

**Posouzení vlivu toxických emisí naftových motorů v místě bydliště pana S., Svojšovická,
Praha 4 – Spořilov**

**Návrh experimentálního zjištění koncentrací velmi jemných částic a obsahu
karcinogenních polycyklických uhlovodíků v částicích v oblasti Spořilova**

Návrh opatření ke snížení emisí z motorových vozidel v oblasti Spořilova



Zadavatel:

prof. MUDr. Eva Syková, DrSc.
senátorka za volební obvod 20 – Praha 4
ředitelka Ústavu experimentální medicíny AV ČR
Václavská 1083, 142 20 Praha 4 – Krč
sykovae@senat.cz

Odborná spolupráce:

MUDr. Radim J. Šrám, DrSc.
vedoucí oddělení genetické ekotoxikologie
Ústav experimentální medicíny AV ČR
sram@biomed.cas.cz

Zpracovatel:

Michal Vojtíšek, M.S., Ph.D.
Centrum vozidel udržitelné mobility
Fakulta strojní ČVUT v Praze
Technická 4, 166 07 Praha 6
michal.vojtisek@fs.cvut.cz

Praha, prosinec 2013
s doplněním únor 2014

Posouzení stavu

Bydliště pana S. se nachází ve 4. patře panelového domu ve Svojšovické ulici na Spořilově. Dům se nachází v blízkosti ulice Spořilovské, která sloužila a nadále slouží jako jeden z hlavních tahů tranzitní nákladní silniční dopravy. Dům je orientován kolmo na ulici Spořilovskou, byt pana S. je v části nejvzdálenější od Spořilovské.

Spalovací motory emitují velmi jemné částice o typické velikosti jednotek až stovek nanometrů, které mají vysokou pravděpodobnost záchytu v plicních sklípcích¹, a vysokou schopnost procházet buněčnou membránou do krve. Tyto částice jsou komplexní směsí látek, o které je známo, že jako celek způsobuje a přispívá k výskytu rakovinných onemocnění², a jsou výrazně rizikovější pro lidské zdraví než částice z jiných zdrojů³. Snížení koncentrací velmi jemných částic elementárního uhlíku, dominantní součásti výfukových plynů vznětových motorů, má 4-9x vyšší přínos pro lidské zdraví než stejné snížení koncentrací PM_{2.5}⁴. Výfukové emise ze vznětových motorů byly deklarovány jako karcinogenní Kalifornským úřadem pro ochranu ovzduší (CARB)⁵, Úřadem pro nemoci z povolání a ochranu zdraví USA (OSHA)⁶, Světovou zdravotní organizací (WHO), a Mezinárodní organizací pro výzkum rakoviny (IARC)⁷.

Spalovací motory dále produkují oxidy dusíku, z nichž oxid dusičitý je dráždivý a ve větších koncentracích toxický. Motorová vozidla dále produkují částice vznikající otěrem brzd a pneumatik, a způsobují rozvíření prachu již usazeného na vozovce či v její blízkosti (sekundární prašnost). Dle statistik Evropské komise⁸ mají emise z dopravy na svědomí přes 400 tisíc předčasných úmrtí ročně v EU, což je řádově více v porovnání s dopravními nehodami (39 tisíc ročně).

Tyto emise (vypouštěné znečišťující látky) se významnou měrou podílejí na imisích, tj. na koncentracích znečišťujících látek v ovzduší. Rizikové látky a s nimi spojená zdravotní rizika nejsou rozloženy rovnoměrně, ale jsou výrazně vyšší v bezprostřední blízkosti vozovky. Dlouhodobý pobyt v blízkosti (mezní vzdálenost je uváděna v řádu sta nebo stovek metrů⁹), frekventované silnice (desítky a stovky tisíc vozidel ročně) je spojen se statisticky významným

¹ Gerde, P., Muggenburg, B.A., Lundborg, M., Dahl, A.R., 2001. The rapid alveolar absorption of diesel soot-adsorbed benzo(a)pyrene: bioavailability, metabolism and dosimetry of an inhaled particle-borne carcinogen, *Carcinogenesis* 22, 741-749.

² Künzli, N., Kaiser, R., Medina, S., Studnicka, M., Chanel, O., Filliger, P., Herry, M., Horak, F., Puybonnieux-Textier, V., Quénel, P., Schneider, J., Seethaler, R., Vergnaud, J.-C., Sommer, H., 2000. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment, *The Lancet* 356, 895-901.

