

### **Příloha č. 3: Hodnocení zdravotních rizik – část 2: Znečištění ovzduší**

**Vyhodnocení vlivu na udržitelný rozvoj území**

**Zásady územního rozvoje hl. m. Prahy 2012**

**Zásady územního rozvoje hl. m. Prahy 2012 – aktualizace č. 1**

**01/2013**



**A T E M**

Ateliér ekologických modelů, s. r. o.

## **ZÁSADY ÚZEMNÍHO ROZVOJE HL. M. PRAHY**

# **VYHODNOCENÍ VLIVŮ ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA VEŘEJNÉ ZDRAVÍ**

Leden 2013

## Zásady územního rozvoje hlavního města Prahy

### Vyhodnocení vlivů znečištění ovzduší na veřejné zdraví

<b>ZADAL:</b>	<b>EKOLA group, spol. s r. o.</b> Mistrovská 4 180 00 Praha 10
<b>ZPRACOVAL:</b>	<b>ATEM – Ateliér ekologických modelů, s. r. o.</b> Hvožděanská 3/2053 148 01 Praha 4 e-mail: <a href="mailto:atem1@atem.cz">atem1@atem.cz</a> tel.: 241 494 425
<b>VYPRACOVAL:</b>	<b>Mgr. Robert Polák</b> držitel osvědčení odborné způsobilosti pro oblast posuzování vlivů na veřejné zdraví MZd, aut. č. 8/2010
<b>SPOLUPRÁCE:</b>	Mgr. Jan Karel

## O B S A H

Ú V O D .....	4
1. METODIKA HODNOCENÍ .....	4
2. OBYVATELSTVO V DOTČENÉM ÚZEMÍ.....	5
2.1. Postup stanovení počtu exponovaných obyvatel.....	5
3. VLIVY ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA ZDRAVÍ OBYVATEL.....	6
3.1. Identifikace nebezpečnosti a vztah dávka – účinek.....	6
3.1.1. Oxid dusičitý.....	6
3.1.2. Benzen .....	6
3.1.3. Suspendované částice .....	6
3.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika .....	8
3.2.1. Oxid dusičitý.....	8
3.2.2. Benzen .....	9
3.2.3. Suspendované částice .....	9
3.3. Nejistoty v hodnocení .....	11
Z Á V Ě R .....	12
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	12

## Ú V O D

Předkládaná studie hodnotí úroveň zdravotního rizika vlivem expozice obyvatel znečišťujícími látkami ve vnějším ovzduší na území hlavního města Prahy. Hodnocení bylo provedeno pro výhledový rok 2020. Studie je zpracována jako součást vyhodnocení vlivů Zásad územního rozvoje hlavního města Prahy (dále jen „ZÚR“) na udržitelný rozvoj území. Podkladovým materiálem pro vyhodnocení je rozptylová studie, kterou zpracoval ATEM – Ateliér ekologických modelů, s. r. o. [8].

Posuzovány byly dvě varianty výhledové imisní situace:

- **Varianta 0 = „nulová varianta ZÚR“** představuje stav území naplnění Zásad územního rozvoje hl. m. Prahy vydaných usnesením Zastupitelstva hl. m. Prahy č. 32/59 ze dne 17. 12. 2009 formou opatření obecné povahy č. 8/2009 po zrušení některých pasáží textové a grafické části na základě rozsudků Nejvyššího správního soudu. Konkrétně se jedná o rozsudky, které ruší:
  - vymezení trasy stavby Pražského okruhu (SOKP) v úsecích Ruzyně – Březiněves a Březiněves – Horní Počernice
  - vymezení oblasti zasažené provozem letiště Ruzyně a Mezinárodní letiště Praha – Ruzyně po jeho rozšíření o tzv. paralelní dráhu
- **Varianta 1 = „aktivní varianta ZÚR“** představuje stav území v případě vydání a naplnění Zásad územního rozvoje hl. m. Prahy – aktualizace č. 1. Posuzováno bylo tzv. „Základní řešení v rámci aktivní varianty“

V rámci studie bylo zpracováno i porovnání se současným stavem.

V předkládaném vyhodnocení jsou uvažovány pouze vlivy působící při běžném provozu, jeho výsledky není možno vztáhnout na případy zvláštních situací, včetně havárií.

## 1. METODIKA HODNOCENÍ

Použitá metodika hodnocení vychází ze základních metodických postupů hodnocení zdravotních rizik (Health Risk Assessment) vypracovaných americkou Agenturou pro ochranu životního prostředí (US EPA). Postup hodnocení zdravotního rizika je sestaven ze čtyř navazujících kroků:

- **Identifikace nebezpečnosti** – jedná se o určení faktorů, které mají být hodnoceny, popis jejich vlastností se zaměřením na nebezpečnost pro člověka a podmínky, za kterých se může projevit.
- **Určení vztahu dávky a účinku** – kvantitativně hodnotí vztah mezi úrovní expozice danému faktoru (látky v ovzduší, hladině hluku apod.) a mírou rizika.
- **Hodnocení expozice** – obsahuje kvalitativní vyjádření kontaktu hodnoceného faktoru s hranicemi organismu a kvantitativní vyjádření intenzity tohoto kontaktu. Cílem je získat informaci, jakými cestami, v jaké míře a množství je konkrétní populace vystavena působení hodnocené chemické látky, hluku apod.
- **Charakterizace rizika** – obsahem této etapy je vyjádření míry zdravotního rizika exponované populace na základě poznatků o nebezpečnosti působícího faktoru a odhadu konkrétní expoziční úrovně. Jedná se o kvalitativní a kvantitativní popis odhadnutého zdravotního rizika pro sledovanou populaci, tj. výčet všech možných zdravotních poškození u sledované populace a uvedení pravděpodobnosti jejich vzniku. Je nutno popsat všechny výchozí podmínky a fakta zahrnutá do postupu hodnocení rizik, jakož i všechna zjednodušení a nejistoty, které se zde promítají. Takto hodnocená rizika je vždy nutno považovat za potenciální, avšak dostatečně pravděpodobná pro populaci v zájmovém území.

