

## 7 MODELOVÉ VÝPOČTY EMISÍ A HLUKOVÝCH ZÁTĚŽÍ

Cílem hlukové a rozptylové studie je vyhodnocení hlukové a imisní zátěže, výpočet emisní produkce pro stávající stav na území města Děčína z dopravy silniční a železniční. Z hlediska negativních dopadů na zdraví obyvatel z dopravy byly pro studii vybrány tyto škodlivé látky: NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> a benzo(a)pyren (B(a)P). Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, stanovuje imisní limity znečišťujících látek, které mají negativní dopad na lidské zdraví a ekosystémy. Proto je potřeba tyto škodlivé látky sledovat a minimalizovat jejich množství v ovzduší. V kapitole 7.2.1 jsou podrobněji popsány modelované škodlivé látky a jejich dopad na zdraví obyvatel. Hlavním cílem modelování hlukové zátěže je posouzení vlivu dopravy z železničního a silničního provozu ve městě Děčíně v chráněném venkovním prostoru a chráněném venkovním prostoru staveb ve smyslu § 30 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, za účelem zjištění souladu s ustanoveními § 12 NV 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, v platném znění. Hluk z dopravy představuje nežádoucí součást vnějšího prostředí, který ruší a obtěžuje exponované osoby a může mít dopad i na jejich zdraví.

### 7.1 PODKLADOVÁ DATA

Pro tuto studii byla použita následující podkladová data:

- Dopravní model města Děčína
  - intenzity silniční dopravy,
  - síť pozemních komunikací.
- SŽDC poskytlo na základě žádosti CDV statistická data o intenzitě železniční dopravy za rok 2018 s uvedením počtu vlaků zvláště pro denní (6 – 22 hod) a noční (22 – 6 hod) dobu, v rozdělení dle kategorií vlaků, včetně údajů o průměrné hmotnosti, délce a počtu vozů vlaku pro jednotlivé kategorie.
- SŽDC poskytlo na základě žádosti CDV dále data z pasportu železničního svršku ve formátu .shp a v souřadném systému S-JTSK s informacemi o typu upevnění kolejnic (aktualizace k 1. 6. 2018).
- Společnost Česko – saské přístavy s r.o. poskytla údaje o vlečce na trati Děčín východ dolní – Děčín přístav Loubí.
- Magistrát města Děčín poskytl výškopis území (v podobě vrstevnic), data o šířce a druhu povrchu komunikací z pasportu komunikací.
- Z důvodů formálních nedostatků poskytnutých dat o budovách byly pro hlukové modelování využity budovy z datové sady OpenStreetMap.
- Meteorologické údaje z ČHMÚ.

Práce s podkladovými daty pro dílčí emisní, imisní a hlukové modelování jsou specifikovány v jednotlivých [kapitolách 7.2, 7.3 a 7.4](#).

## 7.2 EMISNÍ PRODUKCE Z DOPRAVY

V této části studie byla analyzována emisní produkce z dopravy silniční a železniční. V kapitole 7.2.2 je detailněji popsána metodika emisního modelování a v kapitole 7.2.3 je vyhodnocena emisní produkce pro různé módy dopravy ve městě Děčíně pro jednotlivé škodliviny a podrobněji analyzován oxid dusičitý, který byl vybrán z hlediska negativního dopadu na lidské zdraví a prokázání vazby  $\text{NO}_2$  na silniční dopravu.

### 7.2.1 Vliv vybraných modelových látek na zdraví obyvatelstva

#### **Oxidy dusíku a oxid dusičitý ( $\text{NO}_x$ a $\text{NO}_2$ )**

Podle [1] je oxid dusičitý zástupcem skupiny oxidů dusíku, z nichž se ještě běžně vyskytují oxid dusný ( $\text{N}_2\text{O}$ ) a oxid dusnatý (NO). Emise oxidů dusíku jsou spojeny zejména se spalováním fosilních paliv, ale i biomasy. Primárním zdrojem produkujícím cca 35 % antropogenních emisí  $\text{NO}_x$  jsou i přes využívání katalyzátorů motorová vozidla, v kterých vznikají za vysokých teplot spalováním směsi paliva a vzduchu oxidací vzdušného dusíku kyslíkem. Diesellové motory produkují více  $\text{NO}_x$  i  $\text{NO}_2$ , protože je při spalování přebytek kyslíku a dochází tak k výraznější oxidaci dusíku ve srovnání s benzinovými motory. Mezi další možné antropogenní zdroje úniků oxidů dusíku je nutné zařadit veškeré chemické procesy, kde jsou tyto oxidy přítomny a kde může k jejich úniku dojít, například výroba kyseliny dusičné. Oxid dusičitý společně s kyslíkem a těkavými organickými látkami (VOC) přispívá k tvorbě přízemního ozonu a vzniku tzv. fotochemického smogu a je společně s oxidy síry součástí kyselých dešťů. Z hlediska vlivu na lidské zdraví je nejvýznamnější škodlivinou z této skupiny oxid dusičitý  $\text{NO}_2$ . Působení oxidu dusičitého je spojené se zvýšením celkové, kardiovaskulární a respirační úmrtnosti, ale je obtížné až nemožné oddělit účinky dalších, současně působících látek, zejména aerosolu. Pro děti znamená expozice  $\text{NO}_2$  zvýšené riziko respiračních onemocnění v důsledku snížené obranyschopnosti vůči infekci, snížení plicních funkcí. Hlavním efektem  $\text{NO}_2$  je nárůst reaktivity dýchacích cest.  $\text{NO}_x$  má pak zásadní negativní vliv na vegetaci a ekosystémy.

#### **Prachové částice ( $\text{PM}_{10}$ )**

Podle [1] se krátkodobé zvýšení denních koncentrací suspendovaných částic frakce  $\text{PM}_{10}$  podílí na nárůstu celkové nemocnosti i úmrtnosti, zejména na onemocnění srdce a cév, na zvýšení počtu osob hospitalizovaných pro onemocnění dýchacího ústrojí, zvýšení kojenecké úmrtnosti, zvýšení výskytu kašle a ztíženého dýchání – zejména u astmatiků a na změnách plicních funkcí při spirometrickém vyšetření. Dlouhodobě zvýšené koncentrace mohou mít za následek snížení plicních funkcí u dětí i dospělých, zvýšení nemocnosti na onemocnění dýchacího ústrojí, výskyt symptomů chronického zánětu průdušek a zkrácení délky života zejména z důvodu vyšší úmrtnosti na choroby srdce a cév zvláště u starých a nemocných osob, a pravděpodobně i na rakovinu plic. Tyto účinky bývají uváděny i u průměrných ročních koncentrací  $\text{PM}_{10}$  nižších než  $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Při chronické expozici jemným suspendovaným částicím frakce  $\text{PM}_{2,5}$  se redukce očekávané délky života začíná

projevovat již od průměrných ročních koncentrací  $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (SZÚ, 2010). Výstupy z emisního modelu pak vstupují do modelu rozptylu škodlivin, jehož výsledky jsou popsány v samostatné kapitole. V produkci PM byly dominantní dieselové motory, ale v současné době se díky pokročilejším technologiím a filtrům pevných částic produkce PM z dieselových motorů snižuje. Naopak u benzinových motorů produkce díky stále rozšířenějšímu přímému vstřikování mírně narůstá.

### ***Benzo(a)pyren (B(a)P)***

Podle [1] je benzo(a)pyren součástí produktů nedokonalého spalování fosilních paliv. Díky tomu je jeho primární produkce vyšší při spalování benzínu ve srovnání s naftovými motory, protože je zde méně kyslíku. B(a)P je váže na částice  $\text{PM}_{2,5}$  a menší, proto jeho koncentrace závisí na koncentracích  $\text{PM}_{2,5}$  v ovzduší a jsou větším problémem u dieselových motorů. Primárně jsou uvolňovány do atmosféry, odkud se dostávají fotochemickou oxidací a suchou depozicí do dalších složek životního prostředí (srážky, povrchové a podzemní vody a další). Má schopnost přetrvávat v prostředí, kumuluje se ve složkách prostředí a v živých organismech, je lipofilní a má toxické, mutagenní či karcinogenní vlastnosti. Ovlivňuje porodní váhu a růst plodu. Působí imunosupresivně. Ve vysokých koncentracích (převyšujících koncentrace nejen ve venkovním ovzduší, ale i v pracovním prostředí) může mít dráždivé účinky. Patří mezi nepřímo působící genotoxické sloučeniny. Má karcinogenní a mutagenní účinky. Z hlediska klasifikace karcinogenity je zařazen US EPA do skupiny B1 pravděpodobný karcinogen, zatímco IARC jej považuje za prokázaný lidský karcinogen (skupina 1). Snadno vstupuje do organismů inhalační, orální i dermální cestou a je rychle transportován do tkání.

### ***Oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ )***

Podle [2] je koncentrace oxidu uhličitého 3 – 5 % v ovzduší životu nebezpečná po půlhodinovém pobytu, 8 – 10 % způsobuje rychlou ztrátu vědomí a smrt. V dieselových motorech přistupuje ke spalování více kyslíku, takže se uhlík lépe spaluje a tím pádem je produkce  $\text{CO}_2$  nižší z dieselových motorů, než při spalování v benzinových motorech. Tento efekt umocňuje vyšší spotřeba benzinových motorů.

### ***Oxid uhelnatý ( $\text{CO}$ )***

Podle [2] je toxikologický význam CO prvořadý. Hlavní negativní efekt CO spočívá v blokování přísunu kyslíku ke tkáním. Blokuje uvolňování kyslíků a krvetvorbu karboxyhemoglobinu (COHb) a tím způsobuje poruchy srdce, mozku, zrakové a sluchové potíže, žaludeční nevolnost, bolesti břicha. Při těžké otravě dochází k bezvědomí, smrt udušením nastává při koncentraci nad  $750 \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ . V dieselových motorech přistupuje ke spalování více kyslíku, takže se uhlík lépe spaluje a tím pádem je produkce CO nižší z dieselových motorů, než při spalování v benzinových motorech. Tento efekt umocňuje vyšší spotřeba benzinových motorů. Vzniká nedokonalým spalováním paliva v motoru.

## 7.2.2 Metodika výpočtu emisního modelování

Modelové výpočty emisní produkce pro k. ú. Děčín pro současný stav roku 2018 byly provedeny ze silniční dopravy a motorové trakce železniční dopravy. Modelované škodliviny jsou NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> a B(a)P (benzo(a)pyren). Emisní tok ze silniční dopravy byl vypočten na základě dopravního modelu vytvořeného v únoru 2019, který byl upraven pro potřeby emisního modelování. Emisní tok z železniční dopravy byl vypočten na základě dat získaných od SŽDC a společnosti Česko – saské přístavy s.r.o.

