

Ministerstvo dopravy

Stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy

METODIKA

uplatnění výsledků výzkumu

2006

Stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy

2006

Výstup řešení projektu:	Projekt VaV VÝZKUM ZÁTĚŽE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ Z DOPRAVY
Identifikační kód CEP:	CE 801/210/109
Zpracovatel:	Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. (CDV)
Odpovědný řešitel:	Jiří Dufek (jiri.dufek@cdv.cz)
Spoluřešitelé:	Jiří Huzlík (CDV), Vladimír Adamec (CDV)
Metodika schválena:	Ministerstvem dopravy

Předmluva

tato metodika představuje aktualizaci původní „Metodiky stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy“, která je schválená pro výpočty emisí z dopravy na celostátní a regionální úrovni od roku 2002. Aktualizovaná metodika vychází ze spotřebovaných pohonných hmot jednotlivými kategoriemi dopravních prostředků, které jsou dále distribuovány do podrobnějších kategorií dle dopravních výkonů a dynamické skladby vozového parku. Co se týká emisních faktorů, byla vytvořena databáze emisních měření, která obsahuje jak naměřené hodnoty ve zkušebnách v České republice, tak doporučené hodnoty z mezinárodních statistik a metodik (např. COPERT, Emission Inventory Guidebook). Databáze emisních faktorů je nedílnou součástí této metodiky.

O b s a h

1. ÚVOD.....	6
2. PRINCIPY METODIKY.....	7
3. ROZSAH POLUTANTŮ.....	7
4. SCHÉMA VÝPOČTU	9
5. VLASTNÍ VÝPOČTOVÉ POSTUPY	10
5.1 VÝPOČET SPOTŘEBY	10
5.2 VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI.....	11
5.3 VÝPOČET EMISÍ VZNIKLYCH PŘI SPALOVACÍM PROCESU	11
5.4 VÝPOČET EMISÍ Pb A SO ₂	11
6. VYUŽITÍ METODIKY PRO EMISNÍ PROGNÓZY	13
7. PŘÍKLAD VÝPOČTU EMISÍ NO_x A N₂O	13
7.1 VÝPOČET SPOTŘEBY BENZÍNU JEDNOTLIVÝMI KATEGORIEMI	13
7.2 VÝPOČET SPOTŘEBY NAFTY JEDNOTLIVÝMI KATEGORIEMI.....	14
7.3 VÝPOČET SPOTŘEBY LPG JEDNOTLIVÝMI KATEGORIEMI.....	15
7.4 VÝPOČET SPOTŘEBY CNG JEDNOTLIVÝMI KATEGORIEMI.....	16
7.5 VÝPOČET SPOTŘEBY SMĚSNÉ NAFTY JEDNOTLIVÝMI KATEGORIEMI	17
7.6 SPOTŘEBA LETECKÝCH PALIV.....	17
7.7 VÝPOČET EMISÍ NO _x	17
7.8 VÝPOČET EMISÍ N ₂ O	18
8. EMISNÍ FAKTORY	19
8.1 SILNIČNÍ DOPRAVA	19
8.2 ŽELEZNIČNÍ DOPRAVA.....	19
8.3 VODNÍ DOPRAVA.....	19
8.4 LETECKÁ DOPRAVA.....	20
8.5 DATABÁZE EMISNÍCH FAKTORŮ.....	21
9. MOŽNOSTI APLIKACE METODIKY	22
9.1 DISTRIBUCE REGIONÁLNÍCH EMISÍ NA JEDNOTLIVÉ ÚSEKY A POROVNÁNÍ S PROGRAMEM MEFA	22
10. ZÁVĚR.....	24
ZÁKLADNÍ POUŽITÉ PRAMENY	24

1. Úvod

Cílem řešení byla aktualizace původní „Metodiky stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy“, která je schválená pro výpočty emisí z dopravy na celostátní a regionální úrovni od roku 2002. Tato metodika měla „slabé místo“ v oblasti emisních faktorů, které byly počítány pomocí příslušných emisních limitů. Hlavní změnou je nahrazení vypočítaných emisních faktorů měřenými. Výsledky jednotlivých měření emisí se však velmi liší v závislosti na typu a tovární značce vozidla, typu motoru, režimu jízdy, stáří a opotřebení vozidel a dalších faktorech. Aby bylo možno měřené emisní faktory použít jako vstupní data do metodiky výpočtů emisí, bylo nutno zjistit pro každou kategorii průměrné naměřené hodnoty. K tomu byla vytvořena databáze výsledků měření emisí (tj. databáze emisních faktorů), která umožňuje výpočty statistických parametrů. Vedle jednotlivých naměřených hodnot obsahuje databáze také průměry z dílčích měření. Ty se uplatňují při vážených průměrech, neboť mají vyšší váhu než jednotlivá měření. Hodnoty vah závisí na počtu měření a na zastoupení dané tovární značky vozidla ve vozovém parku ČR.

Nejdůležitější změnou ve vlastních výpočtech emisí je jejich rozšíření na libovolný úsek komunikace za pomoci distribuce regionálních, případně celostátních emisí podle dopravních výkonů dané oblasti. Hlavním vstupním údajem metodiky zůstává spotřeba pohonných hmot. Distribuční rovnice rozdělení spotřeby jednotlivých paliv na kategorie, jakož i kategorizace dopravních prostředků zůstala stejná.

2. Principy metodiky

Metodika rozděluje dopravní prostředky do celkem 23 kategorií. Při rozdělení byla uplatněna následující kritéria: druh dopravy, používané palivo a vybavení vozidel účinnými katalyzátory.

Tabulka 1. Kategorie pro kalkulaci emisí z dopravy

Číslo	Označení	Popis kategorie
1	ID.B1	individuální doprava, benzínová osobní vozidla jednostopá
2	ID.B2	individuální doprava, benzínová osobní vozidla dvoustopá bez řízených katalytických systémů
3	ID.B3	individuální doprava, benzínová osobní vozidla dvoustopá s řízenými katalytickými systémy
4	ID.N	individuální doprava, naftová osobní vozidla dvoustopá
5	ID.LPG	individuální doprava, osobní vozidla jezdící na LPG
6	ID.CNG	individuální doprava, osobní vozidla jezdící na CNG
7	ID.SN	individuální doprava, osobní vozidla jezdící na směsnou naftu
8	AD.B	veřejná doprava, osobní benzínová vozidla
9	AD.N	veřejná doprava, osobní naftová vozidla
10	AD.LPG	veřejná doprava, osobní vozidla jezdící na LPG
11	AD.CNG	veřejná doprava, osobní vozidla jezdící na CNG
12	AD.SN	veřejná doprava, osobní vozidla jezdící na směsnou naftu
13	ND.B	benzínová nákladní vozidla (benzínové dodávky)
14	ND.LDV	naftová nákladní vozidla do 3,5 t
15	ND.HDV	naftová nákladní vozidla nad 3,5 t
16	ND.LPG	nákladní vozidla jezdící na LPG
17	ND.CNG	nákladní vozidla jezdící na CNG
18	ND.SN	nákladní vozidla jezdící na směsnou naftu
19	ŽD.N	železniční vozidla jezdící na naftu
20	ŽD.SN	železniční vozidla jezdící na bionaftu
21	VD.N	plavidla s naftovými motory
22	LD.LB	letadla spalující letecký benzín
23	LD.LP	letadla spalující letecký petrolej

Z 23 kategorií uvedených v tabulce 1 jsou vybrány kategorie s rozdílnými kilometrickými proběhy, tzv. kategorie *kp*. Jedná se o tyto kategorie:

Tabulka 2. Kategorie *kp* s rozdílnými kilometrickými proběhy

Číslo	Označení	Popis kategorie
1	OD.B1	individuální doprava, benzínová osobní vozidla jednostopá
2	OD.B2	individuální doprava, benzínová osobní vozidla dvoustopá bez řízených katalytických systémů
3	OD.B3	individuální doprava, benzínová osobní vozidla dvoustopá s řízenými katalytickými systémy
15	ND.LDV	naftová nákladní vozidla do 3,5 t
16	ND.HDV	naftová nákladní vozidla nad 3,5 t

Pro každou z kategorií *kp* se vypočítá spotřeba paliva *i* (benzín u kategorií 1-3 a nafta u kategorií 15-16), postupem uvedeným v kapitole 5.1., rovnice 3. Následně jsou kalkulovány emise dle rovnice 6 uvedené v kapitole 5.3. Kilometrické proběhy musí být však nastaveny tak, aby součet spotřeb kategorií *kp* 1-3 byl shodný se spotřebou benzínu individuální dopravy (ID) vyjádřenou z celkové spotřeby benzínu a přepravních výkonů ID (rovnice 3). Rovněž součet spotřeb kategorií *kp* 15-16 musí být shodný se spotřebou nafty silniční nákladní dopravy vyjádřenou z celkové spotřeby nafty a přepravních výkonů silniční nákladní dopravy.