## 2. OBYVATELSTVO V DOTČENÉM ÚZEMÍ

Dotčené území v tomto případě zahrnuje obyvatelstvo na celém území hlavního města Prahy. Pro vyhodnocení vlivů znečištění ovzduší na veřejné zdraví byly využity údaje o počtech obyvatel v základních sídelních jednotkách (ZSJ) pro návrhové období [9]. Celkový počet obyvatel je pro obě výhledové varianty shodný – 1 608 380 obyvatel. Pro současný stav činí počet obyvatel 1 239 190.

Uvedený počet obyvatel byl předán v členění podle ZSJ. Pro účely přesnější analýzy byly data o počtech obyvatel přeneseny do datové vrstvy digitálního zákresu budov následujícím postupem:

- z vektorové mapy budov byly eliminovány objekty, které zřetelně nejsou obytného charakteru (průmyslové objekty, sklady, nákupní centra, velké administrativní areály, objekty veřejné vybavenosti)
- zakres budov byl doplněn o zakres rozvojových ploch podle podkladů územního plánu, resp. konceptu územního plánu
- v případě rozvojových ploch byla uvažována redukováná plocha podle předpokládaného koeficientu míry využití území, příp. koeficientu podlažních ploch
- počet obyvatel v každé ZSJ byl rozpočten pomocí nástrojů prostorové analýzy GIS do vektorových zákresů budov a rozvojových ploch.

### 2.1. Postup stanovení počtu exponovaných obyvatel

Pro účely kvantifikace míry zdravotního rizika byl stanoven počet obyvatel dotčených stanovenými hodnotami koncentrací znečišťujících látek. Hodnocení bylo provedeno pro pásma imisních veličin dle grafických výstupů (map) rozptylové studie, a to pro tyto imisní ukazatele:

- průměrné roční koncentrace oxidu dusičitého
- maximální hodinové koncentrace oxidu dusičitého
- průměrné roční koncentrace benzenu
- průměrné roční koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub>
- průměrné roční koncentrace suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub>.

Hodnocení bylo provedeno vždy pro obě posuzované varianty. Pro tyto ukazatele byl určen počet osob žijících v zadaných pásmech vypočtených koncentrací pomocí nástrojů geografického informačního systému. V každém pásmu imisní zátěže byla určena suma počtu obyvatel z budov a rozvojových ploch spadajících do daného pásma a tyto údaje následně agregovány podle intervalů imisních zátěží shodných s grafickým výstupem v rozptylové studii.

Z výše uvedeného postupu je zřejmé, že vyhodnocení lze považovat pouze za orientační, neboť je uvažováno s rovnoměrným zastoupením obyvatelstva v celé hodnocené zástavbě ZSJ.

### 3. VLIVY ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA ZDRAVÍ OBYVATEL

#### 3.1. Identifikace nebezpečnosti a vztah dávka – účinek

##### 3.1.1. Oxid dusičitý

Oxid dusičitý ( $\text{NO}_2$ ) patří mezi nejčastěji sledované škodliviny při hodnocení vlivů spalovacích zdrojů (tj. zejména automobilové dopravy a vytápění budov) na kvalitu ovzduší a zdraví obyvatel. Ze zdrojů je emitován převážně oxid dusnatý ( $\text{NO}$ ), který se ve vzduchu postupně oxiduje na  $\text{NO}_2$ , v malé míře je emitován přímo oxid dusičitý.

Při vstupu oxidu dusičitého do dýchacích cest je nejcitlivější oblastí průdušnice s průduškami a dále plicní sklípky (alveoly), kde dochází k náhradě alveolárního epitelu I. typu buňkami odolnějšími proti okysličování, které s narůstající koncentrací  $\text{NO}_2$  postupně navíc hypertrofují. To vede ke snížení odolnosti plicní tkáně vůči infekcím.

Světová zdravotnická organizace (WHO) uvádí, že pro hodnocení vlivů akutní expozice  $\text{NO}_2$  je možné uvažovat referenční koncentraci ve výši  $200 \mu\text{g.m}^{-3}$ . Pod touto úrovní nebyly prokázány žádné účinky krátkodobých expozic  $\text{NO}_2$ , většina studií pak poukazuje na vznik zdravotního efektu až při hodnotách nad  $500 \mu\text{g.m}^{-3}$ . Naopak při vyšších koncentracích lze účinky považovat za prokázané. Tyto závěry vyplývají ze zhodnocení výsledků z mnoha studií na zvířatech i na lidských dobrovolnících [2]. Česká legislativa stanoví imisní limit pro hodinové koncentrace  $\text{NO}_2$  na úrovni  $200 \mu\text{g.m}^{-3}$ .

U dlouhodobých expozic je situace složitější. Výsledky řady studií ukazují na vztah mezi úrovní průměrných ročních koncentrací  $\text{NO}_2$  a výskytem astmatu a respiračních onemocnění; uvádějí se též poruchy vývoje funkce plic u dětí při dlouhodobě zvýšené expozici  $\text{NO}_2$ . Za rizikovou skupinu je možné považovat především děti s astmatem nebo s dědičnými předpoklady ke vzniku astmatu [2]. WHO však současně uvádí, že kvantifikace rizika je poměrně obtížná, neboť oxid dusičitý zde často vystupuje jako reprezentativní ukazatel působení celého spektra znečišťujících látek. Z tohoto důvodu také WHO zachovává směrnou hodnotu pro průměrné roční koncentrace na úrovni  $40 \mu\text{g.m}^{-3}$  i přesto, že některé studie poukazují na vznik respiračních příznaků i při hodnotách nižších. Spíše se však doporučuje provádět hodnocení souhrnného účinku znečištění ovzduší na základě vztahů pro suspendované částice. Ve výši  $40 \mu\text{g.m}^{-3}$  je stanoven i platný imisní limit.

##### 3.1.2. Benzen

Benzen se do ovzduší dostává v emisích z automobilové dopravy jednak jako produkt spalování, a jednak jako součást nespálených podílů paliva (v automobilovém benzínu se vyskytuje v množství cca 0,5 – 2 %, u motorové nafty je podíl nevýznamný). Ovzduší je hlavním zdrojem expozice člověka benzenem. Je však nutno počítat s výraznými

individuálními rozdíly vlivem kouření, které může znamenat několikanásobné zvýšení expozice.