### 7.2.2.1 Silniční doprava

Emisní modelování ze silniční dopravy bylo provedeno pouze pro skelet komunikační sítě vycházející z multimodálního modelu, kde nejsou zohledněny místní komunikace, nejsou tedy tyto komunikace zahrnuty do emisního modelování. Z dopravního modelu byly použity údaje o dopravním proudu tj. průměrné denní intenzity, kapacitně závislé rychlosti, plynulosti provozu a sklonu komunikace. Pro výpočet emisí u motorových vozidel byl použit program MEFA 13 (dle metodického pokynu MŽP pro vypracování rozptylových studií podle § 32 odst. 1 písm. e) zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. Program MEFA vychází ze střeoevropských průměrných hodnot emisních faktorů motorových vozidel (vydaných MŽP ČR), programové databáze modelu HBEFA a dalších zahraničních metodik (např. CORINAIR, COPERT).

#### **Charakteristiky provozu**

Charakteristiky provozu (plynulost a rychlost dopravního proudu) jsou použity z dopravního modelu. Níže jsou popsány způsoby určení charakteristik provozu:

*Podélný sklon komunikace* – je generován na základě 5G digitálního modelu reliéfu (DMR) z ČÚZK. Z DMR je analýzou v GIS získána informace o nadmořské výšce úseku a poté vypočten jeho procentuální podélný sklon. Díky modelovým nepřesnostem se stává, že některé hodnoty sklonu jsou nereálně vysoké nebo nízké. Extrémní hodnoty proto byly zhlazeny za účelem zvýšení přesnosti.

*Plynulost* – představuje veličinu, která zohledňuje vliv jízdního režimu. Vyjadřuje se obvykle pomocí stupně úrovně kvality dopravy. Pro určení plynulosti byl využit poměr kapacity komunikace a dopravní intenzity a následně byl stupeň úrovně kvality dopravy převeden na stupnici používanou programem MEFA podle [3].

*Kapacitně závislá rychlost* – je generována dopravním modelem v závislosti na kapacitě komunikace a reálných dopravních intenzit.

#### **Dynamická skladba vozového parku**

Pro stanovení dynamické skladby vozového parku (VP) byly použity informace z analýz vozového parku na základě sčítání dopravy v roce 2015 dle ATEM [4]. Pro modelové účely byl vybrán profil Česká Lípa – silnice I/9, který je v této metodice doporučen pro okresní města.

Dynamická skladba byla upravena podle dlouhodobých poznatků z emisních měření, ze srovnatelných zahraničních metodik i z aktuálních poznatků z měření emisí přímo v dopravním provozu [5]:

- malá část automobilů zcela neplní emisní předpisy z důvodu nevyhovujícího technického stavu vozidla (např. nefunkční katalyzátor či filtr částic). Těmto automobilům byla přiřazena kategorie „před EURO“, jejich podíl byl shodně se studií ŘSD [4] uvažován ve výši 2 %, a to pro všechny kategorie vozidel.
- část vozidel v zastoupení emisních předpisů EURO 4 – 6 produkuje v reálném provozu na komunikaci vyšší množství emisí. V souladu s metodikou MŽP [6] byly těmto vozidlům přiřazeny emisní hodnoty odpovídající úrovni EURO 3. Jejich podíl je odhadnut na 30 % z celkového počtu automobilů dané emisní úrovně.

Dále byla dynamická skladba VP přepočtena pro rok 2018 na základě predikčních křivek firmy ATEM s.r.o. [4]. Dynamická skladba vozového parku pro město Děčín byla rozdělena na kategorie osobních automobilů – kategorie M1 (OA), lehkých nákladních automobilů – kategorie N1 (LNV), těžkých nákladních automobilů – kategorie N2, N3 (TNV) a autobusů – kategorie M2, M3 (BUS), dále byla rozdělena podle typu paliva a euro norem. Dynamická skladba pro vstup do MEFY byla dále upravena pro paliva LPG a CNG z důvodu nemožnosti zadat do programu MEFA u těchto paliv normy Euro 5 a 6 u OA a upravena byla také skladba u autobusů pro palivo CNG, kdy lze do MEFY zadat pouze normu Euro 3. Výsledná dynamická skladba VP pro rok 2018, upravená pro vstup do MEFY, použitá pro město Děčín, je zobrazena v Tabulka 10.

Tabulka 10 Dynamická skladba vozového parku pro rok 2018 (%) upravená pro vstup do MEFY (2019, analýza CDV)

Kategorie vozidel	Palivo	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6	Celkem
Osobní automobily (OA)	Benzín	1,60	2,21	3,79	7,02	11,24	13,42	10,61	49,89
	Nafta	1,51	2,08	3,57	6,61	10,59	12,65	10,00	47,01
	LPG	0,025	0,098	0,169	0,181	2,253	0	0	2,73
	CNG	0	0	0,040	0,025	0,307	0	0	0,37
Lehká nákladní vozidla (LNV)	Benzín	0,38	0,53	0,90	1,65	2,70	3,23	2,55	11,94
	Nafta	2,77	3,88	6,65	12,18	19,94	23,82	18,83	88,06
Těžká nákladní vozidla (TNV)	Nafta	2,96	1,78	4,14	13,02	21,30	24,85	31,95	100,00
Autobusy (BUS)	Nafta	0	0	0	0	9,50	65,50	0	75,00
	CNG	0	0	0	25,00	0	0	0	25,00

Z prostředí GIS byly exportovány údaje o provozu pro jednotlivé úseky a společně s dynamickou skladbou vozového parku byly importovány do programu na výpočet emisí MEFA 13. Výpočet zahrnuje spalovací emise NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, CO a B(a)P, emise z otěrů pneumatik a brzd a víceemise ze studených startů podle metodiky MEFA 13 [7]. Pro výpočet resuspenze PM<sub>10</sub> a B(a)P byla použita Metodika pro výpočet emisí částic pocházejících z resuspenze ze silniční dopravy [8]. Pro výpočet emisí CO<sub>2</sub> byly použity vztahy pro výpočet rychlostně závislých faktorů spotřeby jednotlivých emisních kategorií vozidel dle metodiky EMEP/EEA [9] a pomocí emisních faktorů pro jednotlivá paliva, uvedená v metodice SEAP [10].

### 7.2.2.2 Železniční doprava

Emisní modelování z motorové trakce železniční dopravy vychází z údajů od SŽDC. Na základě dostupných grafikonů byly rozčleněny intenzity vlakové dopravy podle druhu vlaku (nákladní/osobní), podílu jednotlivých typů vlaků na celkové intenzitě motorové trakce. Na základě těchto dat s využitím odhadu přibližné hmotnosti každého vlaku a spotřeby paliva na 1000 hrtnkm byla pro každý traťový úsek vypočtena průměrná spotřeba paliva železniční dopravy v l/den/km. Dle průměrné hustoty paliv motorové nafty (0,836 kg/l) [11] byla vypočtena spotřeba v kg/den/km a ta násobena emisním faktorem [9] pro danou škodlivinu. U pevných částic nebyly do výsledků započítány otěry z brzd, kol a kolejnic ani resuspenze,

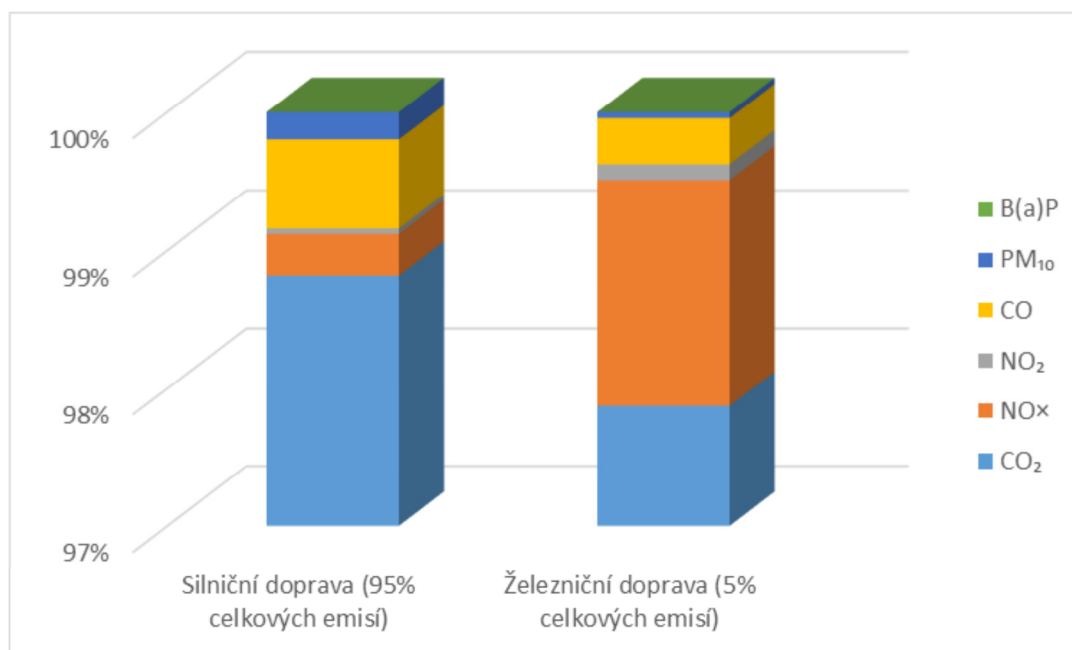
protože pro tuto problematiku v rámci železnice nejsou známy emisní faktory. V Tabulka 11 jsou uvedené průměrné spotřeby nafty dieselové trakce železniční dopravy.

Tabulka 11 Průměrná spotřeba nafty na železničních tratích v roce 2018 (2019, analýza CDV)

Trat'	l/den/km
Děčín – Bad Schandau	192,4
Děčín – Benešov n. Ploučnicí	63,5
Děčín hl. n. – Jílové u Děčína	17
Děčín hl. n. - Povrly	229,2
Děčín hl. n. – Děčín východ – Boletice	116,8
Děčín východ dolní – Děčín přístav Loubí	3,1

### 7.2.3 Vyhodnocení emisní produkce

Produkce emisí ze všech škodlivin pro město Děčín za rok 2018 ze silniční dopravy dosahuje 35 796 t (95 % celkových emisí), z železniční dopravy dosahuje 1 838 t (5 % celkových emisí), hodnoty emisní produkce ze všech škodlivin ze silniční dopravy několikanásobně převyšují hodnoty z dopravy železniční, což je patrné na Obrázek 22. U obou módů dopravy má nejvyšší podíl na celkové produkci emisí skleníkový plyn CO<sub>2</sub>. Dalšími škodlivými látkami s vyšší emisní produkcí jsou NO<sub>x</sub> a nejnižší podíl pak má B(a)P, a to v tisícinách procent. Celkové množství emisní produkce ze silniční a železniční dopravy ze všech modelovaných úseků ve městě Děčín je uvedeno v Tabulka 12.



