

Jan Zeman¹

Emisní náročnost základních druhů dopravy v ČR

Klíčová slova: *emise, doprava osobní, doprava nákladní*

Tento článek si klade za cíl vypočítat přibližnou měrnou emisní náročnost základních druhů osobní i nákladní dopravy v ČR v r. 2002 i při vědomí, že jde o průměrné hodnoty, resp. že skutečnost té či oné dopravy konkrétním dopravním prostředkem může být vzhledem k rozdílné vytíženosti dopravních prostředků citelně odlišná.

1) Jak určit měrnou emisní náročnost jednotlivých druhů dopravy?

Měrnou emisní náročnost jednotlivých druhů dopravy určujeme poměření dopravních výkonů jednotlivých dopravních oborů a jejich emisí za rok, obojí v rozdělení na osobní a nákladní dopravu. Jde vesměs o údaje přibližné.

Dopravní výkon jednotlivých druhů dopravy v rozdělení na dopravu osobní a nákladní za jednotlivé roky uvádí Ročenka dopravy ČR. Stačí příslušná čísla převzít. Problémem, který je nutno konzultovat s příslušnými experty ČD a Výroční zprávou ČD, je rozdělení dopravních výkonů železniční osobní a nákladní dopravy na její elektrickou a motorovou trakci.

Roční emise kysličníku uhličitého CO₂, kysličníku uhelnatého CO, kysličníků dusíku NO_x, těkavých organických látek VOC, kysličníku siřičitého SO₂, tuhých a olova Pb za jednotlivé druhy motorové dopravy uvádí Ročenka dopravy ČR. Emise Pb jsou v r. 2002 bezpředmětné, resp. v ČR se užívaly již jen zbytky zásob olovnatých benzínů. Emise polycyklických aromatických uhlovodíků PAH, z nichž některé jsou viněny z vážného poškozování zdraví lidí včetně karcinogenity, se teprve začínají sledovat. Nejtoxicičtější z PAH je benzén. CDV Brno zveřejnil odhad emisí PAH v ČR za r. 2002 za jednotlivé druhy motorové dopravy. ČHMÚ mi poskytl odhad emisí a.s. ČEZ, z něhož lze odvodit měrnou emisní náročnost PAH výroby elektřiny v ČR. I když se odhady emisí PAH budou jistě dále zpřesňovat, zde provedený propočít má orientační význam.

Ročenka dopravy s výjimkou silniční dopravy nerozděluje emise na emise způsobené osobní a na emise způsobené nákladní dopravou, takže nezbývá než postupovat podle oficiálních odhadů (obvykle jsou založeny na odhadu spotřeby pohonných hmot) nebo se oficiální odhad rozdělení emisí mezi nákladní a osobní železniční, vodní a leteckou dopravu snažit zpřesnit.

Dále zcela opomíjí elektrické trakce v dopravě a neuvádí měrnou emisní náročnost výroby elektřiny v ČR v příslušném roce za žádnou ze sledovaných škodlivin, provázejících výrobu elektřiny. Určitým problémem je rozdělit emise, které připadají na výrobu elektřiny a které

¹ Ing. Jan Zeman, Csc., (1956). Ing. ekonom, věnující se 24 let problémům řízení životního prostředí, zejména ekologickou legislativou, ekologickými normami, ekonomickými nástroji ochrany životního prostředí, ekologizací dopravy, kvantifikací ekonomických škod ze znehodnocování přírodních složek životního prostředí a problémy trvale udržitelného rozvoje nejen v ČR. Jeho stěžejním dílem je kniha *Ekonomické aspekty trvale udržitelného rozvoje*, Universita Palackého v Olomouci 2002. S M. Robešem, M. Zikmundem a J. Kalčíkem vypracoval rozsáhlou studii, „*Strategie rozvoje železniční a související cyklistické dopravy v ČR*“.

připadají na výrobu tepla + technologické procesy. Emisní náročnost výroby elektřiny v ČR nesleduje ani resort životní prostředí, ani resort dopravy, ani resort průmyslu, resp. energetiky.

Odhlédnou-li od nepřesností učiněných při zjednodušeném oddělení emisí připadajících na výrobu centralizovaného tepla u kombinovaných výrob elektřiny a tepla, data umožňují počítat přibližnou emisní náročnost jednotlivých druhů dopravy v ČR v r. 2002.

Problém oddělení emisí z kombinovaných výrob elektřiny a tepla nutí použít zjednodušený postup, kdy vycházím z emisní náročnosti výroby elektřiny v uhelných elektrárnách hlavního výrobce elektřiny v ČR a.s. ČEZ při zanedbání výroby tepla využitého k vytápění. ČEZ v r. 2002 vyrobila 54 118 GWh elektrické energie, z toho v uhelných elektrárnách 33 543 GWh. Měrnou emisní náročnost elektřiny vyrobené v uhelných elektrárnách ČEZ vztáhnou na celou výrobu elektřiny z fosilních paliv v ČR (podíl fosilních paliv na výrobě elektrické energie v ČR v r. 2002 činil asi 71,72814%) a snížím procentem výroby elektřiny v ČR z elektráren jaderných, vodních a větrných, které neprodukují emise běžných škodlivin ani emise CO₂, viz tabulka č. 1:

Tabulka č. 1 - Měrné emise výroby elektřiny v uhelných elektrárnách a.s. ČEZ v r. 2002 a odhad měrných emisí výroby elektřiny v ČR v r. 2002

Škodlivina	Emise ČEZ v t	E t/1 GWh UH ČEZ	Na 1 GWh v ČR
CO ₂	35 105 000	1 046,5671	750,68311
Tuhé	2 988	0,0890797	0,0638952
SO ₂	62 752	1,8707927	1,346394
NO _x	62 477	1,8625943	1,3360042
CO	4 577	0,1364517	0,0978743
VOC	4 131	0,1231554	0,088337
PAH	0,0257	0,000000766	0,00000055

Zdroj: ČEZ, ČHMÚ, ERÚ, vlastní výpočty

Ročenka Životní prostředí ČR uvádí počínaje údaji za r. 2002 jen celkové emise VOC v ČR. ČHMÚ je od r. 2002 počítá modelově. Emise VOC a.s. ČEZ mi poskytl ČHMÚ pro potřeby zde uvedeného výpočtu.