Ve vysokých koncentracích (které se však nevyskytují ve vnějším ovzduší) má benzen akutní účinky dráždivé a neurotoxické. V nízkých dávkách (které se mohou v ovzduší vyskytovat) pak při dlouhodobém působení utlumuje tvorbu krvinek a předpokládá se i jeho vliv na iniciaci leukémie. Z tohoto důvodu řadí US EPA i IARC benzen mezi prokázané lidské karcinogeny. Světová zdravotnická organizace uvádí pro benzen hodnotu jednotkového rakovinového rizika  $\text{UCR} = 6 \times 10^{-6} (\mu\text{g.m}^{-3})^{-1}$ . Jednoduchou extrapolací pak lze stanovit míru karcinogenního rizika v závislosti na koncentraci této látky ve volném ovzduší:

Pravděpodobnost výskytu leukémie	Koncentrace
$10^{-5}$ (1 v 100 000)	$1,6 \mu\text{g.m}^{-3}$
$10^{-6}$ (1 v 1 000 000)	$0,16 \mu\text{g.m}^{-3}$

Imisní limit je stanoven ve výši  $5 \mu\text{g.m}^{-3}$ , což odpovídá hodnotě karcinogenního rizika při celoživotní expozici na úrovni  $3 \times 10^{-5}$ .

##### 3.1.3. Suspendované částice

Suspendované částice v ovzduší představují složitou směs organických a anorganických látek. Jsou produkovány jak ve venkovním, tak vnitřním prostředí, a proto jsou důležitým faktorem ovlivňujícím zhoršení zdravotního stavu.

Suspendované částice mají různou velikost, hmotnost a složení. Obecně je možné konstatovat, že:

- při spalování pevných paliv bez odlučovačů převažují v emisích částice s aerodynamickým průměrem nad  $10 \mu\text{m}$ , při spalování kapalných paliv je zastoupení těchto částic menší, avšak rovněž významné. S účinností odlučovače se zastoupení „hrubších frakcí“ výrazně snižuje, neboť tato zařízení odstraňují nejúčinněji právě velké částice prachu.
- ve zvířeném prachu v okolí silnic a průmyslových areálů lze obecně předpokládat nízké zastoupení jemných částic, podíl jednotlivých velikostních frakcí je však závislý na složení usazených částic, které byly zvířeny.
- v emisích z výfuků motorových vozidel jednoznačně dominují jemné částice do  $2,5 \mu\text{m}$  (jejichž podíl se pohybuje okolo 90 %), většina emitovaných částic je menších než  $1 \mu\text{m}$ .
- rovněž naprostá většina aerosolů vzniklých sekundárně v ovzduší (kondenzací plyných látek) je tvořena vesměs jemnými částicemi do  $2,5 \mu\text{m}$  [2].

Vzhledem k lepším datovým podkladům se jako hlavní indikátor pro hodnocení zdravotního rizika používají suspendované částice frakce  $\text{PM}_{10}$ . V některých případech se používají i suspendované částice frakce  $\text{PM}_{2,5}$ .

Většina vlivů částic na zdraví spadá do oblasti dýchací a kardiovaskulární soustavy. Hlavní účinky působení suspendovaných částic na dýchací soustavu zahrnují dráždění dýchacích cest, exacerbaci existujících onemocnění, zvýšenou sekreci hlenu v průduškách a snížení obranyschopnosti dýchacího traktu vůči infekci. Suspendované částice však mají i další zdravotní účinky mimo respirační soustavu. Jedná se především o urychlení procesu aterosklerózy nebo ovlivnění nervové regulace srdeční činnosti pronikáním ultra jemných částic do nervového systému [2]. Prokazatelný zdravotní účinek expozice suspendovaným částicím se uvádí již při průměrných ročních koncentracích částic  $PM_{2,5}$  11 – 15  $\mu g.m^{-3}$ . Specifické zdravotní účinky expozice suspendovaným částicím je však značně obtížné hodnotit, neboť silně závisí na velikosti částic a jejich složení. K obecnému (indikačnímu) hodnocení se proto používají epidemiologické ukazatele mortality (úmrtnosti) a morbidity (nemocnosti). WHO [2] uvádí pro krátkodobou expozici vzestup celkové mortality o 0,5 % při zvýšení denní koncentrace  $PM_{10}$  o 10  $\mu g.m^{-3}$ , respektive v případě  $PM_{2,5}$  o 5  $\mu g.m^{-3}$ . Pro chronickou expozici se uvádí nárůst mortality o 3 % při zvýšení průměrných ročních koncentrací  $PM_{10}$  o 10  $\mu g.m^{-3}$  nad 50  $\mu g.m^{-3}$ , respektive v případě  $PM_{2,5}$  o 5  $\mu g.m^{-3}$ . Směrné hodnoty WHO [2] jsou pak uvedeny v následující výši:

- částice  $PM_{10}$  – 20  $\mu g.m^{-3}$  pro průměrné roční koncentrace a 50  $\mu g.m^{-3}$  pro 24-hodinové koncentrace
- částice  $PM_{2,5}$  – 10  $\mu g.m^{-3}$  pro průměrné roční koncentrace a 25  $\mu g.m^{-3}$  pro 24-hodinové koncentrace.

Imisní limity jsou v ČR stanoveny pro suspendované částice  $PM_{10}$  ve výši 40  $\mu g.m^{-3}$  pro průměrné roční koncentrace a 50  $\mu g.m^{-3}$  pro 24-hodinové hodnoty (s tolerovaným počtem 35 překročení v roce). Pro částice  $PM_{2,5}$  je stanoven pouze limit pro průměrné roční koncentrace, a to ve výši 25  $\mu g.m^{-3}$ .

V předkládaném hodnocení jsou pro kvantifikaci rizika z chronické expozice suspendovaným částicím dále použity funkce dávka – účinek, publikované Evropskou komisí v rámci programů ExternE a HEATCO [4, 5]. Jedná se o vztahy odvozené na základě analýzy výsledků mnoha epidemiologických studií a dat o zdravotních ukazatelích u populace zemí EU. Jednotlivé faktory pro nemocnost a úmrtnost jsou vyjádřeny v počtu případů na osobu a  $\mu g.m^{-3}$  za rok.

