# 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 plynných (CO, $CO_2$, $NO_x$, $SO_2$, 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 dlouho 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 spojkového 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.

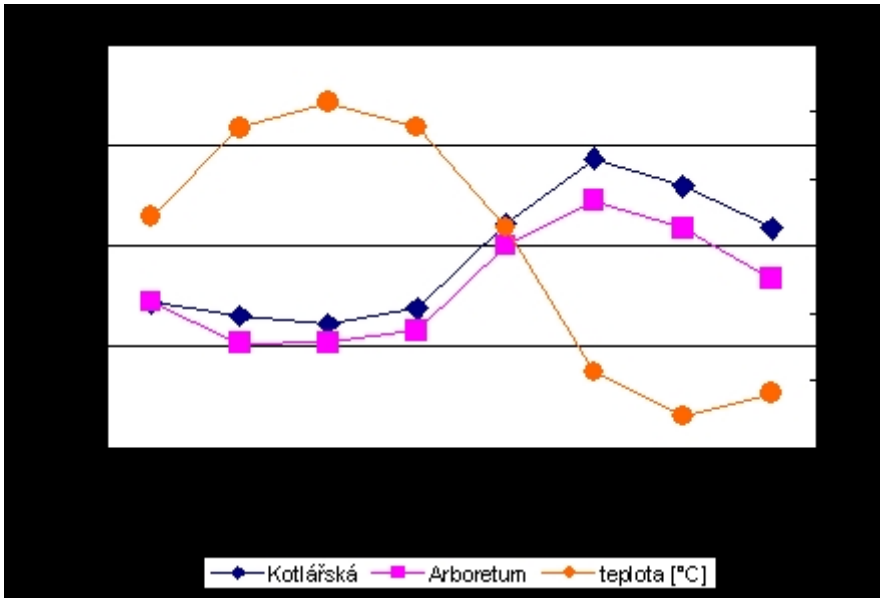
| Rok | IAD | SVD | SND | ŽD - mot. trakce | VD | Celkem |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1990 | 61 | 1 531 | 1 375 | 1 284 | 122 | 4 373 |
| 1991 | 53 | 1 152 | 1 127 | 916 | 101 | 3 349 |
| 1992 | 64 | 1 095 | 1 270 | 846 | 94 | 3 370 |
| 1993 | 70 | 926 | 1 125 | 558 | 78 | 2 757 |
| 1994 | 66 | 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 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $PM_{2.5}$ | $PM_{10}$ | $PM_{2.5}$ | $PM_{10}$ | | $PM_{2.5}$ | $PM_{10}$ | $PM_{2.5}$ | $PM_{10}$ |
| | $\mu g.m^{-3}$ | | | | | $\mu g.m^{-3}$ | | | |
| 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 $PM_{10}$ a $PM_{2.5}$ 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 $PM_{2.5}$ během sledovaného období je velmi dobře patrný z grafu na obrázku 1. Výsledky dále naznačují korelaci koncentrací $PM_{2.5}$ 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 ventilací v teplejším období (konvekce) jsou částice lépe rozptylovány, 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.

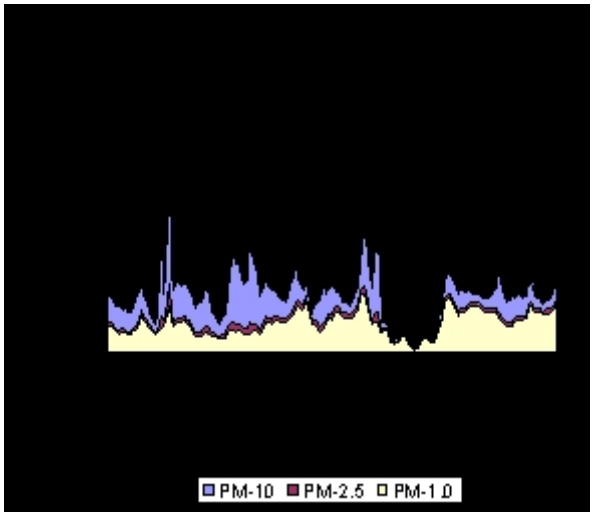



Obr. 1 Vývoj koncentrací PM2.5 a teploty během studovaného období

Průběhy koncentrací jednotlivých frakcí PM naměřené kontinuálním čitačem 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 µm v teplém období.

Porovnáním frakcí částic velikostí 2,5 - 10 µm, 1 - 2,5 µm a 0 - 1 µm na lokalitě 1 bylo zjištěno, že 51,8 % částic menších než 1 µm bylo obsaženo ve frakci PM10 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 1µm ve frakci PM10 78 %.

Uvedené grafy naznačují významnou závislost distribuce jednotlivých velikostních frakcí PM na ročním období. Proto byly koncentrace $PM_{2.5}$ získané při měřeních v rámci odběrových kampaní porovnány s koncentracemi $PM_{10}$ získaných ze stanice automatického měřícího systému provozovaného (AIM) ČHMÚ.




Obr. 5 Korelace mezi koncentracemi PM2.5 a PM10 na lokalitách 1 a 2

Vzájemná korelace suspendovaných prachových částic frakce $PM_{2.5}$ i $PM_{10}$ na obou lokalitách vykazují velice podobné, statisticky významné, korelační koeficienty (0,967 pro $PM_{2.5}$, 0,879 pro $PM_{10}$), 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 PM10 (40 $\mu g.m^{-3}$) stanovený NV 350/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů byl na lokalitě Kotlářská překročen o 10,4 $\mu g.m^{-3}$. K překročení denního imisního limitu uvedeného v tomtéž předpise (50 $\mu g.m^{-3}$) 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 $\mu g.m^{-3}$) 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., Tříska, 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 PM10, PM2,5 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.