

MORFOLOGIE PEVNÝCH ČÁSTIC

Roman Ličbinský, Vladimír Adamec, Jiří Huzlík

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Lišeňská 33a, 63600 Brno

e-mail:roman.licbinsky@cdv.cz

Abstrakt

The particulate matter (PM) diameter and shape are the most discussed physical properties considering behaviour characterisation, source identification and possible effects on human health. Some groups of particles have except typical chemical composition also the specific shape reflecting the way of formation, so it is possible to conclude the source. Imaging of PM was done by using Scanning Electron Microscope VEGA TS 5136 LSU (Tescan, s.r.o., Czech Republic). PM air samples were taken on the special filters Millipore made of polycarbonate membrane (Isopore) with the 0.6 μm size of pores. Filters are designed specially for the scanning electron microscopy (SEM) purposes with the perfectly smooth surface. Several sampling (flow rate, sampling interval) and imaging modes (low vacuum, high vacuum, non plated and plated surface) were tested to obtain image in the very good quality to be able to precisely determine the PM shape and diameter. PM samples were taken both near the exhaust of gasoline and diesel engine to define PM shapes emitted from combustion processes in vehicles and also on chosen localities that represent urban sites with different traffic intensity. Separate spherical particles were observed on filter exposed near gasoline vehicle exhaust pipe and their aggregates then near diesel vehicle exhaust. Spherical particles aggregates were also observed on filters exposed on locality with high traffic intensity where road traffic is considered to be the dominant source of air pollution. The other particle shapes except the spherical particles were often observed on the locality that represents the more opened area with more trees. Sharp-edged particles probably of geological origin (soils) and larger spherical or elongated particles of biological origin (spore) were also often observed on the filters from this locality. The interpretation of the source only on the basis of the particle morphological characteristics without any knowledge about chemical composition is in some cases inaccurate. The results correspond with the data published in literature where the same shape of PM was observed and was assigned to the specific source also on the basis of chemical composition.

Keywords: particulate matter, morphology, scanning electron microscopy

1. Úvod

Pevné částice se vyznačují svými specifickými fyzikálními (tvar, velikost, elektrický náboj, povrch částic a rozpustnost) a chemickými vlastnostmi (anorganické a organické složky), které jsou předurčeny jejich zdrojem, mechanismem vzniku a dalšími podmínkami (vzdálenosti od zdrojů, meteorologické podmínky). Důležité pro charakterizaci chování PM, určení jejich zdroje a k posouzení možných zdravotních rizik jsou poznatky o fyzikálních vlastnostech emitovaných částic. Z tohoto pohledu je diskutována především jejich velikost a tvar odrážející zejména způsob jejich vzniku. S velikostí částic, jejich tvarem

a samozřejmě chemickým složením souvisí i možné účinky částic na lidské zdraví a možná zdravotní rizika, která představují pro exponovanou populaci, protože právě velikost PM určuje, jak hluboko částice projdou dýchacím ústrojím. Morfologie pak může společně se znalostí složení velmi dobře pomoci při určování zdrojů znečištění ovzduší PM. Podobný postup byl využíván při identifikaci původu částic např. v blízkosti spalovny dřevěných odpadů (McCullum, Kindzierski, 2001), spalovny biomasy (Chong et al., 2002), ale i v městském prostředí (Zonping et al., 2003).

3. Metodika

Snímání zachycených PM bylo prováděno s využitím rastrovacího elektronového mikroskopu VEGA TS 5136 LSU (Tescan s.r.o., Česká republika), který umožňuje nízkovakuový i vysokovakuový režim měření s rozlišením do 3,5 nm. Vzorky PM v ovzduší byly odebírány na speciální filtry Millipore z polykarbonátové membrány (Isipore) s velikostí pórů 0,6 μm speciálně určené pro elektronovou mikroskopii s dokonale hladkým povrchem. Testováno bylo několik možných režimů a způsobů sledování PM. V nízkém vakuu bez pokoveného povrchu vzorku nebylo možné získat kvalitní obraz při pozorování částic menších než 15 μm . Při vysokém vakuu bez pokoveného povrchu docházelo při ostření k rychlému nabití pozorovaných částic elektronovým paprskem a tím k jejich uvolnění z povrchu filtru a ztrátě pozorovaných objektů. Jako nejvhodnější byl zvolen způsob sledování pevných částic ve vysokém vakuu s pokoveným povrchem vzorku. Na povrch filtru proto byla s využitím přístroje Bal-Tec SCD 050 (Bal-Tec, Lychtenštejnsko) nanášena přibližně 15 nm mocná vrstva zlata. V důsledku pokovení tak dochází k odvodu vznikajícího elektrického náboje z místa dopadu elektronového paprsku do plochy a dále k uzemnění. To dovoluje získat velmi kvalitní obraz i při zvětšení až 150 tisíc, kde lze určit tvar částic o velikosti přibližně 50 nm, což velikostně odpovídá částicím produkovaným benzínovými a dieselovými motory, které se shlukují do větších agregátů o velikosti od 300 nm. Jednotlivé částice i jejich agregáty byly pozorovány na exponovaných filtrech odebraných na lokalitě s intenzivním provozem, kde je za dominantní zdroj znečištění považována silniční doprava. Na druhé loka-