Výsledná měrná emisní náročnost výroby elektřiny je zřejmě mírně nadhodnocená, přestože lze důvodně předpokládat, že menší uhelné výroby elektřiny mimo ČEZ mají vyšší měrné emise škodlivin než velké výroby ČEZ. Ve výpočtu jsou totiž zanedbány emise připadající na významnou produkci centralizovaného tepla k vytápění při kombinované výrobě elektřiny a tepla v elektrárnách a teplárnách ČEZ i mimo ČEZ. Výroba elektřiny na základě spalování zemního plynu (paroplynový cyklus, plynové spalovací turbíny), biomasy a odpadů byla v ČR v r. 2002 podle energetického regulačního úřadu ERÚ zanedbatelná. Určitý vliv toto spalování mělo jen při výrobě tepla k vytápění. Proti předchozím létům bilanci výroby elektřiny v ČR citelně ovlivnil náběh jaderné elektrárny Temelín a dočasné vyřazení z provozu většiny vodních elektráren na Vltavě velkou povodní v srpnu 2002.

Určitým problémem je i výše trakční spotřeby elektřiny u jednotlivých druhů elektrické dopravy. Vycházím ze skupinových dat ČSÚ a z individuálních dat ČD, Dopravního podniku Prahy, Brna a Ostravy, jež mi příslušná data poskytly. U DP Plzeň celkovou trakční spotřebu elektřiny za tramvaje a trolejbusy dopočítávám jako zbytkovou ze součtu DP Brno + Ostrava + Plzeň a na základě průměru ostatních DP provozujících tramvaje nebo trolejbusy.

Tabulka č. 2 - Výkony elektrické MHD dle trakcí v ČR v r. 2002 v tis. vozkm, trakční spotřeba elektřiny v GWh a měrná spotřeba elektřiny v kWh/vozkm

Trakce	Výkony	Trakční spotř.	Elekt./vozkm
Metro	36 914	85,849	2,326
Tramvaje	92 991	286,766	3,084
Trolejbusy	32 366	81,270	2,511

Zdroj: výkony z Ročenky dopravy a z Výroční zprávy Sdružení dopravních podniků ČR za rok 2002, trakční spotřeba dle ČSU a individuální údaje DP Prahy, DP Brno a DP Ostrava.

Výsledky výpočtu nejsou sice zcela přesné, ale neměly by obsahovat řádovou chybu.

Elektrická trakce železniční dopravy spotřebovala dle ČD v r. 2002 asi 1 150 GWh trakční elektřiny. Problémem je její rozdělení mezi nákladní, resp. osobní dopravu. Dle jedněch expertů ČD šlo o 807, resp. o 343 GWh (spotřeba je přímo úměrná hrubým dopravním výkonům), dle druhých o 538, resp. o 612,2 GWh trakční elektřiny. Rozdílné údaje uvádí i pro rozdělení spotřeby pohonných hmot a emisí motorové trakce železniční dopravy mezi nákladní a osobní motorovou železniční dopravu. Druhé rozdělení hrtek výkonu koriguje klíči 1,5 pro elektrickou a 1,3 pro motorovou osobní železniční dopravu.

Je to jistě velký rozdíl. Vysvětlován je tak, že měrná spotřeba elektřiny i pohonných hmot roste s růstem rychlosti vlaků. Určitou roli hraje i častější zastavování zastávkových osobních vlaků ve srovnání s vlaky nákladními. Z technického hlediska je podstatné, že stejnosměrné napájení neumožňuje prakticky měřit spotřebu elektřiny konkrétními soupravami.

Dopravní výkon nákladní dopravy ČD v r. 2002 činil 33 287 mil. hrtek, z toho v elektrické trakci 29 750 a v motorové 3 537 mil. hrtek. Podíl elektrické trakce na nákladní železniční dopravě činil v r. 2002 asi 89,4%.

V osobní železniční dopravě se celkových 102 174 vlakových km dělí na 44 543 (43,6 %) v elektrické trakci a 57 612 (56,4 %) v motorové trakci. Vlakové km ale neříkají mnoho o dopravním výkonu, resp. je v nich na stejně dlouhé trati stejně započítán rychlík s 12 vagóny jako motorák s jedním vagónem.

Po konzultaci s příslušnými experty ČD emise v motorové trakci železniční dopravy dělím na 56 % v osobní a 44 % v nákladní dopravě. Základem pro rozdělení jejich emisí je spotřeba motorové nafty (motorák a diesel lokomotiva dle expertů ČD mají při shodné spotřebě zhruba stejné emise). Určité zkreslení může jít na vrub železničních dopravců mimo ČD.

