

# STANOVENÍ CHARAKTERU ZNEČIŠTĚNÍ Z DOPRAVY

Jan Velíšek, Technické služby ochrany ovzduší Praha a.s., e-mail: velisek@teso.cz

Lektoroval RNDr. Bohumil Kotlík, Ph. D.

## ABSTRAKT

Článek popisuje emisní šetření provedené v prostorách Strahovského tunelu v Praze v rámci projektu MŠMT 2B08040 – Výzkum původu znečištění, které mělo za cíl stanovení charakteru znečištění pocházejícího z dopravy. Prezentovány jsou emisní faktory pro skupiny látek prachové částice, těžké kovy, polycyklické aromatické uhlovodíky, těkavé organické látky a organický/elementární uhlík vztažené na jednotku dráhy vozidla. **Klíčová slova:** emise, doprava, emisní faktor, měrná výrobní emise, měření, znečištění z dopravy

## DETERMINATION OF TRAFFIC POLLUTION

*This article describes emission inquiries which were done in Strahov tunnel in Prague in terms of state project MŠMT 2B08040 – Research on the origin of pollution, whose target is determination the character of pollution produced from traffic. Presented emission factors for particulate matter, heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons, volatile organic compounds and organic/elemental carbon are relative to the unit vehicle path.*

**Key words:** air pollution, traffic, emission factor, measurement

## ÚVOD

Doprava a jí produkované emise jsou v posledních letech stále větším problémem, a to nejen ve velkých městech, ale i v okolí páteřních komunikací vedoucích napříč krajinou. Emise z dopravy se tak na mnoha místech, společně s emisemi z domácích topenišť, stávají majoritním zdrojem znečišťování. Aby bylo možno aplikovat efektivní opatření, je nutné tyto emise kvantifikovat. V rámci řešení projektu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy 2B08040 – Výzkum původu znečištění, provedla společnost TESO Praha a. s. při příležitosti sběru vstupních dat pro receptorové modelování dva párové odběry na dvou místech Strahovského tunelu v Praze, s cílem stanovit emisní faktory příspěvku dopravy pro sledované skupiny znečišťujících látek.

### Sledované znečišťující látky

- prachové částice PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>
- těžké kovy HMs ve frakci PM<sub>2,5</sub> (antimon, arsen, berylium, cín, chrom, kadmium, kobalt, mangan, měď, nikl, olovo, rtuť, selen, telur, thalium, vanad a zinek)
- polycyklické aromatické uhlovodíky PAHs (fluoranten, pyren, chrysen, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten, benzo[a]pyren, indeno[1,2,3,-c,d]pyren, benzo[a]antracen)
- těkavé organické látky VOCs (ethene, acetylen, ethan, propen, propan, isobutan, 1-buten, n-butan, trans-2-buten, cis-2-buten, 2-methylbutan, 1-penten, n-pentan, isopren, trans-2-penten, cis-2-penten, 2,2-dimethylbutan, cyklopentan, 2,3-dimethylbutan 71, 2-methylpentan 71, 3-methylpentan, 1-hexen, hexan, methylcyklopentan 56, 2,4-dimethylpentan, benzen, cyklohexan, 2-methylhexan, 2,3-dimethylpentan, 3-methylhexan, 2,2,4-trimethylpentan, heptan, methylcyklohexan, 2,3,4-trimethylpentan, toluen, 2-methylheptan, 3-methylheptan, oktan, ethylbenzen, m,p-xylen, styren, o-xylen, nonan, isopropylbenzen, propylbenzen, m-ethyltoluen, p-ethyltoluen, 1,3,5-TMB, o-ethyltoluen, 1,2,4-trimethylbenzen, n-dekan, 1,2,3-trimethylbenzen, m-diethylbenzen, p-diethylbenzen, undekan, dodekan)
- organický/elementární uhlík OC/EC

### POUŽITÁ APARATURA

Pro realizaci sběru dat byl využit univerzální vzorkovač znečištění venkovního vzduchu – VAPS. VAPS je sestaven ze sou-

částí umožňujících současné odběry pro analytické stanovení různých parametrů znečištěného venkovního vzduchu.

Znečištěný vzduch v množství cca 32 l za minutu je nasáván hlavici vybavenou dešťovým krytem potaženým teflonem. Tato hlavice je aerodynamicky upravena pro třídění částic, hranice třídění je blízká hydraulického průměru částic 10 mikrometru. Vzduch dále prochází hlavní tělem vzorkovače, které je vyrobeno z hliníku a rovněž potaženo teflonem. Vzduch do něj vstupuje přes kónickou urychlovací trysku, kde jsou odděleny částice s hydraulickým průměrem okolo 2,5 mikrometrů a je rozdělen do tří dílčích proudů, každý proud je zpracováván odlišným systémem.

