# Znečištění ovzduší persistentními organickými polutanty produkovanými dopravou

Publikováno: 13. 3. 2007

Jedním ze závažných problémů dopravy je kontaminace ovzduší emisemi, zejména ve velkých městech s vysokou hustotou automobilové dopravy. Výfukové plyny motorových vozidel obsahují stovky chemických látek v různých koncentracích, s různými účinky na zdraví člověka. Vedle „klasických" sledovaných polutantů jako jsou např. oxidy dusíku, oxid uhelnatý, oxid uhličitý nebo oxid siřičitý je v poslední době zaměřena pozornost také na persistentní organické polutanty (POPs) jako jsou polyaromatické uhlovodíky (PAHs), polychlorované bifenyly (PCBs), polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDDs) a dibenzofurany (PCDFs).

Hlavním zdrojem PAHs je nedokonalé spalování pohonných hmot při provozu vozidel. V benzinových motorech jsou emise PAHs ve volné formě jako podíl těkavých uhlovodíků (VOCs). Při spalování v dieselových motorech je část PAHs vázána na pevné částice (PM), část je opět ve volné formě součástí VOCs. Přítomnost PCDDs a PCDFs ve výfukových plynech závisí na přítomnosti sloučenin chlóru v palivech a mazivech. Teplotní rozmezí tvorby ve spalovacích motorech vozidel je mezi 250 - 400° C s optimem kolem 300° C. Největším zdrojem těchto látek v dopravě bylo do roku 2001 spalování olovnatých benzínů, které jako další aditivum obsahovaly chlorované uhlovodíky. K 1. 1. 2001 byla však výroba, distribuce a použití těchto benzínů zakázáno. Naměřená množství se však značně liší (řádově od 1000 $pg.km^{-1}$ do jednotek $pg.km^{-1}$). U bezolovnatého benzinu byly naměřeny hodnoty řádově v desetinách až jednotkách $pg.km^{-1}$ pro motory s katalyzátorem, v desítkách až stovkách u motorů bez katalyzátorů. U dieselových motorů byly naměřeny hodnoty v desítkách až stovkách $pg.km^{-1}$ pro osobní automobily, v desítkách $pg.km^{-1}$ pro nákladní automobily. Kromě druhu paliva a typu motoru je pro tvorbu PCDDs a PCDFs důležitý i režim jízdy. Tak např. při jízdě do kopce je jejich produkce cca 10 x vyšší, než při jízdě s kopce [1].

Pro PCBs je k dispozici mnohem méně naměřených dat, ale uvažuje se u nich podobné chování jako u PCDDs a PCDFs. Podmínkou pro jejich vznik je rovněž nedokonalé spalování organických látek za přítomnosti chlóru. K dalším zdrojům POPs patří např. úniky při přepravě materiálů (havárie, úkapy, odpar pohonných hmot), likvidace odpadů (plasty, pneumatiky, pražce, odtěžený materiál při rekonstrukci železničního svršku a povrchů vozovek), nezanedbatelným zdrojem zůstává i uvolňování těchto polutantů z konstrukčních materiálů dopravních cest (asfaltová a dehtová pojiva, emulgátory, regulátory).

Pro výpočet emisí POPs byla použita Metodiky pro stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy [2], která vychází z údajů o evidenci množství prodaných pohonných hmot. Po odečtení nedopravních zdrojů, tj. spotřeby v zemědělství, lesnictví, stavebnictví a armády (týká se hlavně nafty), je množství prodaného paliva distribuováno pomocí přepravních výkonů mezi jednotlivé druhy dopravy: individuální doprava (ID), silniční veřejná osobní doprava (AD), silniční nákladní doprava (SND), autobusy MHD, železniční doprava – motorová trakce (ŽD), vodní doprava (VD), letecká doprava (LD). Tyto druhy dopravy jsou celkem rozděleny do 23 kategorií, podle používaného paliva a vybavení katalyzátory. Pro každou z uvedených kategorií je použit průměrný emisní faktor (Ef) polutantu, který je vždy uváděn v hmotnostním množství na jednotku energie ($g.MJ^{-1}$), délky přepravy ($g.km^{-1}$), hmotnosti spotřebovaného paliva, ($g.kgpal^{-1}$) nebo výkonu motoru ($g.kWh^{-1}$). Zatím co emisní faktory limitovaných složek (CO, $C_xH_y$, $NO_x$, PM) jsou povinně měřeny u silničních vozidel - nové, importované, pravidelné technické kontroly (periodické technické prohlídky železničních vozidel a plavidel se v ČR neprovádí), emise POPs z dopravy nejsou limitovány žádnými předpisy. Proto se na rozdíl od limitovaných složek u vozidel běžně neměří a z tohoto důvodu existuje do současné doby

velmi málo spolehlivých měření emisních faktorů těchto polutantů. Situaci navíc stěžuje fakt, že dosud získané hodnoty mají poměrně velký rozptyl a chemické rozbory pevných částic, na které jsou POPs rovněž vázány se provádějí ještě v daleko menším rozsahu a získané informace nemají reprezentativní charakter. Při výpočtu a bilancování množství emisí POPs produkovaných dopravou bylo vycházeno zejména z COPERT III [3] a prácí Ústavu pro výzkum motorových vozidel [4].