Od celkových emisí vodní dopravy je nutno odečíst emise lodí rekreační plavby, které se skrývají za výkony osobní říční doprava. Vlastní osobní říční doprava je reálně nulová. Spotřeba motorové nafty ani emisí ve vodní (podobně v železniční a v letecké) dopravě se ale nesledují v rozdělení na osobní a nákladní dopravu. Navíc statistika nesleduje podniky pod 20 pracovníků, čímž se značná část rekreační plavby ocitá mimo statistiku. Reálné zkreslení je tudíž menší, než bychom mohli soudit. Expertní odhad mluví o podílu rekreační plavby na spotřebě motorové nafty ve vodní dopravě 3-4 %, maximálně připouští 5 %. Zde není uvažován, leč výsledky ukáží, že pozici vodní dopravy podstatněji neovlivňuje.

Emise letecké nákladní dopravy lze prakticky zanedbat, resp. jejich zahrnutí v emisích osobní letecké dopravy nezakládá citelnější zkreslení.

Rok 2002 nebyl pro dopravu ČR příznivý. V letecké dopravě doznávala krize vyvolaná zneužitím civilních letadel k atentátům v USA 11. září 2001, pozemní a vodní dopravu vážně narušila velká povodeň v srpnu 2002. Zvláště zle dopadlo metro v Praze. Mám za to, že tyto skutečnosti spíše ovlivnily, přesně řečeno snížily objemy jednotlivých druhů dopravy než jejich měrnou emisní náročnost, byť došlo i k určité substituci "metro - tramvaj" v Praze a "MHD - vlak" v Ústí n. L.



2) Emisní náročnost jednotlivých druhů nákladní dopravy v ČR v r. 2002

Objem přepravy v mil. čistých tkm, absolutní emise šesti základních druhů škodlivin v tunách a výkon dopravy na 1 t emise (tkm/t) sedmi základních druhů škodlivin čtyř základních druhů nákladní dopravy v ČR ukazuje tab. č. 3:

Tab. č. 3 – Výkony jednotlivých druhů nákladní dopravy v mil. čistých tkm, jimi vyvolané emise základních škodlivin a výkon v čistých tkm/t jednotlivých druhů emisí v ČR v r. 2002 při oficiálním rozdělení trakční spotřeby v železniční dopravě

Druh emise	Silniční	Motor. žel.	Vodní	Elektr. žel.	1:2	1:4
Objem přepravy	45 059	1 948,4841	589	13 861,516	X	
CO ₂ absolutní	4 485 000	300 505,88	58 000	605 801,27	X	
Výkon tkm/t CO ₂	10 046,6	6 484,0132	10 155,172	22 881,293	2,253	3,529
CO absolutní	68 100	1 881,2	400	78,98456	X	
Výkon tkm/t CO	661 659,32	1 035 766,6	1 472 500	175 496 530	119	262
NO _x absolutní	43 900	3 376,47	600	1 078,1554	X	
Výkon tkm/t NO _x	1 026 400,9	577 077,27	981 666,67	12 856 696	12,5	22,28
VOC absol.	16 400	434,12	100	71,287959	X	
Výkon tkm/tVOC	2 747 500	4 488 353,7	5 890 000	194 444 000	33,013	70,77
SO ₂ absolutní	1 288	95,51	18	1 086,54	X	
Výkon tkm/t SO ₂	35 699 534	20 400 839	32 722 222	12 757 483	1,09	2,8
Tuhé absolutní	2 981	263,36	51	51,56	X	
Výkon tkm/t tuhé	15 115 398	7 298 557,5	11 549 020	268 842 244	17,786	36,8
PAH absolutní	0,72	0,084	0,018	0,0004035	X	
Výkon tkm/t PAH	62 581 944 000	23 196 239 000	32 722 222 000	34 353 200 000 000	548,03	1049,843

Zdroj: Ročenka dopravy 2002, Výroční zpráva ČD 2002, ČD, vlastní výpočty.

Sloupec 1 : 2 říká, kolikanásobný je rozestup mezi emisně nejšetrnějším druhem dopravy a emisně druhým nejšetrnějším druhem nákladní dopravy u té či oné škodliviny. Sloupec 1 : 4 říká, kolikanásobný je rozestup mezi emisně nejšetrnějším druhem nákladní dopravy a emisně nejméně šetrným druhem nákladní dopravy u té či oné škodliviny.

Čím více tkm na 1 t emitovaných škodlivin ten či onen druh dopravy ujede, tím je emisně šetrnější. Emisní náročnost nejšetrnějšího druhu dopravy je u každé škodliviny uvedena tučně. Tabulka č. 3 ukazuje, že v žádné ze 7 sledovaných základních škodlivin nebyla v r. 2002 v ČR emisně nejšetrnější nákladní vodní doprava. U emisí PAH byla elektrická železnice 548x šetrnější proti druhé nejlepší silniční a 1050x proti nejhorší motorové železnici. U emisí CO byla elektrická železnice emisně 119x šetrnější proti druhé vodní dopravě a 262x šetrnější proti nejhorší silniční dopravě. U emisí VOC byla nejlepší elektrická železnice 33x šetrnější než druhá nejlepší vodní doprava a 71x šetrnější proti nejhorší silniční dopravě. Elektrická železnice byla emisně 12,5x šetrnější proti druhé nejšetrnější silniční dopravě u emisí NO_x a 17,8x u tuhých emisí (vodní doprava byla u emisí NO_x a tuhých až třetí emisně nejšetrnější). Také u emisí CO₂ byla emisně nejšetrnější elektrická železnice 2,253x proti druhé nejšetrnější vodní dopravě a 3,529x nižší proti nejhorší motorové železnici. V emisích SO₂ byla nákladní silniční doprava emisně 1,09x šetrnější než druhá nejšetrnější vodní doprava a 2,8x šetrnější než nejhorší elektrická železnice. U emisí SO₂ a CO₂ jde o rozdíly zdaleka nejmenší.