Vstup odběrové hlavice PM<sub>10</sub> je konstruován tak, aby odděloval částice s průměrem větším než 10 mikrometrů, zatímco částice menší než 10 mikrometrů kvantitativně vede do virtuálního impaktoru, kde prochází druhou urychlovací tryskou umístěnou před expanzním prostorem filtrového držáku. Centrální proud je odebírán v množství 2 l/min., hrubé částice procházejí beze změny směru proudění hlavním tělesem vzorkovače a jsou zachyceny na filtru hrubých částic. Tento virtuální impaktor je ověřený US EPA pro měření v kombinaci s použitým vstupem PM<sub>10</sub>.

Zbývajících 30 l/min. je rozděleno na dva stejné proudy, které procházejí levým a pravým zachycovačem. Jemné částice s hydraulickým průměrem menším než 2,5 mikrometru sledují dráhu obou dílčích proudů plynu (15 l/min.) a jsou podrobeny zpracování v těchto větvích. Všechny části vzorkovače přicházející do styku s odebíraným vzduchem jsou potaženy teflonem.

Pravá větev (15 l/min) dílčího proudu vzduchu prochází Quartzovým filtrem podepřeným teflonem potaženým sítkem z nerezové oceli, kde jsou zachyceny jemné částice s obsahem anorganických a semivolatilních organických sloučenin. Vyfiltrovaný vzduch s obsahem organických par prochází patronou z polyuretanové pěny (PUF), která účinně zachycuje volatilní vícemolekulární organické látky. Quartzový filtr a PUF patrona musí být do analýzy uloženy za speciálních teplotních podmínek, PUF patrona musí být před expozicí extrahována. Zachycovač pro organické látky stejně jako PUF patrona jsou vyrobeny tak, aby je bylo možno spojit bezprostředně před odběrem párovými spojkami.

Jedna část filtru byla extrahována pro stanovení obsahu organického aerosolu a druhá část byla podrobena analytickému spalovacímu procesu, pro stanovení podílu organického/elementárního uhlíku. PUF materiál byl extrahován pro stanovení polyaromatických uhlovodíků.

Hrubá frakce byla zachycována ve střední větvi dílčího proudu vzduchu na sklovláknovém filtru, který je podepřen teflonem potaženým sítkem z nerezové oceli. Sklovláknový filtr byl před expozicí i po expozici zvážen.

Levá větev (15 l/min.) dílčího proudu vzduchu prochází miliporovým filtrem podepřeným teflonem potaženým sítkem z nerezové oceli. Miliporový filtr byl gravimetricky vyšetřován a podroben ICP-MS analýze pro stanovení obsahu kovů.

VAPS byl instalován v uzavřeném boxu, který je teplotně stabilizován s cirkulací vzduchu pro temperaci. Odběrový systém obsahuje tři samostatná čerpadla, každé z nich má samostatný rotametr s regulačním ventilem pro kontrolu nastaveného průtoku a tlakoměr pro kontrolu expozice filtru. Výstup každého čerpadla je zaveden do vlastního testovaného suchého plynoměru, který slouží pro stanovení celkového objemu odebraného vzduchu. Zadržek a konec odběru může být řízen automatickým časovačem.

## STRAHOVSKÝ TUNEL

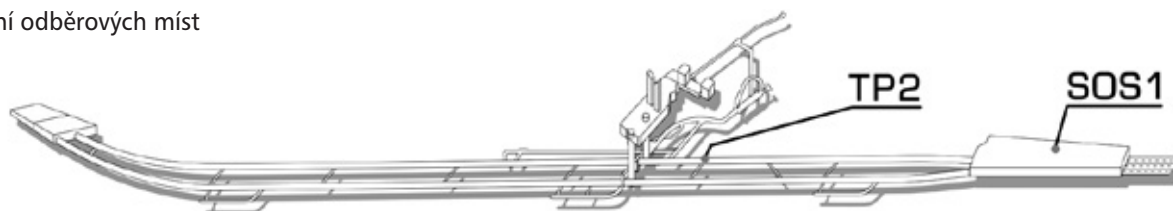
Strahovský tunel je silniční tunel v Praze, dlouhý 2004 m, z toho ražená část má délku 1544 m. Tunel vede ze Smíchova pod Břevnovem (pod Strahovským stadionem) a vyúsťuje na hranici čtvrtí Břevnov a Střešovice. Je důležitou součástí pražského Městského okruhu. Uvnitř ho tvoří 2 tubusy, každý má 2 jízdní pruhy 3,5 m široké. Stavba byla zahájena v roce 1985 (ražení průzkumné štoly od roku 1979). Původně bylo plánováno postavit po etapách celkem tři tubusy, zatím byly dokončeny jen dva (západní a střední) a dostavba východního, z něhož je postaven pouze severní a jižní hloubený rozplet, se prozatím neplánuje. Po roce 1989 došlo ke změnám na jižní straně, když místo vyústění do Smíchova byl navržen most přes Plzeňskou ulici (dnes Mozartův most) a tunel Mrázovka. Tunel byl dostavěn v roce 1997, otevřen v listopadu téhož roku.<sup>1</sup>

Pro odběry vzorků znečištění byla na základě konzultací s provozovatelem TSK Praha a na základě několika místních šetření provedených pracovníky společnosti TESO Praha a.s. přímo v prostorách Strahovského tunelu a vzduchotechnických částech stavby vybrána místa:

- SOS1 (SOS budka č. 1) – určení imisního pozadí v lokalitě Smíchov, měřicí místo je umístěno přímo na vstupu do Strahovského tunelu z jeho jižní části
- TP2 (technická propojka č. 2) – zhodnocení příspěvku dopravy, měřicí místo je umístěno přímo ve Strahovském tunelu, jedná se o poslední technickou propojku před vyústěním vzduchotechniky do prostor nad Strahovským tunelem u Strahovského stadionu

Díky komínovému efektu je směr proudění vzduchu v tunelu od místa SOS1 k místu TP2, následně cca v polovině tunelu odchází majoritní část vzdušiny systémem vzduchotechnických cest do komína u Strahovského stadionu, místo SOS1 je

Umístění odběrových míst



umístěno přímo na vstupu do tubusu ve směru ze Smíchova na Břevnov a definuje, jak znečištěná vzdušina vstupuje do tunelu tak, aby bylo možné následně oddělit příspěvek vozidel za trasu SOS1 – TP2.

## PARAMETRY ODBĚRŮ VE STRAHOVSKÉM TUNELU

Protože primárním výsledkem provedeného měření jsou imisní koncentrace na vstupu do Strahovského tunelu (měřicí místo SOS1) a imisní koncentrace uvnitř Strahovského tunelu (měřicí místo TP2), je pro další práci s těmito daty nutné je vyjádřit v emisních faktorech vztažených na jednotku vozidlem ujeté dráhy. Pro tyto účely je nutné znát další proměnné, a sice:

- vzdálenost měřicích míst (TP2) a (SOS1) 850 m
- intenzita dopravy 25 vozidel / min
- rychlost proudění vzduchu v tunelu 4,7 m/s
- průřez tubusu tunelu 50 m<sup>2</sup>
- doba odběru
- průměrná rychlost vozidel 65 km/h

Průměrná rychlost vozidel vychází z údajů prezentovaných TSK (lokalita je vybavena kontinuálním systémem vyhodnocení rychlosti projíždějících vozidel, skutečná průměrná rychlost je dle očekávání blízká maximální povolené rychlosti 70 km/h), četnost vozidel byla v pravidelných intervalech stanovována přímo v průběhu realizace měření, rychlost proudění vzduchu v tunelu byla měřena anemometrem.

Cílem výpočtu bylo stanovit emisní faktory pro průměrné vozidlo, jedoucí v průběhu odběru trasu od místa SOS1 do místa TP2. Vybrané emisní faktory byly následně porovnány s emisními faktory poskytnutými Centrem dopravního výzkumu v.v.i. a emisními faktory získanými z aplikace MEFA (program pro výpočet emisních faktorů pro motorová vozidla). Rozsah tohoto porovnání byl definován průnikem emisních faktorů pro znečišťující látky dostupných z jednotlivých zdrojů.

Byly realizovány dva odběry vzorků a to 3. 6. 2009 a 5. 6. 2009 v době předpokládané dopravní špičky, cca od 6 do 10 hodin.

## MEFA

Emisní faktory získané z aplikace MEFA byly stanoveny na základě těchto vstupních parametrů

- stupeň intenzity dopravy 2
- sklon vozovky 3 %
- rychlost jízdy 65 km/h
- emisní úroveň EURO 2
- zastoupení jednotlivých druhů vozidel
  - OA benzin 58 %
  - OA nafta 38 %
  - NA 4 %

<sup>1</sup>Popis převzat z Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Strahovský tunel. © 2009. Dostupný z www: [http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Strahovsk%C3%BD\\_tunel&oldid=4482679](http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Strahovsk%C3%BD_tunel&oldid=4482679)

## PREZENTACE VÝSLEDKŮ

Odběr 3.6.2009

Emisní faktory skupina VOC (odběr 3. 6. 2009)

<b>etan</b>	<b>eten</b>	<b>propan</b>	<b>propen</b>	<b>i-butan</b>	<b>n-butan</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
1,7916	10,0389	3,4421	4,7710	2,1447	2,9902
<b>acetylen</b>	<b>suma buteny</b>	<b>cyklopentan</b>	<b>i-pentan</b>	<b>n-pentan</b>	<b>1,3-butadien</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
2,6761	4,7309	0,7981	8,1119	5,6192	0,9965
<b>propin</b>	<b>suma penteny</b>	<b>metylcyklopentan</b>	<b>2,2-dimetylbutan</b>	<b>2,3-dimetylbutan</b>	<b>2+3 metylpentan</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
0,3879	2,5320	0,6878	2,0136	0,6771	4,5004
<b>isopren</b>	<b>benzen</b>	<b>2+3methylhexan</b>	<b>cyklohexan</b>	<b>i-oktan</b>	<b>n-heptan</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
0,1779	1,4920	1,9215	0,7885	0,7075	0,5527
<b>toluen<sup>2</sup></b>	<b>etylbenzen</b>	<b>m+p - xylene</b>	<b>o - xylene</b>	<b>nonan</b>	<b>sumabenzen+3C</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
90,6630	1,6867	4,5318	2,1037	0,1144	2,6893