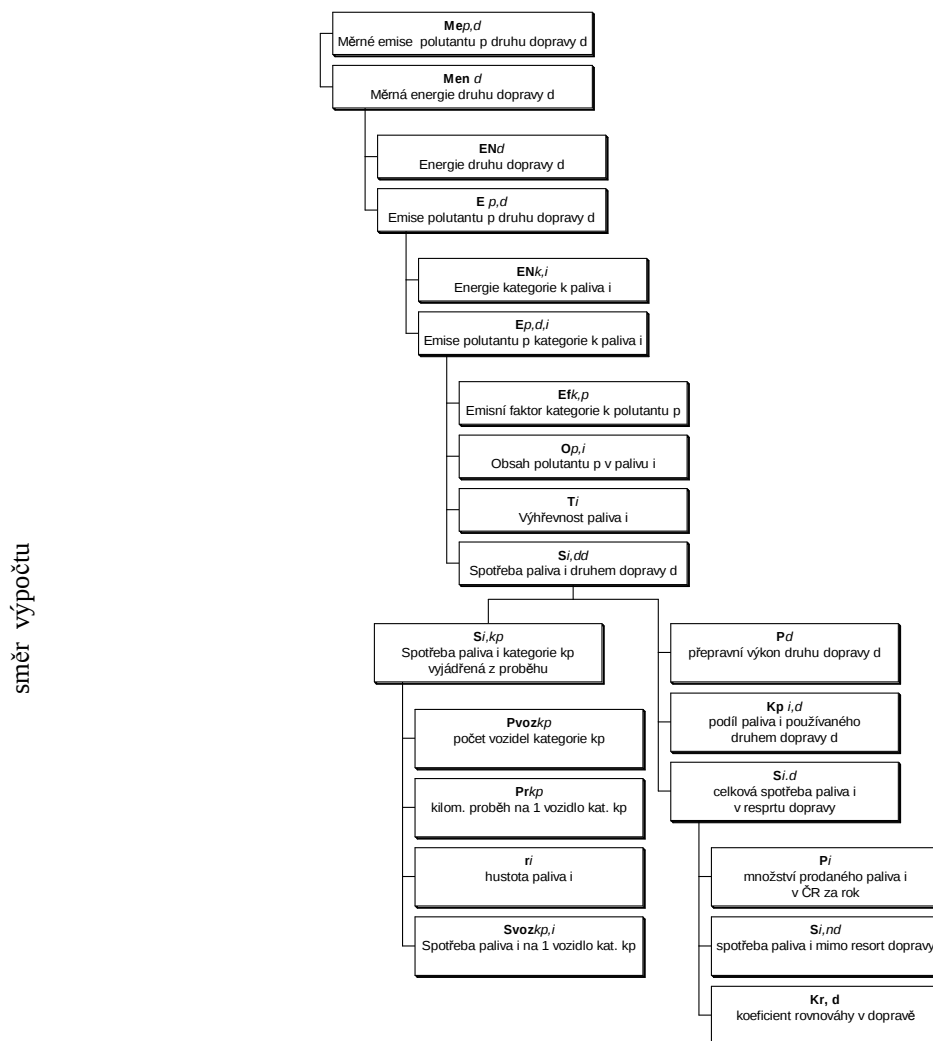
3. Rozsah polutantů

Metodika umožňuje kalkulaci emisí jakýchkoliv polutantů za předpokladu znalosti naměřených emisních faktorů, které obsahuje „Databáze emisních faktorů“ zmíněná v úvodní kapitole. Ke každé kategorii (Tabulka 1) jsou přiřazeny emisní faktory vyjádřené v g.kg⁻¹ paliva. V metodice jsou kalkulovány tyto polutanty:

- látky přispívající k dlouhodobému oteplování atmosféry: oxid uhličitý (CO_2), metan (CH_4), oxid dusný (N_2O);
- látky s emisními limity danými legislativou: oxid uhelnatý (CO), oxidy dusíku (NO_x), uhlovodíky (C_xH_y) a pevné částice (PM);
- látky nelimitované s nepříznivými zdravotními účinky: oxid siřičitý (SO_2), olovo (Pb) a další těžké kovy, polyaromatické uhlovodíky (PAH) a polychlorované dibenzodioxiny (PCDD) a dibenzofurany (PCDF).

4. Schéma výpočtu

Schéma výpočtu ročních emisí



Postup stanovení roční emisní zátěže

Vstupní data:

- celková spotřeba paliv za rok
- počty vozidel jednotlivých kategorií
- počty ujetých km na jedno vozidlo za rok (vybrané kategorie ID a SND)
- spotřeba paliv na 100 km jednotlivých kategoriích
- přepravní výkony
- měrná energie paliv
- obsahy Pb, S v palivech
- hustota paliv
- emisní faktory

Výstupy:



5. Vlastní výpočtové postupy

5. Výpočet spotřeby

Výpočet spotřeby paliva i druhem dopravy d je první krok celého postupu. Znamé množství prodaných paliv se po odpočtu spotřeby mimo dopravu upraví pomocí koeficientu K_r . Tento koeficient charakterizuje rovnováhu mezi palivy nakoupenými v ČR a spálenými v cizině a palivy nakoupenými v cizině a spálenými v ČR. Takto zjištěná spotřeba paliva i v resortu dopravy rozdělí mezi jednotlivé druhy dopravy pomocí přepravních výkonů a podílů vozidel používajících stejná paliva. Druhy dopravy se člení následovně:

Tabulka 3. Druhy dopravy, pro které je stanovena emisní bilance:

ID	individuální doprava
AD	silniční veřejná osobní doprava (mimo MHD)
SND	silniční nákladní doprava
MHD	autobusy městské hromadné dopravy
ŽD	železniční doprava motorová trakce
VD	vodní doprava
LD	letecká doprava

Kalkulace se provede odděleně pro každé palivo a každý druh dopravy, podle následujících rovnic:

$$S_{i,d} = (P_i - S_{nd}) \cdot K_r \quad (1)$$

$S_{i,d}$	celková spotřeba paliva i v resortu dopravy [kg]
P_i	množství prodaného paliva i v ČR [kg]
K_r	koeficient rovnováhy mezi palivy nakoupenými v ČR a spálenými v cizině a palivy nakoupenými v cizině a spálenými v ČR [rovnováha = 1]
$S_{i,nd}$	celková spotřeba paliva i mimo resort dopravy [kg]

Celková spotřeba paliva i v resortu dopravy se rozdělí mezi jednotlivé druhy dopravy pomocí přepravních výkonů a tzv. palivových koeficientů, které udávají podíl zastoupení vozidel druhu dopravy d jezdících na palivo i :

$$S_{i,dd} = \frac{P_d \cdot K_{p,i,d} \cdot S_{i,d}}{\sum_{d=1}^n (P_d \cdot K_{p,i,d})} \quad (2)$$

$S_{i,dd}$	spotřeba paliva i druhem dopravy d [kg]
P_d	přepravní výkon druhu dopravy d [oskm, tkm]
$K_{p,i,d}$	palivový koeficient paliva i a druhu dopravy d (vždy ≤ 1 , $1 = 100\%$) [0-1]
$S_{i,d}$	celková spotřeba paliva i v resortu dopravy (po odpočtu spotřeby v zemědělství a odhadu spotřeby ostatních nesilničních mobilních zdrojů znečištění). [kg]

Při stanovení spotřeby nafty u železniční dopravy se vychází ze spotřeby udávané ČD a soukromými dopravci. Tyto údaje je však někdy problematické zjistit, proto je možno vyjít z celkové spotřeby a její distribuce pomocí přepravních výkonů.

