

# Imisní zatížení ovzduší suspendovanými částicemi z dopravy

Publikováno: 13. 3. 2007

Doprava je označována jako jeden z nejvýznamnějších zdrojů znečištění ovzduší. Tento problém je navíc umocněn skutečností, že počty aut a počet ujetých kilometrů každým rokem vzrůstá a s nimi i tyto emise. Vzhledem k dominantnímu používání spalovacích motorů jsou ve výfukových plynech obsaženy značné množství plyných ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HC}$ , benzen a další) i pevných škodlivin (PM). Ty zahrnují zejména velké množství částic nejjemnějších frakcí, obsahujících komplexní směs anorganických a organických sloučenin, z nichž řada vykazuje toxické, mutagenní nebo karcinogenní efekty. Tyto částice mohou po dlouhou dobu setrvávat v ovzduší, snadno vstupovat do respiračního traktu a poškozovat tak lidské zdraví. Právě s těmito částicemi jsou dávány do souvislosti pozorované změny morbidity a mortality u exponované populace. Z tohoto pohledu je v následujícím textu věnována pozornost právě těmto částicím.

Mezi nejzávažnější škodliviny emitované z dopravy s prokazatelnými negativními účinky na zdraví člověka, zejména ve velkých městech s intenzivní dopravou, patří emise PM vznikající při provozu motorových vozidel (spalování pohonných hmot, otěr pneumatik, brzdového a spojivového obložení, povrchu vozovek apod.). Nebezpečnost nespočívá jen v jejich mechanických vlastnostech, ale především v obsahu rizikových organických (polyaromatické uhlovodíky) nebo celé řady anorganických škodlivin jako jsou kovy, dusičnany, amonné ionty, sírany apod. Množství PM produkovaných dopravou (spalovací procesy) v ČR, vč. prognózy uvádí tabulka 1.

| Rok  | IAD | SVD   | SND   | ŽD - mot. trakce | VD  | Celkem |
|------|-----|-------|-------|------------------|-----|--------|
| 1990 | 61  | 1 531 | 1 375 | 1 284            | 122 | 4 373  |
| 1991 | 53  | 1 152 | 1 127 | 916              | 101 | 3 349  |
| 1992 | 64  | 1 095 | 1 270 | 846              | 94  | 3 370  |
| 1993 | 70  | 926   | 1 125 | 558              | 78  | 2 757  |
| 1994 | 66  | 760   | 1 420 | 466              | 66  | 2 778  |
| 1995 | 94  | 893   | 1 847 | 667              | 85  | 3 586  |
| 1996 | 135 | 986   | 2 430 | 711              | 115 | 4 376  |
| 1997 | 145 | 889   | 2 672 | 590              | 58  | 4 354  |
| 1998 | 183 | 1 162 | 2 366 | 611              | 66  | 4 388  |
| 1999 | 204 | 1 096 | 2 405 | 543              | 69  | 4 317  |
| 2000 | 234 | 1 240 | 2 507 | 471              | 61  | 4 513  |
| 2001 | 267 | 1 387 | 2 907 | 531              | 52  | 5 144  |
| 2002 | 280 | 1 240 | 3 023 | 529              | 47  | 5 119  |
| 2003 | 362 | 1 240 | 3 464 | 571              | 46  | 5 683  |
| 2004 | 503 | 1 169 | 3 702 | 212              | 8   | 5 594  |
| 2005 | 545 | 1 222 | 3 816 | 216              | 9   | 5 808  |
| 2010 | 426 | 1 426 | 3 112 | 508              | 97  | 5 568  |
| 2015 | 459 | 1 286 | 2 959 | 458              | 98  | 5 260  |

Vysvětlivky: IAD ... individuální automobilová doprava, SVD ... silniční veřejná doprava, SND... silniční nákladní doprava, ŽD ... železniční doprava, VD ... vodní doprava