³ Krzyzanowski M, Kuna-Dibbert B, Schneider J, eds. Copenhagen: World Health Organization; 2005. *Health Effects of Transport-Related Air Pollution*.

⁴ Janssen, N.A.H., et al., 2011. Black Carbon as an Additional Indicator of the Adverse Health Effects of Airborne Particles Compared with PM10 and PM2.5. *Environ Health Perspect.* 2011 December; 119(12): 1691–1699. www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3261976/

⁵ http://oehha.ca.gov/public_info/facts/dieselfacts.html

⁶ <http://www.osha.gov/SLTC/dieselexhaust/>

⁷ http://press.iarc.fr/pr213_E.pdf

⁸ Verheye, T., DG ENV, ústní sdělení na jednání skupiny ERMES, Brusel, září 2013, a DeWilt, W., DG ENV, ústní sdělení na workshopu Alternative urban mobility, Berlín, listopad 2013.

⁹ Kim J., 2009. Traffic, Asthma and Lung Development. *Living Near Busy Roads: What do the health studies tell us?* GETA, 3.3.2009

navýšením rizika infarktu myokardu, astma, chronických onemocnění dýchacích cest, a dalších zdravotních obtíží.

Bydliště pana S. bezpochyby spadá do rizikové kategorie blízkosti frekventované silnice. Dle studie ATEM¹⁰ byly před změnou směrování kamionové dopravy z Jižní spojky na ul. Spořilovská intenzity dopravy na Spořilovské ulici, stav z roku 2009, 36 400 osobních, 4 400 lehkých nákladních a 2 800 těžkých nákladních automobilů a autobusů. Po přesunu těžkých nákladních automobilů na ul. Spořilovská v září 2010 vzrostla intenzita těžkých nákladních automobilů na cca 9 tisíc denně v pracovní dny, méně než 4 tisíce v sobotu a méně než 2 tisíce v neděli. Dle výpočtu modelu ATEM vzrostly emise částic (PM₁₀) z automobilové dopravy o 37 tun ročně, což představuje 128% nárůst. Koncentrace PM₁₀ dle téhož modelu vzrostly z (již nadlimitních) 40-50 ug/m³ o dalších 10-15 ug/m³. V závěru téže studie je konstatováno, že v některých částech studovaného území došlo k nárůstu průměrných ročních koncentrací oxidů dusíku nad imisní limit, a k nárůstu počtu překročení denního limitu pro PM₁₀. Z map rozložení emisí¹¹, které jsou součástí zmíněné studie, vyplývá, že ač nejvýraznější nárůst byl předpověděn podél ulice Spořilovská a jihozápadně od ulice Spořilovská (tj. vpravo od Spořilovské ve směru jízdy nahoru), bylo bydliště pana S. negativně ovlivněno navýšením nákladní silniční dopravy, a to tou měrou, že dle citované mapy jsou překročeny imisní limity pro denní koncentrace PM₁₀, resp. počet překročení je vyšší, než zákonem povolený, přičemž na vzniku neuspokojivé imisní situace má, alespoň dle modelu ATEM, nárůst kamionové dopravy zásadní podíl.

Ze studie Státního zdravotního ústavu (SZÚ) z roku 2013¹² vyplývá, že v červnu 2013 z částic menších než 10 um¹³ bylo více než 60%, a průměrně přibližně 90%, menších než 1 um (PM₁). Průměrná hodnota 24-hodinových koncentrací PM₁₀ byla 23,2 ug/m³. V srpnu 2013 byla průměrná hodnota 24-hodinových koncentrací PM₁₀ byla 36,9 ug/m³, z toho bylo 70-80% PM₁. Podíl PM₁ a PM_{2,5} byl stanoven optickou metodou, jejíž citlivost je velmi závislá na vlastnostech částic, proto takové údaje musí být považovány pouze za orientační. I tak lze z těchto statistik lze usuzovat, že v letních měsících, kdy jsou zpravidla koncentrace částic nižší oproti zimnímu období, byly průměrné koncentrace PM_{2,5} v rozmezí 20-30 ug/m³, což je již srovnatelné s imisním limitem pro roční průměrné koncentrace 25 ug/m³, a lze očekávat, že po započtení zimních období by byly výsledné roční průměrné koncentrace vyšší, než je zákonný limit.