Emisní faktory skupina PAH (odběr 3. 6. 2009)

<b>Fl</b>	<b>A</b>	<b>FLU</b>
µg/km	µg/km	µg/km
6,0426	1,0462	1,9251
<b>BbF</b>	<b>BkF</b>	<b>BaP</b>
µg/km	µg/km	µg/km
0,1669	0,1021	0,1586
<b>PYR</b>	<b>BaA</b>	<b>CRY</b>
µg/km	µg/km	µg/km
3,4701	0,6310	1,1482

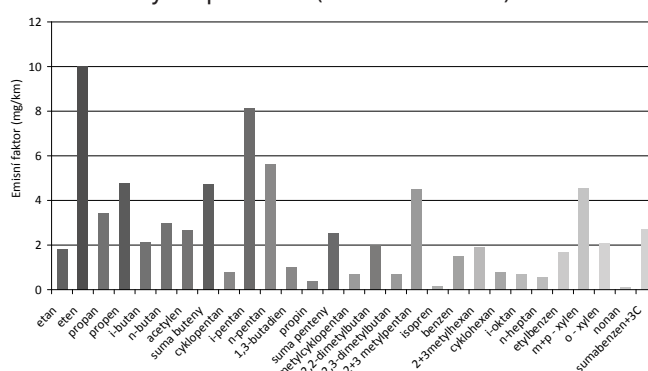
Emisní faktory skupina TK (odběr 3. 6. 2009)

<b>23Na</b>	<b>24Mg</b>	<b>27Al</b>	<b>29Si</b>	<b>39K</b>	<b>44Ca</b>
µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km
225,9953	67,8614	355,4305	845,4414	127,1687	271,1887
<b>47Ti</b>	<b>51V</b>	<b>52Cr</b>	<b>55Mn</b>	<b>56Fe</b>	<b>59Co</b>
µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km
6,8943	0,4409	4,0185	6,6693	781,0147	0,1468
<b>60Ni</b>	<b>63Cu</b>	<b>65Cu</b>	<b>66Zn</b>	<b>69Ga</b>	<b>75As</b>
µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km
0,8476	43,5281	45,3288	170,1476	8,1489	0,2009
<b>85Rb</b>	<b>88Sr</b>	<b>95Mo</b>	<b>111Cd</b>	<b>115In</b>	<b>133Cs</b>
µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km
0,4019	1,2367	2,8011	0,0407	0,0349	0,0071
<b>137Ba</b>	<b>139La</b>	<b>140Ce</b>	<b>141Pr</b>	<b>146Nd</b>	<b>153Eu</b>
µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km
198,0430	0,1198	0,2895	0,0307	0,0816	0,0742
<b>157Gd</b>	<b>165Ho</b>	<b>172Yb</b>	<b>178Hf</b>	<b>182W</b>	<b>195Pt</b>
µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km
0,02487	0,0032	0,0023	0,0686	0,0330	0,1648
<b>205Tl</b>	<b>206Pb</b>	<b>207Pb</b>	<b>208Pb</b>	<b>209Bi</b>	<b>238U</b>
µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km
0,0067	3,2315	3,0009	3,1441	0,4489	0,0132

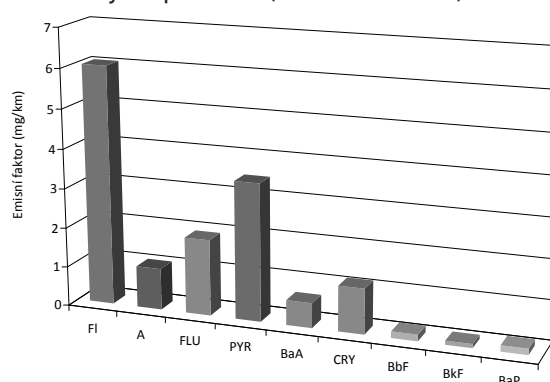
Emisní faktory OC/EC a PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> (odběr 3. 6. 2009)

<b>OC</b>	<b>EC</b>	<b>PM<sub>2,5</sub></b>	<b>PM<sub>10</sub></b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
17,83	46,87	50,25	109,57

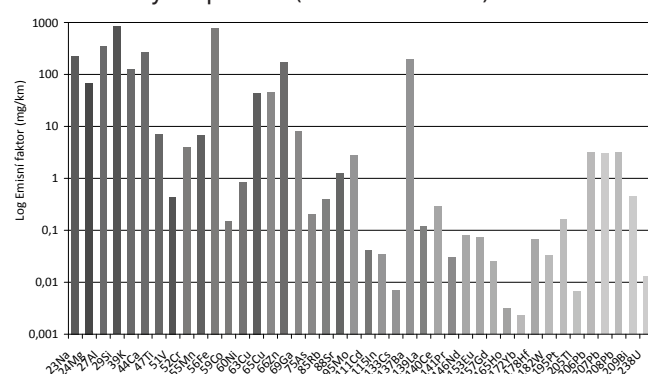
Emisní faktory skupina VOC (odběr 3. 6. 2009)