Kategorie dopravy, které vykazují značně rozdílné roční kilometrické proběhy vozidel jsou uvedeny v tabulce 2. Pro výpočet spotřeby pohonných hmot v těchto kategoriích je použit vztah zohledňující rozdílné kilometrické proběhy vozidel. Spotřeba paliva i kategorií kp je tedy vyjádřena vztahem:

$$S_{i,kp} = \frac{P_{voz_{kp}} \cdot Pr_{kp} \cdot S_{voz_{kp}} \cdot \rho_i}{100} \quad (3)$$

kp	kategorie dopravy, kde jsou zohledněny kilometrické proběhy (viz tabulka 2)
$S_{i,kp}$	spotřeba paliva i kategorií kp [kg]
$P_{voz,kp}$	počet vozidel kategorie kp
Pr_{kp}	odhad průměrného ročního kilometrického proběhu jednoho vozidla kategorie kp [km]
$S_{voz,kp,i}$	spotřeba paliva i na 1 vozidlo kategorie kp [l .100 km ⁻¹]
ρ_i	hustota paliva i [kg. l ⁻¹]

Spotřeba paliva i kategorií kp je kalkulována podle vztahu 3 tak, aby součet všech tří kategorií benzínové osobní dopravy a dvou kategorií naftové nákladní dopravy byl shodný se spotřebou kalkulovanou dle rovnice 2. Proto vždy musí platit:

$$S_{i,dd} = \sum_{kp=1}^n S_{i,kp} \quad (4)$$

kp	kategorie dopravy, kde jsou zohledněny kilometrické proběhy (viz Tabulka 2)
$S_{i,kp}$	spotřeba paliva i kategorií kp [kg]
$S_{i,dd}$	spotřeba paliva i druhem dopravy d [kg]
n	počet kategorií kp tj. 4 u benzínové osobní dopravy a 2 u naftové nákladní dopravy

5.2 Výpočet energetické náročnosti

Energie druhu dopravy d je kalkulována podle rovnice:

$$EN_d = \sum_{i=1}^n (S_{i,dd} \cdot T_i) \quad (5)$$

EN_d	energie druhu dopravy d
$S_{i,dd}$	spotřeba paliva i druhem dopravy d [kg]
T_i	energie, která vznikne při spálení 1 kg paliva i [MJ.kg ⁻¹]
n	počet druhů paliv používaných druhem dopravy d

5.3 Výpočet emisí vzniklých při spalovacím procesu

Tento způsob se uplatňuje u všech druhů látek s výjimkou Pb a SO₂. Jde především o látky: CO₂, CO, NO_x, N₂O, CH₄, NM VOC a pevné částice. Tyto emise vznikají při procesech spalování prakticky všech pohonných hmot a jsou přímo vytvářeny chemickými reakcemi. Jsou tedy přímo závislé na naměřeném množství emisí ve výfukových plynech udávaných v g.kg⁻¹ spáleného paliva. Celkový vztah má pro uvedené emise následující podobu:

$$E_{p,d} = \frac{\sum_{i=1}^n (S_{i,dd} \cdot Ef_{k,p})}{10^6} \quad (6)$$

$E_{p,d}$	celkové emise polutantu p druhu dopravy d [t]
$S_{i,dd}$	spotřeba paliva i druhem dopravy d [kg]
$Ef_{k,p}$	emisní faktor kategorie k polutantu p [g. kg ⁻¹ paliva]
n	počet druhů paliv používaných druhem dopravy d

5.4 Výpočet emisí Pb a SO₂

Postup kalkulace emisí oxidu siřičitého a olova není tak komplikovaný jako u předchozích polutantů, neboť přímo závisí na obsahu olova a síry v pohonných hmotách. V souladu s Emissions Inventory Guidebook [2] je bráno v úvahu, že veškerá síra a 75 % olova se dostane do ovzduší při spalovacím procesu.

Olovo

Olovo je součástí především olovnatých automobilových a leteckých benzínů. Od 1. 1. 2001 není již olovnatý benzín distribuován a prodáván v ČR. Balance olova je však stále součástí emisní metodiky, neboť olovo se stále přidává do některých leteckých paliv a rovněž bezolovnatý benzín obsahuje jisté, byť minimální

množství olova (ČSN připouští 0,005 g.l⁻¹). Metodika umožňuje zpětné přepočty emisí za období před rokem 2001, kdy se používal olovnatý benzín.

Základní vztah pro kalkulaci emisí olova druhem dopravy d ukazuje rovnice:

$$E_{Pb,d} = E_{Pb,d,i1} + E_{Pb,d,i2} \quad (7)$$

$E_{Pb,d}$	celkové emise olova druhu dopravy d [t]
$E_{Pb,i1}$	emise olova z olovnatého benzínu [t]
$E_{Pb,d,i2}$	emise olova z bezolovnatého benzínu [t]

Pro emise z olovnatého benzínu platí tento vztah:

$$E_{Pb,d,i1} = \frac{S_{d,i1} \cdot (1 - K_{NAT} \cdot O_{Pb,i1} \cdot \rho_{i1} \cdot Ke_{Pb})}{10^6} \quad (8)$$

$E_{Pb,d,i1}$	emise olova z druhu dopravy d , z olovnatého benzínu [t]
$S_{d,i1}$	spotřeba benzínu celkem druhem dopravy d [kg]
K_{nat}	podíl spotřeby bezolovnatého benzínu na celkové spotřebě benzínu [0-1]
$O_{Pb,i1}$	obsah olova v olovnatém benzínu [g.l ⁻¹]
ρ_{i1}	hustota olovnatého benzínu (průměr hustota benzínů Super a Special) [kg.l ⁻¹]
Ke_{Pb}	podíl vneseného olova [0-1]

Emise z bezolovnatého benzínu jsou kalkulovány podle rovnice:

$$E_{Pb,d,i2} = \frac{S_{d,i2} \cdot K_{NAT} \cdot O_{Pb,i2} \cdot \rho_{i2} \cdot Ke_{Pb}}{10^6} \quad (9)$$

$E_{Pb,d,i2}$	emise olova z bezolovnatého benzínu [t]
$S_{d,i2}$	spotřeba benzínu celkem druhem dopravy d [kg]
K_{nat}	podíl spotřeby bezolovnatého benzínu na celkové spotřebě benzínu [0-1]
$O_{Pb,i2}$	obsah olova v bezolovnatém benzínu [g.l ⁻¹]
ρ_{i2}	hustota bezolovnatého benzínu [kg.l ⁻¹]
Ke_{Pb}	podíl vneseného olova [0-1]

Oxid siřičitý

Obdobně jako v případě emisí olova se i zde vychází z obsahu síry v palivech, která v současné době činí podle legislativy ČR max. 0,5 g.kg⁻¹ v benzínu a naftě a max. 0,2 g.kg⁻¹ v palivu LPG. Pro emise SO₂ druhu dopravy d paliva i platí rovnice :

$$E_{SO_2,d,i} = \frac{2 \cdot S_{d,i} \cdot O_{S,i} \cdot Ke_S}{10^6} \quad (10)$$

$E_{SO_2,d,i}$	emise oxidu siřičitého druhu dopravy d používající palivo i [t]
$S_{d,i}$	spotřeba paliva i druhem dopravy d [kg]
$O_{S,i}$	obsah síry v palivu i [g.kg ⁻¹]
Ke_S	podíl vnesené síry [0-1]
2	konstanta dána molekulovými hmotnostmi kyslíku a síry

Výsledné emise jsou prezentovány formou vývojových řad za jednotlivé roky (kapitola 7 „Příklad výpočtů emisí“).

6. Využití metodiky pro emisní prognózy

Prognózy jsou založeny přímo na rozdílných scénářích rozvoje dopravy, které se promítají do sledovaných ukazatelů. Tyto ukazatele, tj. přepravní objemy a výkony, spotřeba pohonných hmot a početní stavy a skladba vozového parku v ČR jsou současně vstupními daty této metodiky. Rozdílné scénáře spotřeby pohonných hmot ukazují možné směry rozvoje dopravy jako celku. Scénáře jsou aplikovány podle standardů OECD, tj. BAU – scénář obvyklého obchodu, který předpokládá intenzivní rozvoj dopravy, nebo scénář EST, který směřuje rozvoj dopravy k trvalé udržitelnosti. Jak se přepravní práce bude rozdělovat mezi jednotlivé druhy dopravy, ukazují prognózy přepravních výkonů.

