculated the growth of dry aerosol caused by water uptake. For this purpose only presence of hygroscopic ions as SO_4^{2-} , NO_3^- and NH_4^+ was taken into account assuming equal composition of particles collected on each stage.

CONCLUSIONS

A new 7-stage modified Berner impactor with low pressure drop and a filter placed downstream the bottom stage of the impactor was designed. A diffusion drier to collect dry particles and a heat exchanger to humidify the aerosol were built to better characterize the ambient aerosol. Parallel samplings at 16% and 85% RH were carried out during the spring 2007, that represents heating period. The samples analyzed by ion chromatography and gravimetry showed an obvious shift of the part of accumulation mode to larger particle diameters and separation of the droplet mode.

ACKNOWLEDGEMENTS

The support by the grant of Ministry of Education, Youth and Sports CR, Program COST, No. OC 106 and Program KONTAKT - ME 941 are acknowledged.

REFERENCES

- Berner A. and Lurzer C. (1980), *Journal of Physical Chemistry*, **84**, 2079-2083.
 Hillamo R., Mäkelä T., Schwarz J., Smolík J. (1999), Collection characteristics of the model 25/0,018/2 Berner low pressure impactor. (Eng) *J. Aerosol Sci.* **30**, S1, S901-S902 (Abstract of the 1999 Europ. Aerosol Conf., Praha, 6-10 September).
 Seinfeld J.H. and Pandis S. N., (1998). *Atmospheric chemistry and Physics*, John Willey and Sons, New York, pp. 491-544.

CONCENTRATION OF FINE AEROSOL (PM₁) IN THE UNDERGROUND TRANSPORT MICROENVIRONMENTS

M. BRANIŠ, L. ŠKRABALOVÁ

Charles University in Prague, Faculty of Science, Institute for Environmental Studies, Czech Republic

Key words: Metro, Air quality, Urban aerosol, DustTrak

INTRODUCTION

A number of papers have examined particulate pollution in transport microenvironments, including the underground (Johansson and Johansson, 2003; Pfeifer et al., 1999; Sitzmann et al., 1999; Branis, 2006). However, none of the studies have so far tried to assess human exposure to aerosol – an important pollutant – in various underground spaces. In the present study a portable continuous fast-response sampling photometer was selected allowing the measurement of immediate relative changes in aerosol concentrations of various microenvironments during one trip. Similar technique was successfully used for the assessment of personal exposure to particulate air pollution in other modes of public transport (Chan et al., 2002; Gulliver and Briggs, 2003).

The aim of this study was to assess and compare particulate matter (PM₁) concentrations recorded indoors, on streets, in underground spaces and inside underground trains and estimate the quantitative relationships between different urban microenvironments.

METHODS

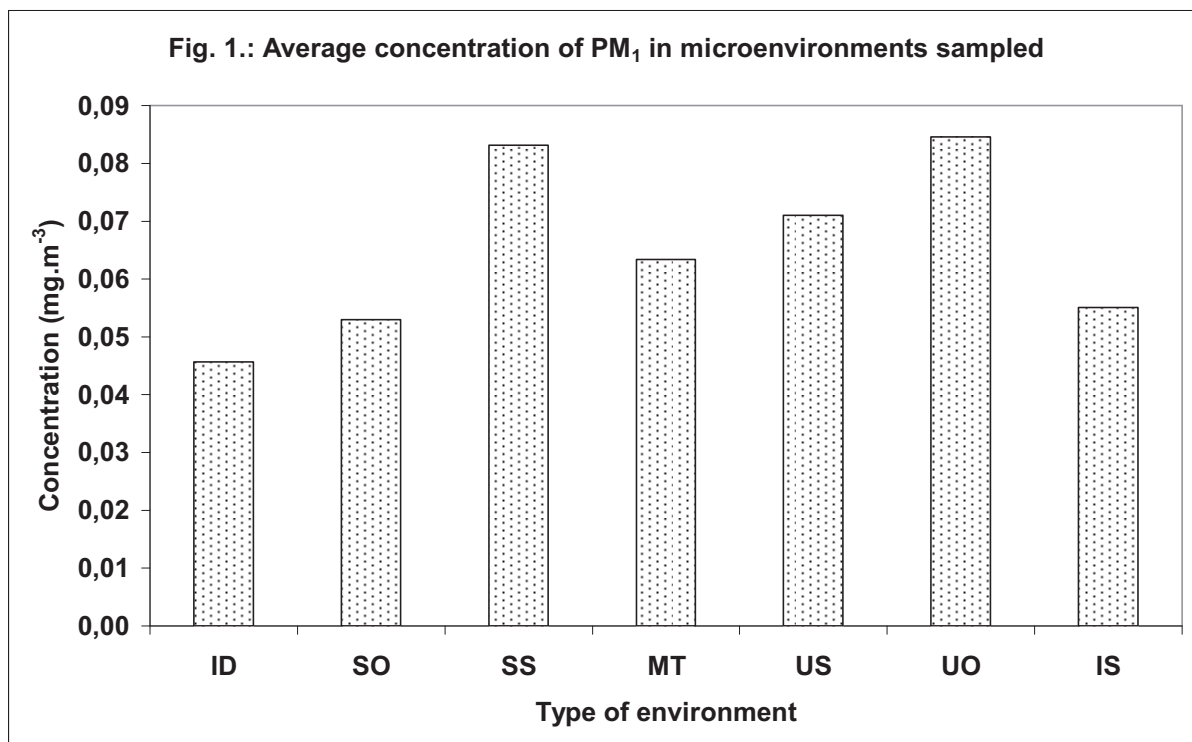
The measurements were carried out during a fixed route of the second author from a student's dormitory to school and vice versa. The trip was 7 stations long and was performed between suburban and centrally located Metro stations (Chodov and I.P. Pavlova) in Prague, Czech capital. So far over 70 journeys have been performed covering all seasons, days of the week, and times of the day.

One journey included seven types of microenvironments: (1) indoor dormitory, (2) outdoor pedestrian suburban environment, (3) underground spaces (vestibule, escalators, corridors, and underground platform) of the suburban site, (4) inside Metro train, (5) underground spaces (platforms, corridors, escalators and vestibule) of the central station, (6) outdoor street with dense traffic and (7) indoor school spaces (lecturing rooms). The journey was carried out.

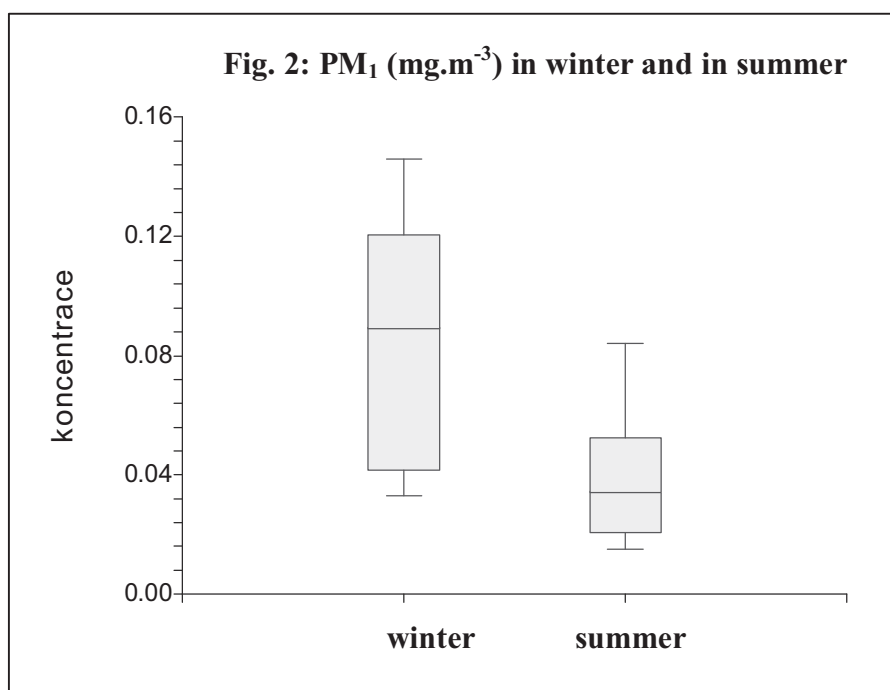
A portable real-time photometric aerosol monitor DustTrak^{TSI} model 8520 was used to measure the PM₁ mass concentration. The monitor together with a rechargeable battery was placed in a custom-made backpack and carried by the commuting person. For all measurements the logging interval was set to 1 minute and the time constant to 10 seconds. In order to exactly match each data point to the appropriate type of microenvironment, the experimental person carried a pre-printed time activity diary so the movement could be recorded minute by minute in a written protocol. Zero and air flow of the instrument were checked and adjusted if needed according to the manufacturer's manual before each journey.

RESULTS

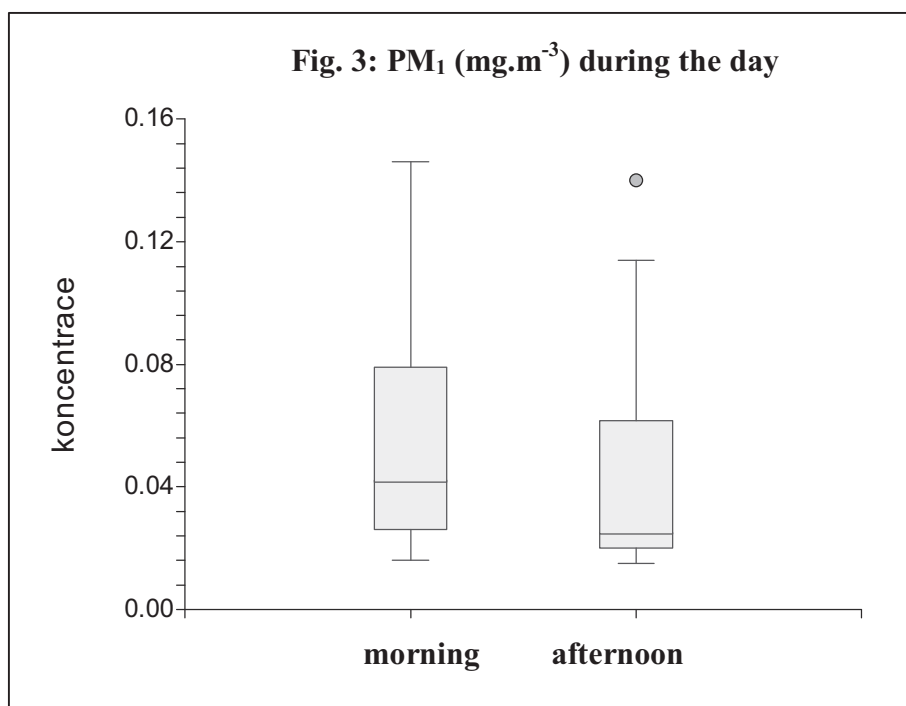
The highest average PM₁ concentration was found on the urban outdoor environment (85 µg.m⁻³), followed by suburban station (83 µg.m⁻³), urban Metro platforms (63 µg.m⁻³), Metro trains and indoor school environment (55 µg.m⁻³). Lowest concentrations were found in both suburban environments in the students' dormitory (46 µg.m⁻³) and the suburban outdoor environment (53 µg.m⁻³) respectively (fig. 1).



Analysis of seasonal (winter/summer) differences between whole-trip averages showed that the winter values were significantly higher than the summer ones (fig. 2). Higher winter and lower summer concentrations of particles were recorded by Furuya et al. (2001) in Tokyo subway stations.



From the whole set of tests about a half was performed in the morning and half in the afternoon. The (whole trip average) concentrations of particles were consistently higher during the morning than during the afternoon trips. However, the difference was not statistically significant (fig. 3)



The strongest correlation, almost reaching unity, was found between the urban underground spaces and Metro trains. High correlation (over 0.9) was also found between Metro trains and suburban outdoor, suburban indoor and suburban outdoor and between suburban indoor and Metro trains. The interpretation of these results will need further analysis and measurements (Table 1).

Table 1: Correlation coefficients between all microenvironments sampled

	ID	SO	SS	MT	US	UO
SO	0.910					
SS	0.444	0.457				
MT	0.904	0.909	0.431			
US	0.896	0.905	0.407	0.971		
UO	0.453	0.430	0.182	0.457	0.461	
IS	0.592	0.550	0.242	0.594	0.604	0.271

ID (indoor dormitory), SO (suburban outdoor), SS (suburban station), MT (Metro trains), US (urban station), UO (urban outdoor), IS (indoor school).

As was mentioned in several studies the bias of DustTrak is linearly proportional to reference methods and the readings of the instrument can be recalculated according to a linear regression equation or even by a simple ratio between the reference and the photometer readings (Jenkins et al., 2004). Usual overestimation reach values between 2 and 3 as mentioned in almost all studies using the same type of photometer (Chan et al., 2002; Chang et al., 2001; Jenkins et al., 2004; Lehocky and Williams, 1996; Moosmüller et al., 2001; Morawska et al., 2003; Ramachandran et al., 2003; Wu et al., 2002; Yanoski et al., 2002). This fact should be taken into account in studies which will try to recalculate DustTrak (or possibly other photometer) data into real mass concentrations without performing collocated comparison with national reference methods. On the basis of this fact it can be guessed that our “real” mass concentration levels were approximately half of those directly obtained from the photometer.

CONCLUSIONS

Despite the fact that the project has not been finished yet and will continue also during the next year, our results are not fully in accord with other papers dealing with aerosol concentrations in the underground spaces and trains. Most of the authors argue that higher concentrations of fine aerosol are related to activity of sources specific to the underground technologies, such as friction between wheels

and rail, wear of brakes, vaporization of metals due to sparking and movement of people (Furuya et al., 2001; Johansson and Johansson, 2003; Chilrud et al., 2004). However, our data indicate that traffic particles may bring a significant portion of pollution to the underground system as well (Branis, 2006).

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Charles University Grant (GAUK) No.: 277/2006/B-GEO/PrF.

REFERENCES

- Branis, M. (2006) The Contribution of Ambient Sources to Particulate Pollution in Spaces and Trains of the Prague Underground Transport System *Atmospheric Environment*, **40**, 348
- Chan, L.Y., Lau, W.L., Lee, S.C., Chan, C.Y. (2002) Commuter exposure to particulate matter in public transportation modes in Hong Kong. *Atmospheric Environment* **36**, 3363
- Chang, L.-T., Suh, H.H., Wolfson, J.M., Misra, K., Allen, G.A., Catalano, P.J., Koutrakis, P. (2001) Laboratory and field evaluation of measurement methods for one-hour exposure to O₃, PM_{2.5} and CO. *Journal of the Air and Waste Management Association* **51**, 1414
- Chilrud, S.N., Epstein, D., Ross, J.M., Sax, S.N., Pederson, D., Spengler, J.D., Kinney, P. (2004) Elevated airborne exposures of teenagers to manganese, chromium and iron from steel dust and New York City's subway system. *Environmental Science and Technology* **38**, 732
- Furuya, K., Kudo, Y., Okinaga, K., Yamuki, M., Takahashi, S., Araki, Y., Hisamatsu, Y. (2001). Seasonal variation and their characterization of suspended particulate matter in the air of subway stations. *Journal of Trace and Microprobe Techniques* **19(4)** 469
- Gulliver, J., Briggs, D.J. (2003) Personal exposure to particulate air pollution in transport environments. *Atmospheric Environment* **38**, 1
- Jenkins, R.A., Ilgner, R.H., Tomkins, B.A. (2004) Development and application of protocols for the determination of response of real-time particle monitors to common indoor aerosols *Journal of the Air and Waste Management Association* **54**, 229
- Johansson, CH., Johansson, P.-A. (2003) Particulate matter in the underground of Stockholm. *Atmospheric Environment* **37**, 3
- Lehocky, A.H., Williams, P.L., (1996) Comparison of respirable samplers to direct-reading real time aerosol monitors for measuring coal dust. *American Industry Hygiene Association Journal* **57(11)**, 1013
- Moosmüller, H., Arnott, W.P., Rogers, C.F., Bowen, J.L., Gilles, J.A., Pierson, W.R., Collins, J.F., Durbin, T.D., Norbeck, J.M. (2001) Time resolved characterization of diesel particulate emissions 1. Instruments for particle mass measurements. *Environmental Science and Technology* **35**, 781
- Morawska, L., He, C., Hitchins, J., Mengersen, K., Gilbert, D. (2003) Characteristics of particulate and mass concentrations in residential houses in Brisbane, Australia. *Atmospheric Environment* **37**, 4195
- Pfeifer, G.D., Harrison, R.M., Lynam, D.R., (1999) Personal exposure to airborne metals in London taxi drivers and office workers in 1995 and 1996. *Science of the Total Environment* **235**, 253
- Ramachandran, G., Adgate, J.L., Pratt, G.C., Sexton, K. (2003) Characterizing indoor and outdoor 15 minute average PM_{2.5} concentrations in urban neighborhoods. *Aerosol Science and Technology* **37**, 33
- Sitzmann, B., Kendal, M., Williams, I. (1999) Characterization of airborne particles in London by computer-controlled scanning electron microscopy. *Science of the Total Environment* **241**, 63
- Wu, Y., Hao, J., Fu, L., Wang, Z., Tang, U. (2002) Vertical and horizontal profiles of airborne particulate matter near major roads in Macao, China. *Atmospheric Environment* **36**, 4907
- Yanoski, J.D., Williams, P.L., MacIntosh, D.L. (2002) A comparison of two direct-reading aerosol monitors with the federal reference method for PM_{2.5} in indoor air. *Atmospheric Environment* **36**, 107

VELIKOSTNÍ DISTRIBUCE HMOTNOSTI AEROSOLU A JEHO ZDROJE V OVZDUŠÍ TĚLOCVIČNÝ V CENTRÁLNÍ ČÁSTI PRAHY

M. BRANIŠ¹, J. ŠAFRÁNEK², A. HYTYCHOVÁ¹

¹Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí

²Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Katedra sportů v přírodě

Klíčová slova: městský aerosol, kvalita ovzduší, PM_x, škola, Sioutas impactor

ÚVOD

Epidemiologické studie časových sérií dat ukazují, že jedním z nejzávažnějších polutantů, jemuž jsou lidé vystaveni, je aerosol. Pozitivní asociace mezi výskytem plicního karcinomu, zvýšené morbidity i mortality a aspirabilními frakcemi atmosférických aerosolů byly zjištěny v řadě studií z velkých amerických a evropských měst (Pope a Dockery, 2006). Zvýšenou pozornost věnují dnes badatelé a hygienici oblasti kvality ovzduší ve vnitřním prostředí. V centru zájmu jsou zejména místnosti, kde tráví lidé převážnou část času. Mezi takové prostředí se řadí i školy. Budovy vzdělávacích zařízení jsou prostředím, kde tráví jejich návštěvníci často více než čtvrtinu nebo dokonce třetinu dne. Navíc v tomto případě jde o populaci (děti a mládež) v mnoha ohledech k řadě škodlivin citlivou. Množství ve světě dosud publikované vědecké literatury důležitost této problematiky jen podtrhuje (Braniš et al., 2005; Fox et al., 2005; Smedje et al., 1997). Přestože v České republice existuje legislativní rámec, podle něhož jsou ve školních zařízeních stanoveny určité limity i metody monitoringu (vyhláška 6/2003 Sb), komplexní studie, které by charakterizovaly současnou situaci, případně trendy ve vývoji kvality ovzduší ve vnitřních prostorech škol, nejsou autorům tohoto článku z České republiky známy.

METODIKA

Měření koncentrace bylo prováděno osobním kaskádovým impaktorem PCIS (Personal Cascade Impactor Sampler) (Misra et al., 2002). Aerosol je v pěti stupních (<0.25, 0.25-0.5, 0.5-1.0, 1.0-2.5 a 2.5-10 μ m) zachytáván na teflonové filtry o průměru 25mm (4 impakční stupně) a 37mm („backup“ - stupeň) při průtoku 9 l/min. Suma hmotností aerosolu zachyceného na všech stupních impaktoru při celodenní expozici poskytuje 24-hodinovou koncentraci PM₁₀. Filtry byly po expozici zpracovány gravimetricky na vahách Mettler Toledo MX5. Elektrostatický náboj byl odstraňován vysokonapěťovým rámem. Jeden z přístrojů byl umístěn na dvoře základní školy „Brána jazyků“ Mikulandská 134/5 Praha 1, na střeše přístavku ve výšce asi 3,5m nad okolním terénem, druhý v tělocvičně o rozměrech 16,6 x 7,2 x 4,9m. Filtry byly vyměňovány okolo 8. hodiny ránní. Mezi listopadem 2005 a srpnem 2006 proběhlo 8 kampaní o délce 7 - 10 dní přibližně tak, aby vždy jedna kampaň proběhla v jednom měsíci (30.11.-6.12. 05; 17.1.-26.1. 06; 17.2.-24.2. 06; 14.3.-23.3. 06; 19.4.-27.4. 06; 23.5.-31.5. 06; 20.6.-28.6. 06; 22.8.-29.8. 06) a pokryla dny v týdnu i dny víkendu. Celkem bylo provedeno 70 24-hodinových měření. Hodnoty 24-hodinových koncentrací PCIS byly porovnány s odpovídajícími hodnotami PM_{2,5} se sítě AIM - Mlynářka (AMLYA, č. 775) využívající radiometrii (β -atenuace). Navážky PCIS z jednotlivých stupňů (bez stupně A - 2.5-10 μ m) dělené denním průtokem byly sečteny a tak byla získána kumulativní hodnota koncentrace PM_{2,5}. Během kampaní byly v tělocvičně zaznamenávány také počty hodin tělesné výchovy a ostatních sportovních aktivit i počty cvičenců přítomných v tělocvičně. Pro zjištění vlivu vnitřních zdrojů byl také celý soubor rozdělen na dny v týdnu a dny víkendu (kdy nebyl v tělocvičně nikdo přítomen).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Průměrná koncentrace aerosolu PM_{2,5} (v případě PCIS kumulativní koncentrace – stupně B,C,D a P) během celého období měření dosahovala nejvyšších hodnot na dvoře školy (30,08 μ g.m⁻³), nejnižší byla v tělocvičně (24,03 μ g.m⁻³). Na stanici AIM Mlynářka byla 25,47 μ g.m⁻³. V jednotlivých kampaních se celkové hodnoty průměrů PM_{2,5} značně lišily, zejména pro různost klimatických

podmínek v nichž byly vzorky odebrány (Obr. 1). Nejvyšší koncentrace se objevily v zimních měsících, kdy jsou rozptylové podmínky horší, zatímco nižší koncentrace byly zaznamenány v období letním. Koncentrace aerosolu se v zimě zvyšovaly s klesající, zatímco v létě se vzrůstající teplotou. Vyšší relativní vlhkost ovzduší souvisela spíše s nižšími koncentracemi aerosolu ve všech obdobích. Srovnání jednotlivých proměnných ukázalo, že mezi stanicí AIM a kumulativní hmotnostní koncentrací PM_{2,5} měřené PCIS na dvoře školy dosáhl korelační koeficient hodnoty 0,95, mezi dvorem školy a tělocvičnou 0,93 a mezi tělocvičnou a stanicí AIM 0,91. Vysoké korelační koeficienty mezi jednotlivými typy prostředí naznačují jeden společný dominantní zdroj. Lze předpokládat, že tímto zdrojem jsou automobilové emise, které v centrálních oblastech měst významně převládají nad jinými zdroji. Porovnání námi měřené koncentrace PM_{2,5} kaskádovým impaktorem a hodnot AIM zároveň dokládá velmi dobrou shodu obou užitých metod. (Obr. 2). Poměr mezi koncentracemi PM_{2,5} získanými PCIS a AIM i směrnice regresní přímky se blíží jedné, což také dokládá, že obě metody jsou poměrně dobře srovnatelné. Hodnota poměru AIM/PCIS získaná z celého období (70 měřených dní) byla 0,84 (± 0,23). Hodnoty AIM jsou tedy přibližně o 15% nižší než hodnoty PCIS. Tento rozdíl může být způsoben např. systematickou chybou impaktoru, nicméně vzhledem ke vzdálenosti obou odběrových míst může také vyjadřovat reálné rozdíly mezi oběma lokalitami. Měřící místo v Mikulandské ulici je umístěno v centrálnější (tedy patrně více exponované) části Prahy. Korelační analýza jednotlivých frakcí kaskádových impaktorů mezi sebou a s frakcí PM_{2,5} z monitoru AIM ukazuje, že sousední stupně impaktoru spolu poměrně dobře korelují. Nejtěsnější vztahy byly zjištěny mezi PM_{2,5} z monitoru AIM a jemnějšími frakcemi PCIS pod PM_{1,a} to jak pro vnější, tak pro vnitřní prostředí (Tab. 1)

Tabulka 1: Korelační koeficienty mezi jednotlivými stupni impaktoru a PM_{2,5} z monitoru AIM. Nahore - vnější prostředí, dole - vnitřní prostředí. (A,B,C,D-stupně impaktoru. P-backup filtr).

vně					
stupeň impaktoru	A 2.5-10µm	B 1.0-2.5µm	C 0.5-1.0µm	D 0.25-0.5µm	P <0.25µm
B	0.698				
C	0.204	0.459			
D	0.165	0.421	0.747		
P	0.239	0.312	0.243	0.498	
PM _{2,5} AIM	0.151	0.410	0.684	0.848	0.770
uvnitř					
stupeň impaktoru	A 2.5-10µm	B 1.0-2.5µm	C 0.5-1.0µm	D 0.25-0.5µm	P <0.25µm
B	0.693				
C	0.590	0.640			
D	0.460	0.424	0.696		
P	0.330	0.197	0.218	0.530	
PM _{2,5} AIM	0.462	0.350	0.528	0.838	0.790

Tyto výsledky velmi dobře dokládají všeobecně známý (i když u nás velmi zřídka doložený) původ většiny městského aerosolu, který je měřen standardními metodami v síti AIM. Jedná se opět s největší pravděpodobností o aerosol ze spalovacích procesů automobilových motorů, jehož primární částice jsou o velikosti okolo 60-80nm. Výsledky také jednoznačně ukazují, že do vnitřních prostorů pronikají zvenku nejlépe právě jemné částice pod 1 µm, u nichž je předpokládán významný průnik do hlubších oblastí plic (Hinds, 1999; Schulz et al., 2000). Schopnost částic o různé velikosti pronikat z vnějšího prostředí dovnitř je možno demonstrovat na hodnotách poměru koncentrací zjištěných na odpovídajících stupních impaktorů exponovaných simultánně venku a uvnitř. Za nepřítomnosti vnitřních zdrojů je poměr koncentrací (vnitřní/vnější) nižší než 1, v případě činnosti zdroje uvnitř přesahuje poměr hodnotu 1 (Tab. 2.).