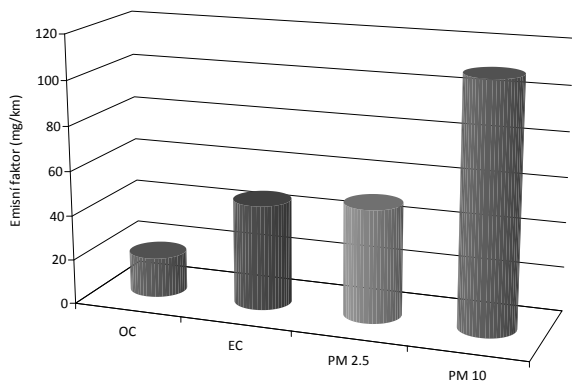
Emisní faktory skupina PAH (odběr 3. 6. 2009)



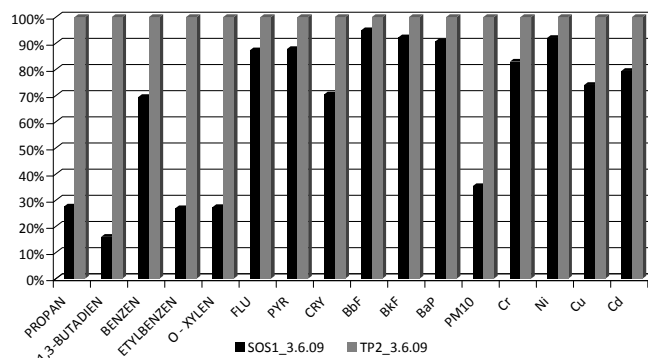
Emisní faktory skupina TK (odběr 3. 6. 2009)

<sup>2</sup>protože toluen je používán k čištění odběrové aparatury, není z důvodu zkrácených výsledků v dalších výpočtech a grafech uvažován

Emisní faktory skupina OC/EC, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> (odběr 3. 6. 2009)



Porovnání imisního pozadí s příspěvkem dopravy (odběr 3. 6. 2009)



Odběr 5. 6. 2009

Emisní faktory skupina VOC (odběr 5. 6. 2009)

<b>etan</b>	<b>eten</b>	<b>propan</b>	<b>propen</b>	<b>i-butan</b>	<b>n-butan</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
1,5833	10,7743	3,4022	5,2526	2,1188	4,7558
<b>acetylen</b>	<b>suma buteny</b>	<b>cyklopentan</b>	<b>i-pentan</b>	<b>n-pentan</b>	<b>1,3-butadien</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
3,1551	5,6664	0,9194	8,8241	2,9742	1,0141
<b>propin</b>	<b>suma penteny</b>	<b>metylcyklopentan</b>	<b>2,2-dimetylbutan</b>	<b>2,3-dimetylbutan</b>	<b>2+3 metylpentan</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
0,4556	3,1788	0,8417	2,3279	0,6811	4,7407
<b>isopren</b>	<b>benzen</b>	<b>2+3metylhexan</b>	<b>cyklohexan</b>	<b>i-oktan</b>	<b>n-heptan</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
0,3445	3,5624	0,9335	1,0488	0,5718	0,6767
<b>toluen<sup>2</sup></b>	<b>etylbenzen</b>	<b>m+p - xylene</b>	<b>o - xylene</b>	<b>nonan</b>	<b>sumabenzen+3C</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
6,6078	2,3897	6,2391	2,1711	0,1910	6,2246

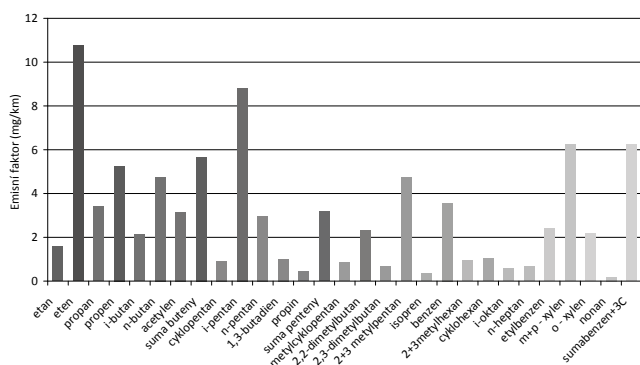
Emisní faktory skupina PAH (odběr 5. 6. 2009)

<b>Fl</b>	<b>A</b>	<b>FLU</b>
µg/km	µg/km	µg/km
0,7554	0,1084	0,2754
<b>BbF</b>	<b>BkF</b>	<b>BaP</b>
µg/km	µg/km	µg/km
0,2298	0,1022	0,1651
<b>PYR</b>	<b>BaA</b>	<b>CRY</b>
µg/km	µg/km	µg/km
0,7764	0,1602	0,2733