V rámci těchto měření nebyly samostatně měřeny nanočástice. Použitá optická metoda prakticky neumožňuje kvantifikaci částic výrazně menších, než je vlnová délka použitého světla, tj. i nanočástic. Nanočástice jsou zahrnuty v gravimetrickém měření PM₁₀, nicméně uvažíme-li, že 10 um částice má velikost melounu, pak částice emitované spalovacími motory mají velikost od makových zrnek po maliny. Nebyl měřen ani elementární uhlík, jenž je považován za typický produkt spalování, a podle kterého lze odhadnout podíl částic ze spalování uhlíkatých paliv na celkových částicích.

¹⁰ Spořilovská ulice – Praha 4. Posouzení změny dopravní zátěže po zprovoznění jihozápadní části SOKP z hlediska vlivů na kvalitu ovzduší. Atelier ekologických modelů, listopad 2010. [http://envvis.praha-mesto.cz/\(qqjpiy450qszl545qyhoef2y\)/files/=80842/Sporilovska_studievlivuSOKP.pdf](http://envvis.praha-mesto.cz/(qqjpiy450qszl545qyhoef2y)/files/=80842/Sporilovska_studievlivuSOKP.pdf)

¹¹ [http://envvis.praha-mesto.cz/\(qqjpiy450qszl545qyhoef2y\)/files/=80843/Sporilovska_studievlivuSOKP_vykresy.pdf](http://envvis.praha-mesto.cz/(qqjpiy450qszl545qyhoef2y)/files/=80843/Sporilovska_studievlivuSOKP_vykresy.pdf)

¹² Měření kvality venkovního ovzduší – Poliklinika Spořilov 27. 5. až 24. 6. 2013. Národní referenční laboratoř pro venkovní ovzduší Centra zdraví a životního prostředí Státního zdravotního ústavu v Praze.

¹³ 10 mikrometrů, značeny um místo μm z důvodu nejednotného zobrazování řeckého písmena “μ” v různých programech

Uvážíme-li střední velikost částic emitovaných motory v desítkách nanometrů, pak většina celkového počtu, ale pouze několik desítek procent celkové hmotnosti, jsou nanočástice. Uvážíme-li příspěvek částic z výfukových plynů na celkové koncentraci ve výši několika desítek procent, pak lze předpokládat, že podíl nanočástic na celkové hmotnosti PM_{10} je v řádu desetiny. Takové vyčíslení je však problematické, protože nanočástice jsou výrazně rizikovější než běžné částice. Proto porovnání modelovaných hodnot $PM_{2.5}$ a PM_{10} se zákonnými limity ne zcela vystihuje rizika situace. Za prvé je třeba uvážit, že částice $PM_{2.5}$ ze spalovacích motorů jsou na jednotku hmotnosti násobně nebezpečnější pro lidské zdraví než „průměrné“ částice $PM_{2.5}$, z důvodu své malé velikosti. Například v typických výfukových plynech je nejvyšší počet částic o velikosti desítek nm^{14} , což je velikost, která má relativně vysokou pravděpodobnost zachytu v plicních sklípcích^{15,16}. Částice mají fraktální tvar s relativně velkým celkovým povrchem¹⁷. Za druhé je třeba uvážit, že emisní faktory použité pro výpočet emisí jsou zpravidla stanoveny na základě laboratorních zkoušek spalovacích motorů, zatímco emise daného vozidla v reálném provozu jsou zpravidla vyšší než při laboratorních zkouškách. Reálné emise jsou dále vyšší z důvodu výskytu vozidel s vysokými emisemi. Tato vozidla přispívají velkou měrou k celkovému množství emisí, a to zejména z důvodu nevyhovujícího technického stavu mnohých motorů provozovaných na českých silnicích, který vyplývá z laxní a tudíž neúčinné technické kontroly velké části vozidel registrovaných v ČR a praktické absence ověřování technického stavu a emisních parametrů u vozidel registrovaných v zahraničí. Lze tedy očekávat, že reálné emise jsou vyšší, než předpovídá model. Za třetí, platné emisní limity vyjadřují nikoliv bezpečnou hranici, nýbrž zohledňují jakýsi cíl, který má být dosažen zejména nově přistoupivšími zeměmi EU. V roce 2005 stanovila Světová zdravotní organizace (WHO) limity ročních průměrných koncentrací (AQG, Air quality guidelines) $10 \mu g/m^3$ pro $PM_{2.5}$ a $20 \mu g/m^3$ pro PM_{10} , s rozsáhlým zdůvodněním¹⁸. V USA, zemi prakticky závislé na silniční osobní i nákladní dopravě, je federální limit¹⁹ pro roční průměrné koncentrace $PM_{2.5}$ $12 \mu g/m^3$. Evropská legislativa (směrnice 2008/50/EC) výslovně uvádí, že pro $PM_{2.5}$ není „bezpečná“ koncentrace, a vyjadřuje požadavek průběžného snižování $PM_{2.5}$ i ve většině případů, kde je limit $25 \mu g/m^3$ již dosažen, a požadavek nezvyšování koncentrací $PM_{2.5}$ bez ohledu na dosažení či nedosažení limitu.