Lze se důvodně domnívat, že blíže realitě než vyjít z emisí odvozených z hrtnkm je korigovat je opravnými koeficienty, tj. výkony/t emisí násobit 1,5 u elektrické a 1,3 u motorové nákladní železnice, viz tabulka č. 4:

Tab. č. 4 – Výkony jednotlivých druhů nákladní dopravy v mil. tkm, jimi vyvolané emise základních škodlivin a výkon tkm/t jednotlivých emisí v ČR v r. 2002 při alternativním rozdělení trakční spotřeby v železniční dopravě

Druh emise	Silniční	Motor. žel.	Vodní	Elektr. žel.	1:2	1:4
Objem přepravy	45 059	1 948,4841	589	13 861,516	X	
CO ₂ absolutní	4 485 000	231 158	58 000	403 867,51	X	
Výkon tkm/t CO ₂	10 046,6	8 429,2	10 155,172	34 321,9	3,38	4,07
CO absolutní	68 100	1 447	400	52,656373	X	
Výkon tkm/t CO	661 659,32	1 346 568,1	1 472 500	263 244 790	178,77	397,9
NO _x absolutní	43 900	2 597	600	718,77027	X	
Výkon tkm/t NO _x	1 026 400,9	750 282,7	981 666,67	19 285 044	18,8	25,7
VOC absol.	16 400	334	100	46,617539	X	
Výkon tkm/tVOC	2 747 500	5 833 784,7	5 890 000	291 666 000	49,519	106,2
SO ₂ absolutní	1 288	73,47	18	724,36	X	
Výkon tkm/t SO ₂	35 699 534	26 520 831	32 722 222	19 136 225	1,091	1,866
Tuhé absolutní	2 981	202,585	51	34,373333	X	
Výkon tkm/t tuhé	15 115 398	9 618 106,5	11 549 020	403 263 660	26,679	41,93
PAH absolutní	0,72	0,084	0,018	0,0004035	X	
Výkon tkm/t PAH	62 581 944 000	23 196 239 000	32 722 222 000	51 529 800 000 000	822,045	1574,7645

Zdroj: Ročenka dopravy 2002, Výroční zpráva ČD 2002, ČD, vlastní výpočty.

Tabulka č. 4 ukazuje, že se těmito korekcemi citelně zvýšil náskok elektrické železnice o 50%. Emisní šetrnost motorové železniční dopravy se zvýšila o 30%. Pořadí emisní náročnosti základních druhů nákladní dopravy v ČR v r. 2002 se nezměnilo.

Otázkou je, jak uvedené velké rozdíly v emisní náročnosti jednotlivých druhů dopravy vypadají v absolutních hodnotách, např. dojde-li k přesunu 1 mil. čistých tkm přepravy na emisně nejšetrnější elektrickou železnici. Absolutní hodnoty snížení znečištění ovzduší při přesunu 1 mil. čistých tkm přepravy na elektrickou železnici za jinak nezměněných podmínek při oficiálním rozdělení výkonů železniční dopravy ukazuje tab. č. 5:

Tabulka č. 5 - snížení emisí v t při převedení přepravy 1 mil. tkm zboží na elektrickou železnici (EŽ) v ČR v r. 2002 při oficiálním rozdělení trakční spotřeby na železnici

Emise v t/mil. tkm	Silniční	Motorová žel.	Vodní	Elektrická žel.
Úsp. emisí v t při substituci mil. tkm	Z siln. na EŽ	Z mot. na EŽ	Z vodní na EŽ	-
CO ₂	99,536164	154,22547	98,471986	43,703825
	55,832339	110,52165	54,768161	-
CO	1,5113518	0,9654685	0,6791172	0,0056981
	1,5056537	0,9597704	0,6734191	-
NO _x	0,9742782	1,7328702	1,0186757	0,0777805
	0,8964977	1,6550897	0,9408952	-
VOC	0,3639672	0,2227988	0,1697793	0,0051429
	0,3588243	0,2176559	0,1646364	-
SO ₂	0,0285847	0,0490176	0,0305603	0,0783854
	- 0,0498007	- 0,0293678	- 0,0478251	-
Tuhé	0,0661577	0,1351615	0,0865874	0,0037197
	0,062438	0,1314418	0,0828677	-
PAH (E. kg/mil. tkm)	0,72	0,084	0,018	0,0004035
	0,7195965	0,0835965	0,0175965	-

Zdroj: vypočteno na základě údajů tabulky č. 3.

Do diskuse je názor, že i při značných změnách struktury dopravy dojde jen k relativně malému snížení emisí škodlivin. Nelze přitom zapomínat, že např. na tuhé emise z motorové dopravy se vážou četné toxické látky (je nutné je posuzovat mnohem přísněji než popílek z elektráren). Jiným momentem je, že významný podíl nákladní silniční dopravy emituje své škodliviny ve městech a v obcích, kde způsobuje podstatně větší škody na zdraví lidí, na rozdíl od dopravy elektrické, ale také letecké, vodní a do značné míry i motorové trakce železniční dopravy, které působí převážně mimo města.