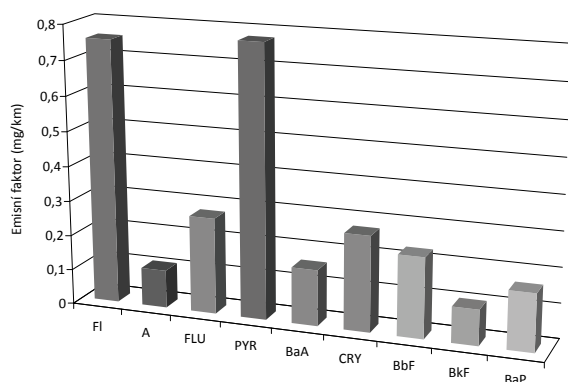
Emisní faktory skupina TK (odběr 5. 6. 2009)

<b>23Na</b>	<b>24Mg</b>	<b>27Al</b>	<b>29Si</b>	<b>39K</b>	<b>44Ca</b>
µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km
159,5367	178,1004	1078,2035	538,2546	227,8428	1045,1709
<b>47Ti</b>	<b>51V</b>	<b>52Cr</b>	<b>55Mn</b>	<b>56Fe</b>	<b>59Co</b>
µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km
27,9575	1,4134	7,3508	20,5310	1912,6760	0,3730
<b>60Ni</b>	<b>63Cu</b>	<b>65Cu</b>	<b>66Zn</b>	<b>69Ga</b>	<b>75As</b>
µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km
3,2008	94,7450	95,7401	122,2175	4,7245	0,9076
<b>85Rb</b>	<b>88Sr</b>	<b>95Mo</b>	<b>111Cd</b>	<b>115In</b>	<b>133Cs</b>
µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km
1,2382	19,2000	5,8632	0,1324	0,0533	0,0780
<b>137Ba</b>	<b>139La</b>	<b>140Ce</b>	<b>141Pr</b>	<b>146Nd</b>	<b>153Eu</b>
µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km
110,5508	0,6095	1,5189	0,1452	0,4989	0,0542
<b>157Gd</b>	<b>165Ho</b>	<b>172Yb</b>	<b>178Hf</b>	<b>182W</b>	<b>195Pt</b>
µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km
0,0905	0,0170	0,0337	0,1119	0,1982	0,0102
<b>205Tl</b>	<b>206Pb</b>	<b>207Pb</b>	<b>208Pb</b>	<b>209Bi</b>	<b>238U</b>
µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km	µg/km
0,0230	5,6512	4,6839	5,1861	0,8097	0,0405

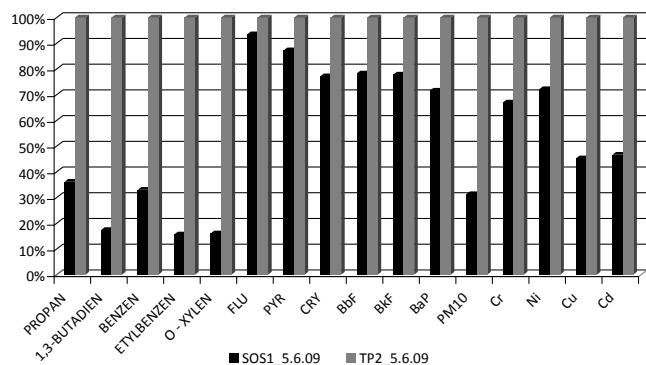
Emisní faktory skupina VOC (odběr 5. 6. 2009)



## Emisní faktory skupina PAH (odběr 5. 6. 2009)



## Porovnání imisního pozadí s příspěvkem dopravy (odběr 5. 6. 2009)



## Vyhodnocení obou odběrů

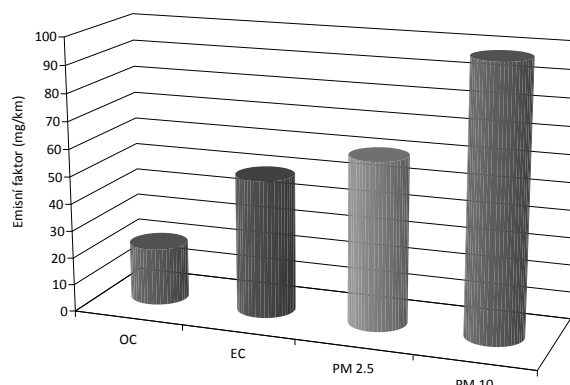
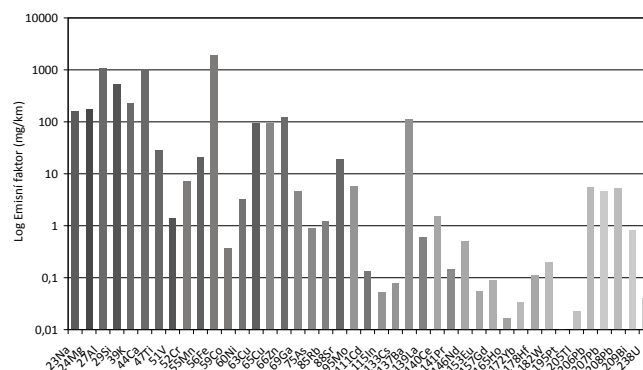
## Emisní faktory skupina PAH (průměr obou odběrů)