Mezi nejškodlivější látky obsažené v částicích patří vybrané polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), u kterých byl prokázán, nebo se předpokládá, rakovinotvorný nebo jiný toxický účinek. Benzo(a)pyren (BaP) je jeden z nejtoxičtějších PAU, a byl vybrán jako referenční PAU s toxickým účinkem, na který se přepočítává souhrnná toxicita PAU^{20,21,22}. Koncentrace BaP jsou limitovány evropskou i českou legislativou²³.

¹⁴ Kittelson, D.B., 1998. Engines and Nanoparticles. A review. *Journal of Aerosol Science*, 29, 575–588.

¹⁵ Gerde P., Muggenburg, B.A., Lundborg, M., Dahl, A.R., 2001. The rapid alveolar absorption of diesel soot-adsorbed benzo(a)pyrene: bioavailability, metabolism and dosimetry of an inhaled particle-borne carcinogen, *Carcinogenesis* 22, 741–749.

¹⁶ Gehr P., Blank F., Rothen-Rutishauser B., 2006. Fate of inhaled particles after interaction with the lung surface. *Paediatric Respiratory Reviews* 7, Suppl. 1, S73–S75.

¹⁷ Liati A., Dimopoulos P.E., 2010. *Combustion and Flame*, 157, 1658–1670.

¹⁸ http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf

¹⁹ <http://www.epa.gov/air/criteria.html>

²⁰ United States Environmental Protection Agency (USEPA), 1993. Provisional Guidance for Quantitative Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, EPA/600/R-93/089.

<http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recorddisplay.cfm?deid=49732#Download>

Spalovací motory jsou největším zdrojem PAU v mnohých městských aglomeracích²⁴. Nejedná se pouze o vznětové (naftové) motory, nýbrž i motory zážehové (benzinové). Zážehové motory mají velký podíl na emisích těžších PAH, zejména BaP, přičemž téměř všechen BaP ve výfukových plynech zážehových motorů je obsažen ve velmi jemných nanočásticích²⁵. Rovněž tak více než 90% z celkových emisí BaP u automobilů i těžkých nákladních vozidel bylo obsaženo v částicích menších než 180 nm²⁶, což je v souladu s obecným poznatkem, že částice emitované spalovacími motory jsou velmi malé, s nejpočetnějším zastoupením částic o průměru desítek nanometrů. S postupným transportem částic a jejich stárnutím se tyto shlukují a zvětšují, takže mimo blízkost frekventované komunikace byla v městském ovzduší zjištěna většina PAU v částicích o velikosti jednotek mikrometru²⁷.

Těžké nákladní automobily mohou, v průměru, emitovat méně BaP na km než lehká vozidla (ať již z benzinovým nebo naftovým motorem). Tranzitní nákladní doprava také přijíždí do oblastí s již zahřátým motorem, a pokud tento není ochlazen dlouhodobým pomalým pojezdem, nemusí být kamiony projíždějící regionem dominantním zdrojem BaP nebo PAU.

Koncentrace BaP naměřené SZÚ v letních měsících 2013 byly v řádu 0,1 ng/m³. Koncentrace v zimních měsících nejsou k dispozici; lze očekávat, že budou vyšší, protože emise PAU ze spalovacích motorů rostou se snižující se teplotou, v zimních měsících jsou také využívána lokální topeniště či kotelny.

Z výše uvedeného rozboru vyplývá, že alespoň za popsaného stavu (směrování kamionové dopravy via Spořilovská) byl pan S. ve svém bydlišti s největší pravděpodobností vystaven koncentracím částic (PM₁₀ i PM_{2,5}) ve výši která je pravděpodobně vyšší, než jsou zákonné limity, prakticky prokazatelně vyšší, než jsou doporučení WHO, a s největší pravděpodobností natolik vysoká, že dlouhodobý pobyt v jeho bydlišti je spojen s významně zvýšenými zdravotními riziky.