Obrázek 22 Podíl celkové emisní produkce ve městě Děčín (v procentech)

Tabulka 12 Celková produkce v silniční a železniční dopravě (t/rok) v roce 2018.

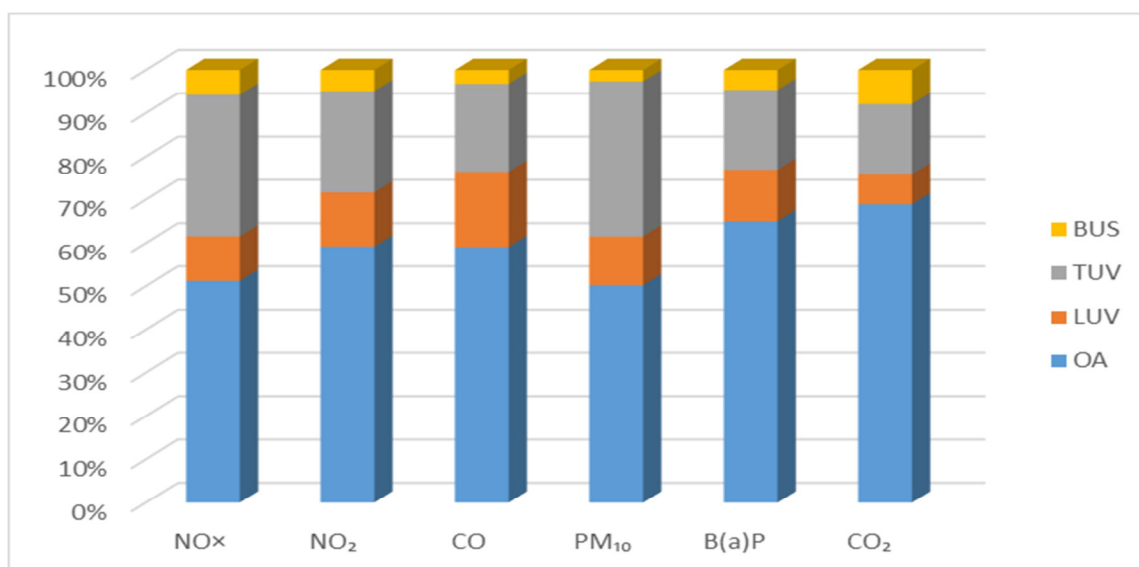
Emisní produkce (t/rok)		
Škodlivina	Silniční doprava (t/rok)	Železniční doprava (t/rok)
NO <sub>x</sub>	107,77	30,02
NO <sub>2</sub>	14,10	2,10
CO	230,40	6,13
PM <sub>10</sub>	70,84	0,82
B(a)P	0,00116	0,00002
CO <sub>2</sub>	35 372,85	1 798,94
Suma	35 795,96	1 838,01

Tabulka 13 uvádí přehled emisní produkce hodnocených škodlivin ze silniční dopravy pro jednotlivé módy dopravy. Největší produkce emisí pochází z osobních automobilů a nejmenší z autobusů, což je patrné z Obrázek 23.

Tabulka 13 Produkce spalovacích emisí v silniční dopravě (t/rok) pro rok 2018 (bez resuspenze) (2019, analýza CDV)

Škodlivá látka	OA	LUV	TUV	BUS	CELKEM
NO <sub>x</sub>	55,22	11,13	35,27	6,15	107,77
NO <sub>2</sub>	8,34	1,77	3,30	0,69	14,10
CO	136,11	40,07	46,85	7,37	230,40
PM <sub>10</sub>	5,54	1,25	3,95	0,29	11,03
B(a)P	0,00072	0,00013	0,00021	0,00005	0,00112
CO <sub>2</sub>	24 387,15	2 456,39	5 735,87	2 793,43	35 372,85





Obrázek 23: Podíl kategorií vozidel v závislosti na jednotlivých škodlivinách pro rok 2018 (bez resuspenze) (2019, analýza CDV)

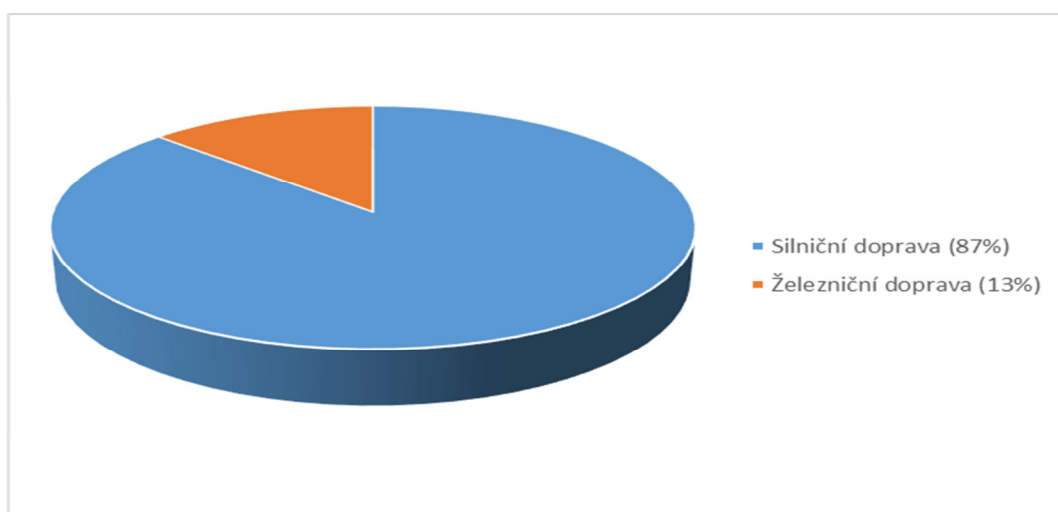
Přehled emisní produkce hodnocených škodlivin z železniční dopravy pro jednotlivé tratě je uveden v [Tabulka 14](#). Největší celková produkce emisí pochází ze CO<sub>2</sub>, nejmenší z B(a)P.

Tabulka 14 Emisní produkce v železniční dopravě (t/rok) v roce 2018 (2019, analýza CDV)

Trať	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	B(a)P	CO <sub>2</sub>
Děčín – Bad Shandau	14,27	1,00	2,91	0,39	0,0000082	855,21
Děčín – Benešov n. Ploučnicí	4,02	0,28	0,82	0,11	0,0000023	240,98
Děčín hl. n. – Jílové u Děčína	0,29	0,02	0,06	0,01	0,0000002	17,42
Děčín hl. n. – Povrly	4,69	0,33	0,96	0,13	0,0000027	280,82
Děčín hl. n. – Děčín východ - Boletice	6,62	0,46	1,35	0,18	0,0000038	396,89
Děčín východ dolní – Děčín přístav Loubí	0,13	0,01	0,03	0,003	0,0000001	7,62

## Oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>)

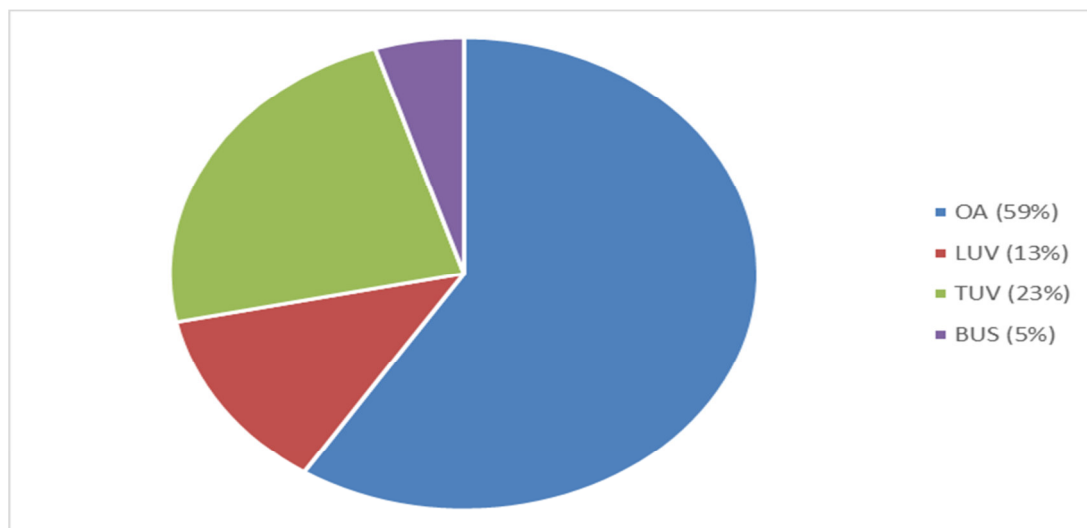
Pro podrobnější analýzu byl vybrán oxid dusičitý z hlediska škodlivosti a dopadu na lidské zdraví a prokázání vazby NO<sub>2</sub> na silniční dopravu. Studie CDV [12] zaměřená na imisní monitoring prokázala jasnou vazbu NO<sub>2</sub> na silniční dopravu, což se u jiných škodlivin emitovaných dopravními zdroji (PM<sub>10</sub>) prokázat nepodařilo, protože byly potlačeny vlivem významnějších zdrojů škodlivin, jako jsou lokální topeniště apod. Vyplývá to i z majoritního podílu emisní produkce NO<sub>2</sub> ze silniční dopravy, která značně převyšuje dopravu železniční, viz Obrázek 24. Produkce emisí NO<sub>2</sub> dosahuje pro k. ú. Děčín 14 t za rok 2018. V Tabulka 15 je uvedena produkce emisí NO<sub>2</sub> ze silniční dopravy pro jednotlivé módy dopravy. Největší produkce emisí NO<sub>2</sub> pochází z osobních automobilů a nejmenší z autobusů, což je patrné také z Obrázek 25. Emisní tok NO<sub>2</sub> ze silniční a železniční dopravy znázorňuje PŘÍLOHA Č. 14 (část 14.1).



Obrázek 24: Podíl celkové produkce emisí NO<sub>2</sub> v závislosti na módu dopravy (2019, analýza CDV)

Tabulka 15 Produkce emisí NO<sub>2</sub> ze silniční dopravy pro k. ú. Děčín (2019, analýza CDV)

Emisní produkce NO <sub>2</sub>		
Mód dopravy	t/rok	%
OA	8,34	59,15
LUV	1,77	12,55
TUV	3,30	23,40
BUS	0,69	4,89
<b>Celkem</b>	<b>14,10</b>	<b>100</b>



Obrázek 25: Podíl produkce emisí NO<sub>2</sub> v závislosti na jednotlivých kategoriích silniční dopravy (2019, analýza CDV)

### 7.3 IMISNÍ ZÁTĚŽ

Modelové výpočty imisních koncentrací jsou provedeny pro stávající stav v detailu odpovídajícímu příspěvkovým rozptylovým studiím a zahrnují vliv dopravy na znečišťování ovzduší.