<b>Fl</b>	<b>A</b>	<b>FLU</b>
µg/km	µg/km	µg/km
3,3990	0,5773	1,1003
<b>BbF</b>	<b>BkF</b>	<b>BaP</b>
µg/km	µg/km	µg/km
0,1984	0,1022	0,1618
<b>PYR</b>	<b>BaA</b>	<b>CRY</b>
µg/km	µg/km	µg/km
2,1233	0,3956	0,7107

Emisní faktory OC/EC a PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> (odběr 5. 6. 2009)

OC	EC	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
20,91	50,35	61,03	98,26

## Emisní faktory skupina TK (odběr 5. 6. 2009)

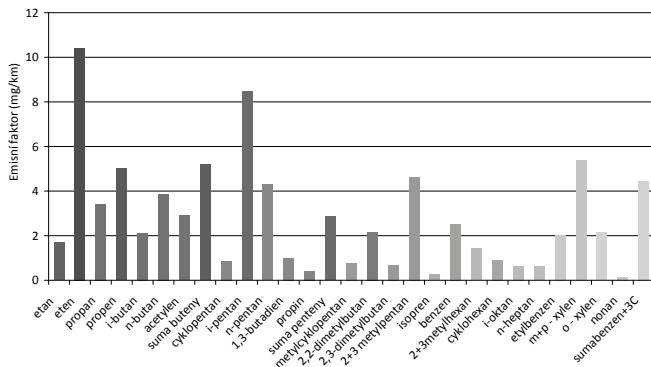
Emisní faktory skupina OC/EC, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> (odběr 5. 6. 2009)Emisní faktory OC/EC a PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> (průměr obou odběrů)

OC	EC	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
19,37	48,61	55,64	103,92

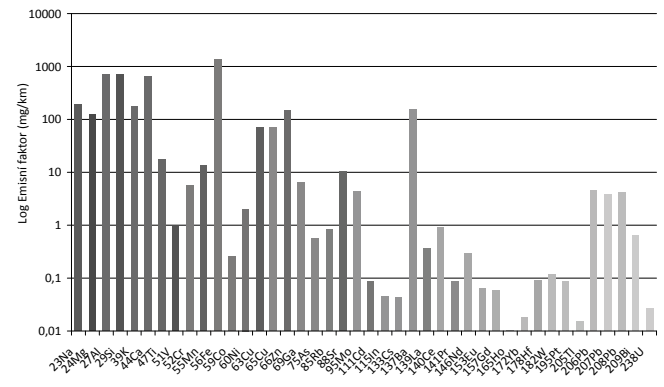
## Emisní faktory skupina VOC (průměr obou odběrů)

<b>etan</b>	<b>eten</b>	<b>propan</b>	<b>propen</b>	<b>i-butan</b>	<b>n-butan</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
1,6875	10,4066	3,4221	5,0118	2,1317	3,8730
<b>acetylen</b>	<b>suma buteny</b>	<b>cyklopentan</b>	<b>i-pentan</b>	<b>n-pentan</b>	<b>1,3-butadien</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
2,9156	5,1986	0,8588	8,4680	4,2967	1,0053
<b>propin</b>	<b>suma penteny</b>	<b>metylcyklopentan</b>	<b>2,2-dimetylbutan</b>	<b>2,3-dimetylbutan</b>	<b>2+3 metylpentan</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
0,4217	2,8554	0,7648	2,1708	0,6791	4,6206
<b>isopren</b>	<b>benzen</b>	<b>2+3methylhexan</b>	<b>cyklohexan</b>	<b>i-oktan</b>	<b>n-heptan</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
0,2612	2,5272	1,4275	0,9186	0,6396	0,6147
<b>toluen<sup>2</sup></b>	<b>etylbenzen</b>	<b>m+p-xylen</b>	<b>o-xylen</b>	<b>nonan</b>	<b>sumabenzen+3C</b>
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
48,6354	2,0382	5,3854	2,1374	0,1527	4,4569

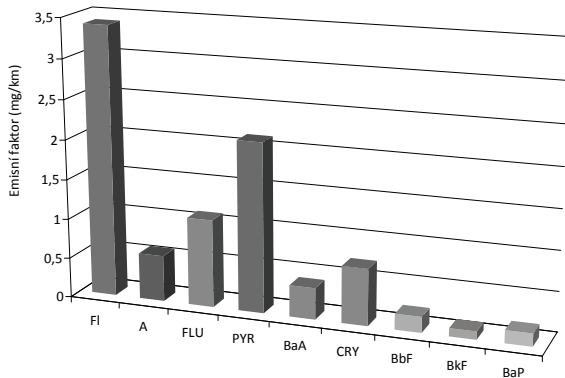
Emisní faktory skupina VOC (průměr obou odběrů)