Metodika umožňuje dát konkrétní odpověď na otázku jaké parametry, objemy a energetickou bilanci by mohla mít doprava v ČR při dosažení jakékoli konkrétní emisní hodnoty. Zde se nabízí využití především při dodržování tzv. národních emisních stropů, ke kterým se ČR zavázala např. 116 kt NO_x v roce 2010. Metodika umožní specifikovat maximální hodnoty přepravních výkonů, počtů a skladby vozidel a spotřebovaných pohonných hmot, aby bylo těchto emisních stropů dosaženo.

7. Příklad výpočtu emisí NO_x a N₂O

7.1 Výpočet spotřeby benzínu jednotlivými kategoriemi

Spotřeba je dána vztahem:

$$S_{i,dd} = \frac{P_d \cdot Kp_{i,d} \cdot S_{i,d}}{\sum_{d=1}^n (P_d \cdot Kp_{i,d})} \quad (2)$$

Spotřeba benzínu u individuální automobilové dopravy

Výpočet z celkové spotřeby benzínu dle rovnice 2

$$S_{i1, ID} = (63640 \cdot 0,902 \cdot 2010) / ((63640 \cdot 0,902) + (9552 \cdot 0,012) + (40440 \cdot 0,178))$$

$$S_{i1, ID} = 1783 \text{ tis.t.}$$

Výpočet z kilometrických proběhů dle rovnic 3 a 4

Spotřeba benzínu u individuální automobilové dopravy je vypočtena paralelně z průměrných ročních kilometrických proběhů dle rovnice 3:

$$S_{i,kp} = \frac{P_{voz_{kp}} \cdot Pr_{kp} \cdot S_{voz_{kp}} \cdot \rho_i}{100} \quad (3)$$

$$S_{i1ID,1} = (737329 \cdot 970 \cdot 3,83 \cdot 0,765) / 100$$

$$S_{i1ID,1} = 20,9 \text{ tis.t.}$$

$$S_{i1ID,2} = (2085031 \cdot 3900 \cdot 9,25 \cdot 0,74) / 100$$

$$S_{i1ID,2} = 557 \text{ tis.t.}$$

$$S_{i1ID,3} = (1000015 \cdot 18538 \cdot 8,5 \cdot 0,765) / 100$$

$$S_{i1ID,3} = 1205 \text{ tis.t.}$$

Kontrola přibližné správnosti nastavení kilometrických proběhu podle rovnice 4

$$S_{i,dd} = \sum_{kp=1}^n S_{i,kp} \quad (4)$$

$$S_{i1,ID} = 20,9 + 557 + 1205$$

$$S_{i1,ID} = 1783 \text{ tis.t.}$$

Tento výsledek je shodný se spotřebou ID vypočtenou z celkové spotřeby (viz předchozí strana).

Spotřeba benzínu u silniční veřejné osobní dopravy

$$S_{i1,AD} = (9552 \cdot 0,0127 \cdot 2010) / ((63640 \cdot 0,902) + (9552 \cdot 0,012) + (40440 \cdot 0,178))$$

$$S_{i1,AD} = 3,4 \text{ tis.t.}$$

Spotřeba benzínu u silniční nákladní dopravy

$$S_{i1,SND} = (40440 \cdot 0,178 \cdot 2010) / ((63640 \cdot 0,902) + (9552 \cdot 0,012) + (40440 \cdot 0,178))$$

$$S_{i1,SND} = 223 \text{ tis.t.}$$

7.2 Výpočet spotřeby nafty jednotlivými kategoriemi

Spotřeba je dána vztahem:

$$S_{i,dd} = \frac{P_d \cdot Kp_{i,d} \cdot S_{i,d}}{\sum_{d=1}^n (P_d \cdot Kp_{i,d})} \quad (2)$$

Spotřeba nafty u individuální automobilové dopravy

$$S_{i2,ID} = (63640 \cdot 0,096 \cdot 1604) / ((63640 \cdot 0,096) + (9552 \cdot 0,984) + (40440 \cdot 0,814) + (5677 \cdot 0,970) + (6421 \cdot 1,00) + (781 \cdot 1,00))$$

$$S_{i2,ID} = 161 \text{ tis.t.}$$

Spotřeba nafty u silniční veřejné osobní dopravy

$$S_{i2,AD} = (9552 \cdot 0,984 \cdot 1604) / ((63640 \cdot 0,096) + (9552 \cdot 0,984) + (40440 \cdot 0,814) + (5677 \cdot 0,970) + (6421 \cdot 1,00) + (781 \cdot 1,00))$$

$$S_{i2,AD} = 247 \text{ tis.t.}$$

Spotřeba nafty u silniční nákladní dopravy

Výpočet spotřeby nafty z celkové spotřeby podle rovnice 2

$$S_{i2,SND} = (40440 \cdot 0,0814 \cdot 1604) / ((63640 \cdot 0,096) + (9552 \cdot 0,984) + (40440 \cdot 0,814) + (5677 \cdot 0,970) + (6421 \cdot 1,00) + (781 \cdot 1,00))$$

$$S_{i2,SND} = 864 \text{ tis.t.}$$

Výpočet spotřeby nafty z proběhů podle rovnice 3

$$S_{i,kp} = \frac{P_{voz_{kp}} \cdot Pr_{kp} \cdot S_{voz_{kp}} \cdot \rho_i}{100} \quad (3)$$

$$S_{i2,ND,LDV} = (116000 \cdot 13987 \cdot 10,9 \cdot 0,835) / 100$$

$$S_{i2,ND,LDV} = 148 \text{ tis.t.}$$

$$S_{i2,ND,HDV} = (138520 \cdot 20700 \cdot 29,9 \cdot 0,835) / 100$$

$$S_{i2,ND,HDV} = 716 \text{ tis.t.}$$

Kontrola správnosti nastavení kilometrických proběhů podle rovnice 4:

$$S_{i,dd} = \sum_{kp=1}^n S_{i,kp} \quad (4)$$

$$S_{i1,ID} = 148 + 716$$

$$S_{i1,ID} = 864 \text{ tis.t.}$$

Spotřeba nafty u autobusů MHD

U MHD se dříve udávaly přepravní výkony v místových kilometrech, proto bylo nutno tyto výkony přepočítat na oskm podle odhadu vytíženosti autobusů MHD. Přepočet byl však značně nepřesný, a proto bylo doporučena kontrola pomocí součtu spotřeby nafty, je-li vykazovaná všemi městskými dopravními podniky v ČR (regionu). V současné době jsou však již přepravní výkony MHD uváděny v osobových km.

$$S_{i2,MHD} = (5677 \cdot 0,970 \cdot 1604) / ((63640 \cdot 0,096) + (9552 \cdot 0,984) + (40440 \cdot 0,814) + (5677 \cdot 0,970) + (6421 \cdot 1,00) + (781 \cdot 1,00))$$

$$S_{i2,MHD} = 144 \text{ tis.t.}$$

Spotřeba nafty železniční dopravou

Spotřeba nafty železniční dopravou vypočtená z celkové spotřeby nafty se dá přibližně kontrolovat porovnáním spotřeby nafty vykazované ČD. Údaj o spotřebě se dosud neobjevil v ročence ČD a v tisku byla uvedena spotřeba 120 tis.t. Tento údaj třeba brát jako orientační.