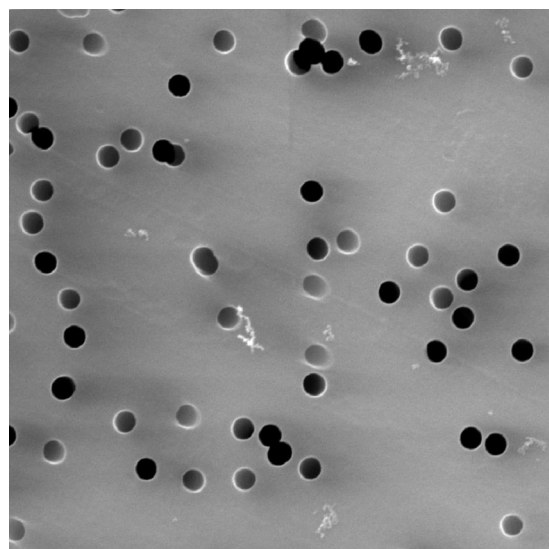
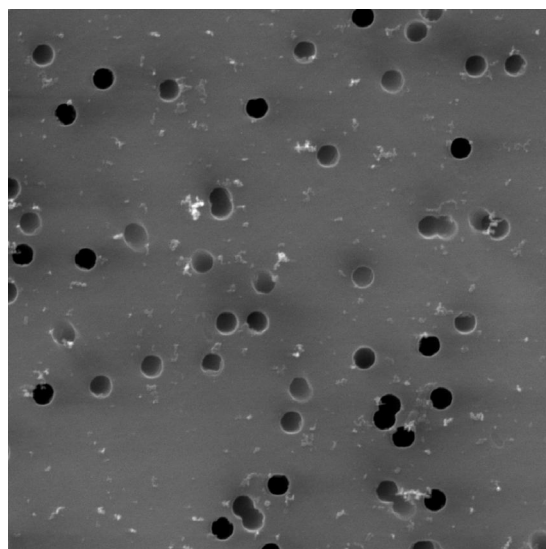
litě pak ke znečištění mohou významně přispívat rovněž další zdroje jako lokální topeniště a resuspenze částic půdy z blízkého okolí. K těmto odběrům byly využity středně objemové vzorkovače LECKEL MVS6 (Sven Leckel Ingenieurbüro, Německo) vybavené vstupními hlavice pro odběr vzorků různých frakcí PM. Rovněž byla testována možnost zachytu částic s využitím nízkooblemového odběrového čerpadla Aircheck2000 (SKC, USA) v bezprostřední blízkosti (cca 2 cm) výfuku, čímž by měl být přesně definován zdroj PM, kterým jsou v tomto případě spalovací procesy. Pro porovnání byl proveden odběr jak u benzínového motoru (automobil Opel Astra, 1,6 l., r.v. 2000, najeto 291 779 km), tak u dieselového motoru (automobil Škoda Octavia, 1,9 TDi, r.v. 2005, najeto 85 099 km).