3) Emisní náročnost jednotlivých druhů osobní dopravy v ČR v r. 2002

Výpočet je obdobný jako u měrných emisí v nákladní dopravě. Vzhledem k 8 druhům osobní dopravy volím pro každou škodlivinu samostatnou tabulku. Zdroje dopravního výkonu i emisí jsou stejné jako u nákladní dopravy. Rozdělení výkonů železniční dopravy je učiněno podle oficiálních odhadů. Protože mám 2 rozdělení spotřeby trakční elektřiny a motorové nafty mezi osobní a nákladní železniční dopravu, je výpočet uveden pro obě rozdělení, z čehož lze usuzovat na stabilitu výsledků a pořadí jednotlivých druhů dopravy v jejich měrné emisní náročnosti. Určité nepřesnosti jsou i u trakční spotřeby elektřiny tramvaj a trolejbusů. I zde platí, že čím víc osobokm příslušný druh dopravy ujede na vyprodukování 1 t emisí, tím je šetrnější, viz tab. č. 6 - 12:

Tab. č. 6 - Náročnost osobní dopravy na emise CO₂ (osobokm/t CO₂) v r. 2002 v ČR

Druh dopravy	Výkon (mil. osobokm)	Emise CO ₂ v t	Osobokm/t CO ₂	
IAD	65 217,7	6 364 000	10 248	10 248
Linkový bus	9 667,5	1 082 000	8 935	8 935
Železnice elektrická	3 406,2	257 484,3	13 229	8 819
Železnice motorová	3 190,6	322 494,1	9 894	7 610
MHD metro	3 082,2	64 445,4	47 827	47 827
MHD tramvaj	5 224,8	215 270,1	24 271	24 271
MHD trolejbus	1 133,9	61 007,7	18 586	18 586
MHD bus	5 729,1	725 000	7 902	7 902
Letecká	6 895	1 366 000	5 048	5 048

IAD = individuální automobilové doprava. V posledním sloupci (druhém rozdělení elektřiny) je elektrická železnice dělena 1,5 a motorová železnice dělena 1,3. Zaokrouhlováno na celé osobokm/t emisí. I v tabulkách č. 7-12.

Tab. č. 7 - Náročnost osobní dopravy na emise CO (osobokm/t CO) v r. 2002 v ČR

Druh dopravy	Výkon (mil.osobokm)	Emise CO v t	Osobokm/t CO	
IAD	65 217,7	149 000	437 703	437 703
Linkový bus	9 667,5	8 500	1 137 353	1 137 353
Železnice elektrická	3 406,2	33,6	101 465 350	67 643 567
Železnice motorová	3 190,6	2 018,8	1 580 448	1 215 729
MHD metro	3 082,2	8,4	366 823 150	366 823 150
MHD tramvaj	5 224,8	28,1	186 154 560	186 154 560
MHD trolejbus	1 133,9	8	142 553 640	142 553 640
MHD bus	5 729,1	6 400	895 172	895 172
Letecká	6 895	1 800	3 830 556	3 830 556

Tab. č. 8 - Náročnost osobní dopravy na emise NOx (osobokm/t NOx) v r. 2002 v ČR

Druh doprav	Výkon (mil.osobokm)	Emise NOx v t	Osobokm/t NOx	
IAD	65 217,7	26 400	2 470 367	2 470 367
Linkový bus	9 667,5	12 300	785 976	785 976
Železnice elektrická	3 406,2	458,2	7 433 052	4 055 368
Železnice motorová	3 190,6	3 623,5	880 525	677 327
MHD metro	3 082,2	114,7	26 873 088	26 873 088
MHD tramvaj	5 224,8	383,1	13 637 503	13 637 503
MHD trolejbus	1 133,9	108,6	10 443 334	10 443 334
MHD bus	5 729,1	8 300	690 253	690 253
Letecká	6 895	9 000	766 111	766 111

Tab. č. 9 - Náročnost osobní dopravy na emise VOC (osobokm/t VOC) v r. 2002 v ČR

Druh dopravy	Výkon (mil. osobokm)	Emise VOC v t	Osobokm/t VOC	
IAD	65 217,7	26 300	2 479 761	2 479 761
Linkový bus	9 667,5	2 000	4 833 750	4 833 750
Železnice elektrická	3 406,2	30,3	112 415 570	74 943 712
Železnice motorová	3 190,6	465,9	6 848 563	5 268 125
MHD metro	3 082,2	7,5	411 234 160	411 234 160
MHD tramvaj	5 224,8	25,3	206 252 960	206 252 960
MHD trolejbus	1 133,9	7,2	157 946 790	157 946 790
MHD bus	5 729,1	1 500	3 819 400	3 819 400
Letecká	6 895	500	13 790 000	13 790 000

Tab. č. 10 - Náročnost osobní dopravy na emise SO₂ (osobokm/t SO₂) v r. 2002 v ČR

Druh dopravy	výkon (mil. osobokm)	Emise SO ₂ v t	Osobokm/t SO ₂	
IAD	65 217,7	1 969	33 122 245	33 122 245
Linkový bus	9 667,5	318	30 400 943	30 400 943
Železnice elektrická	3 406,2	461,8	7 375 693	4 917 129
Železnice motorová	3 190,6	102,5	31 130 923	23 046 864
MHD metro	3 082,2	115,6	26 665 716	26 665 716
MHD tramvaj	5 224,8	386,1	13 532 246	13 532 246
MHD trolejbus	1 133,9	109,4	10 362 744	10 362 744
MHD bus	5 729,1	189	30 312 698	30 312 698
Letecká	6 895	513	13 440 546	13 440 546