Koncem roku 2013 byla tranzitní kamionová doprava ve směru na jih (směr Chodov, neboli směr nahoru do kopce) přesměrována via ul. 5. května (tj. západně po Jižní spojce ke křižovatce u Depa Kačerov, a následně jižně po dálnici na Brno). Uvážíme-li návrat k předchozímu stavu, snížila by se intenzita těžkých nákladních vozidel ve směru nahoru pravděpodobně o dvě třetiny. Uvážíme-li přesun veškeré tranzitní dopravy, intenzita těžkých nákladních vozidel ve směru nahoru by se snížila na velmi nízkou hranici. Celková hmotnost částic ve výfukových emisích by se snížila výrazněji, protože hmotnostní emise částic při jízdě z kopce jsou malé. Při jízdě z

²¹ Larsen J.C., Larsen P.B., 1998. Chemical carcinogens. In: Hester RE, Harrison RM, editors. Air pollution and health. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry; 1998. p. 33–56.

²² IARC – International Agency for Research on Cancer and World Health Organization, 2010. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 92: Some Non heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol92/mono92.pdf>

²³ zákon o ochraně ovzduší 201/2012 Sb.

²⁴ Ravindra, K., Sokhi, R., VanGrieken, R., 2007. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. Atmospheric Environment, 42, 2895-2921.

²⁵ Miguel, A.H., Kirchstetter, T.W., Harley, R.A., 1998. On-Road Emissions of Particulate Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Black Carbon from Gasoline and Diesel Vehicles. Environ. Sci. Technol., 32, 450-455.

²⁶ Phuleria, H.C., et al., 2007. Roadside measurements of size-segregated particulate organic compounds near gasoline and diesel-dominated freeways in Los Angeles, CA. Atmospheric Environment, 41, 22, 4653–4671.

²⁷ Topinka, J., Milcová, A., Schmučerová, J., Krouzek, J., Hovorka, J., 2013. Ultrafine particles are not major carriers of carcinogenic PAHs and their genotoxicity in size-segregated aerosols. Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen. 754(1-2): 1-6.

kopce jsou však teploty spalovacího prostoru velmi nízké, takže mazací olej vniklý do spalovacího prostoru není spalován. Využívání motorových brzd může vést k uvolňování částic z výfukového systému vozidla. Výfukové emise při jízdě z kopce nebyly zcela charakterizovány a kvantifikovány a proto jejich kvalita z hlediska dopadu na zdraví není známa. Při jízdě z kopce též dochází zvýšenou měrou ke tvorbě částic z brzdových obložení. Částice z brzdových obložení jsou rovněž komplexní směsí, obsahují kovy a nebezpečné látky, a jejich složení, velikost, další kvality a kvantita závisí na typu obložení a režimu používání brzd.

Dále je třeba uvážit, že změna trasy se týká pouze těžkých nákladních automobilů, zatímco osobní doprava a lehčí nákladní automobily používají stávající trasu, přičemž se nejedná o zanedbatelné objemy dopravy. Paradoxně emise karcinogenního benzo(a)pyrenu v přepočtu na km jízdy mohou být u osobních vozidel srovnatelné s těžkými nákladními vozidly²⁸ nebo dle studie Centra dopravního výzkumu ještě vyšší²⁹. Zanedbatelnou zátěží mohou být také emise ze studených startů osobních vozidel.

Při telefonické konzultaci pan S. uvedl, že (dle jeho subjektivního pozorování) nejhorší situace je v době, kdy nákladní vozy pojíždějí nízkou rychlostí v kongesci. To odpovídá zvýšené frekvenci použití provozní brzdy, neboť při jízdě ustálenou rychlostí je zpravidla využíváno brzdění motorem a u těžkých vozidel dále motorová brzda nebo retardér. Měření SZÚ z června vykazovala nejvyšší koncentrace oxidů dusíku v noci a v časných ranních hodinách a nejvyšší koncentrace částic v noci. Není tedy zřejmé, zda subjektivně pozorované obtíže jsou úměrné celkovým hmotnostním koncentracím PM10. Mohou však být úměrné emisím PAU, včetně BaP, protože ze zahraničních studií vyplývá, že pomalý pojezd v kongesci může emise BaP výrazně zvyšovat. Ravindra³⁰ uvádí, že městské oblasti s vysokou intenzitou dopravy a s výskytem kongesce podporují vysoké emise PAU. Karavalakis³¹ uvádí, že emise PAU se zvyšují se snižující se rychlostí vozidla. Shah³² uvádí, že u nákladních vozů byly emise PAU při pomalé jízdě v kongesci desetinásobně vyšší oproti jízdě vyšší ustálenou rychlostí. Při veškerých měřeních prováděných v rámci projektu MEDETOX (říjen 2012, leden a duben 2013) nebyly nikdy zaznamenány kolony ve směru dolů, dle sdělení pana S. se začaly tvořit někdy na přelomu roku 2013 a 2014 v souvislosti s opravou v oblasti lanového mostu, není tedy zřejmé, že kolony se tvořily v době, kdy byla prováděna měření SZÚ. (Doplnění: Dne 31.1.2014 byla kolona kamionů ve směru dolu, tj. od Brna.)