| Kampaň | Lokalita 1         |                  | Lokalita 2        |                  | Kampaň | Lokalita 1         |                  | Lokalita 2        |                  |
|--------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|--------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|
|        | PM <sub>2.5</sub>  | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | PM <sub>10</sub> |        | PM <sub>2.5</sub>  | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | PM <sub>10</sub> |
|        | µg.m <sup>-3</sup> |                  |                   |                  |        | µg.m <sup>-3</sup> |                  |                   |                  |
| I      | 39,95              | 92,22            | 35,78             | 43,62            | V      | 39,95              | 63,29            | 35,42             | 34,74            |
|        | 44,00              | 74,96            | 41,14             | 42,28            |        | 46,09              | 67,29            | 41,15             | 36,17            |
|        | 29,58              | 63,20            | 37,26             | 40,30            |        | 52,69              | 69,13            | 49,06             | 41,24            |
|        | 36,36              | 70,00            | 37,99             | 48,79            |        | 55,86              | 73,58            | 51,15             | 44,89            |
|        | 26,54              | 42,39            | 27,90             | 35,21            |        | 49,27              | 58,38            | 42,78             | 39,46            |
|        | 9,94               | 15,43            | 8,86              | 17,68            |        | 47,90              | 54,88            | 48,51             | 38,80            |
|        | 15,60              | 41,54            | 13,90             | 27,16            |        | 18,97              | 19,25            | 12,44             | 22,54            |
| II     | 22,74              | 30,79            | 18,16             | 27,19            | VI     | 54,49              | 58,92            | 49,50             | 38,53            |
|        | 20,74              | 34,42            | 16,22             | 30,94            |        | 44,25              | 46,29            | 34,54             | 33,99            |
|        | 25,34              | 34,79            | 20,63             | 29,86            |        | 56,21              | 54,54            | 41,31             | 30,98            |
|        | 25,93              | 41,58            | 20,62             | 33,73            |        | 98,58              | 115,08           | 85,97             | 70,54            |
|        | 33,75              | 47,79            | 26,22             | 44,51            |        | 68,80              | 82,21            | 58,76             | 51,94            |
|        | 28,62              | 46,54            | 20,56             | -                |        | 36,30              | 42,46            | 33,44             | 34,74            |
|        | 25,79              | 43,67            | 22,79             | 27,23            |        | 43,26              | 49,42            | 39,53             | 34,02            |
| III    | 23,79              | 33,00            | 19,14             | 25,82            | VII    | 53,65              | 66,75            | 43,16             | 43,21            |
|        | 15,71              | 32,13            | 13,44             | 23,24            |        | 61,72              | 80,08            | 55,07             | 48,69            |
|        | 25,03              | 41,75            | 17,86             | 26,68            |        | 66,46              | 73,75            | 58,11             | 49,44            |
|        | 30,64              | 42,38            | 25,77             | 35,57            |        | 43,24              | 53,96            | 33,59             | -                |
|        | 22,77              | 17,29            | 18,18             | 20,91            |        | 66,29              | 80,25            | 59,50             | 58,11            |
|        | 26,54              | 37,88            | 22,22             | 30,46            |        | 26,32              | 25,42            | 22,24             | 31,52            |
|        | 27,48              | 37,04            | 29,60             | 28,44            |        | 46,06              | 79,33            | 33,03             | 43,94            |
| IV     | 29,45              | 35,67            | 25,74             | 27,25            | VIII   | 41,85              | 67,75            | 30,43             | 50,51            |
|        | 30,06              | 38,38            | 20,03             | 28,62            |        | 57,32              | 69,54            | 47,10             | 41,79            |
|        | 32,17              | 38,00            | 27,04             | 37,42            |        | 44,25              | 56,88            | 31,01             | 39,53            |
|        | 34,37              | 37,46            | 30,38             | 27,86            |        | 43,86              | 59,92            | 32,72             | 27,08            |
|        | 17,86              | 23,46            | 12,57             | 21,93            |        | 48,19              | 47,83            | 34,02             | 33,21            |
|        | 22,96              | 26,13            | 23,92             | 17,99            |        | 28,15              | 29,29            | 22,11             | 32,58            |
|        | 26,67              | 35,42            | 22,84             | 24,36            |        | 41,52              | 40,42            | 37,23             | 42,85            |

Jako vstupní data byla využita reálná měření probíhající v roce 2005 až 2006 (v intencích NV 350/2002) na vybraných lokalitách města Brna, s různou dopravní zátěží a charakterem okolí (lokalita 1 - ul. Kotlářská, vysoká intenzita provozu, kaňon; lokalita 2 - Arboretum MZLU, nižší zatížení dopravou než lokalita 1, otevřený prostor). Vzhledem ke skutečnosti, že na PM jsou vázány téměř všechny organické a anorganické škodliviny, byla pozornost zaměřena rovněž na sledování obsahu PM<sub>10</sub> a PM<sub>2.5</sub> a jejich vzájemných korelací v rámci odběrové kampaně, která pobíhala v letech 2005 - 2006. Jak vyplývá z výsledků monitoringu na vybraných lokalitách, byly nejvyšší koncentrace PM zjištěny na přelomu listopadu a prosince, nejnižší na přelomu června a července (tabulka 2).

Vývoj koncentrací PM<sub>2.5</sub> během sledovaného období je velmi dobře patrný z grafu na obrázku 1. Výsledky dále naznačují korelaci koncentrací PM<sub>2.5</sub> a teploty. Korelační koeficient -0,62 spočtený pro lokalitu Arboretum je statisticky významný. Zjištěné sezónní rozdíly mohly být způsobeny ztrátou těkavých komponent PM (např. amonných solí) v letních měsících. Ty v období nižších teplot koagulují a mohou být zachyceny na filtrech. Výše popsaný trend však může mít spojitost i s dalšími aspekty, jako např. s vertikální stabilitou atmosféry. Lepší ventilaci v teplejším období (konvekce) jsou částice lépe rozptýlovány, zatímco v chladnějších měsících (inverze) je ventilace omezená a dochází tak k „hromadění“ PM ve spodních vrstvách atmosféry, poblíž místa svého vzniku. V zimě se na přítomnosti částic mohou také výrazně podílet lokální topeniště.