| Kategorie vozidel | PAH [µg.km$^{-1}$] | PCDD [pg.km$^{-1}$] | PCDF [pg.km$^{-1}$] | PCB [pg.kg$^{-1}$paliva] |
|---|---|---|---|---|
| Osobní vozidla benzinová | 260,29 | 10,3 | 21,2 | 126,5 |
| Osobní vozidla benzinová splňující EURO standardy | 143,84 | - | - | 126,5 |
| Osobní dieselová vozidla | 1277,44 | 0,5 | 1,0 | - |
| Osobní vozidla na LPG | 49,46 | - | - | - |
| Lehká nákladní vozidla benzínová | 378,11 | 10,3 | 21,2 | 126,5 |
| Lehká nákladní vozidla naftová | 1601,16 | 0,5 | 1,0 | - |
| Těžká nákladní vozidla naftová | 241,86 | 3 | 7,9 | - |

V kategoriích benzínových vozidel, splňujících emisní limity EURO a naftových vozidel jsou emise PAHs tvořeny z více než 90 % naftalenem. U starších benzínových vozidel, které nesplňují normy EURO, převažuje fenantren, který tvoří okol 50 %, naftalen zde tvoří méně než 10 % [3]. Porovnáním emisních faktorů PAHs z různých zdrojů zjistíme, že nejsou tak výrazné rozdíly mezi novějšími a staršími vozidly jako u VOC. Vozidla splňující předpisy EURO emitují přibližně 2-krát méně PAHs na 1 kg spáleného paliva než starší vozidla. I přes tuto skupečnost však dochází k mírnému nárůstu těchto emisí, což je způsobeno růstem spotřeby paliv a přepravních výkonů silniční dopravy.

| Druh dopravy | Rok | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1993 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2010 |
| ID | 6 130 | 7 110 | 8 250 | 8 540 | 8 590 | 9 220 | 9 450 | 9 720 | 9 790 | 11 460 | 12 670 |
| AD | 210 | 190 | 200 | 180 | 270 | 270 | 310 | 350 | 320 | 430 | 460 |
| SND | 2 220 | 4 000 | 5 210 | 5 810 | 5 160 | 5 570 | 6 060 | 7 300 | 8 230 | 8 430 | 8 670 |
| MHD | 120 | 140 | 170 | 170 | 190 | 220 | 250 | 290 | 300 | 320 | 360 |
| ZD | 200 | 230 | 250 | 210 | 210 | 190 | 160 | 190 | 170 | 200 | 180 |
| VD | 30 | 30 | 40 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 40 |
| Celkem | 8 910 | 11 700 | 14 120 | 14 930 | 14 440 | 15 490 | 16 250 | 17 870 | 18 830 | 20 860 | 22 380 |

Celkové emise PAHs mají od roku 1993 mírně vzestupnou tendenci. Toto je dáno především neustálým nárůstem dopravních výkonů individuální automobilové dopravy a silniční nákladní dopravy. Měnící se skladba vozového parku ve prospěch nových vozidel splňujících přísnější emisní předpisy nestačí růst dopravních výkonů kompenzovat.

| Druh dopravy | Rok | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1993 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2010 |
| ID | 195,1 | 209,6 | 219,9 | 211,2 | 178,1 | 163,6 | 129,0 | 109,5 | 90,1 | 82,1 | 21,7 |
| AD | 2,9 | 2,8 | 2,8 | 2,5 | 3,7 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 4,1 | 4,9 | 5,2 |
| SND | 17,9 | 32,9 | 38,1 | 45,8 | 37,0 | 43,1 | 45,4 | 48,0 | 54,3 | 51,5 | 48,6 |
| MHD | 1,5 | 1,7 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 2,2 | 2,3 | 2,2 | 2,6 | 2,6 |
| ZD | 2,4 | 2,9 | 3,1 | 2,5 | 2,6 | 2,3 | 2,0 | 2,3 | 2,1 | 2,5 | 2,5 |
| VD | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,5 |
| Celkem | 220,2 | 250,2 | 266,4 | 264,2 | 223,8 | 214,8 | 182,9 | 166,9 | 153,1 | 143,9 | 81,0 |