²⁸ Gertler, A.W., et al., 2002. Real-World Particulate Matter and Gaseous Emissions from Motor Vehicles in a Highway Tunnel. In: Emissions from Diesel and Gasoline Engines Measured in Highway Tunnels. Health Effects Institute, report no. 107.

²⁹ Adamec V., Dufek J., Jedlička J., Huzlík J., Cholava R., Machálek P., 2005. Znečištění ovzduší z dopravy. In: Kompendium ochrany kvality ovzduší, Ochrana ovzduší, duben 2005, část 5 přílohy. http://www.cdv.cz/text/szp/clanky/ochrana_ovzduisi_priloha.pdf

³⁰ Ravindra, K., 2007, op.cit.

³¹ Karavalakis, G., et al.: Effects of low concentration biodiesel blends application on modern passenger cars. Part 3: Impact on PAH, nitro-PAH, and oxy-PAH emissions. Environmental Pollution 158, 2010, 1584–1594.

³² Shah, S.D., Ogunyoku, T.A., Miller, W., Cocker III, D.R., 2005. On-Road Emissions Rates of PAH and n-alkane Compounds from Heavy-Duty Diesel Vehicles. Environ. Sci. Technol., 39, 5276-5284.

Návrh experimentálního stanovení nanočástic

Vzhledem ke složitosti problematiky a značné nepřesnosti emisních faktorů i výpočtových modelů navrhuji stanovit koncentrace nanočástic v modelovém bytě (optimálně v místě bydliště pana S. a několika dalších bytech) a v okolí pozemní komunikace Spořilovská (případně také Jižní spojka a 5. května) experimentálně.

Měření doporučuji provést v následujících lokalitách:

- Vnitřní prostory modelového bytu
- Balkon téhož modelového bytu
- Okolí domu modelového bytu od zdi pod ulicí Spořilovská po úroveň přilehlých obchodů a areálů knihovny a mateřské školy (v případě, že se bude modelový byt nacházet v okolí Spořilovské)

Pro měření doporučuji využít následující přístroje a metody:

- Vzorkování nízkoobjemovými vzorkovači, průtok $1,7 \text{ dm}^3/\text{min}$, se vzorkováním na křemenné filtry, s gravimetrickou analýzou celkové hmotnosti a následnou analýzou obsahu elementárního a organického uhlíku (EC/OC) – vždy tři přístroje paralelně, rozmístění v modelovém bytě, na balkoně, a ve dvou dalších lokalitách dle místních dispozic, z nichž jedna by měla být co nejbližší ulici Spořilovská. Přístroje jsou k dispozici na ÚEM AV ČR.
- V případě dostupnosti finančních prostředků na výše uvedených vzorcích také provést analýzu karcinogenních PAU.
- Vzorkování nízkoobjemovými impaktorovými vzorkovači Sioutas, průtok $8-9 \text{ dm}^3/\text{min}$, se vzorkováním částic menších než cca $0,2 \text{ um}$, s gravimetrickou analýzou celkové hmotnosti a buď EC/OC analýzou, nebo analýzou rizikových látek, rozmístění stejné jako u nízkoobjemových vzorkovačů. Přístroje jsou k dispozici na Ústavu životního prostředí UK, jejich využití je třeba dojednat.
- Měření celkového počtu přenosnými kondenzačními čítači částic, dva přístroje, umístění střídavě v bytě, na balkoně, a případně v další lokalitě, a dále paralelní rozdílová měření, kdy jeden přístroj je umístěn stacionárně, a se druhým je pohybováno. Jeden přístroj je k dispozici na Ústavu životního prostředí UK, jeho využití je třeba dojednat. Druhý přístroj je k dispozici na Ústavu chemických procesů AV ČR, jeho využití je třeba koordinovat s dalšími měřeními.
- Měření velikostních spekter částic v rozmezí cca $5-500 \text{ nm}$ klasifikátorem, doporučen model EEPS, k dispozici na ČVUT Praha, jeho využití je třeba koordinovat s dalšími měřeními, další exemplář k dispozici na TU v Liberci v případě provedení těchto měření v rámci EU projektu MEDETOX.