Model imisní zátěže byl vypočten pro katastrální území města Děčína. Výpočet koncentrací je proveden pro následující znečišťující látky: PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, benzo(a)pyren, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>. Pro hodnocení jsou použity imisní limity vybraných znečišťujících látek a přípustné četnosti jejich překročení pro ochranu zdraví lidí uvedené v příloze 1 zákona č. 201/2012 Sb., v platném znění.

Z výše uvedených modelovaných znečišťujících látek lze považovat za hlavní škodliviny PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> a B(a)P. Z nichž všechny kromě NO<sub>x</sub> mají definován imisní limit pro ochranu zdraví (podle 201/2012 Sb.) a NO<sub>x</sub> má imisní limit pro ochranu ekosystémů a vegetace. Jasnou vazbu na dopravu má pouze NO<sub>x</sub> a NO<sub>2</sub>.

Pro hodnocení příspěvku dopravy ke znečištění ovzduší byly použity:

*Maximální imisní krátkodobé koncentrace:* udávají maximální hodnotu vypočtenou v daném referenčním bodě s uvedením třídy stability, třídy rychlosti větru a směru větru, při kterém k maximální imisní koncentraci dochází. Hodnoty jsou uvedeny v mikrogramech/m<sup>3</sup> (µg.m<sup>-3</sup>).

*Průměrná roční koncentrace:* udávají roční zatížení území. Hodnoty jsou uvedeny v mikrogramech/m<sup>3</sup> (µg.m<sup>-3</sup>).

### 7.3.1 Metodický postup výpočtu

Výpočet krátkodobých i průměrným ročních koncentrací znečišťujících látek byl proveden podle metodiky „SYMOS 97“ (Systém modelování stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší SYMOS 97 – aktualizace únor 2014), která byla vydána MŽP ČR v r. 1998.

Tato metodika je založena na předpokladu Gaussovského profilu koncentrací na průřezu kouřové vlečky. Umožňuje počítat krátkodobé i roční průměrné koncentrace znečišťujících látek v síti referenčních bodů, dále doby překročení zvolených hraničních koncentrací (např. imisních limitů a jejich násobků) za rok, podíly jednotlivých zdrojů nebo skupin zdrojů na roční průměrné koncentraci v daném místě a maximální dosažitelné koncentrace a podmínky (třída stability ovzduší, směr a rychlost větru), za kterých se mohou vyskytovat. Metodika zahrnuje korekce na vertikální členitost terénu, počítá se stáčením a zvyšováním rychlosti větru s výškou a při výpočtu průměrných koncentrací a doby překročení hraničních koncentrací bere v úvahu rozložení četností směru a rychlosti větru. Výpočty se provádějí pro 5 tříd stability atmosféry (tj. 5 tříd schopnosti atmosféry rozptýlovat příměsi) a 3 třídy rychlosti větru viz Tabulka 16.

Tabulka 16 Charakteristika tříd stability a výskyt tříd rychlosti větru

Třída stability	Rozptylové podmínky	Výskyt tříd rychlostí větru [m/s]
I	silné inverze, velmi špatný rozptyl	1,7
II	inverze, špatný rozptyl	1,7 5
III	slabé inverze nebo malý vertikální gradient teploty, mírně zhoršené rozptylové podmínky	1,7 5 11
IV	normální stav atmosféry, dobrý rozptyl	1,7 5 11
V	labilní teplotní zvrstvení, rychlý rozptyl	1,7 5

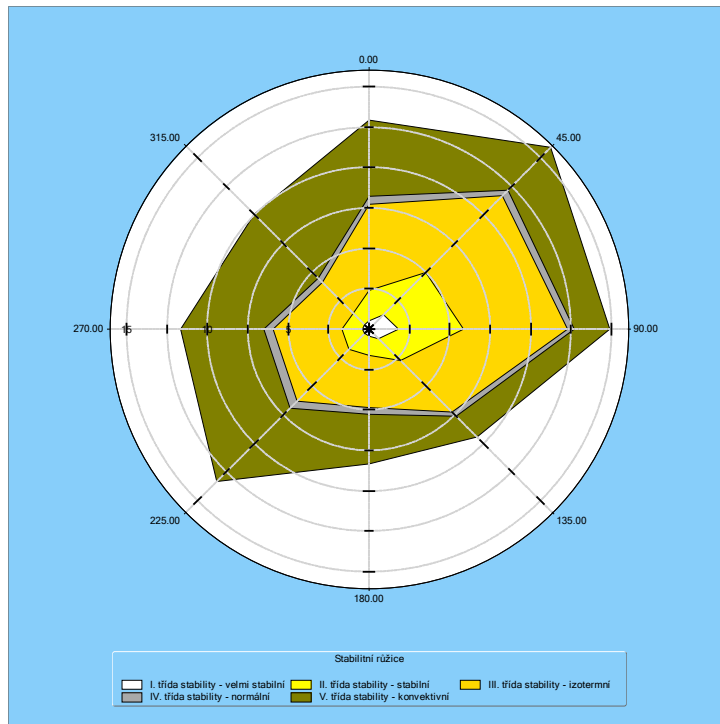
Pro zpracování rozptylové studie byla použita data uvedená v kapitole 7.1, přičemž byly využity další údaje, které jsou popsány v následující části:

- meteorologické údaje
- údaje o referenčních bodech
- údaje o zdrojích

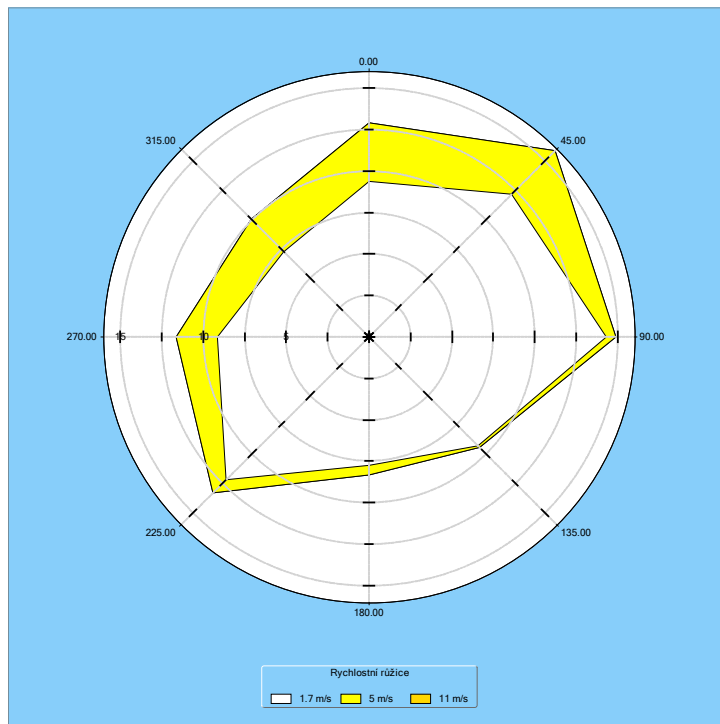
#### 7.3.1.1 Meteorologická vstupní data

Větrná růžice pro předmětnou lokalitu byla převzata z dat ČHMÚ. Větrná růžice byla zpracována modelem CALMET.

Větrná růžice je rozpočtena do 120 směrů větru (po 3 stupních). Označení směru větru se provádí po směru hodinových ručiček, přičemž 0 stupňů je severní vítr, 90 stupňů východní vítr, 180 stupňů jižní vítr, 270 stupňů západní vítr. Bezvětří (Calm) je rozpočteno do první třídy rychlosti větru. Zeměpisné značení směru větru označuje, odkud vítr vane (severní vítr fouká od severu, jižní od jihu atd.). Grafické znázornění větrné růžice charakterizující meteorologickou situaci v Děčíně zobrazuje Obrázek 26 a Obrázek 27.



Obrázek 26 Stabilní větrná růžice s podíly jednotlivých tříd



Obrázek 27 Rychlostní větrná růžice

### 7.3.1.2 Referenční body

Pro výpočet imisních charakteristik byly vytvořeny nad zájmovým územím dvě sítě uzlových bodů. První síť byla vytvořena kolem dopravních sítí (silnice, železnice) s krokem 100 m a ve vzdálenosti 10 m a 50 m od středu dopravní komunikace. Pro celkové dokreslení imisních koncentrací v území byla vytvořena druhá síť uzlových bodů s krokem 300 m. Celkový počet referenčních bodů je 7434. Umístění sítě bodů je znázorněno na mapě, která je součástí PŘÍLOHA Č. 14 (část 14.2).

Síť uzlových referenčních bodů pro potřebu výpočtu rozptylové studie je vytvářena nezávisle na zeměpisných souřadnicích dané lokality. Jejím účelem je pokrýt dané zájmové území tak, aby matematická modelace zatížení ovzduší dané lokality škodlivinami postihla v rámci zadaných dat co nejvěrněji reálný stav. Číslování referenčních bodů se provádí tak, že jeden bod je zvolen za počátek („0“) a ostatní body se číslují čísly dle vzestupné aritmetické řady (1,2,...n). Jednotlivé referenční body tvoří jeden ze základních souborů vstupních dat nutných pro konstrukci rozptylové studie, neboť pro zvolené referenční body jsou počítány příslušné hodnoty znečištění.

### 7.3.1.3 Zdroje znečištění

Pro účely výpočtu byly zdroje znečištění (silniční a železniční síť) rozděleny na dílčí úseky s délkou 100 m. Pro výpočet emisního toku, vycházejícího z kapitoly 7.2, je uvažováno se sklonem vozovky v daném úseku, průměrnou rychlostí dopravního proudu, kategorií vozidel, hodnotou plynulosti provozu a emisním faktorem. Vážený emisní faktor vozidel byl vypočten z údajů podle MEFA 13. Emisní faktory jsou rozděleny podle základních typů vozidel, běžného typu pohonu, výpočtového roku a předpokládané průměrné modelové rychlosti v intravilánu a extravilánu. U železniční dopravy jsou vstupními daty intenzity provozu.