Tab. č. 11 - Náročnost osobní dopravy na tuhé emise (osobokm/t tuhé) v r. 2002 v ČR

Druh dopravy	výkon (mil. osobokm)	Emise tuhé v t	Osobokm/t tuhých	
IAD	65 217,7	284	229 639 790	229 639 790
Linkový bus	9 667,5	866	11 163 395	11 163 395
Železnice elektrická	3 406,2	21	162 076 120	108 050 750
Železnice motorová	3 190,6	282,6	11 288 594	9 407 162
MHD metro	3 082,2	5,5	561 897 590	561 897 590
MHD tramvaj	5 224,8	18,3	285 149 810	285 149 810
MHD trolejbus	1 133,9	5,2	218 362 840	218 362 840
MHD bus	5 729,1	524	10 933 397	10 933 397
Letecká	6 895	0	neznečišťuje	neznečišťuje

Tab. č. 12 - Náročnost osobní dopravy na emise PAH (osobokm/kg PAH) v r. 2002 v ČR

Druh dopravy	výkon (mil. osobokm)	Emise tuhé v kg	Osobokm/kg PAH	
IAD	65 217,7	9 830	6 634 557,5	6 634 557,5
Linkový bus	9 667,5	387	24 980 620	24 980 620
Železnice elektrická	3 406,2	0,189	18 055 616 000	12 037 077 000
Železnice motorová	3 190,6	106,96	29 829 918	22 946 091
MHD metro	3 082,2	0,047	65 277 337 000	65 277 337 000
MHD tramvaj	5 224,8	0,158	33 126 830 000	33 126 830 000
MHD trolejbus	1 133,9	0,045	25 367 912 000	25 367 912 000
MHD bus	5 729,1	297	19 289 899	19 289 899
Letecká	6 895	0	neznečišťuje	neznečišťuje

Zdroj tabulek č. 6-12: Ročenka dopravy, Ročenka ČD, předchozí výpočty.

Předposlední sloupce tabulek č. 6-12 říkají, že z hlediska měrných emisí CO₂, CO, NO_x a VOC bylo v ČR v r. 2002 bylo v osobní dopravě nejšetrnější metro, druhé byly tramvaje, třetí trolejbusy a čtvrtá elektrická železnice. Měrné emise CO₂ nejlepšího metra byly asi 9,5x nižší proti měrným emisím nejhorší letecké dopravy, proti autobusu MHD asi 6x. Měrné emise CO nejlepšího metra byly asi 84x nižší proti IAD, 41x nižší proti autobusu MHD a 23x proti motorové trakci železniční dopravy. Měrné emise NO_x nejlepšího metra byly asi 39x nižší proti nejhoršímu autobusu MHD, 35x proti letecké dopravě, 34x proti linkovým autobusům,

31x proti motorové trakci železniční dopravy a 11x proti IAD. Měrné emise VOC nejlepšího metra byly asi 166x nižší proti nejhorší IAD a 108x proti autobusu MHD.

Nejnižší měrné emise SO₂ měla IAD. Jen o 6,4% byla horší motorová trakce železniční dopravy, o 9% byl horší linkový autobus, 2,46x horší byla letecká doprava a 4,5x horší byla nejhorší elektrická trakce železniční dopravy.

U emisí tuhých a PAH vyšla nejšetrnější letecká doprava, která je dle CDV Brno vůbec neprodukuje. Bez letecké dopravy nejšetrnější metro bylo u tuhých emisí 2x šetrnější proti další nejšetrnější tramvaji, 2,45x šetrnější proti IAD (její výsledky zhoršují osobní auta na naftový pohon), 2,57x proti trolejbusu, 3,47x proti elektrické železnici, 50x proti linkovému autobusu a motorové trakci železniční dopravy a 51,4x proti nejhoršímu autobusu MHD. U PAH druhé nejlepší metro předstihovalo elektrickou železnici 3,6x, autobus MHD 3384x a 9839x nejhorší IAD.

Poslední sloupce tabulek 6-12 ukazují důsledek korekce elektrické železnice koeficientem 1,5 a motorové železnice koeficientem 1,3 (druhé rozdělení spotřeby trakční elektřiny a motorové nafty mezi nákladní a osobní železnici, na rozdíl od nákladní dopravy zde ale dělíme). U emisí CO₂ klesá elektrická i motorová železnice o 2 místa v pořadí. Motorová železnice klesá o 2 příčky ještě u emisí SO₂. K jiným změnám nedochází, neboť náskok elektrické železnice proti motorovým druhům dopravy je u většiny škodlivin velmi vysoký. Ani významný rozdíl v rozdělení trakční elektřiny a motorové nafty mezi osobní a nákladní železniční dopravu výsledky měrné emisní náročnosti jednotlivých druhů dopravy v r. 2002 v ČR příliš neovlivnil.

Pro zpětnou analýzu není podíl aut na plynový pohon, popř. biomasu podstatný.

Je třeba vidět, že ne všechny prostředky osobní dopravy jsou substituovatelné. Zvláště není substituovatelná letecká doprava s dopravou MHD, velmi omezeně je substituovatelný autobus MHD s autobusem linkovým, vlak jako součást MHD se uplatňuje jen na území velkých měst a aglomerací. Metro v Praze nemůže substituovat trolejbus, neboť v ní zaveden není. Následující tabulky ukazují možnosti snížení emisí substitucemi jednotlivých druhů dopravy v MHD a v dálkové dopravě.