Tabulka 2: Medián poměrů koncentrací aerosolu zachyceného na odpovídajících stupních impaktorů simultánně exponovaných ve vnitřním a vnějším prostředí.

Stupeň impaktoru	A 2.5-10 μ m	B 1.0-2.5 μ m	C 0.5-1.0 μ m	D 0.25-0.5 μ m	P <0.25 μ m
uvnitř/vně (celý soubor)	1,31	0,95	0,72	0,70	0,95
uvnitř/vně (prac. dny)	2,02	1,10	0,80	0,74	0,97
uvnitř/vně (víkendy)	0,32	0,73	0,67	0,67	0,88

Je známo, že ultrajemné (<100nm) a hrubé (>10 μ m) částice pronikají přes štěrbinu oken minimálně, částice akumulárního modu (0,1 – 1 μ m) poměrně snadno (Long et al., 2001). Výsledky našeho měření odpovídají těmto poznatkům. Jelikož nelze předpokládat uvnitř tělocvičny ani v jejím blízkém vnitřním okolí žádný významný zdroj jemných částic, ukazují hodnoty poměru <1 intenzitu průniku částic z vnějšku dovnitř. Naproti tomu hodnoty poměru >1 u vyšších pater impaktoru lze vysvětlit přítomností zdroje hrubých částic ve vnitřním prostředí. Rozdíly v hodnotách poměrů u jednotlivých souborů naznačují, že o víkendu, kdy nebyl v tělocvičně nikdo přítomen a okna byla zavřena, pronikalo do vnitřního prostředí jen velmi málo hrubých částic (stupeň A), ale poměrně mnoho (asi 88%) jemných (<0.25 μ m). Během dní v týdnu byl v tělocvičně nejen přítomen zdroj hrubého aerosolu (poměr u stupňů A i B byl >1), ale zároveň, patrně následkem větrání okny při cvičení, pronikalo dovnitř i více jemných částic zvenčí (poměr u stupně P se blíží jedné). Údaje z jednotlivých stupňů kaskádového impaktoru ukazují, že největší obsah celkové hmotnosti spočívá v jemných frakcích do 0,5 μ m. (Obr. 3). Hmotnostně významná je i hrubá frakce (2.5-10 μ m) zachycená na nejvyšším stupni impaktoru. Vysoký obsah hrubého aerosolu v PM₁₀ naznačuje, že i resuspenze přispívá k celkové hmotnosti aerosolu v městském prostředí významnou měrou. Vyšší vnitřní koncentrace ve velikostní skupině 2.5-10 μ m a do jisté míry také 1.0-2.5 μ m dokládají, že na rozdíl od jemných částic, jejichž zdroj ve vnitřním prostředí chybí a evidentně tedy pronikají z vnějšího prostředí, hrubé částice mají většinou svůj zdroj uvnitř (Obr. 3 a Obr 4). Předpokládali jsme, že tímto zdrojem bude resuspenze a primární tvorba částic mechanickým otěrem (úder míčů o zdi a obložení, pohyb náradí a pohyb osob). Tedy čím vyšší počet dětí bude v tělocvičně přítomen, tím vyšší bude i koncentrace hrubého aerosolu. Korelační analýza předpoklad potvrdila (Tab. 3). Nejtěsnější vztah mezi ukazatelem „osobohodiny“ (počet osob za jednotku času) a aerosolem byl nalezen pro hrubé částice zachycené na nejvyšším stupni impaktoru. To, že je zdroj hrubých částic (na rozdíl od jemnějších) uvnitř, ukazuje i velmi nízký korelační koeficient mezi hmotnostními koncentracemi u vyšších pater impaktoru (zanedbatelný vliv průniku zvenčí) oproti velmi dobré korelaci mezi patry zachytávající jemnější frakce (významný vliv průniku). V případě, že je datový soubor rozdělen na pracovní dny a dny o víkendu, nezmění se téměř vůbec korelační koeficienty mezi jemnými frakcemi aerosolu, ale výrazně se změni u hrubé frakce (2.5-10 μ m). Během dnů v týdnu je u hrubých částic korelace nízká (zdroje aerosolu uvnitř a vně se chovají různě), zatímco v době nepřítomnosti lidí v tělocvičně je korelace vyšší, neboť vnitřní zdroj není přítomen a významněji se tedy projeví průnik těchto částic zvenku.

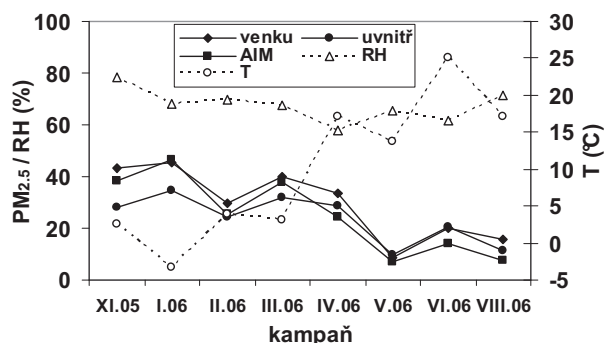
Tabulka 3: Korelační koeficienty mezi jednotlivými stupni impaktoru a „osobohodinami“ (OH) ve vnitřním prostoru tělocvičny a mezi stejnými stupni impaktoru uvnitř a venku.

Stupeň impaktoru	A 2.5-10 μ m	B 1.0-2.5 μ m	C 0.5-1.0 μ m	D 0.25-0.5 μ m	P <0.25 μ m
OH/uvnitř	0,749	0,480	0,423	0,419	0,222
uvnitř/vně (celý soubor)	0,356	0,664	0,707	0,776	0,888
uvnitř/vně (prac. dny)	0,212	0,623	0,771	0,787	0,898
uvnitř/vně (víkendy)	0,553	0,582	0,778	0,736	0,854

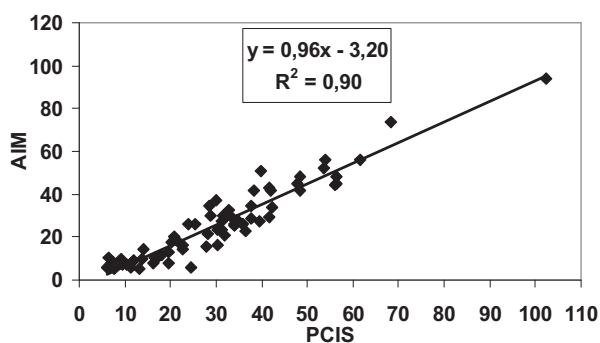
Výsledky našeho výzkumu ukazují, že vnitřní prostory budov jsou zatíženy srovnatelně vysokými koncentracemi aerosolu jako prostředí venkovní. V případě škol je toto zjištění nepříliš povzbuzující. Hodiny tělocviku jsou navíc mnohem rizikovější, než běžná výuka, která probíhá při malé fyzické aktivitě žáků. V ovzduší tělocvičny jsou totiž při fyzické aktivitě přítomny jak jemné částice původem z venku (větrání okny a průnik štěrbinami), tak i hrubé částice původem zevnitř. Zvýšená plicní ventilace a mnohonásobně zvýšený objem vdechovaného vzduchu se znečišťujícími příměsí může

znamenat i přes relativně krátkou dobu strávenou v tělocvičně určité zdravotní riziko. Jemný aerosol původem z dopravy má prokázané karcinogenní a genotoxické vlastnosti a hrubý aerosol je známým zdrojem alergenních a infekčních složek (Fox et al., 2005; Smedje et al., 1997).

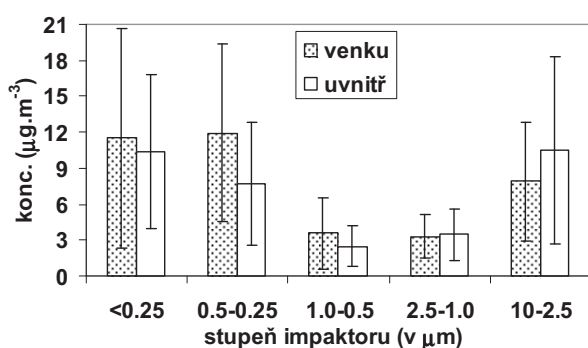
Obr. 1 Teplota, vlhkost a PM_{2.5} po kampaních



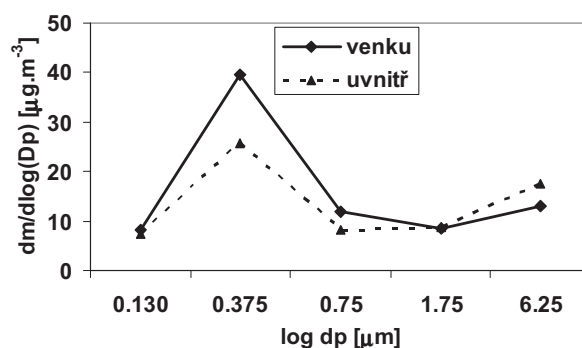
Obr. 2 PM_{2.5} naměřených PCIS a AIM (μg.m⁻³)



Obr. 3 Koncentrace aerosololu měřené PCIS



Obr. 4 Koncentrace aerosolu podle stupňů



PODĚKOVÁNÍ

Projekt byl z části podpořen ze záměru MSM 0021620864. Děkujeme ředitelství a zaměstnancům školy „Brána jazyků“ v Praze 1 za podporu, ČHMÚ za poskytnutí údajů z databáze AIM.

CITOVANÁ LITERATURA

- Braniš, M., Řezáčová, P., Domasová, M. (2005) The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentration of PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁ in a classroom. *Environmental Research* **99**(2):143
- Fox, A., Harley, W., Feigley, CH., Salzberg, D., Toole, CH., Sebastian, A., Larsson, L. (2005) Large particles are responsible for elevated bacterial marker levels in school air upon occupation. *Journal of Environmental Monitoring* **7**: 450
- Hinds, W.C. (1999) *Aerosol Technology*, John Wiley & Sons, Inc., New York
- Long, C.M., Suh, H.H., Catalano, P.J., Koutrakis, P. (2001) Using time and size resolved particulate data to quantify indoor penetration and deposition behavior. *Environmental Science and Technology* **35**: 2089
- Misra, Ch., Singh, M., Shen, S., Sioutas, C., Hall, P. (2002) Development and evaluation of a personal cascade impactor sampler. *Journal of Aerosol Science* **33**: 1027
- Pope III, CA. and Dockery, DW. (2006) Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect, *Journal of the Air & Waste Management Association* **56**:709
- Schulz, H., Brand, P., and Heyder, J. (2000) Particle deposition in the respiratory tract. In *Particle-lung interactions*, Vol. 143, eds. P. Gehr and J. Heyder, pp. 229–290. New York: Marcel Dekker.
- Smedje, G., Norbäck, D., Edling, C. (1997) Asthma among secondary schoolchildren in relation to the school environment. *Clinical & Experimental Allergy* **27**(11):1270

IS IT APPROPRIATE TO USE STANDARD MODEL OF NUCLEATION IN FINITE SYSTEMS?

Z. KOŽÍŠEK, P. DEMO

Institute of Physics. Academy of Sciences of the Czech Republic, Cukrovarnická 10, 162 53 Praha 6,
Czech Republic

Keywords: phase transitions, nucleation, finite systems

INTRODUCTION

Phase transition process from supersaturated mother phase starts by formation of nuclei of a new phase. At given conditions (temperature, supersaturation, etc.) some critical size of nuclei (number of molecules, or atoms, forming the cluster) can be determined. Undercritical clusters have tendency to shrink and overcritical to growth. Supercritical clusters are called the nuclei of a new phase. At critical size the energy of formation of nuclei has maximum and this energy is called energy barrier of nucleation.

Nucleation rate, i. e. the number of supercritical nuclei forming in unit volume per unit time, is often measured in a chamber, where sufficiently large formed droplets fall down due to gravitation. These droplets are re-evaporated on the hot bottom of the chamber and thus after some time stationary regime occurs. In such a closed system the stationary regime can be reached due to special boundary conditions (re-evaporation of droplets). This situation is probably far from formation of droplets in real systems, when depletion as a consequence of phase transition process occurs and condition of constant number of molecules has consequences to kinetics of phase transition process.

In this work we will summarize our results on modelling of nucleation kinetics including depletion effect (Kožíšek *et al.*, 2004, Kožíšek and Demo, 2005, Kožíšek *et al.*, 2006, Kožíšek and Demo, 2007). In difference of standard model (Abraham, 1974, Kashchiev, 2000, Mutaftschiev, 2001) the critical size of nuclei, nucleation barrier, supersaturation, etc., as a consequence of formation of droplets from supersaturated vapor, depends on time.

MODEL

Thermodynamic and kinetic aspects of homogeneous nucleation from supersaturated vapor are connected together (Kožíšek and Demo, 2005). Energy of formation of nuclei was computed by standard way within capillarity approximation. Transient kinetic probabilities of attachment (detachment) of molecules to (from) nucleus surface were determined from kinetic theory of gasses (Kožíšek *et al.*, 2004). Basic kinetic equation of Zeldovich-Frenkel type describes the time evolution of the number density of nuclei – for details see (Kožíšek and Demo, 2005). In contrary to standard model we have taken into account constant number of monomers (atoms or molecules) within considered system, when decrease of supersaturation occurs. Kinetic equations have been solved numerically.

RESULTS AND DISCUSSION

As a model system we have chosen condensation of ethanol vapor at $T = 260$ K. We have shown (Kožíšek and Demo, 2005) that in difference from standard model, when supersaturation of vapor is constant, the initial size distribution of clusters plays important role. In finite system it is not appropriate to start nucleation process from monomers. The decrease of supersaturation is too fast even at low initial supersaturations. Small clusters exist in vapor due to fluctuations. It is convenient to choose initial size distribution of clusters equal to the equilibrium one up to $i^*/2$, where i^* denotes critical size of nuclei (Kožíšek and Demo, 2005). In this case at lower supersaturations, when

depletion of vapor is small, our model is in good coincidence with standard model and experimental measurements.

At higher supersaturations, decrease of supersaturation influences the nucleation process itself. In standard model with constant supersaturation, the dimensionless size distribution of nuclei $f=F/F^0$ (F is the number density of nuclei and F^0 is the equilibrium size distribution) as a function of size, i , is equal to 1 for small cluster sizes, at critical size it is approximately 0.5 and then goes to zero with increasing size. It means that equilibrium size distribution of nuclei is an upper limit for the number of nuclei. In finite system process is more complicated. Due to decrease of supersaturation, the equilibrium size distribution decreases and thus dimensionless size distribution, f , is even higher than 1 (i. e. the number of nuclei is higher than equilibrium one) – see Fig. 1.

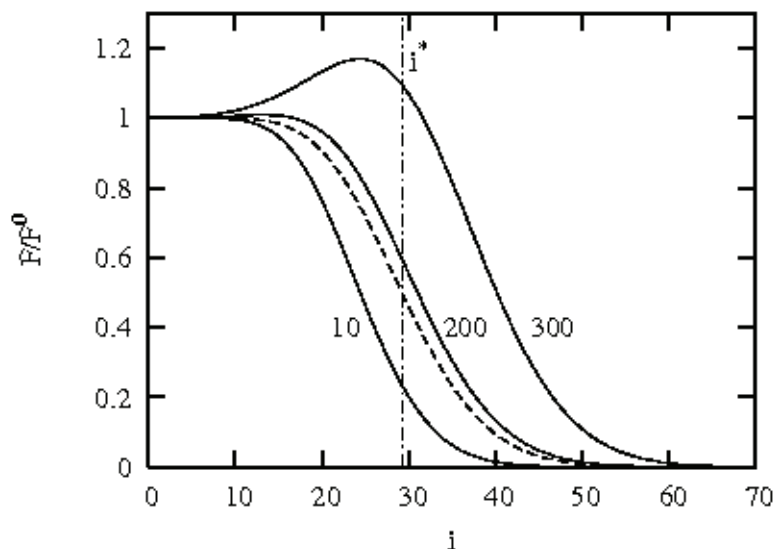


Fig. 1. Dimensionless size distribution function, $f=F/F^0$, as a function of nucleus size, i , at dimensionless times $\nu = 10, 200$ and 300 for finite system (full lines) and standard model (dashed lines) at supersaturation $S=4.5$. Full and dashed lines for $\nu=10$ coincide and also dashed lines for $\nu=200$ and 300 are identical.

In Fig. 1 the dimensionless size distribution at dimensionless time $\nu = 10, 200$ and 300 depends on nucleus size i . Full lines correspond to finite system and dashed lines to standard model with constant supersaturation. At $\nu=10$ finite system and standard model give the same results (depletion does not play role at short times). Dashed line corresponds to $\nu=200$ and 300 in system with constant supersaturation. Both curves are identical and does not change with time (at sufficiently long time f remains unchanged with time at stationary regime) in contrast to finite system.

At constant supersaturation the number density of nuclei goes to its stationary value – see dashed lines in Fig. 2, but in finite system (full lines) depletion effect starts to play important role at sufficiently long time. In both cases the number density of monomers for short time is identical, so the transient time of nucleation seems to be the same in both cases.

At low initial supersaturation ($S=3$) the decrease of supersaturation is negligible and nucleation rate goes to its stationary value for arbitrary nucleus size – see Fig. 3. This behaviour corresponds to standard nucleation theory. Transient time of nucleation increases with nucleus size.

At high supersaturation ($S=7$) nucleation rate reaches some maximum, which depends on nucleus size and then it goes to zero at sufficiently long time for any size – see Fig. 4. It means that all nucleation rates are negligible, no nuclei are formed and system goes to equilibrium. At high supersaturation ($S=7$) the number density is much higher than at $S=3$ and strong depletion leads to increase of critical size. Larger nuclei are not formed – for details see (Kožíšek and Demo, 2007).

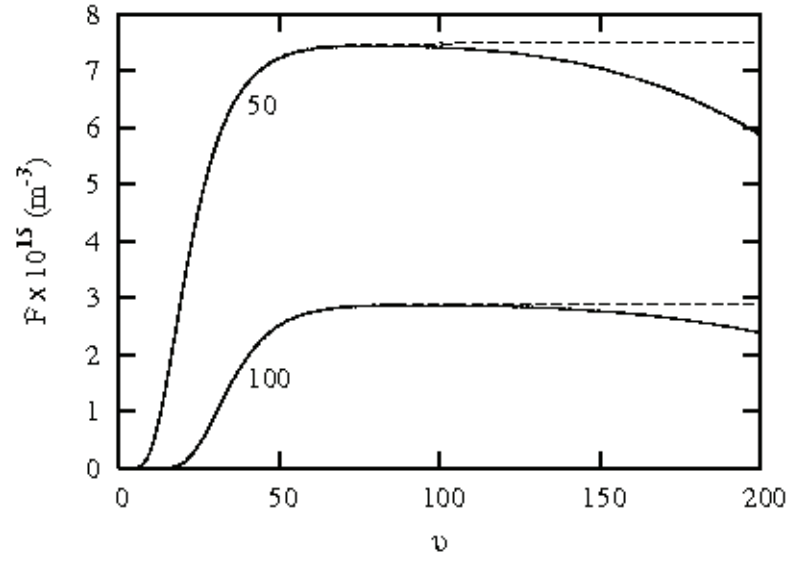


Fig. 2. The number density of nuclei, F , as a function of dimensionless time, v , for nucleus size $i = 50$ and 100 in finite system (full lines) and at constant supersaturation (dashed lines) at supersaturation $S=4.5$.

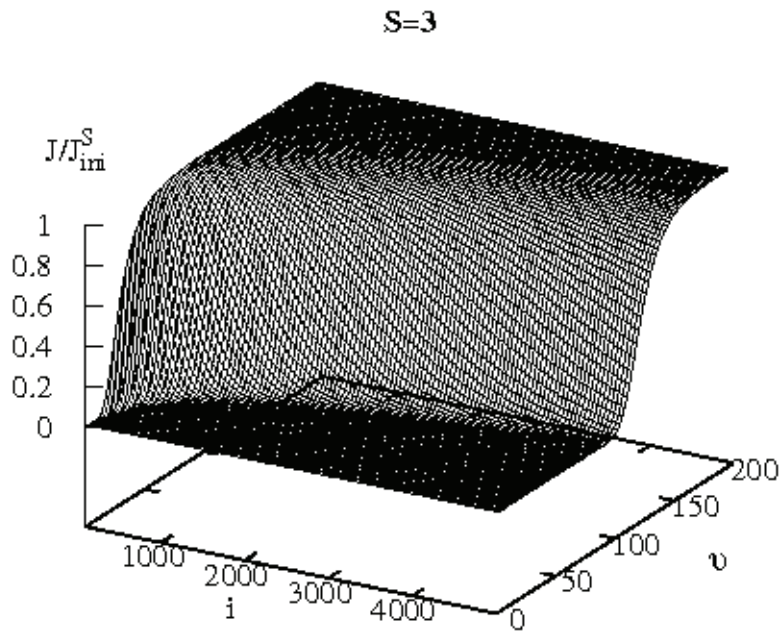
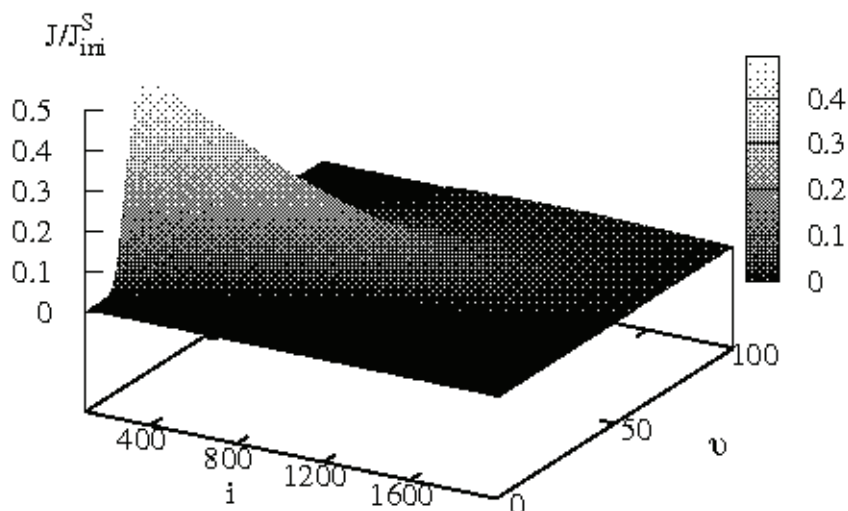


Fig. 3. Nucleation rate, J , scaled by the initial stationary nucleation rate, J_{ini}^S , as a function of nucleus size, i , and dimensionless time, v , at supersaturation $S=3$ in finite system.

CONCLUSIONS

Initial size distribution of nuclei in finite systems plays important role in nucleation process. At low supersaturation our model gives the same results as standard model and experimental data of

$$S=7$$



- Fig. 4. Nucleation rate, J , scaled by the initial stationary nucleation rate, J_{ini}^S , as a function of nucleus size, i , and dimensionless time, ν , at supersaturation $S=7$ in finite system.

stationary nucleation rate (depletion effect has no effect). At high supersaturation decrease of supersaturation in finite systems plays important role and phase transformation process differs from the system with constant supersaturation. Our model is more general and describes well nucleation in finite systems at low and high supersaturations. Standard model can be used in finite systems only at low supersaturations.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Grant no. 101/05/2214 of the Grant Agency of the Czech Republic.

REFERENCES

- Abraham, F.F. (1974). Homogeneous Nucleation Theory, *Academic*, New York.
- Kashchiev, D. (2000). Nucleation: Basic Theory with Applications, *Butterworth-Heinemann*, Oxford.
- Kožíšek, Z., Sato, K., Demo, P. and Sveshnikov, A.M. (2004). Homogeneous nucleation of droplets from supersaturated vapor in a closed system, *J. Chem. Phys.* **121**, 6660.
- Kožíšek, Z. and Demo, P. (2005). Influence of initial conditions on homogeneous nucleation kinetics in a closed system, *J. Chem. Phys.* **123**, 144502.
- Kožíšek, Z., Demo P., and Sveshnikov, A.M. (2006). Size distribution of nuclei in a closed system, *J. Chem. Phys.* **125**, 114504.
- Kožíšek, Z. and Demo, P. (2007). Influence of vapor depletion on nucleation rate, *J. Chem. Phys.* **125**, 114504.
- Mutaftschiev, B. (2001). The Atomistic Nature of Crystal Growth, *Springer*, Berlin.

CFD SIMULATION OF AEROSOL TRANSPORT INSIDE A ROOM FOR VARIOUS TYPES OF SPACE HEATING

P. PODOLJAK, J. KATOLICKÝ, M. JÍCHA

Brno University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Thermodynamics and Environmental Engineering, Brno, Czech Republic

Keywords: Indoor, aerosol transport, deposition, CFD modeling

INTRODUCTION

Suspended particles belong to the most dangerous pollutants in both outdoor and indoor environments. As people live most of the time in buildings (homes, offices, shopping centers etc.), where they are exposed to suspended particles by breathing the ambient air, the issue of transport and deposition of particles indoors gets more and more attention. Motion of particles in ventilated rooms is governed by the flow field, which determines their local and temporal concentrations and deposition. In the paper, transport of particles from outdoor environment and deposition indoors, as affected by different types of heating systems, is studied using Computational Fluid Dynamics.

PROBLEM DESCRIPTION AND FLOW CONFIGURATION

As a model room, the living room of an experimental house built in the campus of the Faculty of Mechanical Engineering was used. Its 3D view is in figure 1 where #2 shows window inlet and #4 heating radiators, #7 and #8 are slots below the doors where the air was extracted from the room.