3. Výsledky

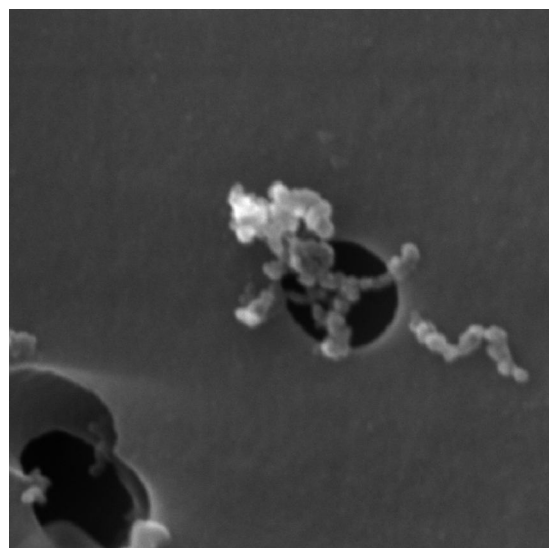
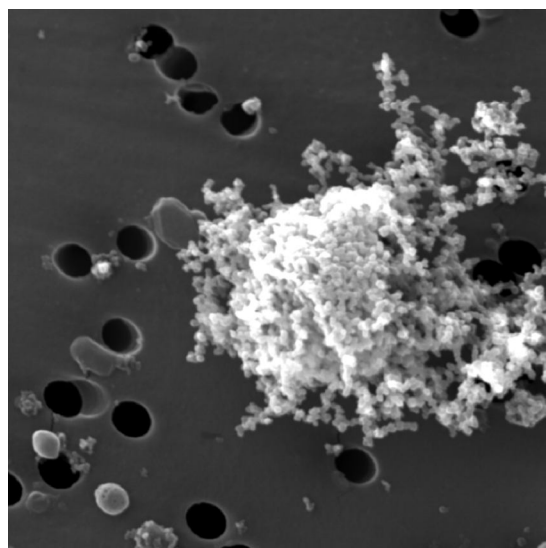
Na filtrech odebraných v blízkosti výfuků vybraných automobilů byly dle předpokladů pozorovány částice kulovitě tvaru viz obr. 1 vlevo benzínový motor, vpravo diesel vzniklé při spalování paliva. Z těchto prescreeningových měření je patrné, že částice produkované dieselovým motorem tvoří ve větší míře agregáty kulových částic, zatímco ve výfukových emisích z benzínového motoru jsou částice spíše izolované, zatímco jejich agregáty se vyskytují méně.

K charakterizaci tvarové variace PM byly rovněž odebrány vzorky získané při odběrech ovzduší na reálných lokalitách s různou intenzitou dopravy a charakterem okolí. První lokalita má charakter uličního kaňonu s intenzitou přibližně 36 000 vozidel za den, druhá lokalita představuje území s nízkou dopravní zátěží (9 000 vozidel za den) s rodinnými domy v okolí

Obr. 1 PM produkované benzínovým motorem (vlevo) a dieselem (vpravo)



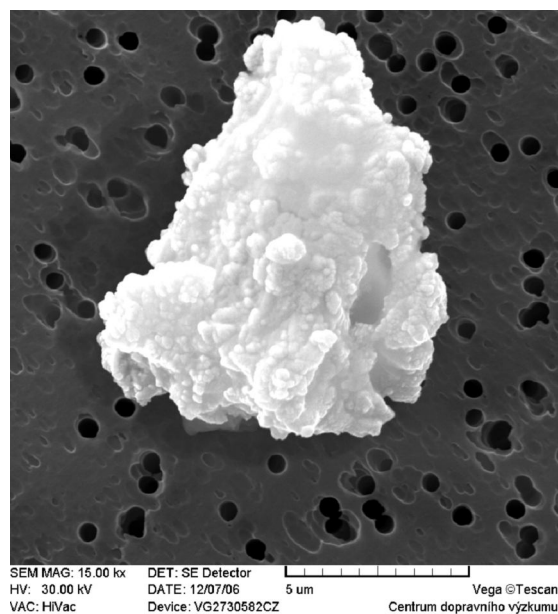
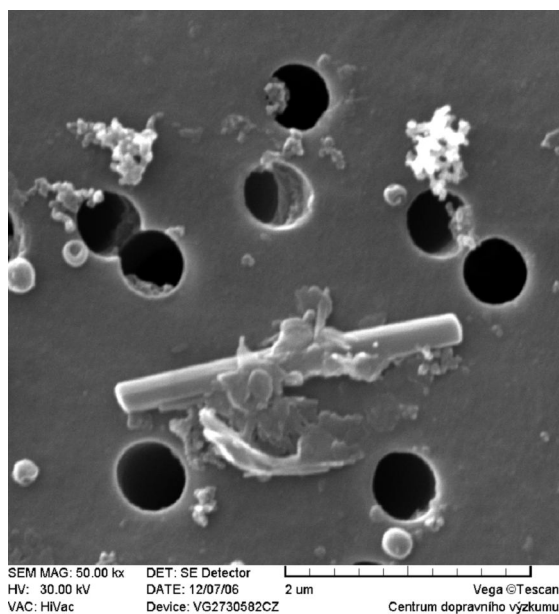
Obr. 2 Agregáty kulovitých částic (vlevo) a detailní pohled na základní stavební prvek (vpravo)