Tab. č. 13 - Snížení emisí při substituci některých druhů osobní dopravy ve městech:

E.t/mil.osobo km	Metro	Tramvaj	Trolejbus	Bus MHD	Elektr. žel.	IAD
Úspory emisí v t při subst. mil. osobokm	Z tramvaje na metro	Z MHD bus - metro	Z MHD bus na tram	Z MHD bus na EŽ.	Z IAD na MHD bus	Z IAD na tram
CO ₂	20,908894	41,201602	53,803394	126,54693	75,593018	97,580873
	20,292708	105,63804	85,345328	50,953912	- 28,966057	56,379271
CO	0,0272611	0,053719	0,070149	1,1171039	0,0985558	2,2846559
	0,0264579	1,0898428	1,0633849	1,0185481	1,167552	2,2309369
NO _x	0,037212	0,0733272	0,0957549	1,4487442	0,1345343	0,4047981
	0,0361152	1,4115322	1,375417	1,3142099	-1,0439461	0,3314709
VOC	0,0024317	0,0048484	0,0063312	0,2618212	0,0088956	0,4032648
	0,0023911	0,2593895	0,2569728	0,2529256	0,1414436	0,3984164
SO ₂	0,0375013	0,0738976	0,0964995	0,0329895	0,1355805	0,0301912
	0,0363963	-0,0045118	-0,0409081	-0,102591	-0,0027983	-0,0437064
Tuhé	0,0017797	0,0035069	0,00458	0,0914629	0,0616994	0,0435465
	0,0017272	0,0896832	0,087956	0,0297635	-0,0479164	0,0400396
PAH (E. v kg/ mil. osobokm)	0,0000153	0,0000302	0,0000394	0,0518406	0,0000554	0,150726
	0,0000149	0,518253	0,0518104	0,0517852	0,0988854	0,1506958

Zdroj: vypočteno na základě předchozích výpočtů.

Tabulka č. 13 ukazuje, že uvažované substituce výkonů osobní dopravy ve městech vedou až na výjimky (náhrada IAD autobusy MHD a u emisí SO₂ s výjimkou náhrady tramvají metrem všechny) ke snížení emisí z dopravy. To je jistě pozitivní.

Reálný efekt takové náhrady ale bude podstatně vyšší, než by se dalo z průměrných hodnot soudit, neboť při vysokém počtu poškozovaných obyvatel ve městech snížení znečištění ovzduší z dopravy uleví podstatně většímu počtu lidí než ve venkovských oblastech, což je klad i pro elektrickou, leteckou a vodní dopravu. Přispívá k tomu i efekt vysokého vytížení prostředků MHD, ale i vyšší vytížení vlaků osobní železniční dopravy a linkových autobusů v regionech městských aglomerací, než je průměr ČR. Druhé rozdělení trakční spotřeby a emisí mezi osobní a nákladní železniční dopravu zhoršuje citelně pozici osobní železniční dopravy, leč ne zásadně.

Diskutovat lze o tom, zda dosažený pokles emisí je dostatečný, aby odůvodnil poměrně rozsáhlé investice do elektrické veřejné dopravy ve městech. Je třeba vidět, že investice do veřejné dopravy (platí to ale i o jiných investicích do dopravní infrastruktury) mají především dopravní zdůvodnění, že elektrická MHD má významný kladný městotvorný efekt atd.

Možnosti snížení emisí změnami struktury dálkové osobní dopravy ukazuje tabulka č. 14:

Tab. č. 14 - Možnosti snížení emisí změnou struktury osobní dálkové dopravy:

E.t/mil.osobokm	-	Letecká	Motor. Žel.	Link. Bus	Elektr. Žel.	IAD
Úspory em. v t při substituci 1 mil. osobokm	Z letadla na link. Bus	Z letadla na el. žel.	Z MŽ na EŽ	Z letadla na IAD	Z IAD na EŽ	Z IAD na linkový bus
CO ₂	-	198,11458	111,92139	101,07646	75,593018	97,580873
	97,03812	122,52156	36,328372	100,53371	21,987855	- 3,495587
CO	-	0,26105874	0,8792346	0,632732	0,0985558	2,2846559
	- 0,618176	0,1625029	0,7806788	-2,0235972	2,1861001	1,6519239
NO _x	-	1,3052937	1,2723041	1,1356862	0,1345343	0,4047981
	0,1696075	1,1707594	1,1371698	0,9004956	0,2702638	-0,7308881
VOC	-	0,0725163	0,2068787	0,146016	0,0088956	0,4032648
	- 0,0734997	0,0636207	0,1979831	-0,3307485	0,3943692	0,2572104
SO ₂	-	0,0744017	0,0328937	0,0321224	0,1355805	0,0301912
	0,0422793	-0,0611788	-0,1026868	0,0442105	-0,1053893	-0,1053893
Tuhé	-	Neznečišťuje	0,0895785	0,088585	0,0616994	0,0435465
	- 0,088585	-0,0616994	0,0278791	-0,0435465	-0,0181529	-0,0450385
PAH (E. v kg/mil. osobokm)	-	Neznečišťuje	0,0335234	0,040031	0,0000554	0,150726
	- 0,040031	- 0,0000554	0,033468	- 0,150726	0,1506706	0,110695

Zdroj: vypočteno na základě předchozích výpočtů.