Měření doporučuji provádět po dobu jednoho týdne, či 5-7 vybraných dní, a to od počátku ranní špičky do konce večerní špičky, a tam, kde je to možné s ohledem na bezpečnost přístroje, i přes noc.

Výše nákladů bude záviset zejména na počtu použitých přístrojů a spotřebního materiálu, na počtu měřících dnů a rozsahu laboratorních analýz. Minimální varianta spočívající v týdenním měření (tj. po dobu 7 dnů) koncentrace jemných částic ve vnitřním a vnějším prostoru jednoho modelového bytu, pomocí nízkoobjemových vzorkovačů, a měření počtu velmi jemných částic v okolí domu, v němž se tento modelový byt nachází, prostřednictvím klasifikátoru, by představovala přibližně 100 tis. Kč bez zahrnutí osobních nákladů. Možnost použití klasifikátoru však musí být ještě ověřena v praxi (přístroj je primárně určen pro laboratorní prostředí a jeho funkčnost může být negativně ovlivněna nižší teplotou).

Návrh opatření

Již z výše uvedeného rozboru je zřejmé, a to nezávisle na výsledku měření, že emise částic z motorových vozidel je třeba snižovat všemi dostupnými prostředky.

Jako opatření s relativně rychlou až střednědobou a relativně málo nákladnou realizací, pro které je již nastavena podpora v evropské legislativě, navrhuji uvážit následující opatření:

1. systematické provádění technických kontrol vybraných nákladních vozidel směřujících k ulici Spořilovská, tj. na D1 směr Praha, případně též na pražském okruhu, za účelem nedovolení vjezdu do Prahy vozidlům s nadměrnými emisemi (snížení výfukových emisí), přetíženým vozidlům (omezení nadměrných emisí z obložení brzd), a vozidlům se závadami brzdového systému (snížení emisí z brzd, snížení rizika vzniku kongesce vyvolané přímo či nepřímo špatnou funkcí brzd); lze očekávat, že náklady na toto opatření budou pokryty mimo jiné vybranými pokutami;
2. navýšení mýtného alespoň při průjezdu Prahou, a to alespoň v dopravních špičkách, o tzv. ekologickou složku, za účelem snížení počtu projíždějících nákladních vozidel; lze očekávat, že náklady na toto opatření budou pokryty mimo jiné vybraným mýtným;
3. zvýšení účinnosti pravidelných technických kontrol vozidel registrovaných v ČR, za účelem snížení počtu vozidel s nadměrnými emisemi, která projdou technickou kontrolou; lze očekávat, že náklady se navrátí ve formě nižší nemocnosti obyvatel;
4. důsledné uplatňování zásad udržitelného územního rozvoje při povolování realizace záměrů, které by měly za následek zvýšení intenzity osobní a/nebo nákladní silniční dopravy v oblasti Spořilova, včetně skladištních oblastí v přilehlých lokalitách obsluhovaných vozidly projíždějícími přes Spořilov, a včetně nových rezidenčních “satelitních” oblastí v okrajových oblastech a okolí Prahy, které by byly obsluhované automobilovou dopravou;
5. systematické řešení silniční nákladní dopravy v ČR, zejména tranzitní, a to zejména snížením její intenzity ekonomickými nástroji (plošné zvýšení mýtného o ekologickou složku), a tam, kde je to možné, nabídkou alternativního transportu po železnici

Zda a kudy vést tranzitní kamionovou dopravu přes území Prahy a okolí je otázka, jejíž řešení vyžaduje posouzení dopadu případných alternativních řešení, a je nad rámec této studie.

Orientační měření, Spořilov, 31.1.2014

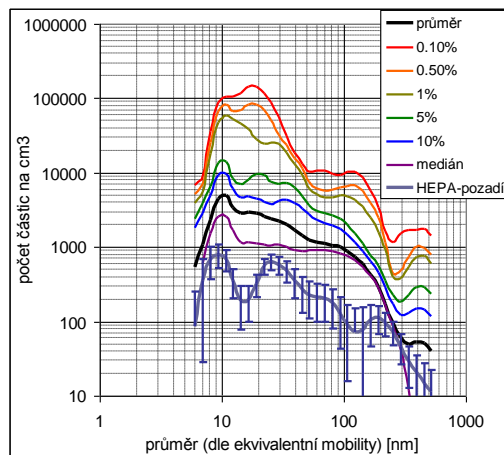
Pro ověření technické proveditelnosti navrhovaného měření rozložení velikostních spekter částic byla v rámci evropského projektu MEDETOX (LIFE10 ENV/CZ/651, Inovativní metody monitorování toxicity výfukových plynů naftových motorů v podmínkách reálného městského provozu, www.medetox.cz) připravena mobilní měřicí aparatura a provedena orientační měření.