$$S_{i2,\text{ŽD}} = (6421 \cdot 1,00 \cdot 1604) / ((63640 \cdot 0,096) + (9552 \cdot 0,984) + (40440 \cdot 0,814) + (5677 \cdot 0,970) + (6421 \cdot 1,00) + (781 \cdot 1,00))$$

$$S_{i2,\text{ŽD}} = 168 \text{ tis.t.}$$

Spotřeba nafty vodní dopravou

$$S_{i2,VD} = (781 \cdot 1,00 \cdot 1604) / ((63640 \cdot 0,096) + (9552 \cdot 0,984) + (40440 \cdot 0,814) + (5677 \cdot 0,970) + (6421 \cdot 1,00) + (781 \cdot 1,00))$$

$$S_{i2,VD} = 20,5 \text{ tis.t.}$$

7.3 Výpočet spotřeby LPG jednotlivými kategoriemi

Spotřeba je dána vztahem:

$$S_{i,dd} = \frac{P_d \cdot Kp_{i,d} \cdot S_{i,d}}{\sum_{d=1}^n (P_d \cdot Kp_{i,d})} \quad (2)$$

Spotřeba LPG u individuální automobilové dopravy

$$S_{i3,ID} = (63640 \cdot 0,002 \cdot 65) / ((63640 \cdot 0,002) + (9552 \cdot 0,002) + (40440 \cdot 0,007) + (5677 \cdot 0,015))$$

$$S_{i3,ID} = 13,4 \text{ tis.t.}$$

Spotřeba LPG u silniční veřejné osobní dopravy

$$S_{i3,AD} = (9552 \cdot 0,002 \cdot 65) / ((63640 \cdot 0,002) + (9552 \cdot 0,002) + (40440 \cdot 0,007) + (5677 \cdot 0,015))$$

$$S_{i3,AD} = 2,6 \text{ tis.t.}$$

Spotřeba LPG u silniční nákladní dopravy

$$S_{i3,SND} = (40440 \cdot 0,007 \cdot 65) / ((63640 \cdot 0,002) + (9552 \cdot 0,002) + (40440 \cdot 0,007) + (5677 \cdot 0,015))$$

$$S_{i3,SND} = 38 \text{ tis.t.}$$

Spotřeba LPG u autobusů MHD

$$S_{i3,MHD} = (5677 \cdot 0,015 \cdot 65) / ((63640 \cdot 0,002) + (9552 \cdot 0,002) + (40440 \cdot 0,007) + (5677 \cdot 0,015))$$

$$S_{i3,MHD} = 10,9 \text{ tis.t.}$$

7.4 Výpočet spotřeby CNG jednotlivými kategoriemi

Spotřeba je dána opět vztahem:

$$S_{i,dd} = \frac{P_d \cdot Kp_{i,d} \cdot S_{i,d}}{\sum_{d=1}^n (P_d \cdot Kp_{i,d})} \quad (2)$$

Spotřeba CNG u individuální automobilové dopravy

$$S_{i4,ID} = (63640 \cdot 0 \cdot 6000) / ((63640 \cdot 0) + (9552 \cdot 0,002) + (40440 \cdot 0,001) + (5677 \cdot 0,015))$$

$$S_{i4,ID} = 0,00 \text{ tis. m}^3$$

Spotřeba CNG u silniční veřejné osobní dopravy

$$S_{i4,AD} = (9552 \cdot 0,002 \cdot 6000) / ((63640 \cdot 0) + (9552 \cdot 0,002) + (40440 \cdot 0,001) + (5677 \cdot 0,015))$$

$$S_{i4,AD} = 842 \text{ tis. m}^3$$

Spotřeba CNG u silniční nákladní dopravy

$$S_{i4,SND} = (40440 \cdot 0,001 \cdot 6000) / ((63640 \cdot 0) + (9552 \cdot 0,002) + (40440 \cdot 0,001) + (5677 \cdot 0,015))$$

$$S_{i4, \text{SND}} = 1403 \text{ tis. m}^3$$

Spotřeba CNG u autobusů MHD

$$S_{i4, \text{MHD}} = (5677 \cdot 0,015 \cdot 6000) / ((63640 \cdot 0) + (9552 \cdot 0,002) + (40440 \cdot 0,001) + (5677 \cdot 0,015))$$

$$S_{i4, \text{MHD}} = 3754 \text{ tis. m}^3$$

7.5 Výpočet spotřeby směsné nafty jednotlivými kategoriemi

Údaje o spotřebě směsné nafty jednotlivými druhy dopravy jsou převzaty od "Sdružení výrobců bionafty", Mydlovary, České Budějovice [3].

Tabulka 4. Distribuce spotřeby směsné nafty mezi jednotlivé druhy dopravy

Druh dopravy	Rok		
	1998	1999	2000
	Spotřeba směsné nafty [t]		
Doprava celkem	145 322	177 720	180 000
Individuální automobilová doprava	14 605,8	18 923,2	19 166
Silniční veřejná osobní doprava	16 666,5	20 323,4	20 584
Městská hromadná doprava - autobusy	24 467,5	29 445,2	29 823
Silniční nákladní doprava	89 582,2	108 998,8	110 397
Železniční doprava	-	29,4	150
Vodní doprava	-	-	-

7.6 Spotřeba leteckých paliv

Letecký benzín a letecký petrolej (kerosen) se používají pouze v letecké dopravě, proto se zde nepoužívají žádné distribuční rovnice. K emisím z prodaných leteckých paliv se dále připočítávají ještě emise z přeletů (kapitola 8.4)

Tabulka 5. Spotřeba leteckých paliv v roce 2000

Palivo	Spotřeba (tis.t)
Letecký benzín	5
Letecký petrolej	166

7.7 Výpočet emisí NO_x

Emise jsou vypočítány pomocí hodnot spotřeb pohonných hmot jednotlivými druhy dopravy, které jsou vypočteny v kapitolách 7.1. – 7.5, podle rovnice 6

$$E_{p,d} = \frac{\sum_{i=1}^n (S_{i,dd} \cdot Ef_{k,p})}{10^6} \quad (6)$$

Výpočet je proveden zvlášť pro všechny kategorie. U kategorií, ID.B1 – ID.B3, ND_LDV a ND_HDV (tj. kategorie *kp*) kde je spotřeba paralelně počítána také z kilometrických proběhů, se využije spotřeba zjištěná z těchto proběhů:

Tabulka 6. Výpočty emisí NO_x

Druh dopravy a palivo	Kategorie	Spotřeba [tis.t.]	Emisní faktor NO _x [g . kg ⁻¹]	Emise NO _x [t]
ID benzín	ID.B1	20,9	4,44	93
	ID.B2	557	30,21	16 815
	ID.B3	1205	4,81	5 798
ID nafta	ID.N	161	10,90	1 755
ID LPG	ID.LPG	13,4	36,80	494
ID CNG	ID.CNG	0	36,80	0
ID směsná nafta	ID.SN.	19,2	11,99	230
ID celkem				25 186
AD benzín	ID.B	3,4	34,75	120
AD nafta	ID.N	24,7	42,30	10 432
AD LPG	ID.LPG	2,6	36,80	97
AD CNG (m ³)	ID.CNG	842	36,80	31
AD směsná nafta	ID.SN.	20,6	46,53	958
AD celkem				11 639
SND benzín	ND.B	223	34,75	7 766
SND nafta	ND.LDV	148	15,80	2 333
SND nafta	ND.HDV	716	42,30	30 282
SND LPG	ND.LPG	38	36,80	1 400
SND CNG	ND.CNG	1403	36,80	52
SND směsná nafta	SND.SN.	110,4	46,53	5 137
SND celkem				46 969
MHD nafta	ID.N	144	42,30	6 111
MHD LPG	ID.LPG	10,9	36,80	401
MHD CNG	ID.CNG	3754	36,80	138
MHD. směsná nafta	ID.SN.	29,8	46,53	1 388
MHD celkem				8 037
ŽD nafta	ZD.N	168	42,30	7 125
ŽD směsná nafta (z HDV)	ZD.SN	0,1	36,80	7
ŽD celkem				7 132
VD nafta	VD.N	20,5	42,30	866
VD celkem				866
LD lbenzín	LD.LB	5	26,13	157
LD lpetrolej	LD.LP	166	12,05	2 073
Přelety	Kategorie	Délka přeletů celkem [tis. km]	PRUM Ef NO _x let [g . km ⁻¹]	Emise NO _x [t]
LD lpetrolej	LD.LP	40921	195,36	7 994
LD celkem				10 224
Doprava celkem				110054 t