Obr. 1 Vývoj koncentrací PM<sub>2.5</sub> a teploty během studovaného období

Průběhy koncentrací jednotlivých frakcí PM naměřené kontinuálním čítačem částic ENVIRONcheck 107 ve vybraných časových obdobích jsou znázorněny na obr. 2 a 3. Na průběhu koncentrací PM je vidět vyšší podíl hrubé frakce 2,5 – 10  $\mu\text{m}$  v teplém období.

Porovnáním frakcí částic velikostí 2,5 - 10  $\mu\text{m}$ , 1 - 2,5  $\mu\text{m}$  a 0 - 1  $\mu\text{m}$  na lokalitě 1 bylo zjištěno, že 51,8 % částic menších než 1  $\mu\text{m}$  bylo obsaženo ve frakci PM<sub>10</sub> v létě, kdežto v zimě 89,5 %. Na lokalitě 2 při odběrové kampani v období 27. 2. – 6. 3. 2006 byl podíl částic menších než 1  $\mu\text{m}$  ve frakci PM<sub>10</sub> 78 %.

Uvedené grafy naznačují významnou závislost distribuce jednotlivých velikostních frakcí PM na ročním období. Proto byly koncentrace PM<sub>2.5</sub> získané při měřeních v rámci odběrových kampaní porovnány s koncentracemi PM<sub>10</sub> získaných ze stanice automatického měřicího systému provozovaného (AIM) ČHMÚ.



Obr. 5 Korelace mezi koncentracemi PM<sub>2.5</sub> a PM<sub>10</sub> na lokalitách 1 a 2

Vzájemná korelace suspendovaných prachových částic frakce PM<sub>2.5</sub> i PM<sub>10</sub> na obou lokalitách vykazuje velice podobné, statisticky významné, korelační koeficienty (0,967 pro PM<sub>2.5</sub>, 0,879 pro PM<sub>10</sub>), což indikuje podobné chování částic na obou lokalitách (obr. 4). Rovněž korelační koeficienty porovnání těchto frakcí v rámci jednotlivých lokalit jsou statisticky významné, konkrétně 0,850 pro Arboretum

a 0,858 pro Kotlářskou (obr. 5). U frakce  $PM_{2.5-10}$  se však tyto vztahy mezi oběma lokalitami neobjevují (korelační koeficient s hodnotou 0,190 je statisticky nevýznamný).

Roční imisní limit koncentrací  $PM_{10}$  ( $40 \mu g \cdot m^{-3}$ ) stanovený NV 350/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů byl na lokalitě Kotlářská překročen o  $10,4 \mu g \cdot m^{-3}$ . K překročení denního imisního limitu uvedeného v tomtéž předpise ( $50 \mu g \cdot m^{-3}$ ) došlo 26krát, tj. v 46,4 % měření, přitom zmíněné NV povoluje jeho překročení v 35 případech, tj. v 9,6 % měření. Připravovaný limit pro  $PM_{2.5}$  ( $25 \mu g \cdot m^{-3}$ ) v rámci směrnice Evropské unie (Directive of the European Parliament and council on ambient air quality and cleaner air for Europe) byl překročen na obou lokalitách.

Získané výsledky podporují závěry publikované v některých zahraničních studiích [1, 3, 4], konkrétně závislost koncentrací PM na teplotě pozorované při měřeních v Londýně, Pekingu a Egyptě. V této souvislosti je možné potvrdit, že znečištění prostředí PM pochází také z jiných i vzdálenějších zdrojů než jen z dopravy. Z uvedených grafů je dále dobře patrná převaha sezónních vlivů, zejména teploty a stability atmosféry, s kterou je spojena možnost ventilace daných lokalit, nad vlivem variability dopravy v průběhu celé odběrové kampaně.

## Literatura

- [1] Adamec, V., Dufek, J., Jedlička, J., Huzlík, J., Cholava, R., JANDOVÁ, V., Kutáček, S., Dostál, I., SMÉKAL, P., ŠUCMANOVÁ, M., DVOŘÁKOVÁ, P., KALÁB, M., PROVALILOVÁ, I., LIČBINSKÝ, R., VOJTĚŠEK, M., ROSÍVAL, M., ADAMCOVÁ, M., Trhlíková, B., BARTOŠ, T., Čupr, P., Tříška, J. Výzkum zátěže životního prostředí z dopravy. (Výroční zpráva projektu VaV CE 801 210 109 za rok 2005). Brno: CDV, 2006, 105 s.
- [2] NISBET, K., LAGOY, J.: Toxic equivalency factors (TEFs) polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), Reg. Toxicol. Pharmacol., 16, 1992, p. 290 – 300.
- [3] CHARRON A., HARRISON R.: 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, 2006, p.255-262.
- [4] GERTLER A. W., ABU-ALLABAN M., LOWENTHAL D. H.: 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, 2006, p.263-269.