Koncentrace částic v 32 velikostních kategoriích v rozmezí ekvivalentního průměru dle mobility v elektrickém poli od 5 do 560 nm byly měřeny klasifikátorem a spektrometrem částic (Engine Exhaust Particle SizerTM, Model 3090, TSI). Aktuální poloha přístroje byla zaznamenávána polohovacím zařízením GPS. Naměřená data byla ukládána do přenosného počítače. Zařízení bylo napájeno akumulátory na bázi lithium-železo-ytrium-fosfátu, spřaženými s měničem.

Zmíněný klasifikátor je určen pro laboratorní měření výfukových emisí spalovacích motorů pro výzkumné a vývojové účely, a byl skupinou autora upraven pro mobilní měření. Není určen ani běžně využíván pro měření koncentrací v atmosféře, nicméně z důvodu, že obdobné klasifikátory běžně používané pro měření v atmosféře nejsou zpravidla mobilní, byl nasazen jako nejlepší dostupný přístroj pro měření velikostního rozložení nanočástic.

Přístroj byl vezen na ručním vozíku po ulicích Svojšovická, Hlavní (včetně mostu přes Spořilovskou), po komunikacích paralelních a sousedících s ulicí Spořilovská, a po pěším mostě přes Spořilovskou v odpoledních hodinách (15-17 hod). Měření bylo provedeno v den pololetních prázdnin, kdy bylo možné očekávat výraznější propad místní automobilové dopravy, při podstatně méně snížené intenzitě tranzitní kamionové dopravy.

Naměřené koncentrace se pohybovaly v řádu deseti až sta tisíc na cm^3 (10^4 - 10^5 $\#/\text{cm}^3$), s hodnotami blízkými se 10^5 $\#/\text{cm}^3$ v těsné blízkosti Spořilovské a 10^4 $\#/\text{cm}^3$ v blízkosti areálu mateřské školy u ul. Svojšovická. Větší koncentrace, do 10^6 $\#/\text{cm}^3$, byly místy zaznamenány na místních komunikacích, zejména v prostoru křížení Hlavní x Spořilovská, v časové i prostorové souvislosti s průjezdem některých individuálních vozidel. Průměrné a střední hodnoty zastoupení částic v jednotlivých velikostních kategoriích a vlastní pozadí přístroje při provozu s předřazeným HEPA filtrem jsou na obrázku níže. Protože průměrné hodnoty jsou násobně vyšší než střední hodnoty, je zřejmé, že do průměru přispívají okamžiky s vysokými emisemi. Na stejném obrázku jsou proto vynesena i hypotetická spektra odpovídající, seřadíme-li koncentrace částic dle velikosti, percentilům 0.1%, 0.5%, 1%, 5% a 10% (tj. pro 0.1% je zobrazena je taková hodnota, kde 0.1% naměřených hodnot je vyšších a 99.9% nižších).



Provedené měření nemá, vzhledem k jeho velmi krátkému trvání, prakticky žádnou vypovídací hodnotu z hlediska absolutního množství částic, a proto není dále analyzováno. Cílem měření bylo ověřit činnost klasifikátoru, zjištění jeho detekčního limitu (nejnižší koncentrace, kterou je přístroj schopen spolehlivě odlišit od “šumu”), a orientační posouzení rozpětí koncentrací částic v lokalitě. Rozpětí naměřených koncentrací je v souladu s publikovanými daty^{33,34}. Bylo zjištěno, že cca 93% všech detekovaných částic v rozmezí od 5 do 560 nm byly nanočástice (průměr menší než 100 nm; 70% částic bylo menších než 40 nm); čímž byl potvrzen jejich výskyt v lokalitě, a to v relativně vyšších koncentracích nad 10^4 \#/cm^3 , a tím též potvrzen význam plánované měřicí kampaně.

³³ Sioutas, C., Delfino, R.J., Singh, M., 2005. Exposure assessment for atmospheric ultrafine particles (UFPs) and implications in epidemiologic research. *Environmental Health Perspectives* 113, 8, 947-955.

³⁴ Zhu, Y., Hinds, W.C., Shen, S., Sioutas, C., 2004. Seasonal trends of concentration and size distributions of ultrafine particles near major highways in Los Angeles. *Aerosol Science and Technology*, 38(suppl 1), 5–13.