7.8 Výpočet emisí N₂O

Emise jsou rovněž vypočítány podle rovnice 6:

$$E_{p,d} = \frac{\sum_{i=1}^n (S_{i,dd} \cdot Ef_{k,p})}{10^6} \quad (6)$$

Výpočet je proveden obdobně jako u ostatních oxidů dusíku. U nesilniční dopravy nebyly hodnoty N₂O měřeny a proto jsou kvalifikovaně odhadnuty pomocí průměrného poměru NO_x a N₂O u silniční dopravy:

 Tabulka 7. Výpočty emisí N₂O

Druh dopravy a palivo	Kategorie	Spotřeba [tis.t.]	Emisní faktor N ₂ O [g . kg ⁻¹]	Emise N ₂ O [t]
ID benzín	ID.B1	20,9	0,059	1,2
	ID.B2	557	1,166	649
	ID.B3	1205	4,497	5 421
ID nafta	ID.N	161	0,165	27
ID LPG	ID.LPG	13,4	0,000	0
ID CNG	ID.CNG	0	0,000	0
ID směsná nafta	ID.SN.	19,2	0,000	0
ID celkem				6098
AD benzín	ID.B	3,4	0,048	0
AD nafta	ID.N	24,7	0,122	30
AD LPG	ID.LPG	2,6	0,000	0

AD CNG (m ³)	ID.CNG	842	0,000	0
AD směsná nafta	ID.SN.	20,6	0,000	0
AD celkem				30
SND benzín	ND.B	223	0,048	11
SND nafta	ND.LDV	148	0,188	28
SND nafta	ND.HDV	716	0,122	87
SND LPG	ND.LPG	38	0,000	0
SND CNG	ND.CNG	1403	0,000	0
SND směsná nafta	SND.SN.	110,4	0,000	0
SND celkem				126
MHD nafta	ID.N	144	0,122	18
MHD LPG	ID.LPG	10,9	0,000	0
MHD CNG	ID.CNG	3754	0,000	0
MHD. směsná nafta	ID.SN.	29,8	0,000	0
MHD celkem				18
ŽD nafta	ZD.N	168	0,122	21
ŽD směsná nafta (z HDV)	ZD.SN	0,1	0,000	0
ŽD celkem				21
VD nafta	VD.N	20,5	0,122	2
VD celkem				2
LD lbenzín	LD.LB	5	1,440	9
LD lpetrolej	LD.LP	166	1,440	248
Přelety	Kategorie	Délka přeletů celkem [tis. km]	PRUM Ef N ₂ O let [g . km ⁻¹]	Emise N ₂ O [t]
LD lpetrolej	LD.LP	40921	nest.	nest.
LD celkem				256
Doprava celkem				6551 t

8. Emisní faktory

Zásadní rozdíl této metodiky oproti dřívějšímu způsobu výpočtu spočívá právě ve způsobu stanovení emisních faktorů. Původní metodika uplatňuje výpočtový postup, který vychází z tzv. měrných hodnot emisí (g.km⁻¹) pro osobní automobily a dodávky, podíly vozidel rozdělené na kategorie A,B, C a D, součinitele zvýšení či snížení emisí aj. [4]. Nově navržená metodika vychází přímo ze změřených hodnot emisních faktorů uváděných v g.kg⁻¹ paliva.

Emisní faktory (Ef), zpracované v databázi MS Access, tvoří nedílnou součást této metodiky. Pro stanovení celkových emisí jednotlivých kategorií vozidel silniční, železniční a vodní dopravy jsou využívány aritmetické průměry. Při stanovení průměrných emisních faktorů letecké dopravy je ke každému Ef přiřazena váha, která odráží zastoupení příslušného letového režimu na celém letu. Z hodnot vah a Ef jsou vypočítány vážené průměry pro jednotlivé polutanty. Pro nedostatek dat Ef směsné nafty je přejímán poznatek, že směsná nafta produkuje 80 % emisí CO a VOC, 110 % emisí NO_x a 40 % emisí PM oproti klasické naftě.

8.1 Silniční doprava

K dispozici je rozsáhlý soubor naměřených hodnot nových i starších vozidel v různých jízdních režimech, které jsou statisticky zpracovány. K silniční dopravě patří celkem 18 kategorií z celkově sledovaných 23 (Tabulka 1). Hodnoty dosazené do rovnice 6 jsou průměry všech známých měření. Jsou-li k dispozici rozdělené Ef podle režimu jízdy, vychází se z poměrů dálničního, silničního a městského režimu.

8.2 Železniční doprava

V železniční dopravě je nedostatek spolehlivých naměřených dat v g.kg⁻¹ paliva; většina dat je z oblasti emisí nových hnacích vozidel, vyjádřených v g.kWh⁻¹, což je pro tuto metodiku prakticky nepoužitelné. Proto jsou prozatím využívána data o těžkých nákladních vozidlech (HDV), která mají obdobné diesellové motory jako lokomotivy.

8.3 Vodní doprava

Ve vodní dopravě je akutní nedostatek měření emisí v požadovaných jednotkách g.kg⁻¹ paliva. Z tohoto důvodu jsou rovněž využívány emisní faktory těžkých nákladních vozidel.

8.4 Letecká doprava

V letecké dopravě se vychází ze zastoupení jednotlivých fází letu. Pro detailní zhodnocení je rozlišováno celkem 9 stavů provozu [5]: start, rozjezd, vzlet, stoupání, vlastní let v letové hladině x , sestup, přistání, dojezd a pozemní operace. Tyto provozní stavy jsou v praxi shrnuty do 2 základních režimů:

- režim LTO zahrnující vzlety a přistání
- režim CRUISE –let v konstantní letové hladině x .

Emisní faktory jsou uváděny pro každý režim zvlášť. Pro dosažení do rovnice 5 se využívá vážený průměr, při respektování zastoupení délky jednotlivých režimů na celém letu. Z celkového počtu 30 typů letounů bylo vybráno 20. Toto vybrané spektrum odráží nejběžnější typy letounů, které mohou statisticky ovlivnit průměry.

Emise z přeletů

V nové metodice, která vychází ze spotřeby pohonných hmot, se předpokládá přibližná rovnováha mezi množstvím pohonných hmot nakoupených v ČR a spálených v cizině a množstvím pohonných hmot nakoupených v cizině a spálených v ČR, což umožňuje vycházet ze statistik prodaných paliv. Tento předpoklad však neplatí u letecké dopravy, kde kromě emisí ze „zdrojových“ a „cílových“ letů jsou polutanty také emitovány při přeletech ČR. Spotřeba paliv při přeletech není součástí žádné evidence.

Proto je zde nutno vyjít z délek přeletů a příslušných emisních faktorů letového režimu, uváděných v g.km^{-1} . Tyto faktory však nejsou přímo měřeny ani uváděny ve specializovaných odborných publikacích a proto používáme přepočtení uvedený v databázi emisních faktorů ICAO [5], který vychází z: emisních faktorů uvedených v g.kg^{-1} paliva v režimu letu (tzv. CRUISE), letové výšky (CRALT) a spotřeby paliva v kg.km^{-1} v režimu letu.

Emisní faktory v g.kg^{-1} paliva a spotřeba paliv jednotlivých typů letounů jsou součástí zmíněné databáze ICAO. Spotřeba v režimu CRUISE však není vyjádřena přímo v uvedené jednotce kg.km^{-1} nýbrž pomocí bezrozměrných koeficientů $b0 - b3$. Tyto koeficienty se převádí na spotřebu pomocí následujícího vztahu: "

$$Y = b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2 + b_3 \cdot x^3 \quad (11)$$

Y	spotřeba paliva v režimu letu CRUISE [kg.km^{-1}]
$b0-b3$	koeficienty stanovené pro každý typ letounu
x	letová výška CRALT [km]

Po výpočtu spotřeby Y [kg.km^{-1}] následují výpočty emisních faktorů v g.km^{-1} . Emisní faktor polutantu p je tedy dán vztahem:

$$Ef_{p,LET2} = Ef_{p,LET1} \cdot Y \quad (12)$$

$Ef_{p,LET2}$	emisní faktor polutantu p v režimu letu CRUISE [g.km^{-1}]
$Ef_{p,LET1}$	emisní faktor polutantu p v režimu letu CRUISE [g.kgpal^{-1}]
Y	spotřeba paliva v režimu letu CRUISE [kg.km^{-1}]