Výška vznosu vlečky, charakteristika jak se rozptylují škodliviny, je podle šířky komunikace a na ní závislé rychlosti vozidel definována na hodnocených úsecích v rozpětí 2 – 6 m. Ve výpočtu jsou rovněž zahrnuty otěry brzd a pneumatik a také sekundární prašnost. Pro takto definovaný liniový zdroj byly pro následující výpočet zadány následující parametry:

- hmotnostní tok emisí ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ )
- šířka úseku (m)
- délka úseku (m)
- nadmořská výška (m. n. m.)
- provozní hodiny zdroje (h)
- umístění zdroje (souřadnice S-JTSK)

### 7.3.2 Imisní limity

Imisní situace je podrobně hodnocena v rozptylové studii pomocí maximálních imisních hodinových koncentrací a průměrných ročních koncentrací. Imisní limity jsou dané přílohou č. 1 k zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, který byl zpracován na základě příslušných direktiv EU. Všechny uvedené přípustné úrovně znečištění ovzduší pro plynné znečišťující látky se vztahují na standardní podmínky (objem přepočtený na teplotu 293,15 K a normální tlak 101,325 kPa). U všech přípustných úrovní znečištění ovzduší se jedná o aritmetické průměry. Rozptylová studie byla počítaná pro maximální hodinové koncentrace znečišťujících látek NO<sub>2</sub>, denní koncentrace PM<sub>10</sub>, maximální 8-hodinové průměrné koncentrace CO a průměrné roční koncentrace znečišťujících látek NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, BaP, CO<sub>2</sub>.

Pro hodnocení kvality ovzduší se používají dvě hodnoty. Limitní hodnota (LH) představuje úroveň znečištění stanovenou na vědeckém základě s cílem odvrátit, předejít nebo redukovat poškozující efekt na lidské zdraví nebo životní prostředí jako celek, který musí být dosažen v daném období a nesmí být překračován jinak, než je stanoveno. Je to pevná hodnota přípustné úrovně znečištění ovzduší, která nesmí být překračována o více než je mez tolerance (MT), vyjádřená jako podíl imisního limitu v procentech, o který může být tento limit v období stanoveném zákonem o ovzduší (po jeho vydání) a jeho prováděcími předpisy, překročen.

MT – mez tolerance představuje procento imisního limitu, o které může být překročen za podmínek stanovených směrnicí 2008/50/ES a směrnicemi souvisejícími. Popis stavu znečištění ovzduší výčtem úrovní imisních charakteristik látek, měřených v dané lokalitě a jejich poměru k stanoveným imisním limitům je relativně komplikovaný a pro klasifikaci zájmového území jsme použili klasifikaci z publikace „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 1997“ [15], kterou vydal ČHMÚ Praha.

### 7.3.2.1 Přípustné úrovně znečištění (imisní limity)

Imisní limity pro sledované škodliviny jsou uvedeny v následujících tabulkách – Tabulka 17, Tabulka 18, Tabulka 19, Tabulka 20, Tabulka 21, Tabulka 22, Tabulka 23, Tabulka 24, Tabulka 25, Tabulka 26 a Tabulka 27.

Tabulka 17 Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí a přípustné četnosti jejich překročení

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit	Maximální počet překročení
Oxid dusičitý	1 hodina	200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	18
Oxid dusičitý	1 kalendářní rok	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	-
Oxid uhelnatý	max. denní osmihodinový průměr <sup>(1)</sup>	10 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	-
PM <sub>10</sub>	24 hodin	50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	35
PM <sub>10</sub>	1 kalendářní rok	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	-

Poznámka

(1) Maximální denní osmihodinová průměrná koncentrace se stanoví posouzením osmihodinových klouzavých průměrů počítaných z hodinových údajů a aktualizovaných každou hodinu. Každý osmihodinový průměr se přiřadí ke dni, ve kterém končí, tj. první výpočet je proveden z hodinových koncentrací během periody 17:00 předešlého dne a 01:00 daného dne. Poslední výpočet pro daný den se provede pro periodu od 16:00 do 24:00.

Tabulka 18: Imisní limity vyhlášené pro ochranu ekosystémů a vegetace

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit
Oxidy dusíku <sup>(1)</sup>	1 kalendářní rok	30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Poznámka

(1) Součet objemových poměrů (ppb<sub>v</sub>) oxidu dusnatého a oxidu dusičitého vyjádřený v jednotkách hmotnostní koncentrace oxidu dusičitého.

Tabulka 19: Imisní limity pro celkový obsah znečišťující látky v částicích PM<sub>10</sub> vyhlášené pro ochranu zdraví lidí

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit
Benzo(a)pyren	1 kalendářní rok	1 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$



### 7.3.3 Výstupní údaje

Výstupními údaji z programu SYMOS jsou imisní koncentrace znečišťujících látek vypočtené v referenčních bodech. Maximální imisní krátkodobé koncentrace udávají maximální hodnotu vypočtenou v daném referenčním bodě s uvedením třídy stability, třídy rychlosti větru a směru větru, při kterém k maximální imisní koncentraci dochází. Hodnoty jsou uvedeny v mikrogramech/m<sup>3</sup> (µg/m<sup>3</sup>). Průměrné roční koncentrace udávají roční zatížení území. Hodnoty jsou uvedeny rovněž v mikrogramech/m<sup>3</sup> (µg/m<sup>3</sup>).

Všechny uvedené hodnoty se týkají pouze příspěvku dopravy k celkovému znečištění ovzduší. Žádná ze znečišťujících látek nepřekročila imisní limit. Nejhorší škodlivinou z pohledu celkového příspěvku dopravy jsou NO<sub>2</sub> a PM<sub>10</sub>. Podrobněji jsou jednotlivé škodliviny popsány v následujícím textu.

#### 7.3.3.1 Oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>), oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>)

Oxidy dusíku jsou ve většině případů emitovány převážně ve formě oxidu dusnatého (NO), který je ve vnějším ovzduší rychle oxidován přítomnými oxidanty na oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>). Oxidy dusíku mohou podléhat reakcím vedoucím ke vzniku řady dalších organických dusíkatých sloučenin. Oxidy dusíku mají stanoven imisní limit pro ochranu ekosystémů a vegetace a to formou průměrné roční koncentrace 30 µg/m<sup>3</sup>.

Tabulka 20 Průměrné roční koncentrace NO<sub>x</sub> µg/m<sup>3</sup>

Průměr	Median	Minimum	Maximum
0,77	0,38	0,02	8,27

Oxid dusičitý NO<sub>2</sub> je z hlediska účinků na lidské zdraví významnější a je o něm k dispozici nejvíce údajů. Oxid dusičitý je dráždivý plyn červenohnědé barvy, silně oxidující, štiplavě dusivě páchnoucí. Protože není příliš rozpustný ve vodě, je při inhalaci jen zčásti zadržen v horních cestách dýchacích a proniká až do plicní periferie. Prahovou koncentraci pachu uvádějí různí autoři mezi 200 až 410 µg/m<sup>3</sup>.

Imisní limit: Průměrná roční koncentrace 40 µg/m<sup>3</sup>.

Maximální hodinová koncentrace 200 µg/ m<sup>3</sup>.

Tabulka 21 Průměrné roční koncentrace NO<sub>2</sub> µg/ m<sup>3</sup>

Průměr	Median	Minimum	Maximum
1,74	1,03	0,08	15,45

Tabulka 22 Maximální hodinová koncentrace NO<sub>2</sub> µg/ m<sup>3</sup>

Průměr	Median	Minimum	Maximum
10,49	6,34	0,48	86,90

Nejvýznamnějším zdrojem imisního zatížení touto škodlivinou je obecně automobilová doprava, a to především na místních komunikacích projíždějících městem. Nejzatíženější lokalitou na území města je křižovatka silnice I/13 a ulice Podmokelská v centrální části města. Dále se jedná o ulice Kamenická, Benešovská a Myslbekova. V nejzatíženějších lokalitách se pohybují hodnoty na cca 1/3 imisního limitu. Kartogramy znečištění na celém území města jsou uvedeny v PŘÍLOHA Č. 14 (část 14.3, 14.4 a 14.5).

### 7.3.3.2 Oxid uhelnatý (CO)

Oxid uhelnatý je bezbarvý jedovatý plyn bez chuti a zápachu, nedráždivý. Je mírně lehčí než vzduch, ale se vzduchem se mísí. Je obsažen ve svítiplynu, v generátorovém a ve vodním plynu; má silně redukční vlastnosti. V přírodě je přítomen v nepatrném množství v atmosféře, kde vzniká především fotolýzou oxidu uhličitého působením ultrafialového záření, jako produkt nedokonalého spalování fosilních paliv i biomasy.

Imisní limit je stanoven jako maximální denní osmihodinový průměr: 10 mg.m<sup>-3</sup>.

Tabulka 23 Maximální denní osmihodinový průměr CO ng/m<sup>3</sup>

Průměr	Median	Minimum	Maximum
0,22	0,13	0,01	2,90

Z pohledu této škodliviny je doprava marginálním zdrojem. Nejvyšší koncentrace se vyskytují podél silnic s vysokými intenzitami dopravy v centrální části města. Kartogram koncentrací je uveden v PŘÍLOHA Č. 14 (část 14.6).

### 7.3.3.3 Pevné částice (PM<sub>10</sub>)

Prašný aerosol – vyvolává změnu funkce i kvality řasinkového epitelu v horních dýchacích cestách, mohou vyvolávat hypersekreci bronchiálního hlenu, snižují samočisticí schopnost dýchacího systému. Takto jsou vytvořeny vhodné podmínky pro vznik zánětlivých změn na podkladě bakteriální či virové infekce. Z hygienického hlediska jsou nejnebezpečnější částice menší než 0,2 µm, které mohou vnikat hluboko do dýchacích cest, až do plicních alveolů (respirabilní podíl). V případě, že obsahují i další škodliviny, jako např. těžké kovy, jejich škodlivost prudce vzrůstá.

Imisní limit: Průměrná roční koncentrace 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Denní koncentrace 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tabulka 24 Průměrné roční koncentrace  $\text{PM}_{10}$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Průměr	Median	Minimum	Maximum
0,39	0,24	0,01	3,01

Tabulka 25 Denní koncentrace  $\text{PM}_{10}$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Průměr	Median	Minimum	Maximum
6,80	5,03	0,37	45,30

Veškeré vypočtené koncentrace ve všech výpočtových bodech jsou pro tuto imisní charakteristiku pod úroveň platných imisních limitů. U průměrných ročních koncentrací jsou příspěvky zhruba na 10% limitní hodnoty. U denních koncentrací byla vypočtena nejvyšší hodnota 45,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , což odpovídá cca 90% limitu. Takto vysoké koncentrace byly spočteny v centrální části města a dále pak v jižní části města podél silnice I/62. Mapy znázorňující koncentrační rozdělení obsahuje PŘÍLOHA Č. 14 (část 14.7 a 14.8).