**Tab. 1. Faktory dávka - účinek pro působení suspendovaných částic  $PM_{10}$  na lidské zdraví na základě aktuálních doporučení Evropské komise (2005) [4, 5]**

Ukazatel	Faktor dávka-účinek [případy/(os. $\mu g.m^{-3}$ .rok)]		Riziková skupina obyvatel	Jednotky
	$PM_{10}$	$PM_{2,5}$		
Chronická úmrtnost – počet ztracených roků života vlivem chronické expozice	$4,00 \times 10^{-4}$	$1,00 \times 10^{-3}$	všichni	ztracené roky života (YOLL)
Nové případy chronické bronchitidy	$2,65 \times 10^{-5}$	$6,63 \times 10^{-5}$	nad 27 let	počet nových případů bronchitidy
Hospitalizace z důvodů dýchacích obtíží	$7,03 \times 10^{-6}$	$1,76 \times 10^{-5}$	všichni	počet hospitalizací
Hospitalizace z důvodů srdečního selhání	$4,34 \times 10^{-6}$	$1,09 \times 10^{-5}$	všichni	počet hospitalizací
Dny omezené aktivity	$5,41 \times 10^{-2}$	$1,35 \times 10^{-1}$	15 – 64 let	počet dnů prac. neschopnosti
Dny s příznaky (lehčí respirační příznaky včetně kašle)	$1,30 \times 10^{-1}$	$3,25 \times 10^{-1}$	nad 18 let s chronickými symptomy	počet dnů s příznaky
Dny s lehčími respiračními příznaky, včetně kašle, u dětí v běžné populaci	$1,86 \times 10^{-1}$	$4,65 \times 10^{-1}$	5 – 14 let	počet dnů s příznaky
Dny užívání bronchodilatátorů – dospělí	$9,12 \times 10^{-2}$	$2,28 \times 10^{-1}$	astmatici nad 20 let	počet dnů užívání
Dny užívání bronchodilatátorů – děti	$1,80 \times 10^{-2}$	$4,50 \times 10^{-2}$	astmatici 5 – 14 let	počet dnů užívání

Hodnocení pomocí expozice částicím frakce  $PM_{10}$  nebo  $PM_{2,5}$  zde ovšem vystupuje jako indikátor souhrnného účinku suspendovaných částic. To znamená, že hodnoty vypočtené pro  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  se nesčítají, ale používá se ten či onen indikátor dle dostupných dat. V případě předkládané studie je tedy uplatněno vyhodnocení na základě koncentrací  $PM_{10}$  (viz kapitola 3.2.3. Suspendované částice).

Výše uvedené hodnoty jsou vztaženy k průměrným ročním koncentracím suspendovaných částic, přičemž se však předpokládá, že zahrnují i účinky krátkodobých nárůstů imisních hodnot. Takto je riziko z expozice  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  hodnoceno i v předkládané studii.

### 3.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika

V podkladové rozptylové studii [8] jsou vypočteny imisní hodnoty pro území hlavního města Prahy. V modelových výpočtech je zahrnut vliv imisního pozadí, tj. působení všech skupin zdrojů, včetně imisního pozadí. Výsledky tedy umožňují porovnat vlivy celkové imisní zátěže v řešeném území.

#### 3.2.1. Oxid dusičitý

Z **chronických účinků** NO<sub>2</sub> jsou nejčastěji popisovány strukturální plicní změny a zvýšení vnímavosti vůči bakteriím a virovým infekcím. Jak bylo již výše uvedeno, směrná hodnota WHO je stanovena ve výši 40 µg.m<sup>-3</sup>.

Následující tabulka uvádí porovnání počtu obyvatel v jednotlivých pásmech imisní zátěže pro současný stav a obě výhledové varianty. Pásmo nad hranicí směrné hodnoty je uvedeno **tučně**.

Tab. 2. Počet obyvatel v pásmech dle imisní zátěže – IH<sub>r</sub> NO<sub>2</sub>

Pásmo průměrné roční koncentrace NO <sub>2</sub> (µg.m <sup>-3</sup> )	Podíl směrné hodnoty	Současný stav		Varianta 0		Varianta 1	
		počet obyvatel	%	počet obyvatel	%	počet obyvatel	%
< 15	< 0,375	10 050	0,8	12 978	0,8	12 361	0,8
15 – 20	0,375 – 0,500	280 553	22,6	374 767	23,3	384 200	23,9
20 – 25	0,500 – 0,625	430 210	34,7	617 367	38,4	657 522	40,9
25 – 30	0,625 – 0,750	273 773	22,1	321 319	20,0	316 000	19,6
30 – 35	0,750 – 0,875	158 371	12,8	192 884	12,0	170 611	10,6
35 – 40	0,875 – 1,000	56 822	4,6	64 310	4,0	51 864	3,2
<b>&gt; 40</b>	<b>&gt; 1,000</b>	<b>29 411</b>	<b>2,4</b>	<b>24 755</b>	<b>1,5</b>	<b>15 822</b>	<b>1,0</b>

Z tabulky je zřejmé, že ve variantě 0 se v pásmu nad hranicí směrné hodnoty nachází 1,5 % obyvatel. V aktivní variantě to pak bude 1,0 %. Stejně tak byl zaznamenán nižší počet obyvatel ve všech pásmech nad hranicí 25 µg.m<sup>-3</sup>. Naopak vyšší počet obyvatel je možné zaznamenat v pásmech s nižší imisní zátěží.

V současném stavu se v pásmu nejvyšší imisní zátěže (nad hranicí směrné hodnoty) nachází 2,4 % obyvatel. I v absolutním vyjádření je v současném stavu v pásmu nejvyšší imisní zátěže více obyvatel, než je tomu v obou výhledových variantách.