Finální vztah pro emise z přeletů je následující:

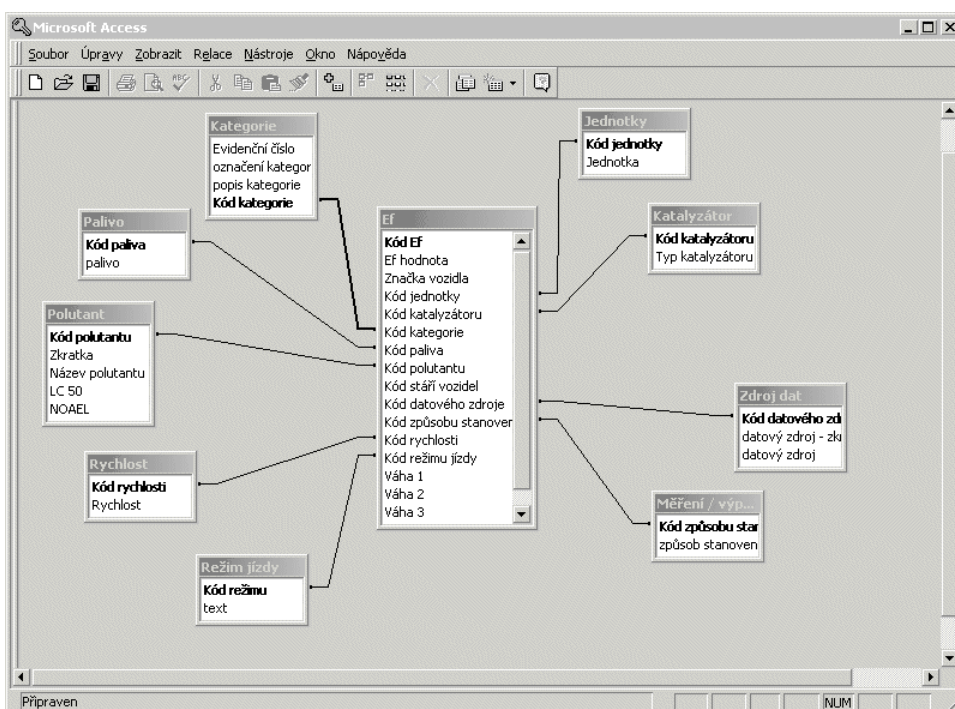
$$E_{p,LET} = \frac{P_{LET} \cdot L_{LET} \cdot Ef_{p,LET2}}{10^6} \quad (13)$$

$E_{p,LET}$	roční emise polutantu p z přeletů [t]
P_{LET}	počet přeletů ČR za rok
L_{LET}	průměrná délka jednoho přeletu [km]
$Ef_{p,LET}$	emisní faktor polutantu p v režimu letu [g.km^{-1}]

Pro celkovou bilanci emisí z letecké dopravy se emise z přeletů připočítají k emisím vzniklým při spalení leteckých paliv prodaných v ČR

8.5 Databáze emisních faktorů

Databáze emisních faktorů je nedílnou součástí Metodiky stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy. Obsahuje přibližně 1300 záznamů o měřených emisních faktorech.



Obr. 1. Schéma databáze

Zdroj: CDV

Z obrázku 1 je zřejmá obsahová náplň i struktura databáze. Na jednu centrální tabulku hodnot emisních faktorů je pomocí kódů a jednoduchých relací navázáno 9 dalších tabulek, které charakterizují každý emisní faktor z hlediska druhu škodliviny, kategorie vozidel, používaného paliva, rychlosti a režimu jízdy (letu), přítomnosti a typu katalyzátoru, jednotky, způsobu stanovení hodnoty a datový zdroj (viz obr. 2). Součástí centrální tabulky jsou 3 hodnoty vah, které přibližně odrážejí počet měření (váha 1) a parametry v letecké dopravě (váha 2 = podíl příslušného letového režimu na délce letu, váha 3 = zastoupení typu letounu v leteckém parku ČR). Podrobnosti z pomocných tabulek jsou zřejmé z obrázku 2. Ke každému faktoru jsou vždy uvedeny tyto charakteristiky:

- druh paliva (benzín, nafta, LPG, CNG),
- jednotka (g.km^{-1} , $\mu\text{g.km}^{-1}$, g.kg^{-1} paliva, g.MJ^{-1} a další),
- typ katalyzátoru vozidla (bez katalyzátoru, neřízený, řízený 3-cestný a oxidační),
- kategorie dopravních prostředků (viz tabulka 1),
- druh škodliviny (celkem 41 škodlivin včetně těžkých kovů a polyaromatických uhlovodíků),
- rychlost a režim jízdy,
- datový zdroj (měření prováděná v ČR i v zahraničí),
- stáří vozidel (rok výroby ve vazbě na příslušnou emisní normu, kterou musí vozidlo splňovat),
- značka vozidla, je-li známa,
- váhová kritéria.

Obr. 2. Data z pomocných tabulek databáze (výběr)

Kód	Rychlost	Kód	Zkratka	Kód		Kód	Kategorie
1	neuvezeno	1	CO2	1	neuvezeno	1	ID.B1
2	studený start	2	CO	2	silnice	2	ID.B2
3	teplý start	3	NOx	3	dálnice	3	ID.B3
4	start nerozlišen	4	N2O	4	město, včetně režimu E	4	ID.N
5	5-10 km/h	5	CH4	5	jízda do kopce	5	ID.LPG
6	11-15 km/h	6	NM VOC	6	smíšený provoz vozidla	6	ID.CNG
7	16-20 km/h	7	SO2	7	start letadla	7	ID.SN
8	21-30 km/h	8	Pb	8	rozjezd letadla	8	AD.B
9	31-40 km/h	9	PM	9	LTO: vzlet, přistání	9	AD.N
10	41-50 km/h	10	CO2H6	10	CRUISE let 7600 m n.m.	10	AD.LPG
11	51-60 km/h	11	PAH	11	CRUISE let 10700 m.n.	11	AD.CNG
12	61-70 km/h	12	NOx+HC	12	CRUISE nerozlišen	12	AD.SN
13	71-80 km/h	13	PCDD	0		13	ND.B
						14	ND.LDV
						15	ND.HDV
						16	ND.LPG
						17	ND.CNG
						18	ND.SN
						19	ŽD.N
						20	ŽD.SN
						21	VD.N
						22	LD.LB
						23	LD.LP

Zdroj: CDV

Databáze umožňuje na základě definování dotazů extrakci libovolných dat podle určených kritérií. Pomocí výběrových dotazů je možno zjistit průměrné emise libovolného polutantu (p), paliva (i), kategorie (k), jednotky (j), apod. Speciální dotazy byly zpracovány pro výpočty 4 statistických parametrů: aritmetický průměr, vážený průměr, pivotová polosuma a median. Dále jsou za pomoci dotazu počítány minimální a maximální hodnoty emisních faktorů dané kategorie (min , max), směrodatná odchylka (σ) a variace (σ^2). Pro leteckou dopravu byly stanoveny stejné statistické parametry jako pro pozemní dopravu. Místo aritmetického průměru byl však použit vážený průměr, neboť bylo nutno zohlednit dobu trvání režimu letu (CRUISE), oproti režimu vzletu a přistání, tzv. LTO (Landing – Take Off) [2]. Jako výstup jsou zpracovány sestavy Ef se statistickými parametry, které jsou pak zadávány jako vstupní data pro výpočty emisí z dopravy, namísto původních emisních faktorů získaných s pomocí výpočtů [1].

9. Možnosti aplikace metodiky

Metodika je vhodná především pro stanovení emisí na celostátní úrovni a jejich prognózy v časovém horizontu. Je však možno ji využít i na regionální úrovni, pro stanovení emisí na úrovni okresů a krajů. Nutné je však znát vstupní data, tj. především spotřeby, přepravní výkony a složení vozového parku a zastoupení nesilniční dopravy v okrese (kraj).