Tabulka č. 14 ukazuje, že uvažované změny struktury dálkové osobní dopravy mohou snížit znečišťování ovzduší z dopravy jen omezeně. Přejít z motorové na elektrickou trakci železniční dopravy znamená snížení znečištění ovzduší u 6 ze 7 hlavních sledovaných druhů škodlivin (zhoršení je u SO₂). Přejít z IAD na elektrickou železnici znamená zlepšení u 5 a zhoršení u 2 druhů škodlivin. Přejít z letecké na elektrickou železnici znamená zlepšení u 4 a zhoršení u 3 druhů škodlivin. Přejít z letecké na linkový autobus nebo IAD znamená u 3 druhů škodlivin zlepšení a u 4 zhoršení. Přejít z IAD na linkový autobus znamená zhoršení u 4 druhů škodlivin a zlepšení u 3 druhů škodlivin. Zhoršují se především emise SO₂ a tuhé. Samozřejmě, nutné je přihlížet i ke škodlivosti jednotlivých druhů škodlivin.

Z hlediska škodlivin 5 z 6 uvažovaných změn struktury dálkové osobní dopravy snižuje emise CO₂ a NO_x (přejít z IAD na linkový autobus je zhoršuje), emise CO a VOC se zlepšují ve 4 a zhoršují ve 2 uvažovaných změnách struktury dálkové osobní dopravy, u emisí SO₂ jde o zhoršení ve 4 a o zlepšení ve 2 případech a u tuhých se emise zlepšují jen elektrifikace železnice a ostatní se zhoršují. Lze se domnívat, že s výjimkou přechodu z motorové na elektrickou osobní železniční dopravu, částečně i z letecké a IAD na elektrickou železnici jiné přesuny osobní dopravy nám ke snížení znečištění ovzduší příliš nepomůžou.

Alternativní rozdělení trakční spotřeby a emisí mezi osobní a nákladní železniční dopravy zhoršuje emisní pozici osobní železniční dopravy. Základní závěr, že emise v dálkové osobní dopravě osob lze citelněji snížit jen elektrifikací vybraných železničních tratí, tím ale nemění.

Závěr

Výpočty s vědomím jistých nepřesností ukazují měrnou emisní náročnost jednotlivých druhů nákladní a osobní dopravy v ČR v r. 2002 u 7 nejvíce sledovaných škodlivin CO₂, CO, NO_x, VOC, SO₂, tuhých a PAH. V nákladní dopravě jako emisně nejšetrnější, často s velikým náskokem, vychází s výjimkou emisí SO₂ elektrická železnice, jako nejméně šetrná motorová železnice. V osobní dopravě u emisí CO, VOC, NO_x a CO₂ jako emisně nejšetrnější druh dopravy vychází metro, dále tramvaje, trolejbusy a elektrická železnice. S výjimkou CO₂ mají jedno až dvouřádkový náskok. U emisí SO₂ se jako nejšetrnější ukazuje IAD (pořadí je ale poměrně těsné), u tuhých emisí a emisí PAH letecká doprava, která je vůbec neemituje. Zjišťovat emise olova je dnes bezpředmětné, neboť jeho užívání v pohonných hmotách bylo v r. 2001 v ČR zakázáno, resp. jeho užívání kleslo na 3% r. 1990 v silniční a letecké dopravě.

Zjištění studie nepotvrzuje emisní šetrnost nákladní vodní dopravy. Na základě čeho rejdaři pan Šerafa, resp. Raška tvrdí, že vodní doprava je 3x, resp. 4x ekologicky šetrnější než doprava železniční a 9x, resp. 15x než doprava silniční, nevím. I když vypočtené hodnoty byly ovlivněny nižší vytižeností lodí a jejich značnou zastaralostí, rozdíly zvláště proti elektrické železnici jsou příliš velké.

Studie zároveň ukazuje, jak velká snížení emisí lze dosáhnout vybranými změnami struktury dopravy. V nákladní dopravě je z hlediska snižování znečištění ovzduší smysluplný přesun na elektrickou železnici, a to jak z dopravy silniční, tak z dopravy vodní, tak z motorové trakce železniční dopravy. V osobní dopravě městské se jako efektivní ukazuje především posilování její elektrické trakce - metra, tramvají, trolejbusů a elektrické železnice. Výjimkou jsou emise SO₂, u emisí CO₂ a tuhých též při náhradě IAD autobusy MHD. V dálkové osobní dopravě se možností snížit emise změnou struktury dopravy nejeví reálné ani efektivní s výjimkou přechodu z motorové na elektrickou trakci železniční dopravy.

Zdá se, že vážným problémem osobní dopravy zejména po elektrické železnici je nízké využití dopravních prostředků a až na výjimky i jejich enormní stáří a tím i vysoká hmotnost, jež nepřímo zhoršuje její měrné emise. Zvýšení její přitažlivosti, např. postavením množství chybějících železničních zastávek (popř. zastávek jako náhrada za zastávky špatně umístěné), by jí mohlo významně pomoci.

Použitá literatura:

Dufek, J. a kol. DÚ 05 Stanovení a verifikace emisních faktorů vozidel pro potřebu zpřesňování kalkulace emisí z dopravy, internet CDV Brno 2004

Konzultace s příslušnými pracovníky ČD

Ročenka dopravy ČR za rok 2002

Statistická ročenka životní prostředí ČR 2003

Svaz dopravy: Jezy jsou ekonomické i ekologické, Dopravní noviny 18/04

Výroční zpráva ČD a Ročenka ČD za rok 2002

Výroční zpráva a.s. ČEZ za rok 2002, Internet

Praha, březen 2005



Lektoroval: Ing. Jiří Urbánek
Ředitel odboru 028 GŘ ČD