#### 7.3.3.4 Benzo(a)pyren (B(a)P)

Benzo(a)pyren je řazen mezi organické perzistentní polutanty. Benzo(a)pyren je silně karcinogenní a mutagenní. Může být vdechnut, ale prostupuje do organismu i pokožkou. Ohrožuje zdravý vývoj plodu, je zde velké riziko onemocnění rakovinou a způsobuje podráždění nebo až popálení kůže.

Imisní limit: Průměrná roční koncentrace 1  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

Tabulka 26 Průměrné roční koncentrace B(a)P  $\text{ng}/\text{m}^3$

Průměr	Median	Minimum	Maximum
0,010	0,006	0,0002	0,150

Benzo (a) Pyren je jednoznačně nejproblematictější škodlivinou města Děčína. Imisní limity pro tuto škodlivinu jsou překračovány na cca 10% území města. Jednoznačně nejdůležitější zdroje jsou nevyjmenované zdroje lokálního vytápění, které mohou spalovat kromě klasických paliv jako je zemní plyn také dřevo, uhlí a různý domovní odpad. Tyto typy zdrojů jsou prokazatelně (i na základě výsledků reálných měření) dominantním zdrojem této znečišťující látky. Automobilová doprava taktéž přispívá k této situaci, avšak nikoliv tak

významně jako malé spalovací zdroje. Mapy s koncentracemi obsahuje PŘÍLOHA Č. 14 (část 14.9).

### 7.3.3.5 Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>)

Oxid uhličitý je bezbarvý plyn bez chuti a zápachu; při vyšších koncentracích může mít v ústech slabě nakyslou chuť. Oxid uhličitý se podílí na vzniku skleníkového efektu. Celkově má však na skleníkovém efektu nižší vliv než vodní pára, která se na něm podílí z více než 60 procent. Nárůst oxidu uhličitého v ovzduší je obecně považován za hlavní příčinu globálního oteplování. Jeho produkce souvisí se spalovacími procesy. Pro tuto škodlivinu není stanoven imisní limit.

Tabulka 27 Průměrné roční koncentrace CO<sub>2</sub> mg/m<sup>3</sup>

Průměr	Median	Minimum	Maximum
21,57	10,00	0,04	269,24

Z hlediska příspěvku dopravy k celkovému znečištění lze konstatovat, že se v Děčíně jedná o významný zdroj. Nejvyšší koncentrace jsou situovány v okolí významných silnic, a to především v centrální části města. Podrobnější mapové znázornění imisních koncentrací je uvedeno v PŘÍLOHA Č. 14 (část 14.10).

## 7.4 HLUKOVÁ ZÁTĚŽ

Dopravní model, který je zdrojem podkladových dat hlukového modelování, je založen na ADT (průměrných denních intenzitách) převzatých z dopravního modelu, ve verzi multimodálního dopravního modelu z února roku 2019. Data byla následně zhotovitelem upravena v programu ArcGIS 10.6 a převedena do 3D formátu pro potřeby hlukového a emisního modelování. Vstupní data pro železniční a silniční dopravu byla poskytnuta od SŽDC a města Děčín. Zhotovitelem byl proveden terénní průzkum, na základě kterého byl dopravní model doplněn o vrstvu mostů, tunelů a protihlukové stěny a byla upřesněna výška budov.

Hluková zátěž je stanovena pro současný stav (2018) intenzit silniční a železniční dopravy. Závěry této výpočtové akustické studie mají sloužit jako informace o případných kritických místech a upozornit na ně, tj. k prvotní lokalizaci možných problematických míst z hlediska nadměrné hlukové zátěže. Pro přesné určení dodržení či nedodržení požadavků vyplývajících z platných hygienických limitů lze doporučit provést v dané lokalitě akreditované měření hluku v mimopracovním prostředí, které přesněji zachytí akustický stav v daném místě. Modelové výpočty hlukové zátěže jsou prováděny s ohledem na strukturu dopravy a vychází především z podkladů multimodálního dopravního modelu města Děčín.

### 7.4.1 Nejistota výpočtu

Přesnost výsledků výpočtu je daná především přesností a kvalitou vstupních dat. Je nutné si uvědomit, že jakýkoliv výpočtový software je pouze výkonným nástrojem pro modelování akustické situace. Přesnosti výpočtů hlukových map jsou omezeny geometrickou přesností běžně dostupných mapových podkladů a dalších vstupních dat. U digitálního mapového podkladu ZABAGED 1:10 000 je střední polohová chyba (jedná se o střední chybu, nikoliv o maximální odchylku) u bodů jednoznačně identifikovatelných v terénu (železnice, silnice, budovy aj.) odhadována na cca 5 m.

Proto, aby byl výpočtový postup, resp. použitý softwarový produkt pro výpočet hluku v území akceptovatelný, je nutné dbát na to, aby vykazoval výsledky v takové třídě přesnosti, s jakou lze získat výsledky terénními měřeními [16]. Rozdíl hodnoty  $LA_{eq}$  od konvenčně správné hodnoty  $LA_{eq}$  by měl být menší než 2 dB, tj. celková nejistota výpočetního modelu +/- 2 dB. Této hodnoty lze u schválených metodik výpočtů pro jednotlivé druhy hluku dosáhnout za předpokladu dostatečné korektnosti vstupních dat. Vliv dalších změn základních vstupních parametrů výpočtů na emisní hodnoty  $LA_{eq}$  udává následující Tabulka 28.

Tabulka 28 Velikost další chyby výpočtu hlukových map na základě nepřesných vstupních údajů [4].

Výpočtový vstup:	Změna vstupu:	Změna hodnoty $LA_{eq}$ :
Intenzita dopravy	+/- 10 %	+/- 0,4 dB
Skladba dopravního proudu	+/- 5 % NA	+/- 0,5 dB
Rychlost dopravního proudu	+/- 10 %	+/- 0,8 dB
Niveleta komunikace	+/- 1 % (obousměrně)	+/- 0,3 dB
Typ povrchu	Ac (F3 = 1,1)	+/- 0,4 dB

### 7.4.2 Hlukové limity

Při hodnocení vlivu hluku ve venkovním prostoru se postupuje podle hodnot hluku vyjádřených v ekvivalentních hladinách akustického tlaku  $LA_{eq}$  (tedy v časově integrovaných hodnotách hluku) a dalších kritérií ve vazbě na způsob využití území, druhy zdrojů hluku atd. Takové vyjádření vlivu hluku však není dokonalé, nepříznivé účinky hluku závisí i na jeho dalších vlastnostech, jako je maximální hladina hlukových událostí, jejich frekvence v čase nebo denní době. Převládající způsob hodnocení hluku dle ekvivalentní hladiny je však užitečný, srovnáváme-li vzájemně podobné hlukové situace. V běžné praxi se podle ekvivalentních hladin posuzuje ustálený nebo proměnný hluk, jako např. hluk z dopravy, hluk z většiny průmyslových zdrojů apod. Předpokládá se, že souhrnný efekt hlukových událostí vnímaných člověkem je úměrný součtu jejich zvukové energie (princip stejné energie). Proto se stanovuje jako průměr celkové energie za určitý čas T (16 hodin, 8 hodin, 1 hodina apod.),

tj. ekvivalentní hladina akustického tlaku  $LA_{eq,T}$ , která je odvozena integrací hlukových úrovní s váhovým filtrem A, který záznam hluku přizpůsobuje citlivosti lidského sluchového orgánu.

Podle platných právních předpisů jsou v ČR pro hodnocení vlivu hluku z dopravy ve venkovním prostoru stanoveny hlukové indikátory časově vztahené na:

- Denní dobu –  $LA_{eq,16h}$  = ekvivalentní hladina akustického tlaku stanovená pro celou denní dobu (délka 16 hodin, od 6 do 22 hodin),
- Noční dobu –  $LA_{eq,8h}$  = ekvivalentní hladina akustického tlaku stanovená pro celou noční dobu (délka 8 hodin, od 22 do 6 hodin).

Hodnota těchto hlukových indikátorů může být zjišťována měřením nebo výpočtem. Výpočet pomocí hlukového modelování je např. pro účely územního plánování vhodnější a z hlediska možnosti podchycení připravovaných změn je jedině možným způsobem. Pro hlukové modelování různých zdrojů hluku byly vyvinuty odpovídající výpočtové metody, které moderní výpočtové programy ve svém algoritmu zahrnují. Hygienické limity hluku v ČR jsou dány platným nařízením vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací ve znění pozdějších předpisů [17]. Závazné stanovení nejvyšších přípustných hodnot hluku pro chráněný venkovní prostor je oprávněn provádět pouze příslušný orgán ochrany veřejného zdraví. Při dokladovaném splnění nejvyšších přípustných hodnot hluku v definovaném venkovním prostoru, lze rovněž předpokládat splnění i nejvyšších přípustných hodnot hluku ve vnitřních chráněných prostorách např. staveb pro bydlení nebo staveb občanského vybavení.

### 7.4.3 Výpočtový model hlukové zátěže

Jak už bylo popsáno v úvodní části, dopravní model ve verzi multimodálního dopravního modelu je z února roku 2019. Hlukový model zahrnuje data o reliéfu, pozemních komunikacích, železničních tratích a budovách. Zhotovitelem je doplněný o vrstvu protihlukových opatření u železničních tratí i pozemních komunikací, které byly získány nad rámec zakázky terénním průzkumem, včetně výšek budov. Zadavatelem nebyla poskytnuta vrstva obyvatelstva města Děčín, tudíž není provedeno přímé vyhodnocení na počet obyvatel zasažených hlukem. Pro vlastní výpočet byla použita verze programu SoundPLAN 8.1 32 Bit, který je jedním z celosvětově rozšířených softwarů pro modelování dopravního a průmyslového hluku. Mapy silniční i železniční hlukové zátěže z dopravy byly vypočteny v tomto programu s prostorovým rozlišením 10 m ve výšce 3 m nad povrchem terénu tak, aby bylo možno nad vypočtenými hodnotami vygenerovat dostatečně podrobné mapové výstupy. Modelové výpočty hlukové zátěže byly provedeny s ohledem na strukturu dopravy a plně vychází z podkladů multimodálního dopravního modelu města Děčín.