Pro vyhodnocení **akutní expozice** NO<sub>2</sub> je možné za bezpečnou mez, pod níž nedochází k vzniku zdravotního rizika, použít směrnou hodnotu stanovenou WHO pro hodinové koncentrace ve výši 200 µg.m<sup>-3</sup>. Výsledky modelových výpočtů v tomto případě

popisují nejhorší možné podmínky, tedy v podstatě nejvyšší teoretické koncentrace, které mohou být v dané lokalitě dosahovány. To znamená, že i navazující hodnocení vlivů na zdraví obyvatel popisuje spíše teoretickou rizikovost území z hlediska potenciálního výskytu účinků spojených s případným výskytem krátkodobě zvýšených koncentrací NO<sub>2</sub>.

V tabulce 3 jsou uvedeny počty obyvatel podle pásem imisní zátěže pro současný stav a obě výhledové varianty. **Tučně** jsou vyznačeny koncentrace nad hranicí směrné hodnoty.

Tab. 3. Počet obyvatel v pásmech dle imisní zátěže – IH<sub>k</sub> NO<sub>2</sub>

Pásmo maximální hodinové koncentrace NO <sub>2</sub> (µg.m <sup>-3</sup> )	Podíl směrné hodnoty	Současný stav		Varianta 0		Varianta 1	
		počet obyvatel	%	počet obyvatel	%	počet obyvatel	%
< 100	< 0,5	255 757	20,6	422 385	26,3	469 137	29,2
100 – 200	0,5 – 1,0	850 992	68,7	1 058 996	65,8	1 044 754	65,0
<b>200 – 300</b>	<b>1,0 – 1,5</b>	<b>121 461</b>	<b>9,8</b>	<b>93 791</b>	<b>5,8</b>	<b>66 715</b>	<b>4,2</b>
<b>300 – 400</b>	<b>1,5 – 2,0</b>	<b>7 818</b>	<b>0,6</b>	<b>17 822</b>	<b>1,1</b>	<b>16 598</b>	<b>1,0</b>
<b>400 – 1000</b>	<b>2,0 – 5,0</b>	<b>2 671</b>	<b>0,2</b>	<b>14 630</b>	<b>0,9</b>	<b>10 426</b>	<b>0,7</b>
<b>&gt; 1000</b>	<b>&gt; 5,0</b>	<b>490</b>	<b>0,0</b>	<b>755</b>	<b>0,1</b>	<b>751</b>	<b>0,1</b>

Jak je patrné z tabulky, v nulové variantě lze v pásmech s koncentracemi nad směrnou hodnotou očekávat cca 7,9 % obyvatel. V aktivní variantě to bude 6,0 %. Při interpretaci výsledků je však třeba si dále uvědomit, že reálně byly pozorovány akutní účinky až při koncentracích nad 500 µg.m<sup>-3</sup>. Z toho vyplývá, že reálné koncentrace, které by mohly být skutečně rizikové z hlediska zdravotních účinků, zastupují poslední dvě imisní pásma, tedy nad hranicí 400 µg.m<sup>-3</sup>. V takto vymezených pásmech se bude ve variantě 0 nacházet celkem 1 % obyvatel, ve variantě 1 to bude cca 0,8 % obyvatel, přičemž oblast s nejvyššími koncentracemi se nachází jen v okolí Radotínské cementárny.

Jak vyplývá z výsledků, ve všech pásmech imisní zátěže nad hranicí 100 µg.m<sup>-3</sup> je možné v aktivní variantě očekávat nižší počet obyvatel.

V současném stavu se v pásmech nad hranicí směrné hodnoty nachází 10,6 % obyvatel, v pásmu nad 400 µg.m<sup>-3</sup> to bude 0,2 %. V absolutním vyjádření je v pásmech nad hranicí směrné hodnoty v současném stavu více obyvatel než v obou výhledových variantách, naopak v pásmech nad hranicí 400 µg.m<sup>-3</sup> je v současném stavu méně obyvatel, než ve výhledových variantách.



### 3.2.2. Benzen

Benzen je prokázaný humánní karcinogen. V rámci tohoto vyhodnocení byla použita hodnota jednotkového rizika stanovená WHO ve výši  $6 \times 10^{-6} (\mu\text{g.m}^{-3})^{-1}$ . Tato hodnota znamená, že koncentrace benzenu  $1 \mu\text{g.m}^{-3}$  zvyšuje (při celoživotní expozici – po dobu 70 let) riziko incidence leukémie o 6 případů na 1 milion osob. Neexistuje tedy bezpečná mez. Evropská a česká legislativa tyto skutečnosti respektuje s tím, že pro účely ochrany zdraví obyvatel musela být přijata určitá dlouhodobá (roční) limitní hodnota, která by vlastně vyjádřila ještě přijatelnou (referenční) mez karcinogenního rizika. Dle dostupných podkladů a v souladu s informacemi Státního zdravotního ústavu je doporučeno uvažovat nejvyšší přijatelné hodnoty v řádu  $10^{-6}$ .

V tabulce 4 jsou uvedeny počty obyvatel pro jednotlivá pásma imisní zátěže.

**Tab. 4. Počet obyvatel v pásmech dle imisní zátěže –  $IH_r$  benzenu**

Pásmo průměrné roční koncentrace benzenu ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Míra karcinogenního rizika ( $\times 10^{-6}$ )	Současný stav		Varianta 0		Varianta 1	
		počet obyvatel	%	počet obyvatel	%	počet obyvatel	%
< 0,4	< 2,4	120 939	9,8	469 182	29,2	486 560	30,3
0,4 – 0,6	2,4 – 3,6	541 321	43,7	791 513	49,2	801 058	49,8
0,6 – 0,8	3,6 – 4,8	255 918	20,7	284 965	17,7	270 360	16,8
0,8 – 1,0	4,8 – 6,0	153 562	12,4	51 390	3,2	41 985	2,6
1,0 – 1,5	6,0 – 9,0	135 232	10,9	10 976	0,7	8 234	0,5
> 1,5	> 9,0	32 218	2,6	355	0,0	182	0,0

Hodnoty na úrovni  $1,5 \mu\text{g.m}^{-3}$  (což odpovídá pásmu nejvyšší imisní zátěže) odpovídají míře karcinogenního rizika při celoživotní expozici v rozpětí  $9 \times 10^{-6}$ . Jedná se o hodnoty ještě na hranici přijatelného rizika. V pásmu imisní zátěže nad  $1,5 \mu\text{g.m}^{-3}$  lze ve variantě 0 očekávat počet obyvatel na úrovni cca 350, v aktivní variantě to pak budou necelé dvě stovky. Jedná se o cca setinu procenta z celkové populace hlavního města Prahy.