9.1 Distribuce regionálních emisí na jednotlivé úseky a porovnání s programem MEFA

V oblasti vlastních výpočtů emisí spočívala aktualizace metodiky ve výpočtu hmotnosti polutantů emitovaných dopravními prostředky na úseku u , distribucí emisí krajů zjištěných Metodikou CDV. Toto zpřesnění Metodiky CDV umožnilo porovnání výsledků celostátních a regionálních emisí kalkulovaných Metodikou s programem MEFA. Výpočet hmotnosti polutantu p emitovaného na úseku u je následující:

$$E_{p,u} = E_{ID,p,u} + E_{AD,p,u} + E_{ND,p,u} \quad (14)$$

(14)

$E_{p,u}$	celkové emise polutantu p na úseku u [g.den ⁻¹]
$E_{ID,p,u}$	celkové emise individuální dopravy polutantu p na úseku u [g.den ⁻¹]
$E_{AD,p,u}$	celkové emise autobusové dopravy polutantu p na úseku u [g.den ⁻¹]
$E_{ND,p,u}$	celkové emise nákladní dopravy polutantu p na úseku u [g.den ⁻¹]

Program MEFA [2] počítá emisní faktory pro celkem 28 kategorií silničních vozidel, které se liší předpisem EURO, který musí splňovat (vozidla konvenční, EURO 1, EURO 2 a EURO 3), používaným palivem (benzín, diesel, LPG, CNG) a druhem dopravy (osobní, lehká nákladní, těžká nákladní a autobusy). Výhoda Metodiky CDV je, že není nutno zjišťovat dopravní intenzity a emisní faktory pro

všech uvedených 28 kategorií předepsaných programem MEFA. Dopravní intenzity v členění na individuální, autobusovou a nákladní dopravu jsou dané celostátním dopravním sčítáním a jsou pro tuto Metodiku CDV dostačující. Hmotnost polutantu p emitovaného na úseku u individuální dopravou je vypočtena podle vztahu 15:

$$E_{ID,p,u} = \frac{Dv_{ID,u}}{\sum_{u=1}^n Dv_{ID,u}} \cdot \frac{10^6 \cdot E_{ID,x}}{365} = \frac{I_{ID,u} \cdot d_u}{\sum_{u=1}^n (I_{ID,u} \cdot d_u)} \cdot \frac{10^6 \cdot E_{ID,x}}{365} \quad (2)$$

(15)

$E_{ID,p,u}$	celkové emise individuální dopravy polutantu p na úseku u [g.den ⁻¹]
$Dv_{ID,u}$	dopravní výkon individuální dopravy na úseku u za období 24 hodin [vozokm.den ⁻¹]
n	počet sčítaných silničních úseků v kraji (pro Jihomoravský kraj je $n = 859$)
$E_{ID,x}$	celkové emise individuální dopravy v regionu x zjištěné Metodikou CDV [t.rok ⁻¹]
$I_{ID,u}$	počet vozidel individuální dopravy, které projedou úsekem u za období 24 hodin – celoroční průměr [vozidla.den ⁻¹]
d_u	délka úseku u [km]

Stejný vztah jako pro individuální dopravu (č. 15) platí i pro autobusovou dopravu a silniční nákladní dopravu. Takto vypočtenou celkovou hmotnost polutantu p na úseku u je možno přepočíst na emisní tok liniového zdroje znečištění, který se zadává do rozptylových programů v jednotce [g.m⁻¹.s⁻¹], pomocí jednoduchého vztahu:

$$Et_{p,u} = \frac{E_{p,u}}{86,4 \cdot 10^3 \cdot d_u} \quad (16)$$

$Et_{p,u}$	emisní tok polutantu p na úseku u [g.m ⁻¹ .s ⁻¹]
$E_{p,u}$	celkové emise polutantu p na úseku u [g.den ⁻¹]
d_u	délka úseku u [m]

Toto zpřesnění metodiky bylo aplikováno na Jihomoravský kraj. Jako modelový polutant byly vybrány oxidy dusíku (NO_x). Výsledky jsou hmotnosti oxidů dusíku, které jsou v průměru emitovány z vozidel za dobu 24 hodin na každém z celkem 859 silničních úseků Jihomoravského kraje. Tyto výsledky jsou uvedeny jak v hmotnostních jednotkách [g], tak ve formě emisního toku [g.m⁻¹.s⁻¹], což je kompatibilní se vstupními daty rozptylových programů (např. SYMOS). Z uvedených 859 úseků bylo náhodně vybráno 9 úseků ve městě Brně, pro které byl vypočten emisní tok dle programu MEFA za podmínky uvedených v tabulce 8.

Tabulka 8. Výsledky porovnání emisí z dopravy dle metodik CDV a MEFA u vybraných úseků

Číslo silnice	Číslo úseku	Průměrná rychlost [km.h ⁻¹]	Sklon	Emisní tok NO _x [g.m ⁻¹ .s ⁻¹]		Rozdíl [%]
				CDV	MEFA	
23	6-7540	60	0	0,0005	0,00053	-7,66
23	6-7541	60	0	0,0004	0,00045	-14,85
23	6-7542	60	0	0,0004	0,00052	-16,53
41	6-6091	60	0	0,0007	0,00062	19,97
41	6-6090	60	0	0,0009	0,00079	14,11
41	6-6093	60	0	0,0009	0,00079	15,53
41	6-6096	60	0	0,0006	0,00064	-1,13
42	6-5003	60	0	0,0006	0,00067	-2,87
42	6-5051	60	0	0,0006	0,00063	-6,62
Celkový rozdíl emisních toků				0,0058	0,00566	2,49
Směrodatná odchylka rozdílů posuzovaných úseků [%]						13,44

Zdroj: CDV

Porovnání vychází velmi pozitivně. Vzhledem k tomu, že obě metodiky vycházejí ze zcela rozdílných vstupních dat, jsou uvedené rozdíly malé: u 4 úseků do 10 %, u 5 úseků v rozmezí 10 – 20 %. Směrodatná

odchylka jednotlivých rozdílů emisních toků posuzovaných úseků je 13,4 %. Ještě lépe vychází rozdíl celkových hodnot emisních toků na všech sledovaných úsecích, který je 2,5 %.

10. Závěr

Metodiku a výstupy databáze emisních faktorů je možné používat pro výpočty emisí z dopravy založené na spotřebě paliv. Tímto postupem je zajištěna závislost vypočtených emisí na naměřených hodnotách. Je možné využívat i emisní faktory připadající na ujetou vzdálenost a kombinovat tento přístup se stávajícími emisními faktory používanými v ČR. Pro výpočty emisí na celostátní a regionální úrovni je tato aktualizovaná metodika dostatečně přesná. Výpočty emisí na úsek za pomoci distribuce regionálních emisí (kapitola 4.3) doporučujeme používat jako orientační, pro ověření lokálních emisí.

Základní použité prameny

- [1] 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 (výroční zpráva za rok 2001). Brno: CDV, 2002.
- [2] EUROPEAN ATMOSPHERIC EMISSION INVENTORY GUIDEBOOK. Corinair, 1999.
- [3] PALÁN, J. Problematika využití bionafty v dopravě. Podkladový materiál pro MDS ČR. CDV Brno, 2000
- [4] SVOBODA F., TRÍSKA V., NOVOTNÝ Z. Stabilizace a postupné snižování zátěže životního prostředí z dopravy v České republice (výroční zpráva za rok 1996). Brno: CDV, 1997.
- [5] KALIVODA M. Methodologies for estimating emissions from air traffic. COST 319 Action, 1998.
- [6] *Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions from Transport (MEET)*. Bern (Switzerland): Infras, 1999.
- [7] 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., TRÍSKA, J. *Výzkum zátěže životního prostředí z dopravy*. (Výroční zpráva projektu VaV CE 801 210 109 za rok 2005). Brno: CDV, 2006, 105 s.
- [8] TROZZI, C., VACCARO, R. *Methodologies for Estimating Air Pollution Emissions from ships*. Del. No. 19, proj. MEET, 4RP EC, Brusel 1998.
- [9] ŠEBOR, G., PÍŠA, V., HORNÍČEK, K. *MEFA 02 – Program pro výpočet emisních faktorů pro motorová vozidla*. Praha: MŽP, 2002.
- [10] KOLEKTIV. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National GHG Inventories (vol. 1-3)*. IPCC/OECD/IEA, 1997.
- [11] KOLEKTIV. *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (ed. Penman J. et al.), IPCC, 2000.