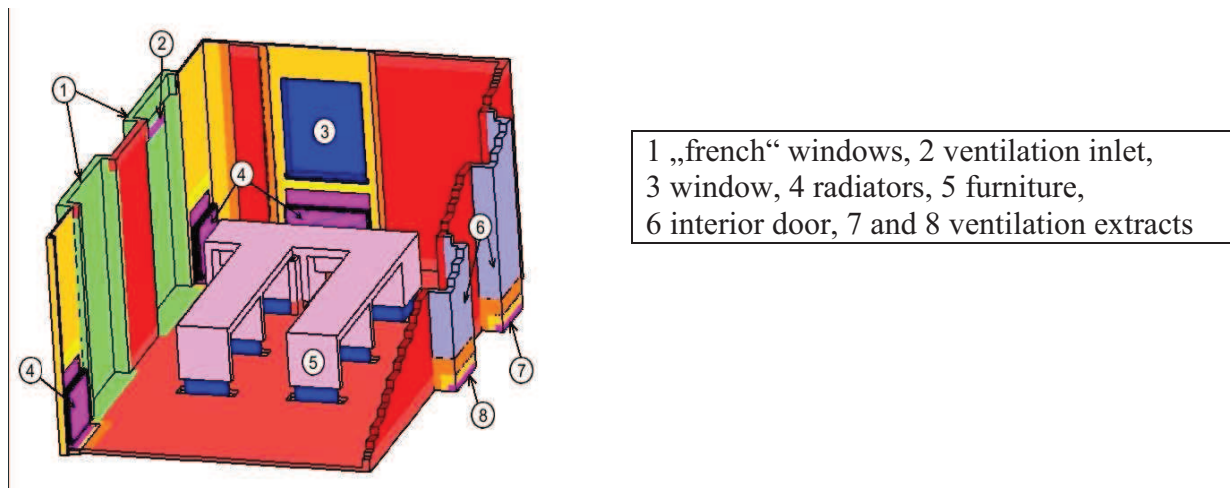


Fig.1 3D view of the model room

The air enters the room from outside through inlets of the hybrid ventilation system integrated in the upper part of the window frame. The basic scenario assumes two different outdoor temperatures and four indoor temperatures. Ceiling and floor heating systems and a typical heating system with a radiator located underneath the window are simulated. In total 12 variants were modeled, combining external and internal temperatures. Three size classes of particles were assumed, namely PM10, PM2.5 and PM1 with appropriate concentrations 8.7×10^{-8} , 2.175×10^{-8} and $1.088 \times 10^{-7} \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. Heating loads of all heating systems (radiators, floor and ceiling) were adjusted according to the required indoor temperature which was monitored in the position where the thermostat is located in

the actual room. To adjust the required heating loads, thermal resistances of all internal and external walls including ceiling and floor, and heat losses to the ambient environment were taken into account. Radiative heat transfer between internal surfaces was also solved using the discrete ordinate method with 256 patches defined on the surfaces.

To calculate deposition of particles, an in-house model was developed that assumes zero velocity for particles reaching wall cells. After particles settle down, they are removed numerically from the domain to avoid resuspension. For the deposition, 301 local regions were defined on all surfaces in the room so that each region has approximately $0.8 \times 0.8 \text{ m}^2$. As a model of turbulence, standard model $k-\epsilon$ was employed. A commercial CFD code StarCD was used.

RESULTS AND DISCUSSION

Velocity, temperature and void fraction fields were calculated and analyzed in 5 different planes in the room. Qualitative picture of particles transport and their spatial distribution is seen in Fig. 2 for three different types of heating.

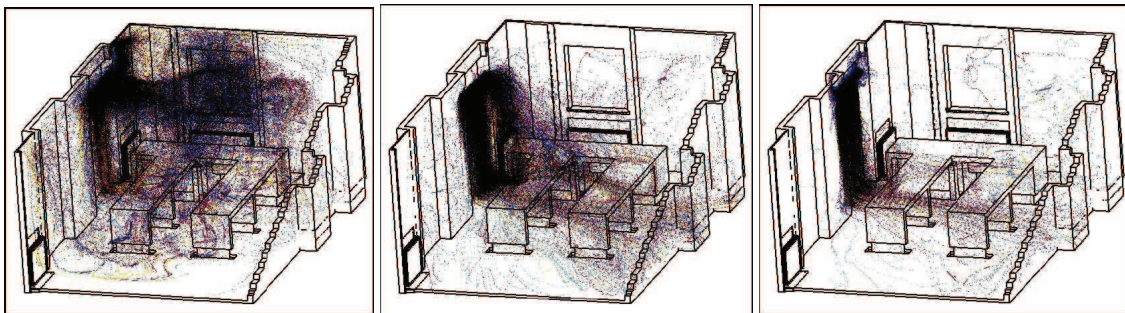


Fig. 2 Particles spatial distribution for radiator, floor and ceiling heating (from left to right)

Deposition of particles was analyzed on individual surface regions both as relative percentage of the total amount released into the domain and also as a surface flux in $\mu\text{g}/\text{m}^2$. An example is given in fig. 3 corresponding to floor heating with outdoor temperature $3,6 \text{ }^\circ\text{C}$ and indoor $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

CONCLUSIONS

There is a significant difference between the deposition of PM1 and PM2.5 on one side and PM10 on the other side. PM10 deposits much more on the floor and much less on the ceiling, which certainly results from the gravitational settling. On other surfaces the deposition is comparable for all PM's.

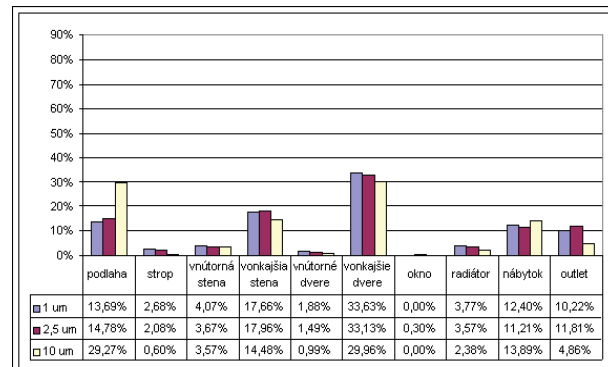


Fig. 3 Relative deposition for floor heating

ACKNOWLEDGEMENT

Financial support from the Czech Ministry of Transport through the project 1F54H/0989/520 is gratefully acknowledged.

CFD MODELING OF AEROSOL TRANSPORT AND DEPOSITION IN HUMAN AIRWAYS IN FULL BREATHING CYCLE

M. FORMAN, M. JÍCHA, J. KATOLICKÝ

Brno University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Thermodynamics
and Environmental Engineering, Brno, Czech Republic

Keywords: Human airways, full breathing cycle, CFD modeling, aerosol transport, deposition

INTRODUCTION

A numerical model of aerosol transport in human airways is presented that contains 6 bifurcations and several thousands terminations. The model was acquired from a CT scan of a living person and contains oral/nasal cavity, and tracheo-bronchial tree. Two breathing activities were modelled, namely resting conditions and heavy activity (maximum exercise) with appropriate tidal volumes, minute ventilation and breathing frequency. The inspiration/expiration cycle was modeled following the sinusoidal function. Euler-Lagrange approach was used to model aerosol transport and deposition in the airways. The total concentration of aerosol was assumed $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ divided into three classes PM10, PM5 a PM 1 with appropriate fractions. Computational modeling was performed using CFD approach with the commercial CFD code StarCD. Results of the modeling show the velocity field in several locations along the airways in different time steps of inspiration and expiration phases as well as temporal deposition of particles in individual generations of human airways.

CFD simulation of the airflow and particle transport and deposition in the human respiratory tract has been pursued by a number of researchers. Some recent examples (not exhaustive) are presented in Balashazy et al. (1996), Edwards (1996) and Sarangapani et al. (1999). While CFD simulation of the nasopharynx/oropharynx have been quite successful (Matida et al., 2002), the complexity of the human tracheo-bronchial tree has defied detailed simulation of airflow in anything else than small sections, see e.g. Zhang et al. (2002) and Comer et al. (2000).

PROBLEM DESCRIPTION AND FLOW CONFIGURATION

As a geometrical model, a High Resolution CT scan of a human was acquired from St. Anna University hospital in Brno – see Figure 1. The scan was transported into *.stl format, then smoothed and cleaned off unnecessary details and, by means of an automatic mesh generator, first the surface and then the volume mesh were created.



Fig.1 CT scan of human airways

For the modeling purposes, the nasal/oral cavity was omitted and the inlet to airways was placed above the glottis. The solution domain with selected planes in which results were analyzed is in Figure 2 (human front view). The model contains 3 millions of tetrahedral control volumes with high local refinement in locations of high velocity gradients. Two regimes, namely resting conditions and

maximum exercise, were simulated with the inlet conditions given in Tab.1. Both regimes were calculated in the transient mode inspiration /expiration that followed a sinusoidal curve according to the formula: $V(t) = V_t \sin(\omega t)$, where V_t is a tidal volume, ω is frequency and t is time. The total volume of the lungs determined from the CT scan was 4.1 liters.

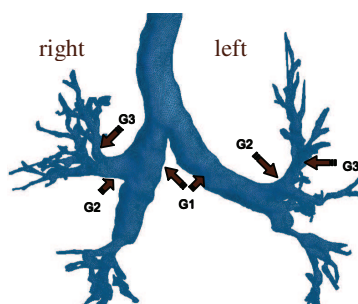


Fig. 2 Front view of the human airways

Calculations were done using $k-\omega$ model of turbulence and Euler-Lagrange Eddy Interaction Model by Gosman and Ioannides (1981) for particles transport; inlet conditions were ascribed as “inlet”, outlet as pressure conditions with identical relative pressure in all airway terminations.

Tab.1 Modeling scenario

	Resting conditions	Maximum exercise
Tidal volume V_t [liter]	0.5	3.33
Flow rate [l/min]	7.5	120
Breathing frequency [Hz]	0.25	0.8
Period [s]	4	1.25

Three size classes of particles with different concentrations were assumed in the inlet to trachea according to Tab. 2.

Tab.2 Aerosol characteristics

Particles diameter [μm]	Concentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
10	25
5	9
1	16

RESULTS AND THEIR DISCUSSION

In Figure 3, the mass deposition in the trachea relative to the total released into the trachea is presented in individual time of inspiration for resting conditions. One can see a large deposition of smallest particles with the size of $1\mu\text{m}$. A possible explanation is a very low Stokes number $\ll 1$ of such particles, which are caught in eddies and transported by turbulent diffusion towards the trachea wall. Particles with the size of $1\mu\text{m}$ and partly $5\mu\text{m}$ follow very well the sinusoidal breathing cycle. Larger $10\mu\text{m}$ particles deposit less as they are more determined by initial conditions and less by turbulence. They also deposit more uniformly in time – mainly in the epiglottis area due to impaction. Further we can see a massive increase of the deposition in the first half of inspiration cycle followed with a sharp decrease after the inspiration peak.

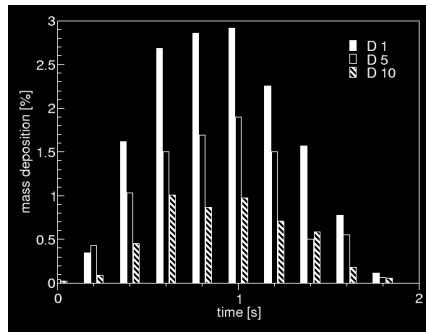


Fig. 3 Relative deposition in the trachea

In figure 4, deposition in the individual generations is presented. The deposition is normalized by mass of the total released into the airways. Individual bars indicate the percentage of the appropriate size. As we can see the smallest $1\ \mu\text{m}$ particles deposit less, which indicate that they are less sensitive to impaction. Particles $5\ \mu\text{m}$ and $10\ \mu\text{m}$ deposit in similar percentage, likely by impaction. The total deposition history from the 3rd generation downwards follows the sinusoidal cycle, which indicates a low Womersley number, which is a measure of the dichotomous behavior of the flow field in the oscillating breathing regime.

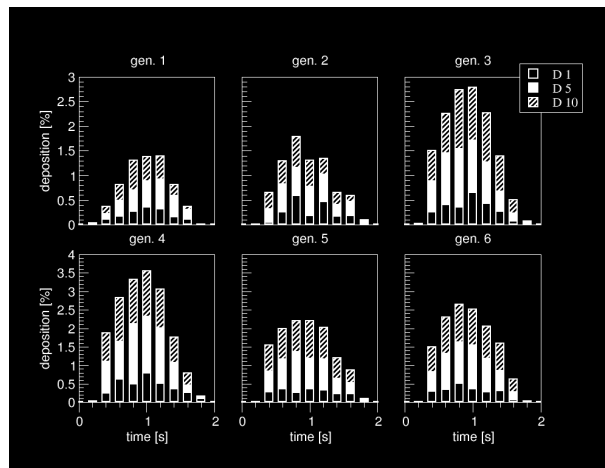


Fig. 4 Relative deposition in generations

In figure 5 we can see a strong difference in the deposition between the left and right trees. The deposition is relative only to particles in the appropriate generation and all sizes are considered.

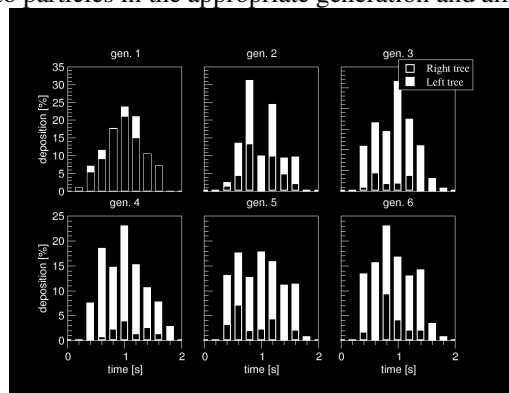


Fig. 5 Deposition in left and right trees

Except the 1st generation, more particles deposit in the left tree, which is well correlated with Reynolds number as can be seen from figure 6. In the 1st generation, the “right” Re number and also mass flow rate are lower, which results in the larger deposition. We can speculate that this is due to gravity, but it needs to be checked. In the 2nd generation, the trend is reversed and down to 6th generation the “left” Reynolds number and flow rate are lower, which again results in larger deposition likely by sedimentation.

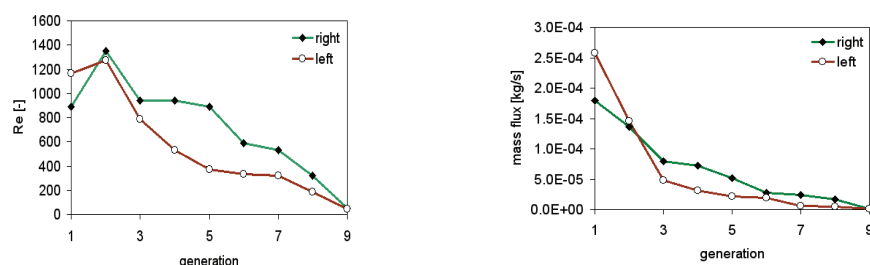


Fig. 6 Reynolds number (left graph) and mass flow rate (right graph) in the left and right trees

CONCLUSIONS

In real human airways, asymmetry in geometry between left and right trees and irregular down-scaling of diameters of airways cause asymmetry in the deposition. Smallest particles deposit mainly due to turbulent diffusion whereas larger particles due to impaction and gravitational settling. The majority of particles deposits during the inspiration period, before the inhalation peak.

ACKNOWLEDGEMENTS

Financial support from the Czech Ministry of Education and Youth through the COST project IP05OC028 is gratefully acknowledged.

REFERENCES

- Balashazy, I., Heistracher, T. and Hofman, W. (1996). Airflow and particle deposition patterns in bronchial airway bifurcation: the effect of different CFD models and bifurcation geometry, *J. Aerosol Med.* 9:287-301.
- Comer, J.K., Kleinstreuer, C. and Kim, C.S. (2000). Aerosol transport and deposition in sequentially bifurcating airways, *J. Biomechanical Eng.*, 122:152-158.
- Edwards, D.A. (1996). Numerical simulation of air and particle transport in the conducting airways, *J. Aerosol Med.* 9:303-316.
- Gosman, A.D. and Ioannides, E. (1981). Aspects of computer simulation of liquid fueled combustors, Paper AIAA-81-0323, 19th Aerospace Science Meeting, St. Louis, MO.
- Matida, E.A., Finlay, W.H., Lange, C.F. and Grgic, B. (2002). Improved numerical simulation of aerosol deposition in a idealized mouth-throat, *J. Aerosol Sci.* 35:1-19.
- Sarangapani, R. and Wexler, A. (1999). Modelling aerosol bolus dispersion in human airways, *J. Aerosol Sci.* 30:1345-162.
- Zhang, Z., Kleinstreuer, C., Kim, C.S. and Hickey, A.J. (2002). Aerosol transport and deposition in a triple bifurcation bronchial airway model with local tumor, *Inhalation Toxicology*, 14:1111-1133.

MEZNÍ RYCHLOST RESUSPENZE ČÁSTIC PM10 V PROSTŘEDÍ MĚSTSKÉ ZÁSTAVBY

J. POSPÍŠIL, M. JÍCHA,

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Technická 2, 61669 Brno
pospasil.j@fme.vutbr.cz, jicha@fme.vutbr.cz

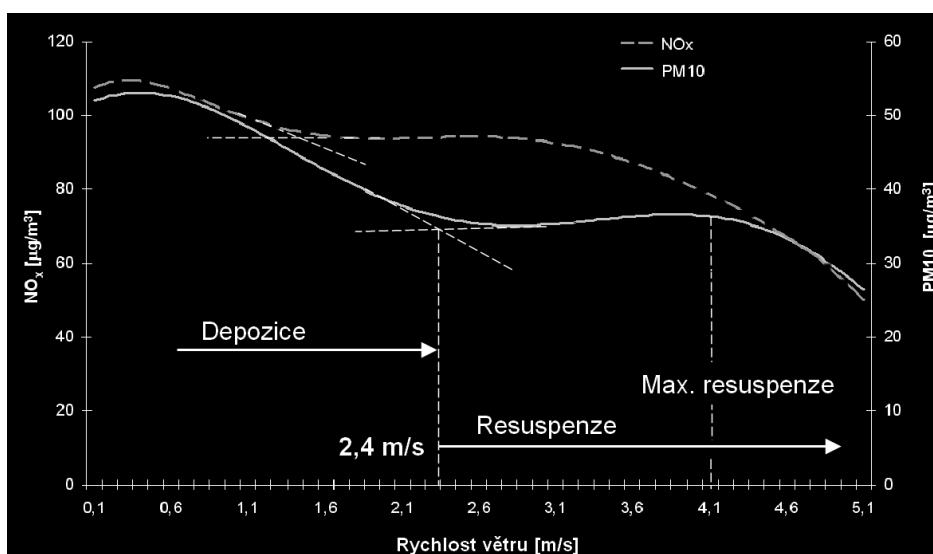
Klíčová slova: PM10, mezní rychlost resuspenze, městská zástavba

ÚVOD

Resuspenzí je označován proces, kdy dochází ke strhnutí částic dříve deponovaných na povrchové ploše vlivem proudění vzduchu nad touto povrchovou plochou. Resuspenze představuje v městských oblastech významný příspěvek ovlivňující celkovou koncentraci suspendovaných částic PM10 v ovzduší. V uplynulých letech byla na téma resuspenze částic publikována řada studií, které se zabývaly stanovením vztahu mezi rychlostí větru nad městskou zástavbou a intenzitou resuspenze. Dále byly publikovány výsledky výzkumu zaměřeného na popis vztahu mezi prouděním v mezní vrstvě horizontálního povrchu a intenzitou resuspenze částic. Oba přístupy vyžadují stanovit pro konkrétní velikost částic tzv. mezní rychlost resuspenze, při které k resuspenzi začne docházet. Tento článek navazuje na oba uvedené směry výzkumu a s využitím numerického modelování stanovuje vztah mezi mezní rychlostí resuspenze nad střechami budov a mezní rychlostí resuspenze nad povrchovou plochou pro modelový uliční kaňon vybraný z městské zástavby centrální části Brna.

MEZNÍ RYCHLOST VĚTRU ZPŮSOBUJÍCÍ RESUSPENZI

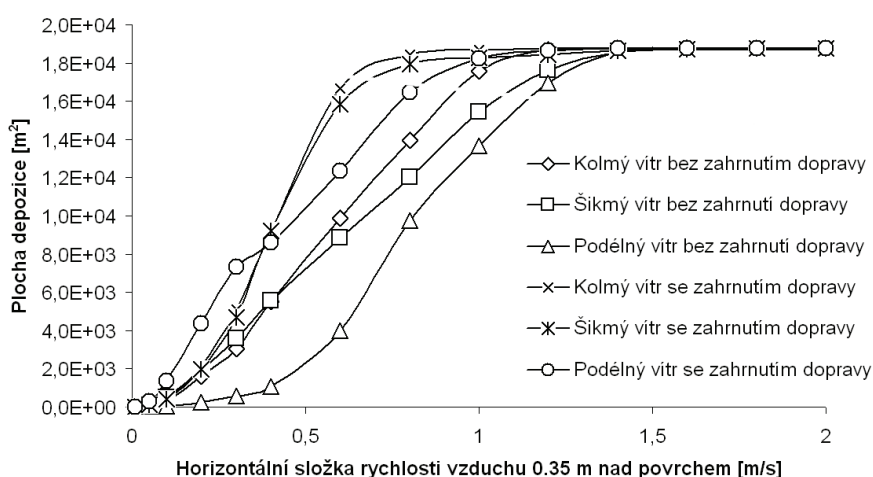
Pro stanovení mezní rychlosti větru způsobující resuspenzi částic PM10 bylo využito dlouhodobých záznamů systému automatického monitoringu kvality ovzduší města Brna. Desetiminutové hodnoty PM10, NO_x a rychlosti větru zaznamenané v průběhu roku 2005 byly zpracovány do podoby uvedené na obr. 1. Vyobrazená závislost vykazuje při nárůstu rychlosti větru nad 2,4 m/s významnou změnu trendu spojenou s nárůstem koncentrace částic PM10 v ovzduší. Vzhledem ke skutečnosti, že resuspenze představuje jediný zdroj částic přímo související s rychlostí větru, byla rychlost větru 2,4 m/s stanovena za mezní rychlost větru způsobující resuspenzi částic PM10 v sledované oblasti. Stanovená hodnota plně koresponduje s mezní rychlostí větru způsobující resuspenzi částic prezentovanou v obdobných studiích v rozsahu od 2,2 do 2,7 m/s.



Obr. 1 Závislost mezi rychlostí větru (10 m) a koncentrací PM10 získaná vyhodnocením dat z roku 2005 získaných ve vnitřní části Brna

MEZNÍ RYCHLOST RESUSPENZE V BLÍZKOSTI POVRCHOVÉ PLOCHY

S ohledem na rozmanitost geometrie městské zástavby je nemožné najít vhodné zobecnění popisu proudění uvnitř městské zástavby, a pro jeho detailní stanovení bylo využito CFD modelování využívající metody kontrolních objemů. Jako modelová oblast byla vybrána část městské zástavby s půdorysným rozměrem 1×1 km, zahrnující okolí ulice Kotlářské. Z předchozího vyhodnocení mezní rychlosti větru nad modelovou oblastí způsobující resuspenzi byla v numerickém modelu užitá rychlost větru 2,4 m/s. Testovány byly konfigurace s kolmým, šikmým (45°) a podélným směrem větru vůči ulici Kotlářské. Pro všechny uvedené směry větru byla řešena situace bez zahrnutí vlivu pohybujících se automobilů a se zahrnutím vlivu pohybujících se automobilů (Jícha et al., 2000). Ve výšce 0,35 m nad povrchem vozovky byla vyhodnocena závislost mezi velikostí složky rychlosti vzduchu tečné k povrchu a plochou povrchu ovlivněnou rychlostí rovnou nebo menší než vyhodnocovaná rychlost vzduchu, viz obr. 2.



Obr. 2 Závislost mezi velikostí složky rychlosti vzduchu tečné k povrchu a plochou povrchu ovlivněnou rychlostí rovnou nebo menší než vyhodnocovaná rychlost vzduchu

Z uvedených závislostí je patrné, že v rozmezí rychlostí vzduchu 0,25 – 1,25 m/s se objevuje oblast, kde malá změna rychlosti vzduchu způsobuje velkou změnu plochy ovlivněné oblasti. Toto chování vytváří dobré podmínky pro intenzivní resuspenzi při nárůstu rychlosti proudění. Střed uvedené „citlivé“ oblasti, 0,75 m/s, byl vyhodnocen jako mezní rychlost resuspenze nad povrchem. Tento výsledek koresponduje se závěry studií vykonaných nad horizontální plochou, ze kterých pro částice 10 μm o hustotě 1200 kg/m³, ve výšce 0,35 m/s vychází mezní rychlost resuspenze dle Cornelise a Gabrielse (2004) 0,72 m/s a dle Saha a Lu (2003) 0,96 m/s.

ZÁVĚR

Prezentované numerické modelování umožnilo najít vztah mezi mezní rychlostí větru nad střechami budov způsobující resuspenzi částic PM₁₀ a mezní rychlostí resuspenze v mezní vrstvě povrchových ploch. Což představuje klíčový krok pro hodnocení resuspenze z povrchů uvnitř městské zástavby.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory MŠMT v rámci řešení projektu COST - 1P04OC633.001.

LITERATURA

- Cornelis W. M., Gabriels D and Hartmann R. (2004) 'A Parameterisation for the Threshold Shear Velocity to Initiate Deflation of Dry and Wet Sediments', *Geomorphology* 59, 43-51
- Jícha M., Pospíšil J., Katolický J. (2000) 'Dispersion of pollution in street canyon under traffic induced flow and turbulence', *Environmental Monitoring and Assessment*, 65, 343-351
- Saho Y and Lu H (2003) 'A simple expression for wind erosion threshold friction velocity', *Journal of Geophysical Research* 1005 (D17), 22 437-22 443.