Jak je zřejmé, ve všech pásmech imisní zátěže nad hranicí  $0,6 \mu\text{g.m}^{-3}$  byl ve variantě 1 zaznamenán nižší počet obyvatel oproti variantě 0.

Celkově je možné konstatovat, že hodnoty na úrovni nejvyšší možné zátěže ještě na hranici přijatelného rizika se budou v obou variantách vyskytovat pouze zcela ojediněle.

Oproti tomu v současném stavu se v tomto pásmu nachází 2,6 % obyvatel, což je výrazně vyšší počet oproti výhledovým variantám.

### 3.2.3. Suspendované částice

Výskyt zvýšených koncentrací suspendovaných částic v ovzduší je obecně spojován s výskytem respiračních chorob (kašel, bronchitida), snížením funkce plic, kardiovaskulárními nemocemi a v některých případech i astmatem.

Pro **chronickou expozici** uvádí WHO směrnou hodnotu průměrné roční koncentrace  $\text{PM}_{10}$  ve výši  $20 \mu\text{g.m}^{-3}$  a částic  $\text{PM}_{2,5}$  ve výši  $10 \mu\text{g.m}^{-3}$ . Z výsledků hodnocení vyplývá, že už vzhledem k úrovni imisního pozadí je nutno na území hlavního města Prahy očekávat výskyt zvýšeného zdravotního rizika, a to v případě obou hodnocených frakcí suspendovaných částic. Obdobná situace je však prakticky v celé ČR, neboť koncentrace nižší než směrné hodnoty se vyskytují jen zcela výjimečně.

Tabulky 5 a 6 uvádějí přehled o počtech obyvatel v jednotlivých pásmech imisní zátěže částic  $\text{PM}_{10}$  a  $\text{PM}_{2,5}$  pro současný stav a obě hodnocené výhledové varianty.

**Tab. 5. Počet obyvatel v pásmech dle imisní zátěže –  $IH_r \text{PM}_{10}$**

Pásmo průměrné roční koncentrace $\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Podíl směrné hodnoty	Současný stav		Varianta 0		Varianta 1	
		počet obyvatel	%	počet obyvatel	%	počet obyvatel	%
< 20	< 1,00	104 189	8,4	278 656	17,3	287 970	17,9
20 – 25	1,00 – 1,25	570 557	46,0	627 167	39,0	659 975	41,0
25 – 30	1,25 – 1,50	379 447	30,6	447 075	27,8	438 085	27,2
30 – 35	1,50 – 1,75	157 746	12,7	197 434	12,3	177 935	11,1
35 – 40	1,75 – 2,00	22 541	1,8	44 077	2,7	36 937	2,3
> 40	> 2,00	4 710	0,4	13 972	0,9	7 479	0,5

**Tab. 6. Počet obyvatel v pásmech dle imisní zátěže –  $IH_r \text{PM}_{2,5}$**

Pásmo průměrné roční koncentrace $\text{NO}_2$ ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Podíl směrné hodnoty	Současný stav		Varianta 0		Varianta 1	
		počet obyvatel	%	počet obyvatel	%	počet obyvatel	%
< 11	< 1,1	1	0,0	6	0,0	6	0,0
11 – 12	1,1 – 1,2	1 228	0,1	39 371	2,4	37 447	2,3
12 – 13	1,2 – 1,3	93 966	7,6	383 173	23,8	401 048	24,9
13 – 14	1,3 – 1,4	394 447	31,8	501 626	31,2	515 849	32,1
14 – 16	1,4 – 1,6	533 315	43,0	560 693	34,9	550 538	34,2
16 – 20	1,6 – 2,0	213 340	17,2	123 156	7,7	103 404	6,4
20 – 25	2,0 – 2,5	2 893	0,2	355	0,0	88	0,0
> 25	> 2,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0

V následujících tabulkách je pak provedeno vyhodnocení zdravotního rizika ve vztahu k účinkům uvedeným v tabulce 1. Vyhodnocení je provedeno samostatně pro frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, přičemž platí zásada uvažovat hodnotu s méně příznivými hodnotami, tedy nikoliv sčítat hodnoty obou frakcí.

**Tab. 7. Vyhodnocení míry zdravotního rizika imisní zátěže suspendovanými částicemi – současný stav**

Ukazatel	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Počet obyvatel	<b>1 239 190</b>	<b>1 239 190</b>
Chronická úmrtnost - počet ztracených roků života vlivem chronické expozice	16 233	23 906
Nové případy chronické bronchitidy	746	1 099
Hospitalizace z důvodů dýchacích obtíží	285	420
Hospitalizace z důvodů srdečního selhání	176	259
Dny omezené aktivity	1 544 695	2 274 801
Dny s příznaky (lehčí respirační příznaky vč. kašle)	1 318 961	1 942 373
Dny s lehčími respiračními příznaky (včetně kašle) u dětí v běžné populaci	738 248	1 087 183
Dny užívání bronchodilatátorů – dospělí	245 233	361 144
Dny užívání bronchodilatátorů – děti	4 772	7 028

**Tab. 8. Vyhodnocení míry zdravotního rizika imisní zátěže suspendovanými částicemi – varianta 0**

Ukazatel	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Počet obyvatel	<b>1 608 380</b>	<b>1 608 380</b>
Chronická úmrtnost - počet ztracených roků života vlivem chronické expozice	15 978	22 650
Nové případy chronické bronchitidy	734	1 041
Hospitalizace z důvodů dýchacích obtíží	281	398
Hospitalizace z důvodů srdečního selhání	173	246
Dny omezené aktivity	1 520 418	2 155 238
Dny s příznaky (lehčí respirační příznaky vč. kašle)	1 298 232	1 840 283
Dny s lehčími respiračními příznaky (včetně kašle) u dětí v běžné populaci	726 645	1 030 041
Dny užívání bronchodilatátorů – dospělí	241 379	342 162
Dny užívání bronchodilatátorů – děti	4 697	6 659