## 7.4.4 Metodika výpočtu

### 7.4.4.1 Silniční doprava

Hluková zátěž ze silniční dopravy byla počítána pro skelet komunikační sítě vycházející z multimodálního modelu. Data o průměrných intenzitách provozu na pozemních komunikacích byla generovaná z modelu dopravy. Na některých částech pozemní komunikační sítě je nulová intenzita provozu. Z toho dále vyplývá, že hodnocení výsledků hlukové zátěže je relevantní pro nejzatiženější pozemní komunikace a budovy v její blízkosti. Jelikož v poskytnutém dopravním modelu nejsou zahrnuty veškeré pozemní komunikace, nelze relevantně provést hodnocení hlukové zátěže v těchto oblastech, kde dominantní zdroj hluku je již tvořen provozem vozidel po dalších či místních komunikacích. Tj. získaná hluková mapa nevypovídá o situaci v místech, kde intenzita provozu je ovlivněna dalšími vozidly z jiných pozemních komunikací, než z provozu modelovaného na páteřní síti pozemních komunikací. Tedy celková hluková zátěž působící na obyvatelstvo ze silniční dopravy v aglomeraci obce Děčína je vyšší (především v oblastech, kde nejsou dopravní data, a není zahrnut vliv ostatních pozemních komunikací).

Výpočet hlukové zátěže ze silniční dopravy byl modelován dle francouzského standardu „NMPB-Routes-2008“ [18], která je doporučenou výpočtovou metodikou dle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES ze dne 25. června 2002, o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí [19].

V rámci silniční dopravy uvažuje hlukový model tyto kategorie: OA, LNV, TNV a BUS. Do hlukového modelu rovněž vstupuje rychlost dopravního proudu, plynulost provozu a modelované dopravní intenzity podle [20] a údaje o povrchu komunikace a mostech na modelované síti. Silniční mosty byly do modelu zadávány manuálně v GIS prostředí. Vzhledem k nedostatku podkladových dat byl na všech úsecích sítě zvolen pro ČR nejtypičtější povrch ACO 11 (asfaltový beton pro obrusné vrstvy) s průměrným stářím 5 let, což je rovněž typické pro ČR. V případě OA, LNV a TNV byla ADT přepočítána poměrově na průměrnou denní hodinovou intenzitu a průměrnou noční hodinovou intenzitu, což je formát vstupů, které vyžaduje použitá metodika. Simulace byla provedena dle platných rychlostních limitů ve městě, tj. 50 km/h v obci a 90 km/h mimo obec, v obytných zónách byla zadána rychlost 30 km/h.

Údaje o komunikacích a dalších složkách modelu uvedených výše byly v dalším kroku importovány z prostředí GIS do programu SoundPLAN. Na těchto vstupních datech byl proveden výpočet  $LA_{eq}$  (ekvivalentní hladina akustického tlaku) pro den (6-22 hod.) a noc (22-6 hod.) pro silniční dopravu.

#### 7.4.4.2 Železniční doprava

Hluková zátěž z železniční dopravy byla počítána pro všechny železniční tratě města Děčín. Do výpočtového modelování železniční dopravy byla také zahrnuta vlečka přístav Loubí, která je zaústěna do celostátní dráhy v železniční stanici Děčín východ. Podkladová data s údaji o počtu průjezdů jednotlivých vlakových souprav byla poskytnuta SŽDC, traťové rychlosti byly manuálně v GIS doplněny z aktuálních jízdních řádů, technické parametry trati a protihlukové stěny byly získány terénním průzkumem, intenzity provozu na vlečce byly poskytnuty provozovatelem. Manuálně byly do modelu také zadány železniční mosty i tunely.

Výpočet byl proveden v programu SoundPLAN dle německé výpočtové metodiky „Schall 03-2012“, výpočet šíření hluku je v tomto standardu prováděn dle postupů vycházejících z normy ČSN ISO 9613-2. Tento německý výpočtový standard je také doporučen v metodickém materiálu SŽDC „Metodický pokyn pro hodnocení a řízení hluku ze železniční dopravy“, který byl vydán v roce 2018 [21].

Na základě analýzy složení vozového parku (druh vlaku – nákladní/osobní, hmotnosti, jízdního řádu a motorové či dieselové trakce) a také rychlosti jednotlivých souprav byl definován počet vlaků s konkrétními „hlukovými“ vlastnostmi na každé trati. Vstupem do hlukového modelu byla data o ADT poměrově rozpočítána mezi den a noc a mezi jednotlivé typy vlaků. Do modelu byla rovněž zahrnuta traťová rychlost (tabulky traťových poměrů) a typ kolejového svršku. Pro pružné uchycení kolejnic byla korekce - 2 až - 10 dB v závislosti na rychlosti podle [22].

#### 7.4.5 Výsledky a jejich zhodnocení

Výstupem jsou příslušné isofonové mapy hlukové zátěže včetně hlukových map fasád objektů venkovních staveb pro silniční a železniční dopravu pro denní a noční dobu. Jednotlivé mapy, které zobrazují vyhodnocení dané varianty a situace jsou vytvořeny jako pásmové mapy, jež znázorňují přímo zatížení umístěné zástavby v pěti decibelové škále. Pět decibelová škála byla zvolena v souvislosti ve vztahu k platným hlukovým limitům vzhledem k jednotlivým zdrojům hluku (silnice, železnice) a denní době (den, noc). Hlukové mapy a hlukové mapy fasáda města Děčín obsahuje [PŘÍLOHA Č. 14 \(části 14.11, 14.12, 14.13, 14.14, 14.15, 14.16, 14.17 a 14.18\)](#).

Hlukové mapy fasád jsou vertikální hlukové mapy zobrazovány v barevných plochách, kde každá barevná plocha charakterizuje předem stanovené akustické zatížení vertikální struktury. Jsou opět vytvořeny v 5 dB barevném škálování pro fasády objektů. Pokud měřenou plochu protíná více isofon, pak má tento úsek barvu nejvyšší isofony. Z hlukových map fasád objektů lze vyčíst, jaký nejvyšší hluk je na dané budově po celém jejím obvodu ve výpočtové výšce 3 m. Hladina hluku na jednotlivých částech fasády se může lišit. Nejzatíženější jsou fasády přivrácené ke zdroji hluku. Z „Odborného doporučení pro měření



a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí“ [23], vydaného v březnu roku 2018, jenž je koncipováno jako odborná příručka pro osoby, které měří a hodnotí hluk v mimopracovním prostředí pro účely ochrany veřejného zdraví před hlukem, vyplývá také možnost na základě NV č. 272/2011 Sb. ve znění pozdějších předpisů, přiznání či nepřiznání limitu na starou hlukovou zátěž, popřípadě limitu po odejmutí staré hlukové zátěže. To znamená, že každá budova může mít jiný hlukový limit a dochází k situacím, že může být překročen limit u vzdálenější stavby.

Co se týká provozu na železničních tratích, dle zákona o drahách č. 266/1994 Sb. [24], je definováno ochranné pásmo dráhy, limity jsou stanoveny v NV č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů.

Obecně lze říci, že dle legislativy je v ČR stanovených několik druhů limitů, ovšem stanovené imisní limity lze považovat za mez přijatelného rizika, nikoliv za bezpečný práh. Jsou určitým společenským kompromisem a jejich překročení neznamena akutní poškození zdraví. Rozhodování o limitu v rámci politického normativního procesu jen zčásti vychází z vědeckých podkladů, ale bere v úvahu i ekonomická omezení a sladění konkurujících si zájmů ve společnosti. Dá se říci, že pokud je splněn hygienický limit pro noční dobu, je splněn tento limit i pro denní dobu. Během noční doby při spánku totiž nemají obyvatelé před hlukovou zátěží možnost úniku, avšak přes den se většina z nich nalézá mimo své bydliště. Z tohoto důvodu jsou pro celkové hodnocení relevantnější mapy zobrazující hlukové zatížení v průběhu noci (maximální limit pro silniční dopravu v noční době je 60 dB, pro železnici 65 dB). Na některých lokalitách, byť pravděpodobně nejsou přesaheny stanovené hygienické limity platnou legislativou, ovšem díky vysoké koncentraci obyvatelstva může docházet k celkově vyšším negativním vlivům na obyvatelstvo. Jedná se především o následující vybrané lokality, na které by bylo vhodné zaměřit pozornost, jelikož je zde nadměrný hluk z dopravy ve vztahu k vysoké koncentraci žijících a ovlivněných obyvatel:

### **Silniční hluk**

- ulice Ústecká od vjezdu do města po úroveň ulice Květinová,
- ulice Teplická od vjezdu do města po křížení s ulicí Pivovarská,
- ulice Teplická od křížení s ulicí Pivovarská po křížení s ulicí Prokopa Holého,
- okolí kruhového objezdu mezi ulicemi Dělnická, Hankova, Ruská, Slovanská a J. z Poděbrad,
- ulice Čsl. mládeže,
- ulice Labské nábřeží od křížení s Tyršovým mostem po okružní křižovatku společnou s ulicemi Předmostí a Čsl. mládeže,
- úsek od Tyršovy ulice přes Masarykovo nám. na okružní křižovatku a ulice Pohraniční a Myslbekova po okolí nám. Svobody,
- ulice Podmokelská,

- ulice Kamenická,
- část od ulice Vítězství v křížení s ulicí Potoční po ulici Litoměřická na most přes řeku Ploučnici.

### **Železniční hluk**

- železniční most mezi městskými částmi Nové Město a Horní Žleb,
- úsek mezi stanicemi Dolní Žleb zastávka a Dolní Žleb,
- ulice Labské nábřeží,
- okolí stanice Děčín hl. n.,
- okolí stanice Děčín - Čertova Voda,
- okolí stanice Děčín - Prostřední Žleb,
- ulice Ústecká od okraje města po křížení s ulicí Květinová,
- ulice Slepá a K. Světlé,
- městská část Jakuby,
- úsek mezi stanicí Boletice n. Labem a ulicí Okružní,
- okolí stanice Křešice u Děčína,
- ulice Družinová,
- úsek mezi ulicemi Růžová – Zelená – Březová.

Vyšší benefit mají aktivní opatření (např. nízkohlučný povrch na komunikaci, kolejnicové bokovnice, snížení rychlosti), jelikož tato opatření zasahují celé předmětné území, tedy nechrání jen obyvatelstvo zasažené nadlimitní hlukovou zátěží, ovšem přispívají ke zklidnění hlukové zátěže i u méně exponovaného obyvatelstva, které je tímto zdrojem hluku těž obtěžováno. Oproti tomu pasivní protihluková opatření (např. protihlukové stěny, zemní valy apod.) nebo přímo individuální protihluková opatření (zesílení obvodového pláště zasažených objektů - protihluková okna) chrání pouze vnitřní chráněný prostor dotčených obyvatel, u nichž byl přesažen hygienický limit, kdy toto opatření nemá vliv na další dotčenou populaci v předmětném území, které je hlukem taktéž obtěžováno, však pod legislativně stanoveným hygienickým limitem. Obecně existují variantní řešení, jak v lokalitách nadměrnou hlukovou zátěží řešit, respektive je možné vycházet z dílčího souboru opatření.