ALGORITMUS PRO SPOJOVÁNÍ VELIKOSTNÍCH DISTRIBUCÍ AEROSOLOVÝCH ČÁSTIC

J. ONDRÁČEK¹ a M. LAZARIDIS²

¹Laboratoř chemie a fyziky aerosolů, Ústav chemických procesů AV ČR, v.v.i.,
Rozvojová 135, 165 02, Praha, Česká Republika

²Department of Environmental Engineering, Technical University of Crete,
Chania, GR73100, Crete, Greece

Klíčová slova: velikostní distribuce aerosolových částic, SMPS, APS

ÚVOD

V průběhu měřících kampaní zahrnujících vzorkování vnitřních nebo venkovních aerosolů je obvykle potřeba monitorovat velikostní distribuce aerosolových částic v širokém rozsahu jejich průměrů (od jednotek nanometrů až k několika mikrometrům). Jednotlivé přístroje běžně používané pro měření velikostních distribucí aerosolových částic (SMPS, APS) nepokrývají tak široký rozsah velikostí částic. Nejjednodušším řešením, jak pokrýt požadované rozmezí velikostí částic, je použití několika přístrojů současně. Nejčastěji používanými přístroji pro taková měření jsou SMPS (Skenovací třídič pohyblivosti částic) – pokrývající rozmezí od jednotek nanometrů až těsně pod jeden mikrometr, a APS (Aerodynamický třídič částic) – měřící částice větší než cca 0,5 mikrometru. Problémy s uvedeným uspořádáním přístrojů mohou nastat v případě vyhodnocování naměřených dat a zejména pak při spojování těchto dat do jedné souvislé velikostní distribuce. Měření jednotlivých přístrojů je založeno na různých fyzikálních principech (tudíž jsou měřeny různé fyzikální veličiny - APS měří aerodynamický průměr částic, SMPS měří průměr částic odpovídající jejich elektrostatické pohyblivosti), což je jedním z faktorů způsobujících výše zmíněné problémy. Dokonce ani použití přístrojů měřících na základě stejného fyzikálního principu nebo použití přesně stejného typu přístroje nezaručuje vždy nejlepší řešení. Ani kalibrace přístrojů s použitím stejného monodisperzního aerosolu není ve většině případů schopna zajistit uspokojivé výsledky (Khlystov et al., 2004).

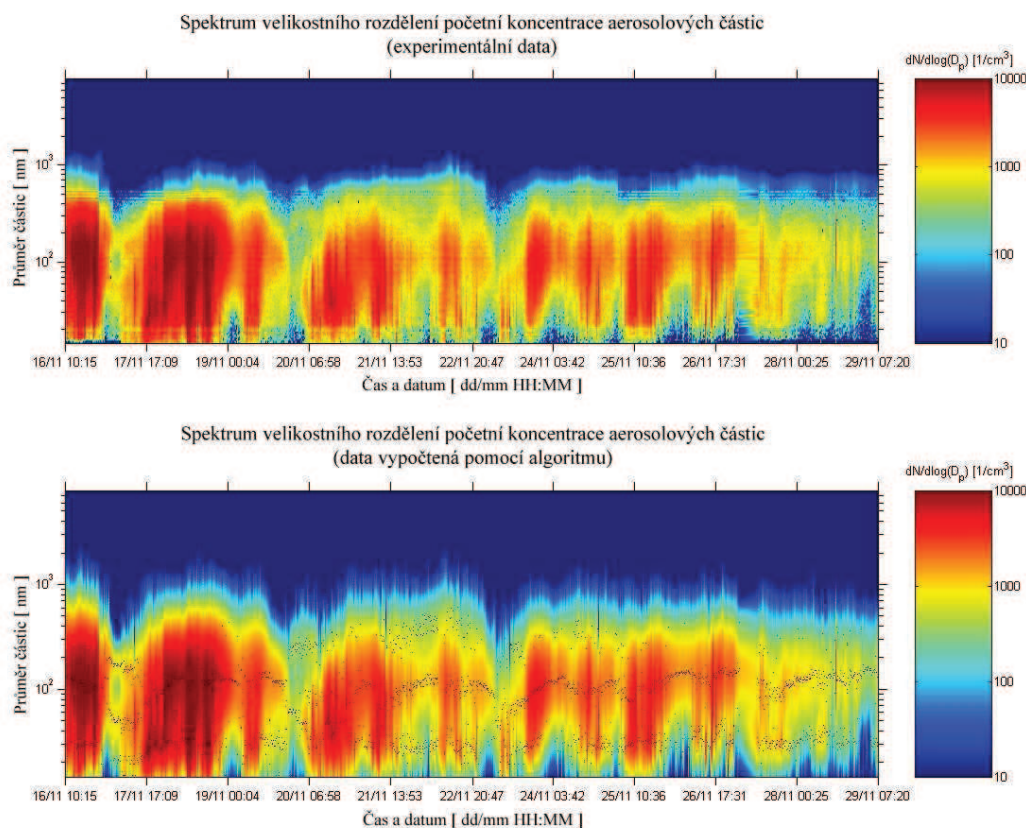
METODIKA

Tento příspěvek popisuje algoritmus pro spojování velikostních distribucí aerosolových částic (pro početní koncentrace) získané s použitím více různých přístrojů. Algoritmus nevyžaduje téměř žádné předpoklady ohledně tvaru výsledné velikostní distribuce (kromě předpokladu lognormálního rozdělení) před započítáním vlastních výpočtů. Algoritmus umožňuje převést aerodynamický průměr částic na průměr částic odpovídající jejich elektrostatické pohyblivosti (Khlystov et al., 2004). K popisu výsledné velikostní distribuce kód používá multi-lognormální model (Whitby, 1978) s použitím tří parametrů (mód, počet částic a směrodatná odchylka každého píku-módu dané distribuce). Jako vstupní podmínku kód používá maximální počet lognormálních módů a fyzikální vlastnosti aerosolových částic (hustota a tvarový faktor) pro přepočítání průměrů částic (z aerodynamického na průměr odpovídající jejich elektrostatické pohyblivosti). Zdrojová data získaná z jednotlivých přístrojů jsou nejprve přepočtena do standardního formátu $dN/d\log(D_p)$ a poté seřazena podle rostoucí velikosti aerosolových částic. Následně jsou data v oblastech překryvu měřícího rozsahu jednotlivých přístrojů podrobena jednoduché proceduře umožňující minimalizovat rozdíl mezi hodnotami naměřenými pomocí různých přístrojů. Algoritmus umožňuje včlenění předdefinovaných omezujících podmínek pro lepší fyzikální interpretaci výsledné multi-lognormální velikostní distribuce. Funkčnost algoritmu byla ověřována na rozsáhlých souborech dat z několika měřících kampaní z různých evropských velkoměst (Athény, Miláno, Oslo, Praha).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Porovnání zkrigovaných experimentálních dat (odstranění odlehlých hodnot a provedení filtrace dat v oblasti překryvu měřících rozsahů jednotlivých přístrojů) a dat vypočtených pomocí prezentovaného

algoritmu ukázalo uspokojivé výsledky (např. Obr. 1). Nejlepší shoda mezi experimentálními a modelovými daty byla dosažena v případě, že v průběhu měření došlo k výraznějšímu zvýšení početní koncentrace aerosolových částic (např. při měření vnitřních koncentrací v průběhu vaření nebo při dalších domácích pracích). Pokud měření probíhala za ustálených podmínek a při nízkých početních koncentracích aerosolových částic, byla procedura modelování výsledné velikostní distribuce značně náročnější, a to jak z hlediska potřebného výpočetního času, tak i s ohledem na dosaženou shodu mezi experimentálními a modelovými daty. V případě ustálených podmínek vykazovala experimentální data velkou míru fluktuací i po provedení analýzy odlehých hodnot a slučovací procedury v oblasti překryvu měřicích rozsahů jednotlivých přístrojů.



Obr. 1. Spektrum velikostního rozdělení početní koncentrace aerosolových částic pro soubor venkovních dat naměřených v Praze (SMPS+APS), a) experimentální data, b) data vypočtená pomocí algoritmu (body – poloha módů jednotlivých píků pro každou velikostní distribuci).

ZÁVĚR

Prezentovaný algoritmus může být využit jako jednoduchý nástroj pro spojování velikostních distribucí aerosolových částic z různých přístrojů a také pro určení tvaru velikostních distribucí a stanovení parametrů multi-lognormálního modelu. Nová verze řídicího programu spektrometru (SMPS nebo APS), zahrnující korekce na difuzní ztráty, by měla umožnit minimalizovat fluktuace experimentálních dat a následně tedy vylepšit i shodu mezi experimentálními a modelovými daty a to zejména v případě ustálených podmínek.

LITERATURA

- Khlystov, A., Stanier, C., Pandis, S., N. (2004) An Algorithm for Combining Electrical Mobility and Aerodynamic Size Distributions Data when Measuring Ambient Aerosol, *Aerosol Science and Technology*, **38**(S1), 229 – 238.
- Whitby, K. H. (1978) The Physical Characteristics of Sulfur Aerosols. *Atmospheric Environment* **12**, 135-159.

EXPERIMENTÁLNÍ URČENÍ PENETRACE AEROSOLU DENUDÉREM

L. DŽUMBOVÁ¹, V. ŽDÍMAL¹, J. SCHWARZ¹, J. SMOLÍK¹, J.P. PUTAUD²

¹Laboratoř chemie a fyziky aerosolů, Ústav chemických procesů AV ČR, v.v.i.,
Rozvojová 135, 165 02, Praha, Česká Republika

²Institute for Environment and Sustainability, Joint Research Centre, T.P. 290, 210 20, Ispra, Itálie

Klíčová slova: denudér, penetrace částic

ÚVOD

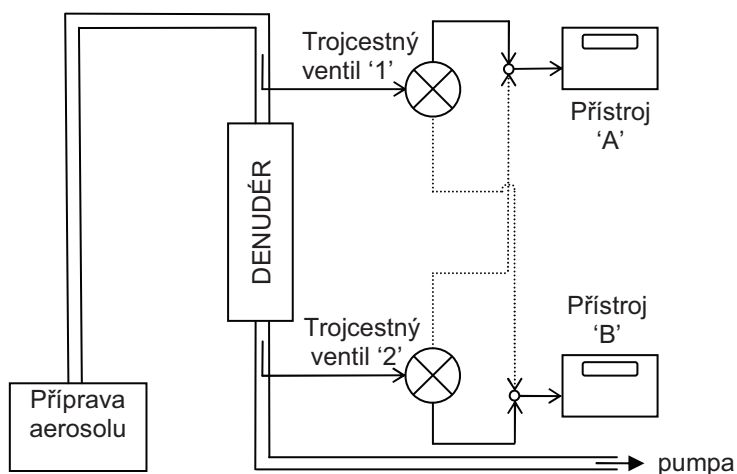
Jedním z cílů projektu EUSAAR (EUropean Supersites for Atmospheric Aerosol Research) je zdokonalit vzorkování aerosolových částic obsahujících uhlík tak, aby následná analýza organického (OC) a elementárního uhlíku (EC) byla zatížena co nejmenší chybou. Proto byl před křemenný filtr, na kterém by se jinak z plynné fáze adsorbovaly organické látky, předřazen voštinový denudér (R&P, NY, U.S.A.). Bylo třeba změřit, s jakou účinností se v denudéru zachytily organické látky, a současně jaké procento aerosolových částic denudérem prošlo. Tento příspěvek popisuje metodu měření a následného vyhodnocení účinnosti penetrace aerosolových částic při průchodu denudérem.

EXPERIMENT

Schéma aparatury je uvedeno na Obr. 1. Vzhledem k tomu, že penetrace částic měla být stanovena pro široký rozsah jejich velikostí, byly použity dvě konfigurace aparatury. V obou případech byl připravený aerosol odebírán jedním analyzátozem před denudérem a druhým za ním. Systém dvou trojcestných ventilů, přepínaných souběžně ve zvolených časových intervalech, umožňoval kompenzovat jak odchylky mezi analyzátozem, tak případnou nestálost generovaného aerosolu. Také vzorkovací tratě před a za denudérem byly identické, aby i případné ztráty částic v obou částech byly stejné (Baron & Willeke, 2001).

První konfigurace byla použita pro částice v rozmezí velikostí 0.02-0.4 μm . Částice byly generovány z roztoku síranu amonného rozprašovačem AGK-2000 (Palas GmbH, Německo), požadovaná velikostní frakce byla vybírána v elektrostatickém třídíči EC 3080 s diferenciálním analyzátozem pohyblivosti DMA 3081 (TSI Inc., USA) a přebytečný náboj na částicích byl odstraněn při jejich průchodu neutralizátorem ²⁴¹Am. Koncentrace částic byla měřena kondenzačními čítači částic CPC 3022 a CPC 3025 (oba TSI).

Větší částice o průměru 0.6 - 5 μm byla měřeny ve druhé konfiguraci. Zde byly částice DEHS připravovány v generátoru MAG-3000 (Palas GmbH, Německo), za kterým byl zařazen kapilární ředič (ÚCHP AV ČR). Početní koncentrace částic byla určována pomocí dvou aerodynamických třídíčů částic APS 3321 (TSI).



Obrázek 1. Schéma aparatury pro měření účinnosti penetrace aerosolových částic

ZPRACOVÁNÍ DAT

Výsledná účinnost penetrace částic denudérem byla počítána podle vzorce:

$$P_{DD} = \sqrt{\frac{C_{2B}}{C_{1A}} \cdot \frac{C_{2A}}{C_{1B}}}, \text{ kde}$$

P_{DD} – účinnost penetrace částic o průměru D denudérem

C_{2B} – početní koncentrace částic za (2) denudérem měřená přístrojem B

C_{1A} – početní koncentrace částic před (1) denudérem měřená přístrojem A

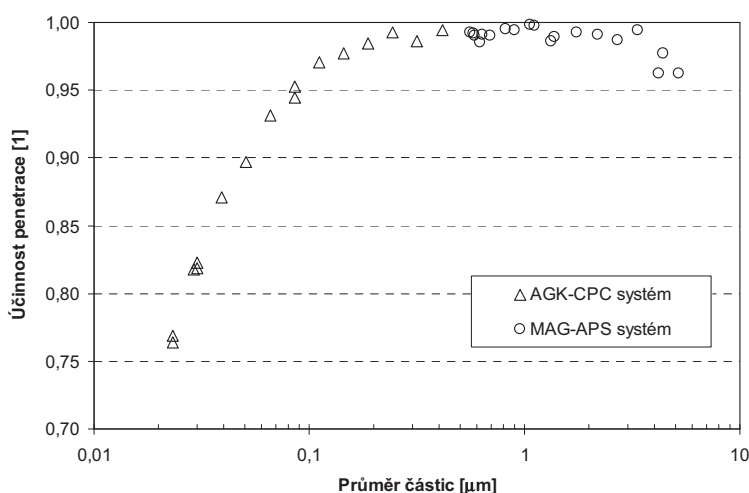
C_{2A} – početní koncentrace částic za (2) denudérem měřená přístrojem A

C_{1B} – početní koncentrace částic před (1) denudérem měřená přístrojem B

VÝSLEDKY A DISKUZE

Naměřená závislost účinnosti penetrace částic na jejich velikosti je znázorněna na Obr. 2. Nejnižší penetrace, asi 75%, a tedy největší ztráty byly naměřeny pro částice o velikosti 0.02 μm , pro další velikosti, např. 0.1, 1 a 5 μm , byly penetrace denudérem 95%, 99.5% a 96%, v tomto pořadí. Teoretické výsledky Madera a kol. (2003) ukázaly, že penetrace částic o průměrech 0.1 μm a 1 μm voštinovým denudérem by měly být 98% a 99.8%.

Ztráty ultrajemných částic ($< 0.1 \mu\text{m}$) jsou způsobeny téměř výhradně difúzí částic ke stěnám denudéru. Jediným mechanismem, kterým jsou v denudéru zachycovány hrubé částice ($> 1 \mu\text{m}$), je setrvačná impakce při změnách směru proudu na voštinách. Gravitační usazování v tomto případě na ztráty nemá téměř žádný vliv, neboť denudéry bývají provozovány vertikálně.



Obrázek 2. Účinnost penetrace aerosolových částic

PODĚKOVÁNÍ

Autoři děkují projektu EUSAAR: RII3-CT-2006-026140 za finanční podporu této práce.

LITERATURA

- Baron, P. A., & Willeke, K. (2001). *Aerosol Measurement: Principles, Techniques and Applications*. New York, USA: John Wiley and Sons, Inc.
- Mader, B.T., Schauer, J.J., Seinfeld, J.H., Flagan, R.C., Yu, J.Z., Yang, H., Lim, H.-J., Turpin, B.J., Deminter, J.T., Heidemann, G., Bae, M.S., Quinn, P., Bates, T., Eatough, D.J., Huebert, B.J., Bertram, T., & Howell, S. (2003). Sampling methods used for the collection of particle-phase organic and elemental carbon during ACE-Asia, *Atmospheric Environment*, **37**, 1435-1449.

OVĚŘENÍ METODY STANOVENÍ DEPOZIČNÍHO TOKU ČÁSTIC AEROSOLU V EXPERIMENTÁLNÍ KOMOŘE

J. HEMERKA, A. HRUŠKA, J. TROJAN

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní ČVUT v Praze

Klíčová slova: Depozice aerosolu, experimentální komora, metoda vyhodnocení

ÚVOD

Převážnou část svého života pobývá člověk ve vnitřním prostředí, jehož stav je dán jako výsledek působení vnitřních zdrojů, depozičních procesů, akumulace a výměny vzduchu s vnějším ovzduším. Výzkum depozičních procesů objasňuje chování aerosolů ve vnitřním prostředí a tím i výsledný stav vnitřního prostředí z hlediska znečištění. Podobně jako v ostatních oborech se výzkum ubírá jak cestou teoretického popisu chování aerosolů, tak cestou experimentů na modelech i dílech. Přehled faktorů ovlivňujících chování aerosolů ve vnitřním prostředí je uveden v (Smolík a Barták, 2003).

Teoretické modely chování aerosolů v komorách různých tvarů vyústily v současnosti nejpoužívanější model depozice, který počítá se závislostí depoziční rychlosti na velikosti částice a jehož jedinými parametry jsou geometrie prostoru a třecí rychlost částic v prostoru. Předpoklad vírové difúze v mezní vrstvě byl vytvořen na základě studií turbulentní difúze v blízkosti stěn a byly vytvořeny nové vztahy pro depoziční rychlosti pro zcela hladké stěny (Lai a Nazaroff, 2000).

Experimentální výzkum se převážně soustřeďuje na zkušební komory, kde lze jasně definovat podmínky experimentu a při vyšetřování daného vlivu více eliminovat vlivy ostatní.

DEPOZICE AEROSOLŮ V EXPERIMENTÁLNÍCH KOMORÁCH – SOUČASNÝ STAV

Nejzásadnější experimenty v problematice depozice aerosolů v testovací komoře byly publikovány v posledních dvanácti letech (Byrne a kol., 1995; Cheng, 1997; Lai, 2002; Lai a Nazaroff, 2005). Tyto experimenty se uskutečnily v komorách různých tvarů (pravoúhlé, sférické, válcové) a vyrobených z různých materiálů (sklo, plast nebo hliník), které dobře odolávají korozivním vlivům aerosolů. Výhodou kovových komor je možnost uzemnění (odstranění vlivu elektrostatického pole konstrukce). Komory plastové se musejí během experimentů pravidelně stříkat antistatickými spreji. Tyto experimenty většinou předpokládaly homogenní proudění v místnosti (modelu místnosti) a užití monodispersního souboru částic o nízkých koncentracích (vyloučení vlivu koagulace). Byly zkoumány jevy jako jsou elektrostatický drift, setrvačnost částic, termofórze, vliv drsnosti stěn a přenos částic skrze mezní vrstvy při různých pohybech vzduchu (přirozené konvekci na stěnách, nuceném laminárním proudění okolo stěn a homogenní turbulenci v celém objemu místnosti atd.). V rámci projektu GAČR byly v ÚChP AV ve spolupráci s naším pracovištěm na komoře 1 m³ sledovány vlivy drsnosti, koagulace u polydisperzního a bimodálního aerosolu a koncentrace na depozici aerosolu (Hruška a kol., 2006).

I když existují experimentální výsledky poklesu koncentrací a tudíž depozičních toků v reálných obytných místnostech a dílčí výsledky experimentů ve zkušebních komorách, jsou stále nedostatečně objasněny jevy, které ovlivňují chování aerosolů v reálném vnitřním prostředí, např. vliv infiltrace napříč obytnou místností, vliv vnitřního proudění, vyvolaného otopnými tělesy a dalšími vnitřními zdroji, vliv proudění u nuceného větrání, vliv vnitřního vybavení místnosti.

KOMORY DEPOZIČNÍCH PROCESŮ

Pro vlastní experimentální výzkum depozičních procesů se používají zmenšené modely vnitřních prostorů s objemem od litrů do několika metrů krychlových. Jejich hlavní výhodou oproti experimentům v reálných místnostech je zejména možnost přesné kontroly podmínek experimentu – teploty, výměny vzduchu, vlhkosti, atd. Princip měření je ve své podstatě u většiny těchto

experimentálních komor podobný. Do promíchávaného uzavřeného prostoru se přivede „přírodní“ nebo lépe uměle vyrobený aerosol a po krátkém promíchání se z komory začne odebírat vzduch a měřit jeho koncentrace. Odběr je nutno kompenzovat přívodem stejného množství vzduchu filtrovaného. V komoře pak dochází ke snižování koncentrace aerosolových částic jednak vlivem kompenzace vzduchu – tedy v podstatě větráním, jednak vlastními depozičními procesy.

Z bilance částic v experimentálním prostoru lze pro pokles početní koncentrace částic v čase $C(t)$, bez vnitřních zdrojů a za předpokladu dokonalé filtrace venkovního vzduchu, psát vztah

$$C(t) = C_0 \exp(-\lambda^* t) \quad (1)$$

kde C_0 je počáteční koncentrace částic a $\lambda^* (\text{h}^{-1})$ je součinitel, zahrnující jak vlastní depoziční tok částic $\beta (\text{h}^{-1})$, tak výměnu vzduchu (intenzitu větrání) $\lambda (\text{h}^{-1})$

$$\lambda^* = \lambda + \beta \quad (2)$$

Cílem vyhodnocení experimentu je z křivek poklesu koncentrace částic oddělit vliv výměny vzduchu (infiltrace) – součinitel λ a vlastní depoziční tok částic – součinitel β , ovlivněné podmínkami experimentu.

EXPERIMENTY A METODA VYHODNOCENÍ

V rámci řešení výzkumného záměru Technika životního prostředí, obecně zaměřeného na oblast vnitřního prostředí, se na našem pracovišti jako jedno z více témat řeší problematika depozice aerosolů ve vnitřním obytném prostředí. Tato problematika představuje oproti idealizovaným případům určitá specifika, zmíněná v předcházejícím textu, jejichž vliv dosud nebyl v dostatečné míře experimentálně vyšetřován. Plánovaný výzkum na našem pracovišti, s omezenými možnostmi aerosolové techniky, by měl dílčím způsobem přispět k objasnění některých vlivů.

Pro vlastní experiment byla navržena a vyrobena pravoúhlá měřicí komora o rozměrech $1 \times 0,857 \times 0,643$ m, která je modelem normalizované místnosti v měřítku 1:4,2 a je vyrobena ze slitiny hliníku s leštěným povrchem. Objem komory je $0,551 \text{ m}^3$. Jako zdroj aerosolu se podle povahy experimentu předpokládá buď přírodní aerosol, dále kouřové trubice nebo umělé aerosoly pro zviditelnování proudu, případně tabákový kouř.

Pro vyhodnocení se používá počítač částic Grimm 1.109, též Particle Size Analyzer nebo Optical Particle Counter. Jedná se o malý přenosný přístroj určený pro kontinuální měření koncentrace aerosolových částic (prachu) v atmosféře. Pracuje na principu rozptylu světla na částicích. Měřicí rozsah od $0,25$ do $32 \mu\text{m}$ je rozdělen do 30 velikostních intervalů – kanálů. Pro odběry vzorků je přístroj vybaven pumpou s konstantním objemovým průtokem $1,2 \text{ l/min}$. Přístroj umožňuje měřit koncentrační spektra v reálném čase ve velice krátkém intervalu $1 \times$ za 6 s .

I když je odsávaný objemový průtok $1,2 \text{ l/min}$ relativně malý, představuje u zkušební komory o objemu $0,551 \text{ m}^3$ intenzitu větrání $\lambda = 0,1307 \text{ h}^{-1}$. U víceminutových odběrů pak tento odsátý objem významným způsobem ovlivňuje časový průběh koncentrace částic, neboť hodnota intenzity větrání λ je srovnatelná s běžnými hodnotami depozičních toků β .

Cílem práce bylo navrhnout metodu, kterou se při vyhodnocení časového průběhu poklesu koncentrace částic při stanovení depozičního toku β eliminuje vliv odsátého objemu.

Navržená metoda je založena na porovnání modelu časového průběhu poklesu koncentrací, který odpovídá časovému režimu experimentu, s experimentálně zjištěným průběhem. Časový režim experimentu je charakteristický rozdělením časového úseku na samotnou depoziční částic $\Delta\tau_{\text{dep}}$ a odběr vzorku $\Delta\tau_{\text{odb}}$, kdy probíhá současně depoziční tok částic a odběr vzorku.