**Tab. 9. Vyhodnocení míry zdravotního rizika imisní zátěže suspendovanými částicemi – varianta 1**

Ukazatel	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Počet obyvatel	<b>1 608 380</b>	<b>1 608 380</b>
Chronická úmrtnost - počet ztracených roků života vlivem chronické expozice	15 769	22 529
Nové případy chronické bronchitidy	725	1 036
Hospitalizace z důvodů dýchacích obtíží	277	396
Hospitalizace z důvodů srdečního selhání	171	244
Dny omezené aktivity	1 500 494	2 143 767
Dny s příznaky (lehčí respirační příznaky vč. kašle)	1 281 219	1 830 488
Dny s lehčími respiračními příznaky (včetně kašle) u dětí v běžné populaci	717 123	1 024 559
Dny užívání bronchodilatátorů – dospělí	238 216	340 341
Dny užívání bronchodilatátorů – děti	4 636	6 623

V následujících tabulkách je uvedeno přehledně porovnání jednotlivých variant z hlediska zdravotního rizika pro expozici suspendovaným částicím frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>.

Jak již bylo uvedeno, je tento výpočet odvozen z hodnot průměrných ročních koncentrací s tím, že takto zahrnují i účinky krátkodobých nárůstů imisních hodnot [4].

**Tab. 10. Vyhodnocení míry zdravotního rizika imisní zátěže PM<sub>2,5</sub> – porovnání variant**

Ukazatel	Současný stav	Varianta 0	Varianta 1
Počet obyvatel	<b>1 239 190</b>	<b>1 608 380</b>	<b>1 608 380</b>
Chronická úmrtnost - počet ztracených roků života vlivem chronické expozice	23 906	22 650	22 569
Nové případy chronické bronchitidy	1 099	1 041	1 037
Hospitalizace z důvodů dýchacích obtíží	420	398	397
Hospitalizace z důvodů srdečního selhání	259	246	245
Dny omezené aktivity	2 274 801	2 155 238	2 147 568
Dny s příznaky (lehčí respirační příznaky vč. kašle)	1 942 373	1 840 283	1 833 734
Dny s lehčími respiračními příznaky (včetně kašle) u dětí v běžné populaci	1 087 183	1 030 041	1 026 376
Dny užívání bronchodilatátorů - dospělí	361 144	342 162	340 944
Dny užívání bronchodilatátorů - děti	7 028	6 659	6 635

Tab. 11. Vyhodnocení míry zdravotního rizika imisní zátěže PM<sub>10</sub> – porovnání variant

Ukazatel	Současný stav	Varianta 0	Varianta 1
Počet obyvatel	1 239 190	1 608 380	1 608 380
Chronická úmrtnost - počet ztracených roků života vlivem chronické expozice	16 233	15 978	15 769
Nové případy chronické bronchitidy	746	734	725
Hospitalizace z důvodů dýchacích obtíží	285	281	277
Hospitalizace z důvodů srdečního selhání	176	173	171
Dny omezené aktivity	1 544 695	1 520 418	1 500 494
Dny s příznaky (lehčí respirační příznaky vč. kašle)	1 318 961	1 298 232	1 281 219
Dny s lehčími respiračními příznaky (včetně kašle) u dětí v běžné populaci	738 248	726 645	717 123
Dny užívání bronchodilatátorů - dospělí	245 233	241 379	238 216
Dny užívání bronchodilatátorů - děti	4 772	4 697	4 636

Z provedeného výpočtu vyplývá, že vyšší riziko bude u částic PM<sub>2,5</sub> než u PM<sub>10</sub>, v souladu se zásadou uvažovat pro hodnocení tu frakci částic, která vykazuje méně příznivé hodnoty, jsou tedy rozhodující hodnoty pro frakci PM<sub>2,5</sub>. Pro stanovení podílů věkových skupin byla použita data ČSÚ pro Prahu.

Z tabulky 10 je zřejmé, že v aktivní variantě je možné očekávat v absolutním vyjádření příznivější hodnoty chronické úmrtnosti (počet ztracených roků života vlivem chronické expozice) oproti variantě 0. Z poměrného vyjádření této hodnoty vztažené na jednoho obyvatele vyplývá, že zatímco ve variantě 0 je možné očekávat chronickou úmrtnost v souvislosti s imisní zátěží částicemi PM<sub>2,5</sub> na úrovni cca 5,14 ztraceného dne života za rok na jednoho obyvatele, ve variantě 1 to bude 5,11. Celkově se tedy ukazuje, že v rámci celoměstské populace je možné očekávat v případě realizace varianty 1 příznivější hodnoty míry zdravotního rizika. Nicméně tyto rozdíly jsou vzhledem k nepřesnostem při odhadu počtu obyvatel v obytné zástavbě jen málo významné.

Co se současného stavu týče, jsou výsledné hodnoty méně příznivé než v obou výhledových variantách. V relativním vyjádření činí hodnota chronické úmrtnosti (počet ztracených roků života vlivem chronické expozice) cca 7,04 ztraceného dne života na jednoho obyvatele.

Tabulka 12 pak uvádí přehled o počtu obyvatel v pásmech imisní zátěže maximálními denními koncentracemi částic PM<sub>10</sub>.

Tab. 12 Počet obyvatel v pásmech dle imisní zátěže IH<sub>d</sub> PM<sub>10</sub>

Pásmo max. denní koncentrace PM <sub>10</sub> (µg.m <sup>-3</sup> )	Podíl směrné hodnoty	Současný stav		Varianta 0		Varianta 1	
		počet obyvatel	%	počet obyvatel	%	počet obyvatel	%
< 50	< 1	0	0,00	0	0,00	0	0,00
50 – 100	1 – 2	94	0,01	3 594	0,22	3 861	0,24
100 – 150	2 – 3	113 134	9,13	271 211	16,86	280 926	17,47
150 – 200	3 – 4	1 063 162	85,79	1 188 376	73,89	1 207 882	75,10
> 200	> 4	62 800	5,07	145 200	9,03	115 712	7,19

Směrná hodnota WHO na úrovni 50 µg.m<sup>-3</sup> je překročena na naprosté většině území hl. m. Prahy a jak je patrné z tabulky, všichni obyvatelé se nacházejí v pásmech imisní zátěže nad touto hranicí. Nejvyšší podíl obyvatel byl zaznamenán v pásmu 3 – 4 násobku směrné hodnoty. V současném stavu je to přes 85 %, ve výhledech pak okolo 75 %. Z hlediska porovnání variant je mírně příznivější varianta 1, neboť v pásmech vyšší imisní zátěže bude méně obyvatel.