| Druh dopravy | Rok | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1993 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2010 |
| ID | 403,2 | 433,3 | 454,6 | 436,6 | 368,2 | 338,0 | 266,6 | 226,2 | 186,1 | 169,5 | 44,5 |
| AD | 3,4 | 3,4 | 3,3 | 2,9 | 4,2 | 4,1 | 4,6 | 5,1 | 4,8 | 5,6 | 5,8 |
| SND | 32,8 | 61,3 | 69,9 | 84,5 | 67,6 | 80,0 | 84,3 | 88,7 | 101,6 | 94,8 | 88,4 |
| MHD | 1,5 | 1,7 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 2,2 | 2,3 | 2,2 | 2,6 | 2,6 |
| ZD | 2,4 | 2,9 | 3,1 | 2,5 | 2,6 | 2,3 | 2,0 | 2,3 | 2,1 | 2,5 | 2,5 |
| VD | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,5 |
| Celkem | 443,7 | 502,9 | 533,4 | 528,9 | 445,0 | 426,7 | 360,1 | 324,9 | 297,0 | 275,4 | 144,3 |

Emise PCDDs a PCDFs z dopravy se pohybují celkově řádově v miligramech. Nejvíce jsou produkovány staršími vozidly, nesplňující normy EURO. Sestupný trend v produkci těchto emisí dopravou je dán obměnou vozového parku především v individuální dopravě. Vzhledem k velmi nízkým hodnotám dioxinů u emisí starších vozidel nejsou pravděpodobně tyto emise vázány na tzv. halogenové vynašeče, spíše vznikají ze stopových obsahů chlóru v benzínu [3]. Tento předpoklad podporuje i fakt, že součástí databáze jsou i emisní faktory naftových vozidel, kde se halogenové přísady nepoužívaly.

| Druh dopravy | Rok | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1993 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2010 |
| ID | 169,0 | 192,4 | 212,0 | 218,8 | 204,7 | 224,4 | 226,5 | 222,4 | 218,2 | 237,7 | 247,2 |
| AD | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,4 |
| SND | 10,0 | 19,1 | 21,2 | 26,0 | 20,3 | 24,7 | 26,1 | 26,9 | 31,3 | 28,4 | 25,7 |
| MHD | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| ZD | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| VD | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Celkem | 179,3 | 211,9 | 233,6 | 245,1 | 225,5 | 249,6 | 253,0 | 249,8 | 250,0 | 266,6 | 273,2 |

Emise PCBs byly kalkulovány pouze pro benzínová vozidla, neboť nebyla zjištěna žádná měření emisních faktorů PCB naftových vozidel. Hlavní podíl na produkci PCB z dopravy má individuální automobilová doprava. Trend vývoje produkce PCB je od roku 1993 do roku 1997 vzestupný a poté se stabilizoval kolem hodnoty 273 mg.

Emise z letecké dopravy nejsou součástí uvedené emisní bilance, neboť není znám podíl PAHs, PCDDs, PCDFs na emisích uhlovodíků vzniklých spalováním leteckých paliv.

**Závěr**

Emise PAHs a ostatních POPs jsou v dopravě součástí celkových emisí uhlovodíků. Obsah PAHs v palivech je limitován vyhláškou MPO č. 227/2001 Sb. v motorové naftě (EN 590 ČSN 65 6506) a směsném palivu (ČSN 65 6508). Maximální hodnota PAHs byla stanovena pro období 1. 1. 2003 – 31. 12. 2004 na 11,0 % hm. Od 1. 1. 2005 nejsou mezní hodnoty stanoveny. Jednotlivé POPs nejsou nijak limitovány ani standardně měřeny a to i přes skutečnost, že negativně ovlivňují kvalitu ovzduší a tím i lidské zdraví. Tato problematika je v současné době velmi aktuální, protože v posledním desetiletí došlo k výraznému nárůstu těchto polutantů. Emise POPs u mobilních zdrojů negativně ovlivňuje především vysoké stáří vozového parku v ČR a s tím spojený i jeho technický stav. Je proto nutné zpracování inventury emisí těchto látek, pocházejících ze spalování pohonných hmot a přijmout taková redukční opatření, která povedou k jejich snižování.

**Literatura**


- [1] Draft Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin

(TCDD) and Related Compounds, Chapter 4: Combustion Sources of CDD/CDF: Power/Energy Generation. http://www.epa.gov
- [2] DUFEK J., ADAMEC V., KLUSTOVÁ P., CHOLAVA R., HUZLÍK J., MAREŠOVÁ V., MARVANOVÁ S.: Stabilizace a postupné snižování zátěže životního prostředí z dopravy v České republice. Výzkumná zpráva. Centrum dopravního výzkumu, Brno 2002, 80 s.
- [3] COPERT III - Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport. Methodology and Emission Factors. Version 2.1. EEA 2000, s. 86
- [4] KROBL L. Přehled emisních faktorů silničních motorových vozidel. Výzkumný ústav motorových vozidel Praha, 2001.