Kritická místa nadměrné hlukové zátěže pro silniční dopravu korespondují především s hlavními silničními tahy přes město (I/62, I/13). Podél ulice Teplická se nacházejí jak komerční objekty, tak obytná zástavba, kdy jsou obyvatelé obtěžováni nadměrným hlukem ze silniční dopravy. Oproti tomu podél ulice Ústecká se z jedné strany nachází řeka Labe a ze strany druhé až obytná zástavba. Další dopravní tepnou, v jejímž okolí jsou lidé obtěžováni nadměrnou zátěží, je ulice Kamenická, přičemž za kritičtější místo by se dal považovat i trojúhelník mezi ulicemi Kamenická – Benešovská – Lipová, protože se zde mezi dvěma vytíženými komunikacemi nachází obytná zástavba. V okolí okružní křižovatky na ulici Dělnická se nachází jeden obytný objekt, který je zasažen nadlimitní hlukovou zátěží, zbylé objekty jsou komerční. Ulice Podmokelská, v níž také dochází ke zvýšení hluku, je částečně

obestavěna obytnou zástavbou a částečně parkem. V její blízkosti se nachází autobusové nádraží. Na tuto ulici navazuje další úsek, ulice Čsl. mládeže, a to přes okružní křižovatku po ulici Labské nábřeží po jejím křížení s Tyršovým mostem. Jako kritické místo se dle výsledných map jeví také Nový most, ale zde nedochází k obtěžování obyvatel hlukem, protože v dosahu není žádná obytná zástavba. Nepříjemnosti způsobené nadměrným hlukem pociťují obyvatelé městské části Děčín I – Děčín, a to konkrétně od Tyršovy ulice po nám. Svobody, kde nejvíce jsou zasaženi obyvatelé v ulicích Tyršova – Radniční – nám. Svobody. Při ulici Vítězství se nachází jen několik málo obydlených staveb, ovšem zástavba v blízkosti ulice Litoměřická od křižovatky s ulicí Roudnická po most přes Ploučnici je zasažena nadměrným hlukem celá. Nejvhodnějšími protihlukovými opatřeními budou v současné zástavbě ta aktivní či individuální, pasivní opatření budou vhodná spíše mimo lokality se zástavbou a křižovatkou. Snížení rychlosti by však pravděpodobně mohlo způsobit další dopravní komplikace (např. doba průjezdu městem).

Obdobně místa nadměrné hlukové zátěže pro železniční dopravu odpovídají hlavnímu železničnímu koridoru (v jízdních řádech pro cestující tratě 090, 083 a 073). Kritickým místem je u železniční dopravy starý ocelový most mezi městskými částmi Nové Město a Horní Žleb (převážně pro dopravu nákladní), kde dochází k výrazné nadlimitní hlukové zátěži, avšak tímto hlukem je zasaženo minimum obyvatel a to v okolí mostu na ulicích Labské nábřeží a Žlebská. Pro snížení této zátěže by měl být celý most zrekonstruován. V blízkosti tratě 083 v městské části Dolní Žleb se nachází zástavba rodinných a rekreačních objektů, jejichž obyvatelé jsou obtěžováni hlukem ze železniční dopravy, ať už osobními vlaky, jenž zde brzdí a staví, nebo rychlíky a nákladními vlaky, které zde projíždějí. Obdobná situace je podél trati mezi stanicemi Děčín - Čertova Voda a Děčín - Prostřední Žleb. V okolí stanice Děčín - Prostřední Žleb dochází ke kombinaci hlukových zátěží z tratí 090 i 073 (starý železniční most) a proto lze považovat toto místo za kritické. Silně obtěžovaní jsou obyvatelé podél ulice Labské nábřeží právě od železničního mostu (od Horního Žlebu) po vjezd do tunelu, dále pak mezi tunely (poblíž Tyršova mostu) a také v okolí stanice Děčín hl. n., kde dochází k synergickému účinku hlukové zátěže ze železniční i silniční dopravy. Pro synergii však hygienické limity neexistují a proto, i když mohou být limity dle NV č. 272/2011 Sb. pro železnici či pozemní komunikaci splněny, akustická pohoda obyvatel může být významně negativně ovlivněna. Bohužel zde nemohou být instalovány protihlukové stěny (geografie místa, železniční přejezdy), ale mohly by být využity například kolejnicové bokovnice. Dala by se také snížit rychlost projíždějících vlaků, ale tím by se jen prodloužila doba průjezdu a snížila propustnost trati. K obtěžování obyvatel nadlimitním železničním hlukem dochází také podél ulice K. Světlé, kde se již nachází podél trati protihluková stěna, a tak by mělo dojít k její kombinaci s dalším opatřením. V ulici Slepá je situace obdobná, zde se ale protihluková stěna nalézá jen na jedné části, nikoliv v celé její délce. Tento železniční koridor (trať 090) dále pokračuje podél ulice Ústecká od křížení s ulicí Květinová až po okraj města, kde opět dochází k vysoké hlukové zátěži. V některých částech této trati není aplikováno žádné protihlukové opatření. V jižní části města zvané Jakuby, podél trati 073, dochází

k produkci nadměrného hluku, kdy k podobné situaci dochází na této trati také od ulice Okružní po železniční stanici Boletice nad Labem a v okolí stanice Křešice u Děčína. Vhodným protihlukovým opatřením by byly vzhledem k existující zástavbě kolejnicové bokovnice nebo protihluková okna. Ke zvýšené hlukové zátěži dochází poblíž ulice Družinová (kolmá na ulici Vítězství), kde může být např. instalována protihluková stěna. Trojúhelníkový úsek mezi ulicemi Růžová-Zelená-Březová se nachází na křížení tratí 073 a 081 a proto je zde vyšší hluková zátěž. Dalším kritickým místem je místo poblíž centra se starou zástavbou podél trati 073 (úsek od stanice Děčín východ po tunely směrem ke starému ocelovému mostu mezi městskými částmi Děčín I - Děčín a Děčín II - Novým Městem), kde je nemožné realizovat protihlukové stěny pro nedostatek místa.

Byla zpracována analýza celého předmětného území v globálním měřítku, v dalším kroku pro přesnou identifikaci kritických míst („hot spots“) by bylo možné rozpracovat konkrétní detailnější rozbor.

### **Použitá literatura ke kapitole 7:**

- [1] ŠPIČKA, L. et al. *Environmentální a ekonomické posouzení opatření podpory čistých vozidel ve městech. Závěrečná zpráva. CDV. Brno. 2011. 104 s.*
- [2] ADAMEC, V. et al. *Doprava, zdraví a životní prostředí. GRADA. Praha. 2008. 160 s.*
- [3] EDIP (2009): *Dopravně inženýrská data pro kvantifikaci vlivů automobilové dopravy na životní prostředí. EDIP, Liberec, 48 s. ISBN 978-80-87394-00-7.*
- [4] KAREL, J. et al. (2016): *Zjištění aktuální dynamické skladby vozového parku v roce 2015. Prognóza skladby vozového parku do roku 2040. ATEM. Praha. 211 s.*
- [5] KAREL, J. et al. (2017): *Předběžné stanovisko k předpokládaným dopadům k zavedení nízkemisní zóny na emisní a imisní situaci na území hl. m. Prahy. ATEM. Praha. 18 s.*
- [6] MÁČA V. a kol. (2014): *Metodika pro hodnocení emisí zdravotně rizikových látek ze silniční dopravy a externích nákladů v důsledku jejich působení na lidské zdraví. TA ČR, COŽP UK.*
- [7] ATEM (2013): *MEFA 13 – Uživatelská příručka. ATEM, s.r.o. Praha. 51 s.*
- [8] KAREL, J. et al. (2015): *Metodika pro výpočet emisí částic pocházejících z resuspenze ze silniční dopravy. CENEST. Praha. 154 s.*
- [9] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 [online]. Dostupný na [www: http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016](http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016).
- [10] SEAP (2010). *How to develop a sustainable energy action plan (SEAP) - Guidebook. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 120 s. Dostupný na [www: https://www.eumayors.eu/IMG/pdf/seap\\_guidelines\\_en.pdf](https://www.eumayors.eu/IMG/pdf/seap_guidelines_en.pdf).*
- [11] MATĚJOVSKÝ, Vladimír. *Automobilová paliva. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0350-5.*
- [12] LIČBINSKÝ, R. et al. *Zpráva k zakázce „Měření Imisí 2013 – lokalita Holešovičky“. CDV. Brno. 2016. 57 s.*
- [13] *Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší v platném znění*
- [14] BUBNÍK, J. *Symos 97 Systém modelování stacionárních zdrojů – Metodická příručka. ČHMÚ, 1998 (aktualizace 2014), Praha, str. 69.*
- [15] FIALA J. et al. (1998): *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 1997. ČHMÚ, Praha. 192 str. ISBN: 80-85813-62-9.*
- [16] *Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí. Věstník, částka 11, MZČR. Praha, 2017.*
- [17] *Zákon č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací ve znění pozdějších předpisů.*

DUTILLEUX, G. et al. *NMPB-Routes-2008: The Revision of the French Method for Road Traffic Noise Prediction. Acta Acustica United with Acustica [online]. 2010. vol. 96, s. 452 – 462. Dostupný na:*

*[https://www.researchgate.net/journal/1610-1928\\_Acta\\_Acustica\\_united\\_with\\_Acustica](https://www.researchgate.net/journal/1610-1928_Acta_Acustica_united_with_Acustica).*

[19] 2002/49/ES: 2002. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady Evropy ze dne 25. června 2002 Hodnocení a management environmentálního hluku (anglicky). Brusel: Official Journal of the European Communities, 2002.*

[20] LEDVINOVÁ, M. *Dopravní význam a kapacita komunikací. PERNER'S CONTACTS [online]. 2008. vol. 3, no. 4, s. 68 – 73. Dostupný na: [http://pernerscontacts.upce.cz/11\\_2008/ledvinova.pdf](http://pernerscontacts.upce.cz/11_2008/ledvinova.pdf).*

[21] *Metodický pokyn pro hodnocení a řízení hluku ze železniční dopravy. SŽDC, Praha. 2018.*

[22] TÝFA, L., LÁDYŠ, L. et al. *Metodika stanovení korekcí emisí hluku v závislosti na konstrukci železničního svršku v podmínkách České republiky. VÚT. Praha, 2013. 36 s.*

[23] *Odborné doporučení pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí verze 1.0. Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, NRL pro komunální hluk, 2018.*

[24] *Zákon č. 266/1994 Sb., zákon o drahách.*

[25] LÁDYŠ, L. a kol. *Systémová podpora interaktivního ovlivňování vývoje hlukové situace v okolí dálnic a silnic I. třídy. Ekola group, spol. s r. o., Praha, 2006.*