V tomto případě se však jedná o **modelovou hodnotu maximální koncentrace**, která je vypočtena za předpokladu nejhorších emisních a rozptylových podmínek. Tato modelová situace však nemusí nastat i po dobu několika let, což potvrzují i vyhodnocení ve vztahu k reálně měřeným koncentracím. tohoto hlediska je tedy vhodnější používat pro vyhodnocení dlouhodobé ukazatele, tj. průměrné roční koncentrace.

### 3.3. Nejistoty v hodnocení

Při interpretaci výsledků hodnocení vlivů na obyvatelstvo je nutno zohlednit nejistoty, kterými je vzhledem k současnému stavu poznání hodnocení zatíženo. Jedná se o nejistoty v následujících oblastech:

- prognóza dopravní zátěže do roku 2020
- stanovení koncentrací pomocí emisně-imisního modelování
- odhad úrovně imisního pozadí
- expoziční scénář pro obyvatelstvo žijící v okolí, pohyb obyvatel mimo bydliště a jejich výskyt ve vnějším prostředí
- ovlivnění individuálního rizika profesionální expozicí, životním stylem (zejména kouřením) a migrací
- stanovení referenčních koncentrací a směrných hodnot pro znečišťující látky
- stanovení prostorového rozložení obyvatel v hodnoceném území.

Přes uvedené nejistoty lze údaje považovat za dostatečně spolehlivé ve vztahu k závěrům o vlivu řešeného záměru na celkovou míru zdravotního rizika.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### Z Á V Ě R

Předkládaná studie hodnotí úroveň zdravotního rizika vlivem expozice obyvatel znečišťujícími látkami ve vnějším ovzduší na území hlavního města Prahy, a to pro výhledový rok 2020. Studie je zpracována jako součást vyhodnocení vlivů Zásad územního rozvoje hlavního města Prahy na udržitelný rozvoj území.

V rámci tohoto hodnocení byly sledovány imisní hodnoty pro oxid dusičitý, benzen a suspendované částice frakcí  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ . Z těchto znečišťujících látek je nutno očekávat v obou variantách zvýšené riziko zejména z expozice suspendovaným částicím (obdobná situace je však prakticky ve všech větších městech ČR) a dále lokálně z expozice  $NO_2$ . Hlavním zdrojem znečišťování ovzduší na území hlavního města Prahy je automobilová doprava.

Za účelem vyhodnocení vlivů ZÚR hlavního města Prahy na veřejné zdraví bylo provedeno porovnání nulové varianty s variantou aktivní. Výsledky tohoto vyhodnocení jsou shrnuty v následujícím přehledu:

- v případě průměrných ročních koncentrací oxidu dusičitého lze u aktivní varianty očekávat nižší počet obyvatel v pásmech zvýšených koncentrací (včetně pásma nad hranicí směrné hodnoty WHO –  $40 \mu g \cdot m^{-3}$ ) oproti variantě nulové.
- v případě akutních expozic oxidu dusičitého je rovněž možné zaznamenat nižší počet obyvatel v aktivní variantě v oblastech s vyšší imisní zátěží (nad  $100 \mu g \cdot m^{-3}$ ), resp. v oblastech s vyšší rizikovostí výskytu zvýšených krátkodobých koncentrací  $NO_2$ .
- průměrné roční koncentrace benzenu se v obou variantách pohybují na úrovni přijatelné míry rizika i pro nejvyšší vypočtenou imisní zátěž (nad hranicí  $1,5 \mu g \cdot m^{-3}$ ), která se navíc vyskytuje zcela lokálně. Z porovnání variant je zřejmé, že v aktivní variantě je možné očekávat nižší počet obyvatel v pásmech vyšší imisní zátěže (nad  $0,6 \mu g \cdot m^{-3}$ ) oproti nulové variantě.
- u průměrných ročních koncentrací suspendovaných částic (frakcí  $PM_{10}$  i  $PM_{2,5}$ ) byl v aktivní variantě také zaznamenán nižší počet obyvatel v pásmech zvýšené imisní zátěže (nad  $25 \mu g \cdot m^{-3}$  u částic  $PM_{10}$  a nad  $14 \mu g \cdot m^{-3}$  u částic  $PM_{2,5}$ ).

Celková míra zdravotního rizika obyvatel z expozice znečišťujícími látkami v ovzduší Prahy tak bude mírně nižší v aktivní variantě.

Ve srovnání se současným stavem se pak jako příznivější ukazují obě hodnocené výhledové varianty.

- [1] WHO: Air Quality Guidelines – Second Edition, WHO – Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2000
- [2] WHO: Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide - Global update 2005, WHO, 2006
- [3] Aunan, K.: Exposure-response functions for health effects of air pollutants based on epidemiological findings, Report 1995:8, University of Oslo, Center for International Climate and Environmental Research
- [4] European Commission. ExternE: Externalities of Energy, Methodological 2005 Update. European Commission, Directorate-General for Research. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities, 2005
- [5] European Commission, HEATCO: Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. European Commission, Directorate General Energy and Transport, 2005
- [6] Provazník K., Cikrt M., Komárek L. a kol: Manuál prevence v lékařské praxi VIII., Základy hodnocení zdravotních rizik, SZÚ, Praha, 2000
- [7] Píša V. a kol.: Modelové hodnocení kvality ovzduší na území hl. m. Prahy – Aktualizace 2010. Hl. m. Praha, 2010
- [8] ATEM: Zásady územního rozvoje hl. m. Prahy, modelové hodnocení kvality ovzduší. ATEM – Ateliér ekologických modelů, s. r. o., Praha, 2012
- [9] EKOLA group, spol s r. o.: Podkladové materiály, Praha, 2012.