Za předpokladu exponenciálního průběhu časového poklesu koncentrací (1) lze po dobu samotné depoziční $\Delta\tau_{\text{dep}}$ časový průběh poklesu koncentrací vyjádřit vztahem

$$C_i = C_{i-1} \cdot \exp[-\beta \cdot \Delta\tau_i] \quad (3)$$

kde C_i / C_{i-1} je pokles koncentrace částic za časový krok výpočtu $\Delta\tau_i = 1 \text{ min} = 0,01667 \text{ h}$. Po dobu odběru vzorku $\Delta\tau_{odb}$ vyjádříme časový průběh poklesu koncentrací vztahem

$$C_i = C_{i-1} \cdot \exp[-(\beta + \lambda) \cdot \Delta\tau_i] \quad (4)$$

Výpočet provedeme pro reálný rozsah hodnot depozičních toků β a získáme pole časových průběhů poklesu koncentrací pro konkrétní hodnotu intenzity větrání λ a konkrétní časový režim experimentu, daný časovými úseky $\Delta\tau_{dep}$ a $\Delta\tau_{odb}$. Jestliže jsou hodnoty časových úseků srovnatelné, má časový průběh poklesu koncentrace typický pilový průběh, jestliže je $\Delta\tau_{dep} \gg \Delta\tau_{odb}$, je časový průběh téměř hladký. Stanovení hodnot depozičních toků částic β získáme porovnáním skutečného poklesu koncentrací dané frakce s modelovým výpočtem s příslušným parametrem β . S výhodou lze využít semilogaritmické souřadnice, ve kterých se časový průběh poměru koncentrací zobrazuje jako přímka. V případě realizace experimentu s podmínkou $\Delta\tau_{dep} \gg \Delta\tau_{odb}$, lze depoziční tok částic β stanovit i dalším způsobem. Časový průběh koncentrace se v souladu se vztahem (1) proloží hladkou exponenciální křivkou a pro součinitel λ^* (h^{-1}) budeme psát

$$\lambda^* = \lambda_{ekv} + \beta \quad (5)$$

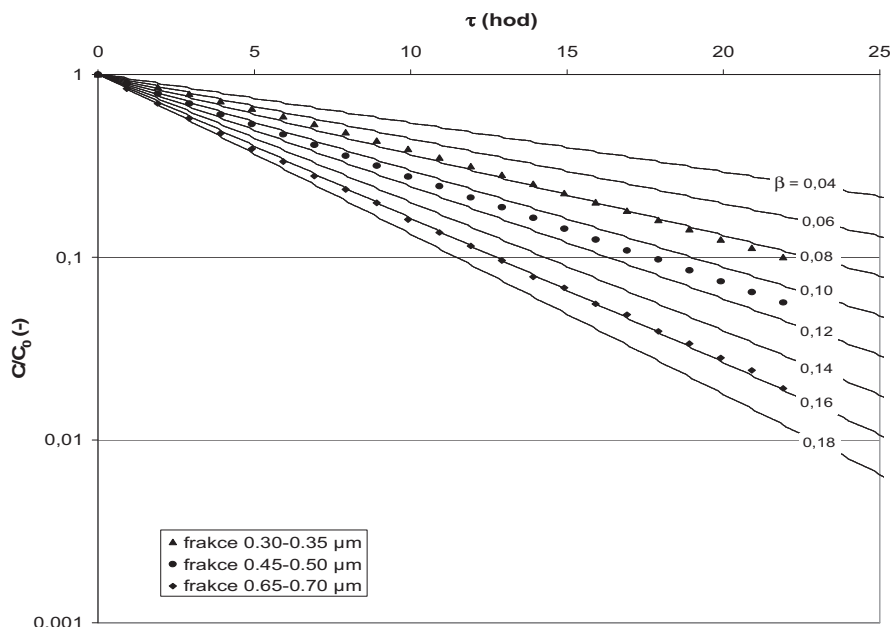
kde λ_{ekv} (h^{-1}) vyjadřuje ekvivalentní kontinuální intenzitu větrání, stanovenou ze skutečné hodnoty λ přepočtem dle vztahu

$$\lambda_{ekv} = \lambda \frac{\Delta\tau_{odb}}{\Delta\tau_{odb} + \Delta\tau_{dep}} \quad (6)$$

Známe-li hodnotu intenzity větrání λ vyvolanou počítačem částic při odběru vzorku a časový režim experimentu, daný časovými úseky $\Delta\tau_{dep}$ a $\Delta\tau_{odb}$, můžeme pro daný experiment stanovit hodnotu λ_{ekv} (h^{-1}) a ze vztahu (5) hledaný depoziční tok částic β (h^{-1}).

OVĚŘENÍ METODY

Uvedená metoda stanovení depozičního toku částic β (h^{-1}) byla ověřena na výše popsané zkušební komoře o objemu $0,551 \text{ m}^3$ s odběrem vzorku představujícím intenzitu větrání $\lambda = 0,1307 \text{ h}^{-1}$. Jako ukázka stanovení depozičního toku částic β (h^{-1}) je na následujícím obrázku uvedeno vyhodnocení experimentu s časovým režimem $\Delta\tau_{dep} = 50 \text{ min}$ a $\Delta\tau_{odb} = 10 \text{ min}$. Pro přehlednost jsou zde vyneseny časové průběhy poměru koncentrací C/C_0 pouze pro několik frakcí velikostí částic $\Delta a = 0,30 - 0,35 \mu\text{m}$, $0,45 - 0,50 \mu\text{m}$ a $0,65 - 0,70 \mu\text{m}$. Příslušné hodnoty depozičního toku částic β (h^{-1}) jsou uvedeny v tabulce, kde jsou pro porovnání uvedeny i hodnoty β stanovené proložením závislosti $C/C_0(\tau)$ hladkou exponenciální křivkou (λ^*) a následně vyčíslením dle vztahu (5) jako $\beta = \lambda^* - \lambda_{ekv}$.



Δa (μm)	β (h^{-1}) porovnání s modelem	β (h^{-1}) stanovení dle (5) a (6)
0,30 – 0,35	0,07 – 0,085	0,088
0,45 – 0,50	0,105 – 0,110	0,110
0,65 – 0,70	0,158 – 0,170	0,169

ZÁVĚR

Navržená metoda umožňuje stanovit hodnoty depozičních toků částic β (h^{-1}) u experimentů na zkušební komoře, kde intenzita větrání λ (h^{-1}), vyvolaná odběrem vzorku částic na počítač částic, významným způsobem ovlivňuje časový průběh poklesu koncentrací a nelze ji zanedbat. Z porovnání experimentálně zjištěného průběhu poměru koncentrací $C/C_0(\tau)$ dané frakce s modelovým výpočtem poklesu koncentrací, kde intenzita větrání λ (h^{-1}) a časový režim experimentu ($\Delta\tau_{\text{dep}}$ a $\Delta\tau_{\text{odb}}$) jsou pro daný experiment konstantami a depoziční tok β (h^{-1}) je jako parametr, získáme zároveň představu o případných změnách depozičního toku β v průběhu času, tedy rozsahu hodnot.

Z porovnání výsledků stanovení depozičních toků částic β (h^{-1}) navrženou metodou a proložením hladkou křivkou s uvažováním ekvivalentní kontinuální intenzity větrání λ_{ekv} (h^{-1}) vyplývá, že oba postupy dávají srovnatelné výsledky. Malé rozdíly u jemných frakcí 0,30 – 0,35 μm jsou způsobeny tím, že k vyhodnocení β postupem pomocí λ_{ekv} byla u této frakce použita až druhá polovina časového průběhu poměru koncentrací $C/C_0(\tau)$.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vzniknul v rámci podpory výzkumného záměru MSM6840770011.

LITERATURA

- Byrne M. A., Goddard A. J. H., Lange C., Roed J. (1995). Stable tracer aerosol deposition measurements in a test chamber, *J. Aerosol Sci.*, 26(4), pp. 645-653.
- Hruška A., Hemerka J., Dohányosová P., Smolík J. (2006). Experimental studies of the aerosol dynamics in the test chamber. Report Series in Aerosol Science, Helsinki, s.98-102, ISBN 952-5027-76-7.
- Cheng Y.S. (1997). Wall deposition of radon progeny and particles in a spherical chamber, *Aerosol Science and Technology* 27:131-146
- Lai A. C. K., Nazaroff W. W. (2000). Modeling indoor particle deposition from turbulent flow onto smooth surfaces. *J. Aerosol Sci.*, 31 (4), pp.463-476.
- Lai A.C.K. (2002). Particle deposition indoors: a review. *Indoor Air* 12, 211-214.
- Lai A. C. K., Nazaroff W. W. (2005). Supermicron particle deposition from turbulent chamber flow onto smooth and rough vertical surfaces. *Atmospheric Environment*, 39, pp.4893-4900.
- Smolík J., Barták M. (2004). Přehled faktorů ovlivňující chování aerosolů ve vnitřním prostředí. *Ochrana ovzduší* (2), 13-18.

SROVNÁVACÍ MĚŘENÍ OPTICKÝCH POČÍTAČŮ ČÁSTIC GRIMM 1.109 A METONE 3313

A. HRUŠKA, M. MÍK, J. HEMERKA

Fakulta strojní, ČVUT v Praze

Klíčová slova: čisté prostory, Grimm, MetOne

ÚVOD

Jedním z témat výzkumného záměru řešeném na Ústavu techniky prostředí Fakulty strojní ČVUT v Praze je návrh čistého prostoru. Při tomto výzkumu vyvstala otázka zda je možné k měření koncentrace v čistých prostorech použít počítač částic Grimm 1.109 (Grimm Aerosol Technik GmbH & Co. KG), který je ve vlastnictví ústavu. Zpráva o ověřovacích měřeních je tématem tohoto článku. Ověření bylo provedeno souběžným měřením s optickým počítačem částic MetOne 3313 (PMI/HachUltra) koncipovaném speciálně pro měření nízkých koncentrací částic v čistých prostorech. Pro první fázi měření byla využita upravená komora depozičních procesů v laboratoři Ústavu techniky prostředí, druhá fáze proběhla v reálných čistých prostorech pro výrobu léčivých látek.

POPIS SROVNÁVANÝCH POČÍTAČŮ ČÁSTIC

V tab. 1 jsou uvedeny základní specifikace porovnávaných počítačů částic. Oba pracují na principu rozptylu světla na částici (Optical Particle Counting, OPC), konstrukčně se však odlišují. Zatímco Grimm 1.109 je navržen jako univerzální - pro co nejširší použití (široký rozsah spektra a koncentrace, malé rozměry), přístroj MetOne je koncipován speciálně pro měření nízkých koncentrací. Základní rozdíl je ve vzorkovacím průtoku, který je 24 krát vyšší u přístroje MetOne. To zajišťuje dobrou statistiku a tím i malý rozptyl naměřených dat při nízkých koncentracích.

Tab.1. Specifikace počítačů částic

Specifikace	Grimm 1.109 (Grimm Aerosol Technik GmbH&Co. KG)	MetOne 3313 (PMI/HachUltra)
Měřicí princip:	Rozptyl laserového světla a sběr na filtru	Rozptyl laserového světla
Měřicí rozsah:	0.25 až 32 μm v 31 kanálech	0.3 až 10 μm v 6 kanálech
Počet částic:	1 až 2 000 000 částic / litr	1 až ----* částic / litr
Kanály:	0.25 / 0.28 / 0.3 / 0.35 / 0.4 / 0.45 / 0.5 / 0.58 / 0.65 / 0.7 / 0.8 / 1 / 1.3 / 1.6 / 2.0 / 2.5 / 3.0 / 3.5 / 4 / 5 / 6.5 / 7.5 / 8.5 / 10 / 12.5 / 15 / 17.5 / 20 / 25 / 30 / 32 μm	0.3 / 0.5 / 1 / 3.0 / 5 / 10 μm
Rozsah koncentrace:	1 – 100 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; až 2 000 000 č/l	----*
Vzorkovací průtok:	1.2 litru / minutu, objemově kontrolováno	28.3 litru / minutu, objemově kontrolováno
Reprodukovatelnost:	$\pm 2\%$ v max měřícím rozsahu	
Nulové čtení	----*	1 nebo méně během 5ti minut
Koincidenční ztráta	----*	Méně než 5% při 400 000 č/ft ³
Účinnost započítání	----*	50% pro 0.3 μm
Napájení	Baterie nebo 220/110 VAC	Baterie nebo 220/110 VAC
Velikost:	24 x 12 x 6 cm	33 x 16,5 x 35,6 cm
Váha:	2.4 kg	10,4 kg

----* firma neuvádí

MĚŘENÍ

První fáze měření proběhla metodou měření poklesu koncentrace v upravené komoře depozičních procesů. Komoře s vnitřními rozměry 1 x 0,857 x 0,642 m je tvořena 4 mm silnými hliníkovými plechy s průchody pro dávkování a odběr aerosolu. Komoře je relativně vzduchotěsná a je vybavena míchadlem, které během tohoto měření nebylo v chodu. Schéma měření viz Obr. 1. Sondy obou počítačů byly umístěny vedle sebe ve dně komory. Vzduch odebíraný počítači částic byl kompenzován vzduchem tlačným kompresorem přes HEPA filtr. Regulačním ventilem byl udržován po celou dobu měření takový průtok, aby byl vyrovnávacím otvorem v komoře udržován konstantní nízký průtok ven z komory, tak aby komoře byla udržována v mírném přetlaku. Toto řešení bylo přijato z několika důvodů. Jednak hrozilo poškození nasávacích pump počítačů a při podtlaku v komoře se mohlo objevit pronikání nečistot z venkovního prostředí do komory netěsnostmi, popřípadě při větším podtlaku i destrukce komory. Po 15 minutách testovacího měření v komoře kdy byl odladěn chod počítačů částic a dalších zařízení, byla jednorázově zvýšena koncentrace dávkou kouře z kouřové trubice přes vstupní průchodku. Poté již byl do komory přiváděn filtrovaný vzduch, což vedlo k požadovanému snižování aerosolové koncentrace. Celkový průtok komorou při zanedbaní průtoku vyrovnávacím otvorem byl 29,5 l/min, intenzita větrání $\lambda = 3,2$ 1/hod.

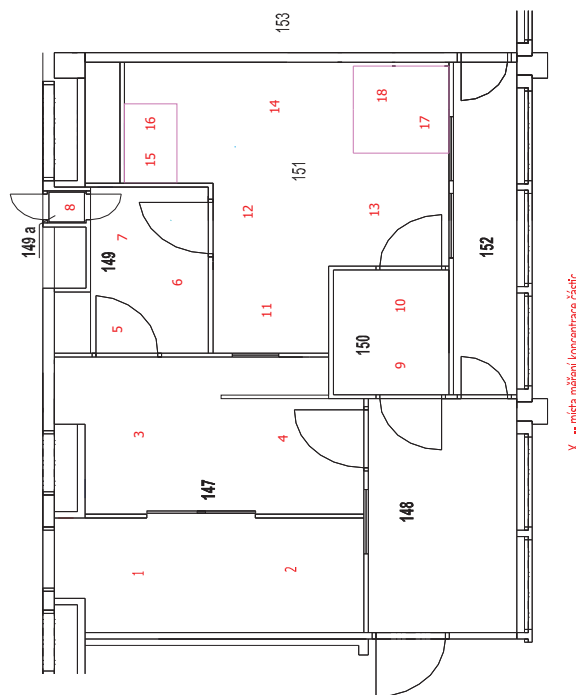
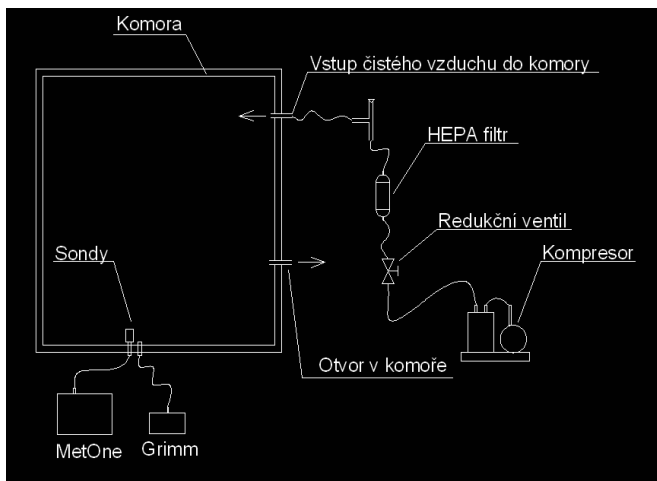
Druhá fáze měření proběhla v prostorech pro výzkum a výrobu léčivých látek, umístěných ve 2NP v objektu firmy Synthron v areálu Výzkumných ústavů v Praze 9 – Běchovicích. Tyto čisté prostory jsou poměrně moderní a svojí skladbou plně vyhovují tomu, aby porovnání počítačů částic bylo provedeno v širokém rozsahu kvality a částicové kontaminace jednotlivých prostorů. Měření probíhalo v kontrolovaném prostoru (filtrace pouze G4/F7), ve třídě čistoty C a v prostorech ošetřených jednosměrným prouděním (kvalitou částicové kontaminace srovnatelné s třídou čistoty A). Třídy čistoty definovány dle přepisu Evropské unie: EudraLex - The Rules Governing Medicinal Products in the European Union Volume 4 - Good Manufacturing Practices - Medicinal Products for Human and Veterinary use. Tato část měření bylo prováděna jako standardní validace čistých prostor v rozsahu operační kvalifikace a výsledky změřené počítačem částic MetOne byly použity jako podklad pro zpracování validační zprávy pro firmu Synthron. Proto bylo v této části měření postupováno v souladu s požadavky na ověřování kvality čistých prostor a podle směrnic a SOP (standardních operačních postupů) firmy Block, které vycházejí z požadavků SVP (správná výrobní praxe) a jednotlivých norem.

Počítače byly porovnávány při dvou testech: při stanovení počtu částic ve vznosu a při testu regenerace.

Měření a zpracování dat při testu stanovení počtu částic ve vznosu bylo provedeno podle norem ISO 14644, tak jak je obvyklé při standardním měření operační kvalifikace čistých prostor. Počítačem MetOne bylo provedeno jedno stanovení koncentrace pro každé vzorkovací místo, při délce vzorkování 1 min. Počítač Grimm byl neustále v chodu a vyhodnocoval koncentraci v intervalu 6-ti sekund. Z naměřených dat byly vybrány hodnoty, které časově odpovídaly době měření počítačem MetOne (tedy pro jednominutové měření počítače MetOne vždy deset hodnot z počítače Grimm ve shodném čase).

Z těchto deseti hodnot byl vypočten průměr pro jednotlivé kanály. Poté byl proveden přepočet z hodnot jednotlivých kanálů na součtové hodnoty, které odpovídají hodnotám z počítače MetOne, tedy koncentrace částic $\geq 0,5 \mu\text{m}$ a $\geq 5 \mu\text{m}$ pro jednotlivá odběrová místa.

Test regenerace se používá pro zjištění času, za který se prostor vrátí do původní úrovně částicové kontaminace po umělém zanesení jeho vnitřního prostoru částicemi z externího zdroje částic. Přístroje byly položeny co nejbližší vedle sebe, spuštěny, v místnosti se aerosolovým generátorem zvýšila koncentrace částic. Z naměřených koncentračních poklesů byly určeny doby regenerace jednotlivých místností.



Obr. 1 Schéma měření v komoře; pláněk čistých prostor firmy Synton

VÝSLEDKY

Výsledky pro čistý prostor: V tab. 2. jsou uvedeny početní koncentrace částic ve vznosu naměřené v jednotlivých vzorkovacích místech čistých prostor, viz. Obr. 1. Každý vzorek byl odebrán jednu minutu. V tab. 3 jsou teoretické a regenerační časy obou srovnávaných přístrojů vypočítané z křivek poklesu celkové koncentrace.

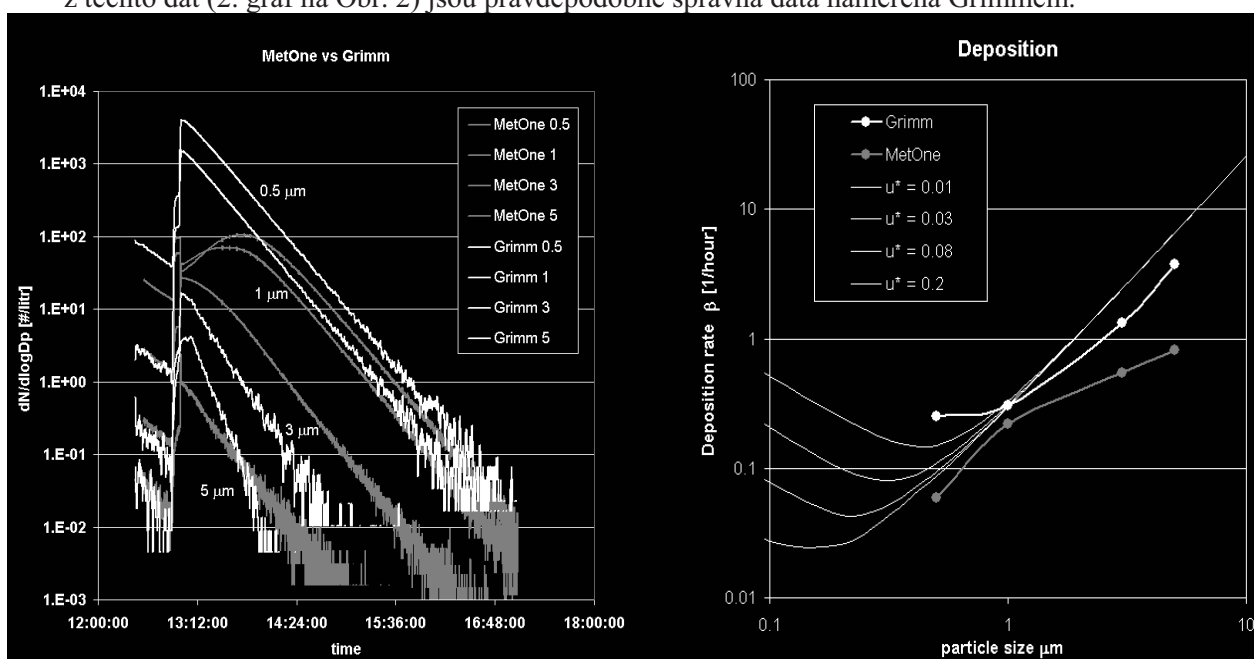
Tab. 2. Čisté prostory - měření počtu částic ve vznosu:

Číslo místnosti	Třída čistoty dle EU	Číslo vzorkovacího místa	Počet částic ve vznosu			
			pro částice $\geq 0,5 \mu\text{m}$ (p.č./m ³)		pro částice $\geq 5 \mu\text{m}$ (p.č./m ³)	
			MetOne	Grimm	MetOne	Grimm
147	kontrolovaný prostor	1	1 605 212	1 095 500	17 156	21 200
		2	1 588 805	1 075 500	14 517	17 800
		3	1 594 512	1 092 500	5 921	4 800
		4	1 661 673	1 150 320	8 560	3 930
149	C	5	464	455	0	0
		6	321	0	107	0
149a	kontrolovaný prostor	7	600	-*	106	-*
		8	36/0/71	-*	0/0/0	-*
150	C	9	285	1 000	0	0
		10	250	12 000	36	0
151	C	11	178	500	0	0
		12	143	0	0	0
		13	0	0	0	0
		14	927	8 000	0	0
151/LF1	C/LF	15	0	0	0	0
151/LF2	C/LF	16	0	0	0	0
		17	0	0	0	0
		18	0	0	0	0

Tab. 3. Čisté prostory – zjištěná doba regenerace

Číslo místnosti	Název místnosti	Doba regenerace		
		Teoretická (min)	Skutečná	
			MetOne (min)	Grimm (min)
149	Materiálová propust	9	7	7
149a	Prokládací kabina	1	2	2
150	Personální propust	9	5	5
151	Laboratoř II	2	3	3

V Obr. 2 je srovnání dat naměřených v komoře. Před zvýšením koncentrace kouřovou trubicí vykazují srovnávaná data velmi dobrou shodu, po navýšení jsou zřejmé rozdíly zejména pro částice nad 1 μm . Pro částice 5 μm je patrný rozdíl ve sklonu poklesových křivek. Podle depozičních toků vypočítaných z těchto dat (2. graf na Obr. 2) jsou pravděpodobně správná data naměřená Grimmem.



Obr. 2 Srovnání dat naměřených v komoře, přepočteno na velikosti 0,5;1;3;5 μm . Depoziční toky určeny z křivek poklesů koncentrací, srovnání s depozičním modelem Laie a Nazaroffa (2000)

ZÁVĚR

Při použité metodice měření počtu částic ve vzduchu v čistých prostorech (délka vzorkování 1 min) se Grimm neukázal jako vhodný, výsledky jsou příliš ovlivněny statistickou chybou a cca pod 35 částic $\geq 0,5 \mu\text{m}$ /litr vyhodnocuje koncentraci jako nulovou. Grimm je při tomto testu použitelný v kontrolovaném prostoru, ve třídě čistoty C již nevyhovuje.

Časy regenerací naměřené v čistých prostorech oběma přístroji jsou ve všech případech shodné, ovšem pokud by se vyhodnocovala třída čistoty B, kde se vyhodnocuje pokles z hodnoty 350 000 na hodnotu 3 500 $\text{č}/\text{m}^3$, nebyl by toho již Grimm schopen.

Test v komoře dobře ukázal nevhodnost přístroje MetOne měřit koncentrace nad cca 20 000 $\text{č}/\text{litr}$, kdy dochází k jeho „zahlcování“. Při porovnání sklonu poklesových křivek (obdoba testu regenerace) vychází po výpočtech depozičních toků β lépe Grimm 1.109.

PODĚKOVÁNÍ

Práce vznikla za podpory výzkumného záměru MŠM 6840770011.

PREPARATION OF Ni/NiO_x NANOPARTICLES FROM NICKEL ACETYLACETONATE

P. MORAVEC¹, J. SMOLÍK¹, H. KESKINEN², J.M. MÄKELÄ², S. BAKARDJIEVA³,
V.V. LEVDANSKY⁴

¹Institute of Chemical Process Fundamentals AS CR, Prague, Czech Republic

²Institute of Physics, Aerosol Laboratory, Tampere University of Technology, Tampere, Finland

³Institute of Inorganic Chemistry ASCR, Řež near Prague, Czech Republic

⁴Heat and Mass Transfer Institute NASB, Minsk, Belarus

Keywords: MOCVD, Nanoparticle generation, Nickel acetylacetonate

INTRODUCTION

Nickel and nickel oxide nanoparticles show many peculiar optical, magnetic, electrical and catalytic properties with high potential of application in such areas as sensors, magnetic data storage and catalysis. Various precursors are used for metal-organic CVD (MOCVD) of Ni/NiO_x films and/or nanoparticles in dependence on requirements concerning the process and the purity of the product (Brissonneau and Vahlas, 2000). In our laboratory we synthesized Ni/NiO_x nanoparticles by MOCVD using nickel acetylacetonate (NiAA) as a precursor.

EXPERIMENTAL

Particles were prepared in an externally heated glass tube flow reactor of the length 55 cm and i.d. 27 mm. Deoxidized, dry and particle free nitrogen was used as a carrier gas.