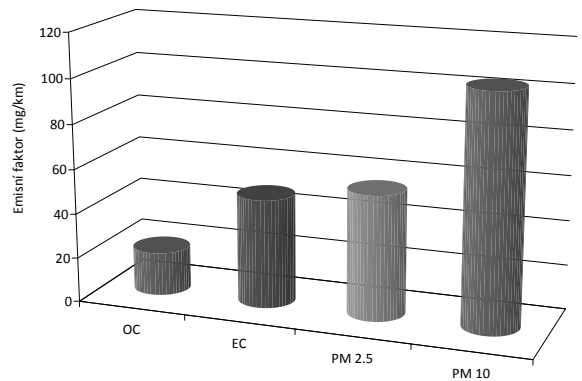
Emisní faktory skupina TK (průměr obou odběrů)



Emisní faktory skupina PAH (průměr obou odběrů)



Emisní faktory skupina OC/EC, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> (průměr obou odběrů)



Emisní faktory skupina TK (průměr obou odběrů)

<b>23Na</b>	<b>24Mg</b>	<b>27Al</b>	<b>29Si</b>	<b>39K</b>	<b>44Ca</b>
μg/km	μg/km	μg/km	μg/km	μg/km	μg/km
192,7660	122,9809	716,8170	691,8480	177,5058	658,1798
<b>47Ti</b>	<b>51V</b>	<b>52Cr</b>	<b>55Mn</b>	<b>56Fe</b>	<b>59Co</b>
μg/km	μg/km	μg/km	μg/km	μg/km	μg/km
17,4259	0,9271	5,6847	13,6002	1346,8453	0,2599
<b>60Ni</b>	<b>63Cu</b>	<b>65Cu</b>	<b>66Zn</b>	<b>69Ga</b>	<b>75As</b>
μg/km	μg/km	μg/km	μg/km	μg/km	μg/km
2,0242	69,1366	70,5344	146,1825	6,4367	0,5542
<b>85Rb</b>	<b>88Sr</b>	<b>95Mo</b>	<b>111Cd</b>	<b>115In</b>	<b>133Cs</b>
μg/km	μg/km	μg/km	μg/km	μg/km	μg/km
0,8201	10,2183	4,3322	0,0865	0,0441	0,0425
<b>137Ba</b>	<b>139La</b>	<b>140Ce</b>	<b>141Pr</b>	<b>146Nd</b>	<b>153Eu</b>
μg/km	μg/km	μg/km	μg/km	μg/km	μg/km
154,2969	0,3646	0,9042	0,0879	0,2903	0,0642
<b>157Gd</b>	<b>165Ho</b>	<b>172Yb</b>	<b>178Hf</b>	<b>182W</b>	<b>195Pt</b>
μg/km	μg/km	μg/km	μg/km	μg/km	μg/km
0,0577	0,0101	0,0180	0,0902	0,1156	0,0875
<b>205Tl</b>	<b>206Pb</b>	<b>207Pb</b>	<b>208Pb</b>	<b>209Bi</b>	<b>238U</b>
μg/km	μg/km	μg/km	μg/km	μg/km	μg/km
0,0149	4,4413	3,8424	4,1651	0,6293	0,0268

Porovnání vybraných EF stanovených měření s daty CDV a MEFA

ZNL	CDV	MEFA	TESO_1	TESO_2	Jednotka
PM <sub>10</sub>	0,16	0,06	0,11	0,10	g/km
fluoranthén	17,04	–	1,93	0,28	μg/km
pyren	6,98	–	3,47	0,78	μg/km
chrysen	1,87	–	1,15	0,27	μg/km
benzo[b]fluoranthén	1,68	–	0,17	0,23	μg/km
benzo[k]fluoranthén	1,49	–	0,10	0,10	μg/km
benzo[a]pyren	1,30	–	0,16	0,17	μg/km
chrom	2,64	–	4,02	7,35	μg/km
kadmium	0,54	–	0,04	0,13	μg/km
měď	90,24	–	45,33	95,74	μg/km
nikl	3,70	–	0,85	3,20	μg/km
zinek	53,08	–	170,15	122,22	μg/km
benzen	2024	4708	1492	3562	μg/km
ethylbenzen	1404	–	1687	2390	μg/km
o-xylen	2138	–	2104	2171	μg/km
propan	–	222	3442	3402	μg/km
1,3-butadien	–	70	996	1014	μg/km

Pozn.: TESO1 (párové měření TESO z 3. 6. 2009),  
TESO2 (párové měření TESO z 5. 6. 2009),  
MEFA (EF z aplikace MEFA),  
CDV (EF stanovené Centrem dopravního výzkumu v. v. i. –  
Doc. Ing. Vladimír Adamec, CSc.)

**ZÁVĚR**

Provedené šetření umožnilo vytvoření poměrně unikátní datové tabulky emisních faktorů z dopravního zatížení. Prezentované výsledky budou následně využity pro aplikaci v modelu Chemical Mass Balance 8.2 v rámci receptorového modelování.

**Poděkování:**

Výše popsané šetření zaměřené na stanovení emisních faktorů popisujících znečištění z dopravy bylo provedeno díky projektu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy 2B08040 – Výzkum původu znečištění.