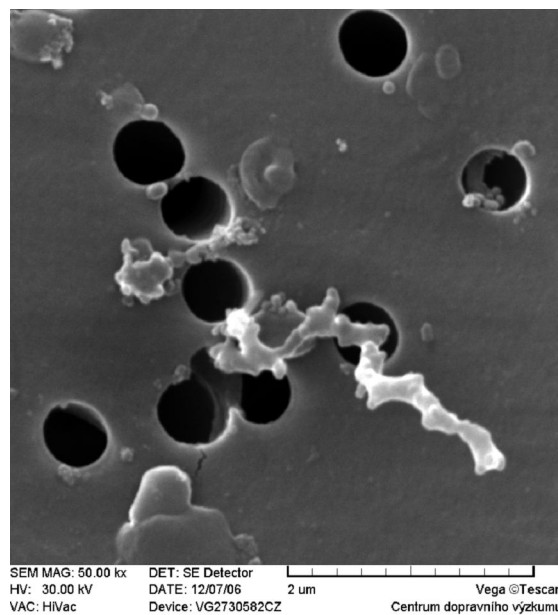
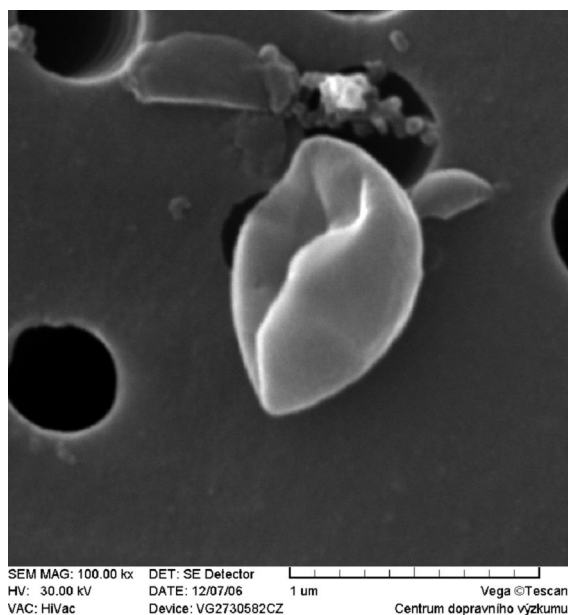
Lze tak předpokládat, že na první lokalitě převládají v PM dopravní emise a je tak možné na filtrech pozorovat zejména částice stejných tvarů, jako v případě odběrů v blízkosti výfuků. Na obr. 2 vlevo jsou zachyceny částice kulovitého tvaru spojené

do větších agregátů pozorované na této lokalitě ve frakci částic s aerodynamickým průměrem menším než 1 μm . Tento typ částic v této frakci převládá na obou lokalitách.

Obr. 3 Ostrohranné částice pravděpodobně geologického původu



Obr. 4 Částice pravděpodobně biologického původu



Na druhé lokalitě pak ke znečištění mohou významně přispívat také další zdroje což se odráží ve větší tvarové variabilitě PM. Zejména v hrubější frakci PM tak byly pozorovány na filtrech exponovaných na této lokalitě rovněž ostrohranné částice vzniklé pravděpodobně resuspencí prachu z povrchu vozovky nebo zvířením geologického materiálu v blízkém okolí vozovky (půda). Tyto částice jsou zachyceny na obr. 3. Na stejné lokalitě lze rovněž převážně

v hrubší frakci PM pozorovat větší kulovité nebo protáhlá částice které mohou být biologického původu (viz. Obr. 4).

4. Závěr

Scanovací elektronový mikroskop (SEM) je možné využít pro určení možných zdrojů PM podílejících se na celkovém znečištění ovzduší. Pro přesnější charakterizaci zdrojů je však vhodné kombinovat

znalosti o morfologii jednotlivých částic s jejich chemickým složením spojením SEM s energiově disperzním (ED) rentgenovým mikroanalyzátozem, který umožňuje měřit obsah prvků v mikroobjemech pevných látek. Interpretace původu PM pouze na základě morfologické charakteristiky bez znalosti složení může být v některých

případech zavádějící, a proto získané výsledky byly porovnány s údaji publikovanými v literatuře (McCullum, Kindzierski, 2001; Zongping et al., 2003; Weinbruch, Ebert, 2004), kdy byl pozorován stejný tvar PM a přiřazen k určitému zdroji rovněž na základě chemického složení a jsou s nimi v dobré shodě.

Literatura

- Chong, N., Sivaramkrishnan, K., Wells, M., Jones, K.: Characterization of Inhalable Particulate Matter in Ambient Air by Scanning Electron Microscopy and Energy-Dispersive X-ray Analysis. *EJAFChe*. 3, p. 145-164, 2002.
- McCullum, K., Kindzierski, W.: Analysis of particulate matter origin in ambient air at High Level, Alberta. Department of Civil & Environmental Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta, 2001.
- Weinbruch, S., Ebert, M. Source apportionment of atmospheric aerosols based on electron microscopy, Technical University of Darmstadt, 2004
- Zongping, P., Baoping, H., Hanhu, L., Xiaoyan, J., Hongyan, H., Yunjian, L. Study on Application of SEM in Source Apportionment for Urban Ambient Particulate Matter, China University of Mining & Technology, Xuzhou, 2003.