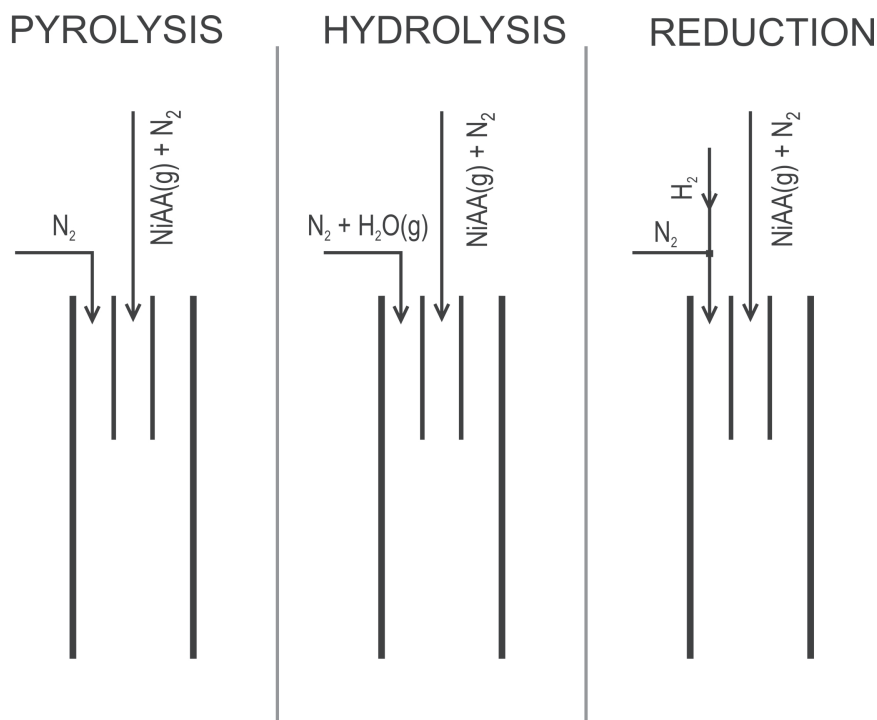


Fig. 1 Scheme of the inlet section arrangements for various decompositions techniques of NiAA precursor

Particles production was studied by various decomposition processes, see Fig. 1:

i) thermal decomposition of NiAA in an inert atmosphere



ii) hydrothermal decomposition of NiAA



iii) reduction in the presence of hydrogen in the carrier gas



Besides the chemistry of precursor decomposition, the influence of precursor concentration (c_{NiAA}), reactor temperature (T_{R}), flow rate (Q_{R}) and concentration of hydrogen (c_{H}) on particle production and characteristics was also investigated. Precursor vapour pressure was controlled both by the flow rate of the carrier gas through the saturator and, predominantly, by variation of saturator temperature (T_{S}). The precursor vapour pressure was calculated on the basis of experimental data of Götze *et al.* (1970) from the equation

$$\log P_{\text{NiAA}} (\text{torr}) = 10.01316 - \frac{4973.68}{T_{\text{S}} (\text{K})}. \quad (4)$$

Particle production was monitored by scanning mobility particle sizer (SMPS), consisting of TSI model 3080 electrostatic classifier (EC) and TSI model 3022 condensation particle counter (CPC). Samples for TEM, SAED (JEOL 2010 and/or JEOL3010) and EDS (Noran Vantage and/or INCA/Oxford) analyses were deposited onto carbon coated grids and PTFE or Ag filters.

RESULTS

The particle generation was observed already at reactor temperature 400 °C. Number concentration and particle size strongly increased with increasing T_{R} and T_{S} , and they were also affected by Q_{R} and c_{H} which had impact not only on the size and shape of particle size distribution curves, but also on morphology, crystalline structure and composition of produced particles. The influence of T_{S} and Q_{R} on particle production is shown in Fig's. 2 and 3.

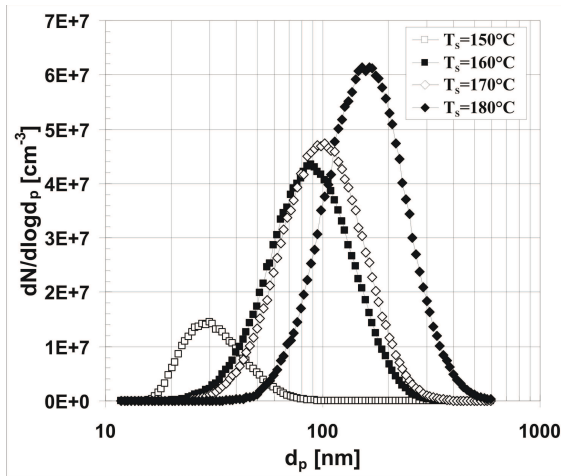


Fig. 2 Influence of T_{S} on PSD's at $T_{\text{R}}=500^\circ\text{C}$ and $Q_{\text{R}}=800 \text{ cm}^3/\text{min}$, $Q_{\text{CF}}=20\%Q_{\text{R}}$.

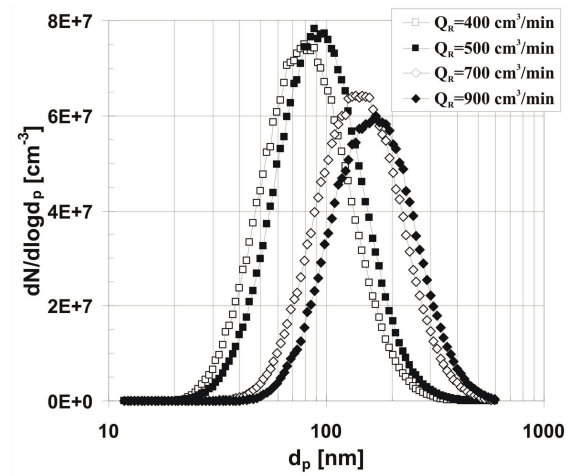


Fig. 3 Influence of Q_{R} on PSD's at $T_{\text{R}}=500^\circ\text{C}$ and $T_{\text{S}}=180^\circ\text{C}$, $Q_{\text{CF}}=20\%Q_{\text{R}}$.

Particles prepared by pyrolysis (Fig. 4) and hydrolysis of NiAA had shell-like structure, size well below 50 nm and they were agglomerated into clusters and/or chains. They were possibly contaminated by carbon (dark grey deposit on PTFE filters) from incomplete decomposition of the precursor. Electron diffraction patterns (EDP) were due to the size of particles rather weak and were composed predominantly of the rings of face centred cubic (FCC) Ni EDP.

Particles produced by reduction of NiAA had broader size distribution (from 10 to cca 50 nm), were less agglomerated and shell-like structure almost disappeared, see Fig. 5. Electron diffraction patterns of larger particles (~50 nm) corresponded with FCC Ni, while those from clusters of small particles

contained rings from both Ni and NiO crystalline structures. The deposit of particles prepared by reduction had silver colour.

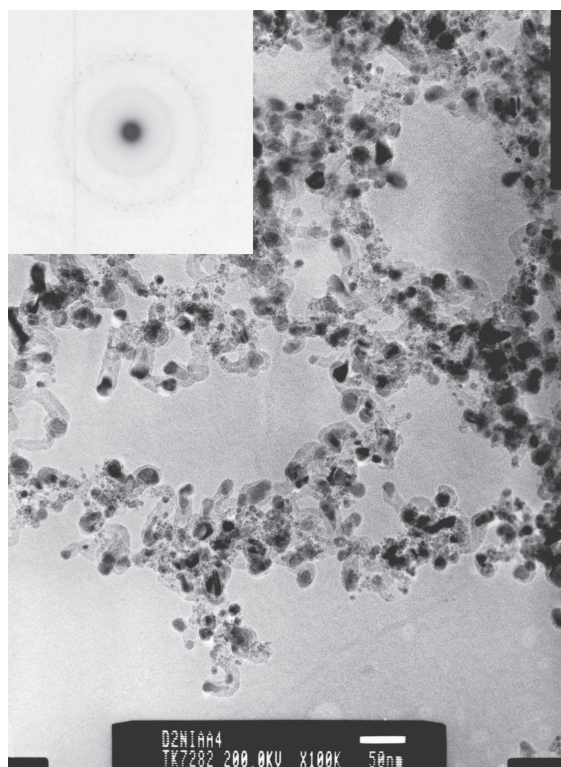


Fig. 4 Bright field TEM image and SAED pattern of particles prepared by pyrolysis of NiAA. $T_R=500^\circ\text{C}$, $T_S=180^\circ\text{C}$, $Q_R=900\text{ cm}^3/\text{min}$.

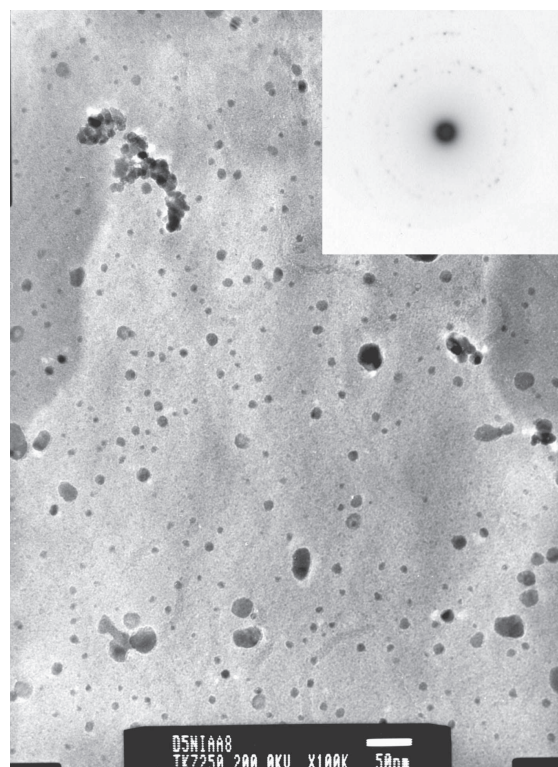


Fig. 5 BF TEM image and SAED pattern of particles produced by reduction of NiAA. $T_R=500^\circ\text{C}$, $T_S=180^\circ\text{C}$, $Q_R=800\text{ cm}^3/\text{min}$, $c_H=7\%$ vol.

The results obtained by SAED are in qualitative agreement with those obtained by EDS (see Table 1). EDS analyses showed different nickel to oxygen ratios in the particles prepared by hydrolysis (NiAA5) and reduction (NiAA7, NiAA8). In the particles prepared by reduction the content of oxygen depends also on particle size: in large particle ($\sim 50\text{ nm}$, NiAA8B) the content of oxygen is several times lower than in clusters of small particles (NiAA7, NiAA8A).

Table 1 EDS analysis – content of Ni and O in TEM samples.

Element	NiAA5 500°C	NiAA7 400°C	NiAA8 [A] 500°C	NiAA8 [B] 500°C
O – K [atom %]	29	47	75	19
Ni – K [atom %]	71	53	25	81

Selected samples of particles prepared by reduction were analysed using high resolution TEM (HRTEM, JEOL JEM 3010, LaB_6 source operated at 300kV), which enabled more thorough analysis of the morphology and especially the crystallinity and, as a result, also composition of particles. HRTEM lattice fringe images of various of Ni/NiO_x crystalline structures were observed. In Fig. 6a one can see the lattice image of cubic NiO (PDF ICDD 4-0835) with interplanar spacing $d_{(200)} = 0.209\text{ nm}$ as well as lattice fringes of cubic Ni (PDF ICDD 4-0850) with interplanar distance $d_{(111)} = 0.203\text{ nm}$. Hexagonal lattice structure of NiOOH (PDF ICDD 6-0075), confirmed by $d_{(108)} = 0.177\text{ nm}$, was also detected. SAED pattern of nanoparticles (frame area cca 200x200 nm) from the bulk sample NiAA9, consisting of a series of continuous rings, confirms 2-phase polycrystalline mixture with random orientation, see Fig. 6b. The ring pattern can be indexed as 0.203 nm d-spacing with Miller

indices belonging to FCC Ni. The rest of rings with d-spacing 0.241 nm, 0.208 nm and 0.148 nm, denoting crystal lattice planes, with Miller indices (003), (012) and (110), respectively verifies FCC NiO. The results show us that these two crystalline structures are predominating in the sample NiAA9 (~ in the particles produced by reduction of NiAA). From a comparison of both parts of Fig. 6 we can conclude, that particles consist of metallic Ni core and thin surface layer composed of NiO_x crystalline structures. These observations are very similar to those of Uchikoshi *et al.* (1994).

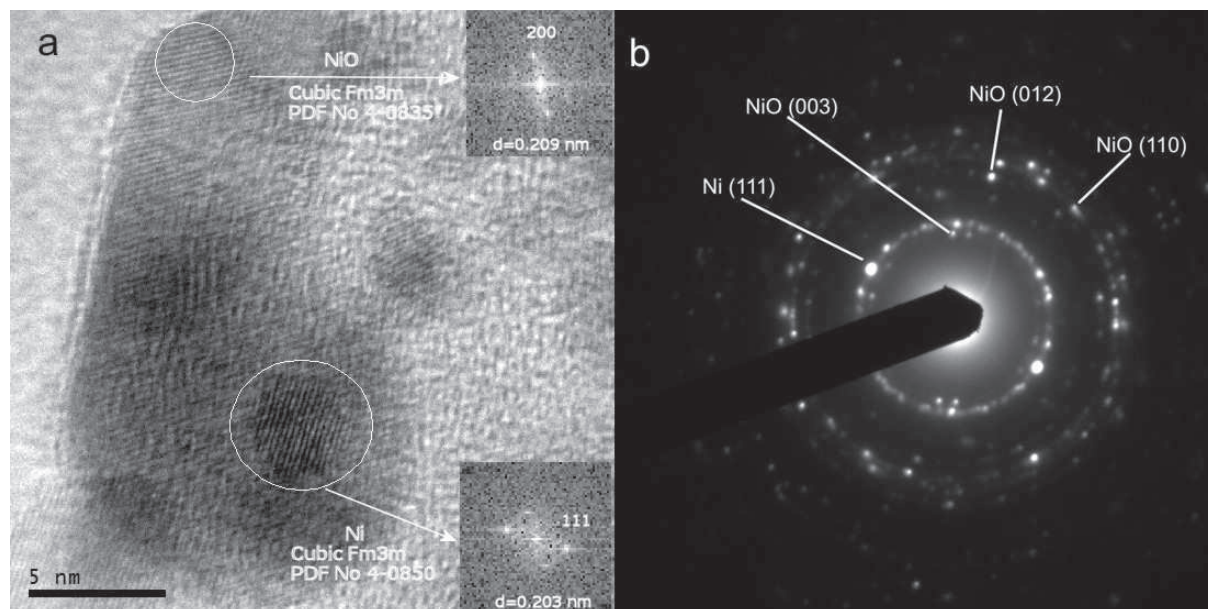


Fig. 6 HRTEM image and SAED pattern of the sample NiAA9. $T_R=500^\circ\text{C}$, $T_S=180^\circ\text{C}$, $Q_R=600\text{ cm}^3/\text{min}$, $c_H=7\text{ vol. \%}$.

CONCLUSIONS

Ni/NiO_x nanoparticles were synthesized by pyrolysis, hydrolysis and reduction of NiAA in an externally heated tube flow reactor. Particle production occurs already at 400°C and depends mainly on T_R and P_{NiAA} . Particles produced by pyrolysis and hydrolysis have very similar characteristics, while particles produced by reduction differ significantly in morphology, crystallinity and composition. Results obtained by SAED (Ni/NiO crystalline structures) are in good agreement with those obtained by EDS (Ni to O ratio). HRTEM lattice images of particles produced by reduction showed single crystalline structure of metallic Ni and also structures of various oxide forms of Ni, while EDP consists mainly of the rings of FCC Ni and FCC NiO crystalline structures.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Grant Agency of the CR No. 104/07/1093 and by Finnish Academy of Sciences and Letters. TEM/EDS analyses (*JEOL 2010/Noran Vantage*) were performed by Tomi Kanerva, Institute of Material Science, Tampere University of Technology.

REFERENCES

- Brissonneau, L., and Vahlas, C. (2000). Precursors and operating conditions for the metal-organic chemical vapor deposition of nickel films, *Ann. Chim. Sci. Mat.* **25**, 81.
- Götze, H.-J., Bloss, K., and Molketin, H. (1970). Dampfdruckbestimmung von acetylacetylacetonaten, *Zeitschrift Phys. Chem. Neue Folge*, **73**, 314.
- Uchikoshi, T, Sakka, Y., Yoshitake, M. and Yoshihara, K. (1994). A study of the passivating oxide layer on fine nickel particles, *NanoStructured Materials*. **4**, 199.

SULPHURIC ACID VAPOUR PRESSURE MEASUREMENTS – PRELIMINARY RESULTS

P. KREJČÍ¹, V. ŽDÍMAL², J. SCHWARZ², J. HRUBÝ¹

¹Institute of Thermomechanics AS CR, Prague, Czech Republic

² Institute of Chemical Process Fundamentals AS CR, Prague, Czech Republic

Keywords: Sulphuric acid, nucleation theory, homogeneous nucleation.

INTRODUCTION

This paper gives a short description of the experimental setup and methods used for measurement of sulphuric acid vapour pressure at constant temperature and atmospheric pressure. A comparison with theoretical prediction is included.

Sulphuric acid is a crucial component in the initial stage of vapour to liquid transition – nucleation - important in atmospheric and industrial processes and public health issues, like cloud droplet formation (Kulmala & Laaksonen, 1990), flue gas dew point temperature estimates (Lampert, 1978; Muller, 1983), and increased mortality in highly polluted areas (Pope & Dockery, 2006), respectively.

In order to model the above mentioned processes, it is essential to know equilibrium pressures of vapours in concern. The predictions of a few available semiempirical correlations of sulphuric acid vapour pressure (Kulmala, et al., 2000; Halstead & Talbot, 1980) differ greatly one from another.

SETUP & METHODS

The experimental setup (Fig.1) consists of the Mixture Preparation Device (MPD by Krejčí, et al., 2004) and a couple of inline connected glass bubblers. Vapour is prepared in the MPD by saturating known amount of dry nitrogen flowing along the liquid surface at controlled temperature and pressure for a given time. After passing through a particulate filter, the vapour-gas mixture is led through a cascade of two thermostated bubblers filled with 1×10^{-6} mol/l solution of sodium hydroxide. Concentration of the captured sulphate anion (SO_4^{2-}) is then determined via ion chromatography using the setup by Watrex Ltd. with an anion column Transgenomic ICSep AN300 150x5.5 mm and the conductivity detector SHODEX CD-5.

The effectiveness of capturing sulphuric acid vapour into the sodium hydroxide solution is checked by comparing sulphate concentrations in the two bubblers. The partial vapour pressure of sulphuric acid leaving the MPD is determined from the total amount of the acid captured in the bubblers, total time of bubbling, and the flow rate.

RESULTS

Several experiments have been carried out at saturation temperature 35 °C and atmospheric pressure. It has been found that the MPD produces sulphuric acid vapour concentration with reproducibility better than 10%. The theoretical prediction of sulphuric acid vapour pressure (Kulmala & Laaksonen, 1990) results in pressures ten times lower than those determined from the experiment, taking into account that the concentrated sulphuric acid (96.4 %) was present in the saturator. It was proved, that all acid vapour was captured in the first bubbler; the sulphate concentration found in the second bubbler was less than one percent of the value in the first one, being under the detection limit of ion chromatography.

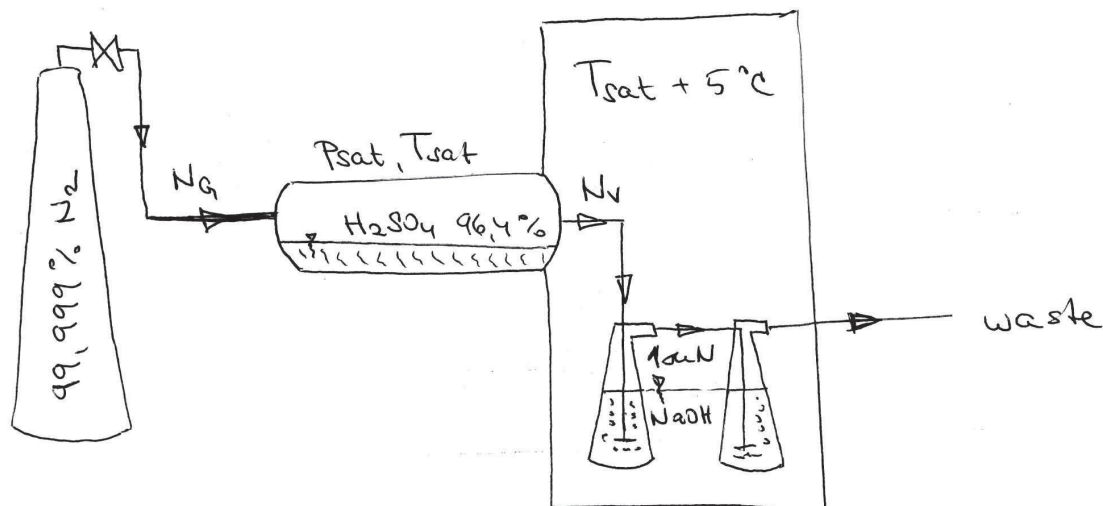


Figure 1: Scheme of experimental setup – MPD: p_{SAT} and T_{SAT} depict the possibility of controlled pressure and temperature in the vessel where evaporation occurs – the saturator. Bubblers are placed in a box, heated separately to temperature by 5 °C higher than the saturator's.

CONCLUSIONS

After verifying that the MPD is able to provide reproducible concentrations of sulphuric acid vapour at constant parameters, the investigations on sulphuric acid vapour production as function of temperature and flow rate are in progress. The studied temperature range spans from 20 to 65 °C.

The results obtained will be converted into sulphuric acid vapour pressure equation and implemented in nucleation and cavitation models.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been supported by the Grant Agency of the Academy of Sciences of the Czech Republic, grant no. IAA2076502 and the Czech Science Foundation, grant No. 101/05/2524 and No. 101/07/1612. Authors would like to thank Mrs. Irena Ševčíková for performing the IC analyses.

REFERENCES

- Halstead, W. D. & Talbot, J. R. W. (1980): Acid smuts - the sulfuric-acid dewpoint in power-station flue-gases. *Journal of the Institute of Energy*, **53**, 142-145.
- Krejčí, P., Hrubý, J. & Haartsen, J. (2004): New mixture preparation device used in measurement of the nucleation rate in a mixture of aggressive vapors in a shock tube, in *Proc. Ann. Conf.*, p. 47-49, 24. November 2004, in Prague.
- Kulmala, M. & Laaksonen, A. (1990): Binary nucleation of water-sulfuric acid system: Comparison of classical theories with different H₂SO₄ saturation vapor pressures. *J. Chem. Phys.*, **93**, 696-701.
- Kulmala, M., Pirjola, L. & Mäkelä, J. M. (2000): Stable sulphate clusters as a source of new atmospheric particles. *Nature*, **404**, 66-69.
- Lampert, D. (1978): Low-temperature corrosion in feed-heaters heated by flue-gas. *Brown Boveri Review*, **65**, 691-695.
- Muller, H. (1983): A Contribution To Studying So₃ Formation And To Determining The Sulfuric-Acid Dewpoint In Boiler Plants. *Energietechnik*, **33**, 415-420.
- Pope, C. A. & Dockery, D. W. (2006): 2006 Critical Review -- Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, **56**, 709.

EFFICIENCY AND PARTICLE LOSSES IN A NEW AEROSOL HUMIDIFIER

L. ŠTEFANCOVÁ, J. SCHWARZ, J. ONDRÁČEK, V. ŽDÍMAL, J. SMOLÍK

Institute of Chemical Process Fundamentals AS CR, Prague, Czech Republic

Keywords: Aerosol losses, Humidifier, Ammonium Sulphate

INTRODUCTION

The atmospheric aerosol is a complex mixture of inorganic and organic components, where inorganic species represent more or less 50% of aerosol mass depending on location. Urban measurements indicated that inorganic matter resulted in 65 to 75% overall water uptake (Cruz & Pandis, 2000). To study hygroscopic growth of aerosol particles we decided to design a diffusion humidifier, which function is to humidify ambient samples up to 85 % relative humidity at isothermal conditions. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ and NH_4NO_3 are mainly responsible for the growth of particles, reached up to 60 % of mass at relative humidity of 80 to 85 % (Chen, Huang & Lee, 2001).

METHODS

The inner configuration of diffusion humidifier, consist of annulus filled with Nafion tubes placed on its inner circumference. Pure water is fluctuating through each tube and diffuses as a vapor to sampled air flow. To ensure heat exchange, the body of humidifying tubes is surrounded by outer shell with closed water circle. The diffusion humidifier was firstly tested for humidification efficiency. Dry air was flowing through humidifier and the humidity at the exit was measured. Secondly, the particle losses were tested by comparison of inlet and outlet particle number concentration. For both experiments we used bubble-cap plate column as aerosol generator filled up with solution of ammonium sulphate in 100g/l concentration. The air flow though humidifier was regulated by critical orifice 2,1 mm in diameter to get the flow rate similar as for modified impactor (26,3 l/min). For losses measurements we used two Aerodynamic Particle Sizers (TSI 3321). The complete apparatus for losses measurements is shown in Figure 1.

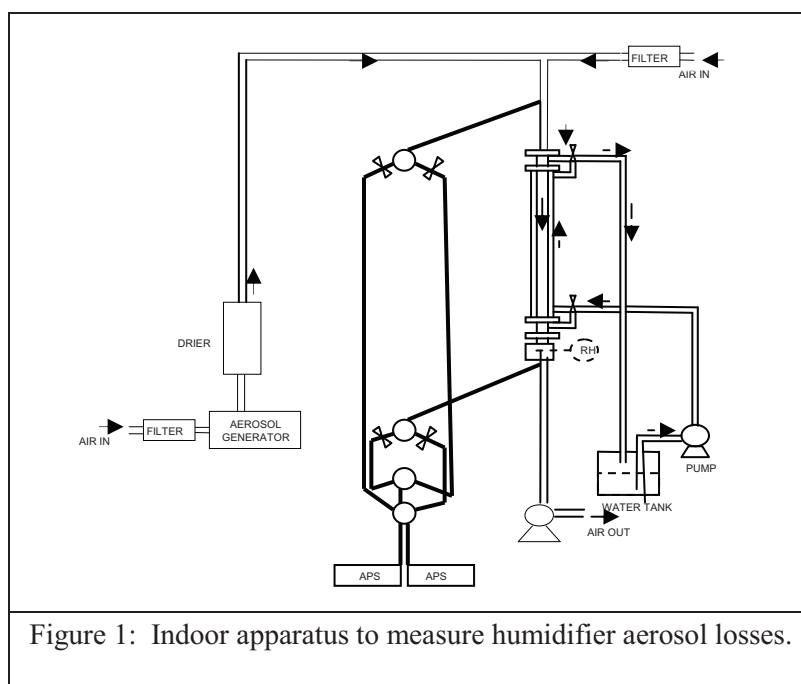


Figure 1: Indoor apparatus to measure humidifier aerosol losses.

The system was constructed to get parallel tracks for each APS. Upstream and downstream sampling by APS₁ and APS₂ was provided by several valves placed on diverse junctions. The sampling time for APS pair was 90 seconds in 2 minutes interval. We got 48 samples all together for both APS. One measurement consisted of 4 samples, for both APS.

RESULTS

Preliminary results on particle losses were evaluated from APS data. We used APS₁ and APS₂ instruments. In the beginning the APS aerosol diameters were joined into the size intervals equals to intervals of 7-stage modified impactor. The number concentrations of measured samples were divided into the groups equivalent to each stage of impactor. Hence the APS instruments were switched upstream and downstream after every fourth sample; the ratios of number concentrations were done to eliminate the differences caused by different APS calibration. Finally we got the results of upstream particle number concentration N_{up} and downstream particle number concentration N_{down} for each size interval belonged to impactor stage. Aerosol penetration efficiency (PE) through diffusion humidifier was calculated as a ratio of N_{down} to N_{up} . Particle losses were obtained as difference (1- PE).

CONCLUSIONS

The design and construction of diffusion humidifier was done to collect wet aerosol particles upon 85% relative humidity. Designed humidifier humidifies collected particles by vapor as a result of walls mass transfer process through pure water filled Nafion tubes. The APS system was used to measured particle losses. Other tests of humidifier will be done.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by grants No. ME 941 (program KONTAKT) and No. OC 106 (program COST) of Ministry of Education, Youth and Sports CR.

REFERENCES

- Cruz.C.N., Pandis S. (2000). Deliquescence and Hygroscopic Growth of Mixed-Organic Atmospheric Aerosol., *Environ. Sci. Technol.* **34**, 4313-4319.
- Lee W-M. G., Huang W-M., Chen Y-Y. (2001). Effect of Relative Humidity on Mixed Aerosols in Atmosphere, *J. Environ. Sci. Health...*, **A36(4)** , 533-544.

VÝKLADOVÝ SLOVNÍK AEROSOLOVÝCH TERMÍNŮ

Slovník vznikl jako volný překlad *Přílohy A* knihy:
BARON P. A., WILLEKE K. (2001), *Aerosol Measurement: Principles, Techniques and Applications*,
2.vydání, J. Wiley & Sons, New York.

Na překladu a korekturách pracovali:
Pavla DOHÁNYOSOVÁ, Lena KUBINCOVÁ, Jiří SMOLÍK,
Jaroslav SCHWARZ a Vladimír ŽDÍMAL

Laboratoř chemie a fyziky aerosolů, Ústav chemických procesů AV ČR, v.v.i.,
Rozvojová 135, 16502 Praha 6

Termín anglicky / termín česky - Výklad

Ablation / Ablace – Proces, kterým je materiál odstraněn z povrchu objektu odpařením, odlomením, nebo jiným erozním procesem.

Absorption / Absorpce - Proces, při kterém molekuly jedné fáze pronikají do objemu druhé fáze.

Accumulation mode / Akumulační mód - Oblast distribuce velikostí atmosférických částic, vytvořených hlavně koagulací menších částic, obvykle se jedná o částice ve velikostním rozmezí 100 – 500 nm.

Accuracy / Přesnost - Určení přesnosti měření.

Actinomycetes / Aktinomycety - Skupina bakterií s morfologií podobající se plísním (houbám).

Active sampling / Aktivní odběr vzorků - Odběr vzorků, při kterém je aerosol prosáván nebo protlačován zařízením na záchyt nebo detekci částic; opak pasivního odběru.

Activity / Aktivita - Měřitelná vlastnost souboru částic, např. počet, povrch, hmotnost, zvláště radioaktivita.

Activity coefficient / Aktivitní koeficient - Míra odchylky od ideálního chování roztoku.

Activity concentration / Koncentrace aktivity - Množství radioaktivního materiálu v jednotce objemu vzduchu.

Activity median diameter / Medián velikosti částic vážený aktivitou - Seřadíme-li částice v souboru podle aktivity, je to velikost částice, která rozděluje celý soubor na dvě části o stejné aktivitě (viz také medián velikosti).

A/D convertor / A/D převodník- Elektronické zařízení, které převádí analogový signál na signál digitální.

Adhesion / Adheze (Přilnavost) – Schopnost aerosolových částic ulpívat na površích.

Adsorption / Adsorpce - Záchyt molekul plynu na pevném nebo kapalném povrchu

Adsorption isotherm / Adsorpční izoterma - Závislost množství plynu adsorbovaného na povrchu na tlaku plynu při konstantní teplotě.

Aerodynamic (equivalent) diameter / Aerodynamický (ekvivalentní) průměr - Průměr koule o hustotě 1000 kg/m^3 , která má stejnou rychlost usazování jako příslušná částice.

Aerodynamic particle sizer (APS)/ Aerodynamický spektrometr částic – Zařízení, které používá akcelerační systém k rozlišení částic podle aerodynamického průměru a laserový měřič rychlosti k detekci částic.

Aerosol / Aerosol - Směs kapalných a tuhých částic suspendovaných v plynném prostředí tak dlouho, aby bylo možné jejich pozorování a měření. Velikost aerosolových částic se obecně pohybuje v rozmezí 0,001 až 100 μm .

Aethalometer / Etalometr - Přístroj používaný k měření optické absorpce odebraného vzorku aerosolových částic.

Agglomerate / Aglomerát - Skupina částic, které drží pohromadě van der Waalsovými silami nebo povrchovým napětím.

Aggregate / Agregát - Heterogenní částice, jejíž složky nejsou od sebe snadno oddělitelné.

Air monitoring / Monitorování vzduchu - Soustavný odběr a analýza vzorků vzduchu ke stanovení přítomných znečišťujících látek.

Air pollution / Znečištění ovzduší - Přítomnost znečišťujících látek ve vzduchu v koncentracích škodlivých zdraví.

Air quality standards / Normy kvality ovzduší – Koncentrační limity znečišťujících látek, při jejichž překročení mohou tyto látky uškodit lidem, zvířatům, rostlinám nebo materiálům.

Airy disk / Vzduchový kotouč- Kotouči podobný obraz malého bodu, způsobený ohybem (difrakcí) světla v optickém systému.

Aitken mode / Aitkenův mód – Rozsah velikostí atmosférických částic od asi 30 do 100 nm, produkovaných lokálním zdrojem.

Aitken nuclei / Aitkenova jádra - Atmosférické částice o velikosti přibližně v rozmezí 0,01 až 0.1 μm .

Algae / Řasy - Mikroskopické rostliny.

Aliasing / aliasing - Pozorování (v realitě neexistujícího) nízkofrekvenčního signálu kvůli příliš nízké vzorkovací frekvenci; viz Nyquistova frekvence.

Alveolar region / Alveolární oblast - Část dýchacího ústrojí, v němž dochází k výměně plynu; alveoly jsou malé sklípky v zakončení terminálních průdušinek.

Ambient air / Okolní vzduch - Vzduch prostředí.

Anisoaxial sampling / Anizoaxiální odběr vzorků - Odběr vzorku, při kterém osa odběrové hlavy není rovnoběžná s původním směrem proudění.

Area sample / Reprezentativní vzorek - Vzorek odebraný na místě, o kterém se předpokládá, že reprezentuje zkoumanou oblast.

Aspiration efficiency / Aspirační účinnost (Účinnost nádechu, nasátí) - Podíl částic nasátých do odběrové hlavy z okolního vzduchu.

Atomizer / Atomizér - Zařízení používané k tvorbě malých kapek mechanickým rozrušením objemu kapaliny.

Autocorrelation / Autokorelace - Vztah naměřených hodnot k hodnotám naměřeným dříve.

Bacteria / Bakterie - Jednobuněčné mikroorganismy; některé druhy produkují endospory.

Beta gauge / Tloušťkoměr beta - Metoda měření hmotnosti, která je založená na útlumu intenzity beta záření při průchodu vzorkem.

Beta particle / Částice beta - Energetický elektron emitovaný při některých procesech nukleárního rozpadu.

BET method / Brunauerova-Emmettova-Tellerova metoda, Metoda BET - postup, který používá adsorpční izotermy materiálu k měření jeho povrchu.

Bias / Systematická chyba - Konzistentní rozdíl mezi naměřenou a skutečnou (akceptovanou) hodnotou.

Bimodal size distribution / Bimodální rozdělení velikosti - Rozdělení velikosti částic se dvěma oddělenými maximy.

Bioaerosol / Bioaerosol - Aerosol biologického původu (např. životaschopné nebo mrtvé buňky, spory nebo pylová zrna, fragmenty, produkty nebo zbytky organismů).

Bipolar ion field / Bipolární iontové pole - Oblast, v níž existují kladné i záporné ionty.

Boltzmann charge distribution / Boltzmannovo rozdělení náboje – Rovnovážné rozdělení zbytkového (reziduálního) nebo minimálního náboje na částicích po jejich vystavení vlivu bipolárního iontového pole.

Boundary layer / Mezní vrstva - Oblast u povrchu, kde je proudění výrazně ovlivněno třecí silou, která způsobí snížení rychlosti proudění v poměru k volnému proudu (toku).

Breathing zone sample / Vzorek dýchací zóny - Vzorek odebraný co nejbližší bodu, v němž subjekt vdechuje vzduch, obvykle do 30 cm od nosu či úst; reprezentuje inhalovaný vzduch.

Brownian motion / Brownův pohyb - Nahodilý pohyb molekul (částic), způsobený srážkami s molekulami plynu (tekutiny).

Brownian diffusion / Brownova difúze – Jev, vedoucí k vyrovnávání koncentrací v systému, vyvolaný Brownovým pohybem.

Bubble meter / Bublínový průtokoměr - Trubice se stanoveným objemem, do níž se vpouštějí bubliny k měření průtokové rychlosti.

Bulk analysis / Celková analýza - Analýza vzorku jako celku; na rozdíl od analýzy jednotlivých částic.

Capillary pore filter / Filtr s kapilárními póry - Filtr tvořený pevnou membránou, ve které je mnoho mikroskopických válcových otvorů stejné velikosti.

Carcinogen / Karcinogen - Činitel, který způsobuje rakovinu.

Cascade impactor / Kaskádní impaktor - Několikastupňové separační zařízení pro třídění aerosolových částic podle jejich aerodynamického průměru. Částice jsou v každém stupni urychleny v trysce a následně od určité velikosti deponovány na k ní kolmé podložce.

Centrifuge / Odstředivka - Zařízení, v němž se částice odstraňují odstředivými silami z aerosolu proudícího po spirálové dráze; zařízení mívá vysoké rozlišení.

Closed-face sampler / Zařízení na odběr vzorků s uzavřenou čelní plochou - Zařízení na odběr vzorků s filtrační kazetou se vstupem, jehož průřez je menší než průřez filtru.

Colony-forming units / Jednotky tvořící kolonie - Počet jednotek tvořících kolonie (např. bakterií, plísní) v jednotkovém objemu vzduchu.

Cloud / Oblak – Aerosol, jehož hustota je alespoň o 1% větší než hustota vzduchu (plynu); aerosol s viditelným rozhraním.

Coagulation / Koagulace – Proces, při kterém se aerosolové částice vzájemnými srážkami spojují ve větší; střední velikost částic při tomto procesu roste, celková hmota částic zůstává stejná.

Coarse particle mode – největší mód v rozdělení velikostí částic atmosférického aerosolu ($> 2 \mu\text{m}$); je tvořen zejména částicemi vzniklými mechanicky.

Coincidence / Koincidence – Proces, při kterém do snímací části optického čítače částic vstoupí dvě částice tak těsně po sobě, že jsou započítány jako jedna.

Comminution / Rozmělňování - Rozdrcení částic mechanicky, rozetření na prášek.

Condensation / Kondenzace - Proces, při kterém na povrch částice dopadá za jednotku času více molekul páry, než jej opouští; tento proces vede k růstu částice.

Condensation nuclei counter (CNC)/ Čítač kondenzačních jader - Zařízení, které měří početní koncentraci submikrometrových částic, které mohou sloužit jako kondenzační jádra dešťových kapek. V tomto zařízení jen některé aerosolové částice narostou kondenzací vodní páry na rozměr, při kterém již mohou být detekovány optickým čítačem.

Condensation particle counter (CPC)/ Kondenzační čítač částic – Zařízení, které měří početní koncentraci aerosolových částic submikronové velikosti. V tomto zařízení téměř všechny aerosolové částice narostou kondenzací na rozměr, při kterém již mohou být detekovány optickým čítačem.

Confidence limits / Interval spolehlivosti - Hodnoty vymezující (definující) rozpětí statistického vzorku.

Continuum flow / Tok v režimu kontinua- Proudění řízené makroskopickými vlastnostmi plynu nebo kapaliny, např. viskozitou a hustotou.

Corona / Koróna - Oblast intenzivní ionizace, často obklopující elektrodu při vysokém napětí.

Coulter counter / Coulterův čítač - Přístroj, který měří objem jednotlivých částic v kapalině tím, že měří změnu měrného odporu kapaliny při průtoku otvorem; tato změna odporu je způsobena přítomností částice.

Cowl / Kryt - Válcová trubice používaná před filtrační kazetou, aby se zabránilo přímému nárazu nebo znečištění (kontaminaci) vzorků; používá se hlavně pro odběr vzorků azbestového vlákna.

Critical orifice / Kritický otvor (kritická clona) – Používá se k udržování konstantního objemového průtoku; vzduch proudí otvorem, je-li podtlak za otvorem dostatečný, rychlost vzduchu otvorem je konstantní a rovna rychlosti zvuku.

Cunningham slip correction factor / Cunninghamův korekční faktor (na skluz)- Faktor, který umožňuje korigovat rovnice pro výpočet aerodynamického odporu platící pro spojité prostředí (kontinuum), tak aby bylo možné je použít i pro klouzání plynu podél povrchu.

Cut-off particle diameter / Mezní průměr částic - Velikost částice, která má stejnou pravděpodobnost (50%), že separačním stupněm projde, jako že se na něm zachytí; někdy se nazývá d_{50} .

Cyclone / Cyklón - Zařízení, v němž se částice oddělují od proudu nosného plynu odstředivými silami při pohybu po spirálové dráze v dolů se uzavírajícím kuželu.

Deposition / Depozice – Ukládání částic na površích (stěnách, podlaze, stropě, v trubkách, apod.)

Dichotomous impactor / Dichotomní impaktor - Virtuální impaktor se dvěma vystupujícími aerosolovými proudy.

Differential mobility analyzer (DMA) / Diferenciální třídič pohyblivosti částic - Zařízení, které propouští pouze částice v úzkém rozmezí elektrické mobility (pohyblivosti) (součást Electrical aerosol classifier).

Diffraction / Ohyb (Difrakce) - Změna směru a amplitudy radiace po průchodu otvorem nebo v blízkosti předmětu.

Diffusion / Difúze - Výsledný pohyb částic z oblasti vyšší do oblasti nižší koncentrace částic.

Diffusion battery / Difúzní baterie - Aerosolový spektrometr používaný pro částice ve velikostním rozmezí 1-200 nm; velikost se měří difúzní ztrátou částic v systému kanálků (např. trubic, filtrů, sítěk).

Diffusion charging / Difúzní nabíjení - Proces, při kterém aerosolové částice získávají náboj srážkami s ionty při Brownově pohybu.

Diffusion denuder / Difúzní denudér - Zařízení, které propouští částice (o nízké difuzivitě) a odstraňuje plyny (s vysokou difuzivitou).

Diffusion (equivalent) diameter / Difúzní (ekvivalentní) průměr - Průměr koule jednotkové hustoty, která difunduje stejně rychle jako daná částice.

Diffusiophoresis / Difuzoforéza - Pohyb částice vlivem koncentračního spádu (gradientu) některé složky plynné směsi.

Diffusivity (Diffusion coefficient) / Difuzivita (Difúzní koeficient) – Míra, v jaké jsou částice (plyny, kapaliny) schopny transportu difúzí.

Dilution ratio / Zřed'ovací poměr - Faktor, kterým se násobí koncentrace, měřená v naředěném proudy, aby se získala koncentrace původního (neředěného) proudy.

Dilution system / Zřed'ovací (Ředící) systém - Systém, v němž se aerosol mísí se zřed'ovacím (s ředícím) plynem bez částic ve známém objemovém poměru, aby se snížila koncentrace aerosolových částic.

Disinfection / Dezinfekce - Zničení většiny mikroorganismů, ne však nutně všech spor.

Dispergation / Dispergace – Rozptýlení částic do tekutiny.

Dispersion / Disperze - Systém, který tvoří částice rozptýlené v tekutině.

Drag coefficient / Odporový součinitel (Součinitel odporu) - Koeficient, který uvádí odpor prostředí působící na částici do vztahu k dynamickému tlaku.

Drag force / Odpor prostředí (Síla odporu) - Odpor, který působí na částici při jejím pohybu vůči tekutině.

Dust / Prach - Pevné částice vytvořené erozí nebo jiným mechanickým rozrušením původního materiálu; obvykle se skládá z částic nepravidelného tvaru a větších než ~ 0,5 μm.

Dust generator / Generátor prachu - Zařízení používané k řízené dispergaci suchých pevných částic do vzduchu.

Dynamic shape factor / Dynamický tvarový faktor - Poměr síly odporu působící na danou částici k síle odporu působící na kouli stejného objemu, pohybující se vůči plynu stejnou rychlostí.

Eddy diffusion / Turbulentní difúze – Transport aerosolu způsobený turbulencí plynu, používá se podobný teoretický popis jako u difúze molekulární; viz Turbulent diffusion.

Effective density / Efektivní hustota - Hustota částice s póry, liší se od hustoty kompaktní částice. Určí se jako podíl hmotnosti částice a jejího celkového objemu, tedy včetně pórů.

Elastic light scattering / Elastický rozptyl světla - Proces, ve kterém nedochází k výměně energie mezi dopadajícími světelnými fotony a cílovými částicemi.

Electric aerosol analyzer (EAA) / Elektrický analyzátor aerosolů – Integrální spektrometr pro měření rozdělení velikosti aerosolových částic na základě jejich elektrické pohyblivosti. Částice, jejichž elektrická pohyblivost je větší než zvolená, jsou z měřeného proudu odstraněny. Měří se náboj částic, které prošly na výstupní filtr.

Electrical aerosol classifier (EC)/ Elektrický třídič (klasifikátor) aerosolů – Diferenciální spektrometr aerosolových částic podle jejich elektrické pohyblivosti. Vybírá ze vstupujícího proudu frakci částic ve velmi úzkém rozmezí elektrické pohyblivosti (viz Differential mobility analyzer).

Electrical mobility / Elektrická mobilita (pohyblivost) - Schopnost částice pohybovat se v externím elektrickém poli. Vlastnost částice, která určuje jak velké konečné rychlosti dosáhne aerosolová částice v elektrickém poli jednotkové síly.

Electrical mobility (equivalent) diameter / (Ekvivalentní) průměr elektrické pohyblivosti - Průměr kulové částice jednotkové hustoty, která se v elektrickém poli pohybuje stejnou rychlostí jako příslušná částice.

Electrodynamic balance / Elektrodynamická váha - Zařízení, které používá skládaných (superponovaných) polí střídavého a stejnosměrného proudu k udržení nabitých částic ve vznosu (levitaci).

Electrophoresis / Elektroforéza - Pohyb částic s [elektrickou dvojrůstvou](#) vlivem elektrického pole.

Electrostatic balance / Elektrostatická váha - Zařízení, které používá pole stejnosměrného proudu k udržení nabitých částic ve vznosu; např. Millikanův kondenzátor.

Electrostatic precipitator / Elektrostatický precipitátor (odlučovač)- Zařízení, v němž jsou aerosolové částice nabity unipolárním iontovým polem a deponovány na stěně působením vysokonapětového elektrického pole

Elutriator / Elutriátor (usazovák) - Zařízení používané k oddělování (třídění) částic podle aerodynamického průměru tak, že se usazují z pohybujícího se proudu vzduchu.

Emission / Emise – Vypouštění látky nebo směsi látek do venkovní atmosféry.

Endotoxin / Endotoxin – Toxická složka /komponenta/ buněčné stěny gramnegativních bakterií.

Envelope (equivalent) diameter / (Ekvivalentní) průměr (obálky)- Průměr koule složené z částic původního materiálu včetně dutin (pórů), která má stejnou hmotnost jako původní částice nepravidelného tvaru.

Epiphaniometer / Epifaniometr - Přístroj, který měří povrch aerosolových částic pomocí na nich nadeponovaných dceřinných produktů rozpadu radonu, které jsou detekovány alfa-spektrometrem.

Equivalent diameter / Ekvivalentní průměr - Průměr koule, která má stejnou hodnotu specifické fyzikální vlastnosti jako příslušná částice.

Evaporation / Vypařování - Proces, při kterém více molekul páry z povrchu částice odchází, než na něj přichází, což vede ke zmenšování částice.

Extinction coefficient / Koeficient extinkce - Měřený parametr, který udává poměr množství světla rozptýleného a pohlceného částicemi ku množství světla dopadajícího na částici.

Extrathoracic / Extratorakální oblast - Oblast dýchacího ústrojí nad hrtanem, do které patří nos a ústa.

Fabric filter / Textilní filtr - Filtr skládající se z tkané nebo plstěné textilie.

Feret's diameter / Feretův průměr - Rozměr částice, určený z průmětu částice na vybranou (zvolenou) osu.

Fibrous filter / Vlákenný filtr - Filtr, tvořený rohoží z jednotlivých vláken.

Field charging / Nabíjení polem - Proces, při kterém aerosolové částice získávají náboj srážkami s ionty, pohybujícími se napříč elektrickým polem.

Filter / Filtr - Pórovitá (porézní) membrána nebo rohož z vláken používaná k zachycování aerosolových částic.

Fine particle / Jemná částice - Částice o velikosti menší než přibližně 2 μm . Mezi jemné částice patří částice z nukleačního a akumulačního módu. Termín se používá při popisu atmosférických aerosolů.

Flocculate / Flokulát - Skupina částic, které drží pohromadě velmi volně, často elektrostatickými silami; flokuláty se dají snadno rozštěpit působením smykových sil ve vzduchu.

Fluidized-bed generator / Generátor s fluidním ložem - Zařízení ke generování aerosolu tvořeného suchými částicemi; prachový materiál je dávkován do fluidního lože, kde jsou od sebe jednotlivé částice odděleny a pak jsou vyneseny proudem tlakového vzduchu.

Fly ash / Popílek - Částice popela unášené kouřovými plyny; vznikají spalováním fosilních paliv.

Fog / mlha - Aerosol s kapalnými částicemi, typicky vzniklý kondenzací přesycených par.

Fractal dimension / Fraktální dimenze (rozměr) - Míra složitosti tvaru částice.

Free molecular flow (regime) / Tok v kinetickém režimu – Proudění řízené diskrétními nárazy plynných molekul.

Froude number / Froudovo číslo – Udává poměr setrvačných sil k síle gravitační.

Fume / Kouř - Aerosol s tuhými částicemi obvykle vzniklý kondenzací plynných produktů spalování; částice zpravidla tvoří aglomeráty.

Fungi / Plísňe (houby) - Mnohobuněčné organismy, které produkují spory.

Gaussian curve / Gaussova křivka - Tvar rozdělení nebo křivka podobná křivce hustoty pravděpodobnosti normálního rozdělení.

Geiger-Müller tube / Geigerova-Müllerova trubice - Snímač záření, ve kterém průchod každé ionizující částice způsobuje lavinovou ionizaci plynové náplně.

Geometric / Geometrický - Týká se rozměrového parametru v logaritmických souřadnicích, kde se stejný poměr rozměrů jeví jako stejná lineární vzdálenost.

Geometric standard deviation / Geometrická směrodatná odchylka - Míra rozptylu hodnot v logaritmicko-normálním rozdělení (vždy ≥ 1).

Graticule / Ohnisková destička - Transparentní kotouč s cejchovaným měřítkem, umístěný v ohniskové rovině optického systému, např. mikroskopu, používaný pro měření velikosti částic nebo jiných předmětů.

Gravitational deposition parameter / Gravitační parametr usazování - Poměr vzdálenosti, kterou částice urazí usazováním po dobu transportu odběrovou hlavou zařízení, k průměru odběrové hlavy.

Gravitational settling velocity / Sedimentační rychlost - Rychlost, které částice dosáhne, když jsou v rovnováze síly gravitace, odporu prostředí a vztlaku; viz Terminal settling velocity.

Half life / Poločas - Časový interval potřebný k redukci rychlosti emise radioizotopu na polovinu.

Hatch-Choate equations / Hatch-Choateovy rovnice - Výrazy, které umožňují výpočet jakéhokoli charakteristického průměru logaritmicko-normálního rozdělení, známe-li geometrický průměr a geometrickou směrodatnou odchylku tohoto rozdělení.

Heterogeneous / Heterogenní - Skládající se z nestejných součástí (složek). Tyto součásti se od sebe mohou lišit velikostí, tvarem nebo chemickým složením.

Heterogeneous nucleation / Heterogenní nukleace - Tvorba stabilních zárodků kondenzované fáze na již existujících površích z jiného materiálu než je kondenzující složka (např. na existujících submikrometrových částicích).

Homogeneous / Homogenní - Skládající se ze stejných součástí (složek).

Homogeneous nucleation / Homogenní nukleace - Tvorba stabilních zárodků kondenzované fáze za nepřítomnosti cizích povrchů, tedy pouze náhodným shlukováním molekul kondenzující složky.

Horizontal elutriator / Horizontální usazovák (elutriátor) - Zařízení, používané k oddělování (třídění) částic podle aerodynamického průměru tak, že se usazují z horizontálně se pohybujícího proudu vzduchu.

Hot-wire anemometer / Anemometr s topným drátem - Zařízení používané k měření rychlosti vzduchu měřením změny v odporu rozžhaveného drátu.

House-dust mites / Roztoči žijící v domácím prachu - Běžný hmyz žijící v matracích a kobercích; výměšky jsou běžné alergen.

Hydraulic diameter / Hydraulický průměr - Hypotetický průměr předmětu, rovnající se čtyřnásobku plochy jeho průřezu, děleného obvodem této plochy.

Hydrosol / Hydrosol - Suspenze částic v kapalině.

Hygroscopicity / Hygroskopicitá, hygroskopičnost, navlhavost - Vlastnost látky sorbovat vodu ze vzduchu.

Hygroscopic growth / Hygroskopický růst – Proces, ve kterém aerosolové částice obsahující ve vodě rozpustné látky rostou ve vlhkém vzduchu; suchá částice nejprve sorbuje vodu beze změny rozměru, při překročení prahové hodnoty vlhkosti vzduchu dojde k náhlému nárůstu rozměru a vznikne kapka tvořená nasyceným roztokem rozpustných složek.

Hyphae / Hyfy - Řetězec plísňových buněk.

Ideal fluid / Ideální tekutina - Hypotetická tekutina, která má nulovou viskozitu.

Imission / Imise – Měření koncentrace látky nebo směsi látek ve velké vzdálenosti od jejich zdroje.

Impactor / Impaktor - Zařízení, ve kterém jsou částice separovány z proudu aerosolu překážkou, postavenou proudu do cesty. Částice s vyšší setrvačností při změně směru proudu narážejí na impakční podložku a jsou na ní zachyceny.

Impinger / „Impindžr“- Zařízení, ve kterém jsou částice z aerosolu odstraňovány při nárazu proudu aerosolu do kapaliny. (Částice s větší setrvačností přejdou z plynu do kapaliny.)

Inhalable / Vdechovatelné (Inhalabilní) - Frakce aerosolových částic, které mohou vstupovat do dýchacího ústrojí člověka (definují např. normy CEN EN481, ISO 7708)

Inlet efficiency / Účinnost odběrové hlavy - Podíl aerosolových částic, který z okolního vzduchu projde odběrovou hlavou do transportní části odběrového zařízení; je to součin účinnosti nasátí a účinnosti transmise.

Inspirable / Vdechnutelný - Totéž co inhalabilní (vdechovatelný); termínu inhalabilní se v současné době dává přednost.

Interception / Zachycení (intercepce) - Kolize částice s překážkou a její depozice na překážce, v případě, kdy se částice pohybuje podél překážky ve vzdálenosti jednoho svého poloměru.

Ionization chamber / Ionizační komora - Přístroj snímající záření, založený na principu detekce volných párů elektron-iont.

Isoaxial sampling / Izoaxiální odběr vzorků - Odběr vzorku, při kterém je osa odběrové hlavy rovnoběžná s původním směrem proudění.

Isokinetic sampling / Izokinetický odběr vzorků - Uspořádání odběru vzorků, při kterém vzduch proudící do odběrové hlavy má stejnou rychlost a směr jako proud okolního vzduchu.

Jet nebulizer / Tryskový rozprašovač - Zařízení, ve kterém se k tvorbě aerosolu z kapaliny využívá tlakový vzduch.

Kelvin effect / Kelvinův jev - Pozorovaný jev, že rovnovážný tlak páry nad zakřiveným povrchem kapaliny je vyšší než rovnovážný tlak páry nad rovným povrchem kapaliny.

Knudsen number / Knudsenovo číslo - Poměr střední volné dráhy molekul plynu k fyzikálnímu rozměru částice; indikuje režim, ve kterém probíhají transportní procesy, při malých Kn se jedná o režim kontinua, při velkých o režim kinetický.

Kuwabara flow / Kuwabarův tok - Řešení pole dvourozměrného viskózního /laminárního/ toku pro systém válců kolmých k toku, berou-li se v úvahu rušivé účinky sousedních vláken /bylo aplikováno i na systém koulí/; použito k modelování toku ve vláknitých filtrech.

Laminar flow / Laminární proudění - Tok tekutiny s hladkým, neturbulentním diagramem proudnic, bez vzniku vírů; obvykle se vyskytuje při velmi nízkých Reynoldsových číslech.

Light scattering / Rozptyl světla – Složitý jev, při kterém záření dopadající na částici je s různou intenzitou rozptylováno do různých směrů. Intenzita rozptýleného světla závisí zejména na poměru vlnové délky záření a průměru částice, úhlu pozorování a indexu lomu částice. Jev úplně popisuje Mieova teorie rozptylu elektromagnetického záření.

Lognormal size distribution / Logaritmicko-normální rozdělení velikostí - Rozdělení velikostí částic, charakterizované zvonovitým nebo Gaussovým rozdělením při vynesení na logaritmickou stupnici.

Lung model / Model plic – Matematický model reprezentující dýchací ústrojí, používá se ke kvantitativním odhadům usazování částic.

Mach number / Machovo číslo - Poměr rychlosti objektu a rychlosti zvuku; indikátor stlačitelnosti vzduchu.

Manometer / Manometr - Zařízení používané k měření tlakových rozdílů.

Martin's diameter / Martinův průměr - Délka čáry rovnoběžné s čarou referenční, která půlí průmět částice na stejné plochy.

Mass (equivalent) diameter / Hmotnostní (ekvivalentní) průměr - Průměr koule, která má tutéž hmotnost jako původní nepravidelná částice s dutinami, je ze stejného materiálu a nemá dutiny.

Mass median size / Medián velikosti vážený hmotností - Seřadíme-li částice v souboru podle hmotnosti, je to velikost částice, která rozděluje celý soubor na dvě části o stejné hmotnosti (viz také medián velikosti).

Mean free path / Střední volná dráha - Střední vzdálenost, kterou molekula v plynu urazí mezi dvěma srážkami s molekulami téhož plynu.

Mean size / Střední velikost – Určí se jako součet velikostí všech částic, dělený jejich počtem.

Mechanical mobility / Mechanická pohyblivost - Parametr, který ukazuje schopnost částice pohybovat se v suspendujícím prostředí; viz pohyblivost (mobilita). Ukazuje, jaké rovnovážné rychlosti dosáhne daná částice při působení jednotkové mechanické vnější síly.

Median size / Medián velikosti – Seřadíme-li částice v souboru podle velikosti, je to velikost částice uprostřed daného pořadí. (viz také hmotnostní medián velikosti).

Membrane filter / Membránový filtr - Filtr, který se připravuje jako gel z koloidní suspenze; charakteristické jsou klikaté (komplikované) vzduchové kanálky.

Micronize / Mikromletí - Proces, kterým se hrubé prášky mechanicky redukuje na velikost, která je vhodná pro redisperzi z rozpouštědla nebo vynašeče.

Microparticles / Mikročástice - Částice o velikosti v řádu mikrometrů.

Mie scattering theory / Miova teorie rozptylu – Obecná teorie popisující rozptyl elektromagnetického záření na kulových částicích

Mildew / Plíseň - Viditelný růst plísně na povrchu.

Mist / Mlha - Aerosol z kapalných částic, často vzniklý působením smykového napětí v kapalině, např. při zmlžování, stříkání (rozprašování) nebo tvoření bublin.

Mobility / Pohyblivost - Ukazuje, jaké rovnovážné rychlosti dosáhne daná částice při působení jednotkové vnější síly.

Mobility (equivalent) diameter / (Ekvivalentní) průměr pohyblivosti - Průměr kulové částice se stejnou pohyblivostí jako příslušná částice.

Mode / Mód - Hodnota dané veličiny s největší pravděpodobností výskytu, maximum na hustotě pravděpodobnosti.

Mold / Plíseň - Viditelný růst plísně na povrchu.

Monodisperse / Monodisperzní - Složený z částic jedné velikosti nebo malého rozsahu velikostí.

Mycelium / Podhoubí - Hmota (masa) plísňových hyf.

Mycotoxin / Mykotoxin - Toxická chemikálie produkovaná plísněmi.

Nanoparticles / Nanočástice - Částice o velikosti v řádu nanometrů.

Nasopharyngeal compartment / Nosohltanová komora - Část dýchacího traktu mezi epiglottis (hrtanovou příklopkou) a nosními dírkami.

Nebulizer / Zmlžovač (rozprašovač) - Zařízení, v němž se kapičky aerosolů tvoří disperzí kapaliny.

Nephelometer / Nefelometr - Přístroj, který měří množství světla rozptýleného oblakem částic, a to v širokém rozsahu úhlů dopadu světla.

Neutralizing / Neutralizace – Dosažení rovnovážného (Boltzmannova) rozdělení elektrického náboje na aerosolových částicích vystavením aerosolu intenzivním srážkám s ionty obou polarit.

Normal size distribution / Normální rozdělení velikosti - Rozdělení velikosti částic, charakterizované zvonovitým tvarem nebo Gaussovou křivkou při vynesení na lineární stupnici velikosti.

Nucleation / (Nukleace) – První krok fázového přechodu, vznik stabilního zárodku nové fáze, např. při kondenzaci vznik stabilního zárodku kondenzátu.

Nuclei (nucleation) mode / Nukleární mód - Nejmenší mód v rozdělení velikosti atmosférických částic, vzniklých kondenzací atmosférických plynů nebo emisí z horkých procesů, typický rozměr částic je do 30 nm.

Nyquist frequency / Nyquistova frekvence (frekvenční charakteristika) - Složky nejvyšší frekvence v signálu; dvojnásobek této frekvence je minimální rychlost odběru vzorků, kterou je možné použít, aniž se nepříznivě ovlivní naměřené hodnoty.

Opacity / Neprůhlednost (Opacita) – Míra, do které aerosol snižuje viditelnost a brání tak pozorování.

Open-face sampler / Otevřený vzorkovač - Kazetové zařízení na odběr vzorků s filtrem a se vstupem přibližně stejné velikosti jako filtr.

Optical (equivalent) diameter / Optický (ekvivalentní) průměr - Průměr kalibrační částice, která v daném přístroji rozptyluje tolik světla jako měřená částice.

Optical (single) particle counter / Optický čítač (jednotlivých) částic - Spektrometr pro měření velikosti aerosolů, který rozlišuje částice podle množství světla rozptýleného každou částicí.

Orifice meter / Měřicí clona - Zařízení používané k měření objemového průtoku v potrubí prostřednictvím měření tlakové ztráty přes kalibrovanou clonu.

Packing density / Hustota výplně - Poměr objemu vláken nebo membrány filtru k jeho celkovému objemu; také zaplněnost (celistvost).

Partial pressure / Parciální tlak - Tlak, kterým by pára dané složky plynu působila, kdyby byla jedinou složkou přítomnou v objemu plynu.

Particle / Částice - Malý samostatný objekt, v oboru aerosolů má rozměr od 1 nanometru do 100 mikrometrů; může být chemicky homogenní i heterogenní; může se skládat z pevných nebo kapalných materiálů nebo obou zároveň.

Particle bounce / Odraz částic – Jev, při kterém částice při nárazu na povrch na něj nepřilnou, ale odrazí se.

Particle size distribution / Rozdělení velikosti částic - Vztah vyjadřující frekvenci výskytu nějaké vlastnosti (povrchu, hmotnosti, aktivity) částic ve vzorku jako funkci rozměru částice.

Particulate / Částicový – Tento termín se nejčastěji používá jako přívlastek, který naznačuje, že příslušný materiál se skládá z částic („particulate matter“, PM).

Passive sampling / Pasivní odběr vzorků – Odběr vzorků, při kterém do zařízení vzduch vstupuje přirozenou konvekcí nebo difúzí; na rozdíl od aktivního odběru vzorků.

Pathogen / Patogen - Mikroorganismus, který způsobuje nemoc.

Peclet number / Pecletovo číslo - Podíl konvektivního a difúzního transportu; v aerosolech se používá pro odhad difúzní depozice na filtrech, je určeno poměrem počtů částic transportovaných k povrchu objektu konvekcí a difúzí.

Personal sampler / Osobní zařízení na odběr vzorků (osobní vzorkovač) – Zařízení, které si člověk nosí s sebou, a které umožňuje odběr vzorků vzduchu v jeho bezprostřední blízkosti.

Phantom particles / Fantómové (umělé) částice - Částice, které se objevují v měřeném rozdělení vlivem koincidence nebo jiných neideálních aspektů měřicího procesu a ne vlivem skutečných částic.

Photometer / Fotometr - Přístroj, který měří množství světla rozptýleného oblakem částic, a to zpravidla v úzkém rozsahu úhlů dopadu světla.

Photophoresis / Fotoforéza - Pohyb částic vyvolaný nesymetrickou absorpcí světla uvnitř částice.

Pitot tube / Pitotova trubice - Zařízení používané k měření dynamického tlaku v proudícím toku za účelem určení rychlosti proudění.

Plug flow / Pístový tok – Idealizovaný tok trubkou s dokonale plochým rychlostním profilem.

Plume / Oblak (Kouřová vlečka) – Viditelný proud emisí, např. z komína, ventilační šachty, apod.

PM XX („particulate matter“) / **PM xx**- Hmotnostní koncentrace aerosolu, kde xx je horní mez velikosti částic v mikrometrech; např. PM10, PM2.5 apod.

Point-to-plane precipitator / Elektrostatický precipitátor (odlučovač) bod-rovina – Zařízení, které používá bodový koronový výboj k nabití částic, ty se poté usazují na ploché uzemněné podložce.

Poiseuille flow / Poiseuillovo proudění - Laminární proudění s parabolickým rychlostním profilem, který se vyskytuje v kruhovém potrubí; rychlost plynu ve středu trubice se rovná dvojnásobku průměrné rychlosti v trubici.

Poisson distribution / Poissonovo rozdělení (distribuce) – Matematická funkce uvádějící počet částic v náhodně vybraném objemovém elementu do vztahu k průměrné koncentraci částic v celém objemu.

Polydisperse / Polydisperzní - Složený z částic širokého rozsahu velikostí.

Porosity / Porozita - Poměr objemu mezer ve filtru k jeho celkovému objemu (1 - Hustota výplně)

Precision / Přesnost- Míra kolísání výsledků při opakovaném měření dané veličiny.

Pre-classifier / Předklasifikátor (předseparátor) - Zařízení, které odstraňuje částice předem zvoleného rozsahu velikostí před vstupem do snímače.

Primary particle / Primární částice – Aerosolová částice emitovaná přímo ze zdroje.

Projected-area (equivalent) diameter / (Ekvivalentní) průměr promítnuté plochy - Průměr kruhu, který má stejnou plochu jako je promítnutá plocha částice pozorované např. pod mikroskopem.

Pulmonary compartment / Plicní sklípek - Část dýchacího traktu, v níž dochází k výměně plynů (oblast od respiračních průdušinek po alveoly).

Pycnometer / Pyknometr – Příklad k měření hustoty částic.

Radiometric force / Radiometrická síla - Síla vyvolaná dopadem záření na částici (fotoforéza, světelný tlak).

Rayleigh scattering / Rayleighův rozptyl - Rozptyl záření, k němuž dochází, když velikost rozptylujícího předmětu je mnohem menší než vlnová délka záření.

Re-entrainment / Zvíření - Návrat částic usazených na povrchu zpět do proudu vzduchu; podobný význam má Resuspension, Redispersion.

Refraction / Lom - Změna rychlosti a směru záření přecházející z jednoho media do druhého.

Refractive index / Index lomu - Poměr rychlosti světla ve vakuu k rychlosti světla v příslušném materiálu.

Relative settling velocity / Relativní sedimentační rychlost (rychlost usazování) - Poměr konečné sedimentační rychlosti k rychlosti vzduchu v odběrové hlavě.

Relative standard deviation / Relativní směrodatná odchylka – Poměr směrodatné odchylky a střední hodnoty.

Relaxation time / Relaxační čas - Doba, kterou částice vystavená působení vnější síly potřebuje k dosažení $1/e$ násobku své konečné rychlosti ať už z počáteční rychlosti nebo z klidu; míra schopnosti částice přizpůsobit se změnám rychlosti toku (proudění).

Respirable / Respirabilní - Frakce aerosolových částic, která se může dostat do oblasti výměny plynů dýchacího ústrojí člověka.

Reticle / Nitkový kříž - Průsvitný disk s čarami nebo jinými značkami, umístěný v ohniskové rovině optických systémů pro kalibraci nebo seřizování.

Reynolds number / Reynoldsovo číslo – Bezrozměrný parametr, charakterizující režim toku (proudění), vyjádřený jako poměr setrvačné a třecí síly v plynu, který se pohybuje v blízkosti povrchu; rozlišujeme např. Reynoldsovo číslo pro tok v trubici a Reynoldsovo číslo při obtékání částice.

Rotameter / Rotametr - Zařízení používané k měření objemového průtoku (tekutiny) pomocí polohy plaváku ve vzhůru se rozšiřující vertikální trubici.

Sampling probe / Odběrová sonda - Zařízení k odběru vzorků (např. aerosolu) ze systému.

Sampling ratio / Rychlostní poměr odběru - Poměr rychlosti okolního vzduchu k rychlosti vzduchu ve vstupu do odběrové hlavy.

Saturation ratio / Poměr nasycení - Poměr parciálního tlaku páry k tlaku nasycené páry za dané teploty.

Saturation vapour pressure / Tlak nasycené páry - Parciální tlak páry, potřebný k udržení páry v rovnováze s kapalinou nebo pevnou látkou; nazývá se také rovnovážný tlak páry.

Sauter mean diameter / Sauterův střední průměr - Průměr kapky, jejíž poměr povrchu k objemu se rovná střední hodnotě poměrů povrchu k objemu všech kapek v daném rozdělení velikostí.

Schmidt number / Schmidtovo číslo - Poměr Pecletova k Reynoldsovu číslu neboli poměr kinematické viskozity k difúznímu koeficientu.

Scintillation spectrometer / Scintilační spektrometr - Přístroj pro snímání energetického spektra radiace, ve kterém dopad radiace vyvolá optickou emisi, která je následně detekována fotonásobičem.

Secondary particle / Sekundární částice - Částice vzniklá ve vzduchu chemickou reakcí plynných složek (gas-to-particle conversion); zřídka se také používá k popisu aglomerátů nebo redispergovaných částic.

Sedimentation / Sedimentace - Pohyb částic vlivem gravitace.

Semiconductor detector / Polovodičový detektor - Přístroj pro snímání radiace, ve kterém dopad radiace na povrch polovodiče způsobí změnu jeho elektrických vlastností.

Shape factor / Tvarový faktor – Poměr síly odporu, kterou klade prostředí skutečné nekulové částici vůči síle odporu, kterou prostředí klade kulové částici stejného objemu, pohybující se stejnou rychlostí.

Sherwood number / Sherwoodovo číslo - Bezrozměrný koeficient přenosu hmoty; pro případ depozice je vyjádřen poměrem rychlosti difúzní depozice částice a jejího difúzního koeficientu.

Sinclair-LaMer generator / Sinclairův-La Merův generátor - Zařízení, které produkuje monodisperzní aerosol kondenzací páry na heterogenních zárodcích.

Slip correction factor / Korekční faktor na skluz (klouzání)- Faktor, který umožňuje korigovat rovnice toku platné pro kontinuum pro případ skluzu (klouzání) plynu u povrchu.

Slip flow regime / Režim toku se skluzem (s klouzáním) – Režim toku na přechodu mezi oblastí kinetickou a oblastí kontinua.

Smog / Smog - Aerosol skládající se z pevných a kapalných částic, vzniklých hlavně fotochemickými reakcemi UV záření s uhlovodíky a oxidy dusíku; v širším významu je termín smog kombinací slov „smoke“ a „fog“ a zahrnuje všechny znečišťující látky včetně plynných složek.

Smoke / Kouř - Pevný nebo kapalný aerosol, vznikající nedokonalým spalováním nebo kondenzací přesycených par; částice kouře bývají menší než mikrometr.

Snell's law / Snellův zákon - Základní princip v optice, že siny úhlů dopadu a lomu jsou ve stálém vzájemném poměru.

Solidity / Zaplněnost (Celistvost) - viz Packing density.

Soot / Saze - Shluk (aglomerát) částic vytvořených nedokonalým spálením uhlíkatého materiálu.

Source apportionment / (Poměrné) rozdělení zdrojů - Analýza vzorku aerosolu, jejímž výsledkem je kvantifikace podílu jednotlivých zdrojů v daném vzorku.

Source sampling / Emisní odběr vzorků - Odběr vzorků přímo ze zdroje znečišťujícího vzduch.

Specific surface / Specifický (Měrný) povrch - Povrch částic vztažený na jednotkovou hmotnost nebo objem částic.

Spinning disk atomizer / Atomizér s rotujícím diskem - Zařízení, které produkuje kapky při odtrhávání tenkého filmu kapaliny z hrany rotujícího disku.

Spirometer / Spirometr - Zařízení používané k přesnému měření proteklého objemu plynu; plyn se v něm plní do kalibrované kovové nádoby utěsněné kapalinou.

Spores / Spory - Nečinné buňky mikroorganismů.

Standards / Normy - viz Air quality standards

Stephan flow / Stefanův tok - Aerodynamický tok plynu v zařízení, ve kterém dochází k vypařování a/nebo kondenzaci na některé stěně. Stefanův tok kompenzuje difúzní tok vyvolaný gradientem koncentrace plynu.

Sterilization / Sterilizace - Úplné zničení mikroorganismů a jejich spor.

Stokes diameter / Stokesův průměr - Průměr kulové částice stejné hustoty a rychlosti usazování jako příslušná částice.

Stokes flow / Stokesův tok - Tok kolem tělesa ovlivněný pouze viskózními, ne tedy setrvačnými silami.

Stokes number / Stokesovo číslo - Poměr brzdné dráhy částice k charakteristickému rozměru; obecně se používá jako indikátor podobnosti chování částic při obtékání překážek.

Stokes regime / Stokesův režim – Oblast podmínek, za kterých se dá použít Stokesův zákon.

Stopping distance / Brzdná dráha - Součin relaxačního času a počáteční rychlosti částice; je mírou schopnosti částice přizpůsobit se změnám směru toku.

Subisokinetic sampling / Subizokinetický odběr vzorků - Odběr vzorků, při kterém vzduch proudící do vstupu má nižší rychlost než proud okolního vzduchu.

Superisokinetic sampling / Superizokinetický odběr vzorků - Odběr vzorků, při kterém vzduch proudící do vstupu má vyšší rychlost než proud okolního vzduchu.

Surface barrier detector / Detektor s povrchovou překradou - Typ polovodičového detektoru používaného především pro emise nabitých částic.

Terminal settling velocity / Sedimentační rychlost – Rychlost, které částice dosáhne, když jsou v rovnováze síly gravitace, odporu prostředí a vzlaku; viz Gravitational settling velocity.

Thermal precipitator / Termoforetický precipitátor (odlučovač) - Zařízení, které se používá k depozici malých množství vzorků na podložku vlivem teplotního gradientu působícího na částice.

Thermophoresis / Termoforéza - Pohyb částic v teplotním gradientu, tj. z teplejší do chladnější oblasti.

Thermoprecipitation / Termoprecipitace - Usazování částic aerosolu na chladných površích pod vlivem termoforézy.

Thoracic / Torakální – Oblast dýchacího ústrojí za hrtanem.

Thoracic fraction / Torakální frakce - Frakce aerosolových částic, která se může dostat v dýchacím ústrojí člověka až za hrtan.

Tidal volume / Dechový objem - Množství plynů vdechnutých a vydechnutých během každého dechu.

Total lung capacity / Celková kapacita plic - Objem vzduchu v plicích při maximálním nadechnutí.

Tracheobronchial compartment / Tracheobronchiální část - Oblast dýchacího traktu od hrtanu po terminální bronchioly.

Transfer function / Přenosová funkce – Funkce která transformuje jednu funkční závislost na jinou; v aerosolech se nejčastěji používá k popisu změny rozdělení velikostí při průchodu analyzátozem.

Transmission efficiency / Účinnost transmise – Podíl částic, které projdou odběrovou hlavou do transportní části odběrového zařízení.

Turbulent diffusion / Turbulentní difúze – Transport aerosolu způsobený turbulencí plynu, používá se podobný teoretický popis jako u difúze molekulární; viz Eddy diffusion.

Turbulent flow / Turbulentní proudění – Tok tekutiny se vznikem vírů, proudnice mají tvar smyček; obvykle se vyskytuje při vysokých Reynoldsových číslech.

Ultrasonic nebulizer / Ultrazvukový rozprašovač - Zařízení, ve kterém se k tvorbě aerosolu z kapaliny využívá ultrazvuk.

Ultra-Stokesian / Mimo Stokesův režim – Situace, při které relativní rychlost proudění vůči částici je příliš vysoká na to, aby bylo k popisu možno použít Stokesův zákon

Unipolar ion field / Unipolární iontové pole - Oblast obsahující ionty pouze jedné polarity.

Variability / Proměnlivost (Variabilita) - Míra rozpětí opakovaných měření parametru.

Variance / Rozptyl (Variance) - Druhá mocnina směrodatné odchylky; míra variability, ve statistice 2. centrální moment.

Vapour pressure / Tlak páry – Celkový tlak, kterým pára (nebo směs par) působí na stěny nádoby.

Vena contracta / Nejužší proudnice – Místo největšího zúžení toku, při kterém dochází k oddělení toku od stěny; tato situace nastává po zúžení průtokového kanálu nebo po proudu za vstupem do odběrové hlavy zařízení.

Venturi meter / Venturiho trubice - Zařízení používané k měření objemového průtoku v potrubí prostřednictvím měření tlakové ztráty přes kalibrované plynulé zúžení.

Vertical elutriator / Vertikální elutriátor - Zařízení, používané k oddělování (třídění) částic podle aerodynamického průměru ve vertikálním kanále tak, že částice větší než je daná velikost jsou zadržovány v rozšířené části kanálu, zatímco menší částice jsou vynášeny proudem do zúžené části.

Virtual impactor / Virtuální impaktor - Zařízení, v němž se částice třídí na dvě frakce tak, že větší částice kvůli setrvačnosti pokračují za tryskou v původním směru do téměř nehybného proudu vzduchu, zatímco menší částice změni směr s hlavním proudem o větší rychlosti; nejčastěji používaným je dvoučlenný (dichotomní) impaktor.

Virus / Virus - Mikroorganismus, který potřebuje k reprodukci kompletní buňku.

Vital capacity / Vitální kapacita - Maximální objem vzduchu, který je možné vydechnout z plic po maximálním nádechu.

Wall loss / Ztráta na stěně – Jev, při kterém se v odběrovém zařízení některé částice zachytí na jeho stěnách místo určené depoziční podložky (filtru).

Weber numer / Weberovo číslo – Poměr tlakové síly k síle povrchového napětí pro kapku urychlovanou v plynu.

Weighting / Přiřazení váhy (statistické) – Metoda používaná při přepočtech mezi různými vyjádřeními koncentrace aerosolu; např. z početní koncentrace na hmotnostní apod.

Yeast / Kvasinka - Jednobuněčná houba.