Hodnocení zdravotních rizik pro záměr
„ Instalace technologie výroby šroubů do haly Kamax-Vesecko“

Evidenční č. 1/2014

Zadavatel:

Název firmy:	ENVIGEA s.r.o.
Sídlo firmy:	Jánská 864/4, 460 01 Liberec
IČO:	62242334
DIČ:	CZ62242334

Zpracovatel:
MUDr. Ivan Tomášek .....
držitel osvědčení o autorizaci k hodnocení zdravotních rizik podle zákona č. 258/2000 Sb.,
č. autorizované osoby 041/08

Osoba odborně způsobilá pro oblast posuzování vlivů na veřejné zdraví podle vyhlášky MZ ČR č.353/2004 Sb. (Č.j. 15776-OVZ-32.1-29.3.13, pořadové číslo osvědčení 1/2013).

E-mail: Ivan.tomasek@zuova.cz
Telefon: (+420) 596 200 184

Ostrava, srpen 2014

OBSAH

Úvod a zadání 3
Podkladové materiály 3
Metodický přístup k hodnocení 3
Popis výroby, lokalizace areálu a ovlivněná populace 4
Identifikace a charakterizace nebezpečnosti 5
Suspendované částice frakce PM_{10} 5
Oxid dusičitý (NO_2) 8
Benzen 10
Hodnocení expozice a charakterizace rizika 12
Současná imisní situace v lokalitě 12
Kvantifikace zdravotního rizika z expozic PM_{10} 14
Úmrtnost 15
Nemocnost 16
Kvantifikace zdravotního rizika z expozic NO_2 17
Kvantifikace karcinogenního rizika z expozic benzenu 18
Závěr 20
Nejistoty 21
Použité informační zdroje 22

Úvod a zadání

Posouzení vlivu na zdraví bylo vypracováno na základě objednávky společnosti ENVIGEA s.r.o. ze dne 10.7.2014. Předmětem je hodnocení zdravotních rizik z expozic PM_{10}, NO_2 a benzenu na veřejné zdraví pro současný a výhledový stav (se zahrnutím dostavby areálu, tj. instalace technologie výroby šroubů) v rezidenční oblasti Malý Rohozec, která se nachází nejblíže areálu firmy KAMAX s.r.o.

Podkladové materiály

Rozptylová studie pro záměr „Instalace technologie výroby šroubů do haly Kamax – Vesecko“.
RNDr.J. Novák. Červenec 2014.

Metodický přístup k hodnocení

Hodnocení zdravotních rizik platí pro běžné podmínky a nevztahuje se na případy mimořádných událostí nebo havárií. Uplatněné postupy vychází z metodik, jež jsou v současné době používány pro tento typ hodnocení. Pro kvantifikaci karcinogenního rizika benzenu byla použita metodika US EPA (Americká agentura pro ochranu životního prostředí), která umožňuje stanovení zdravotního rizika ve vztahu k různým typům expozice. Tam, kde tento postup není možné uplatnit (především z důvodů hodnocení škodlivin s bezprahovými účinky), bylo přistoupeno ke kvantifikaci rizika pomocí metodiky CAFE (PM_{10}) případně CICERO (NO_2). Tato metodika umožňuje kvantifikovat riziko úmrtnosti a nemocnosti prostřednictvím expozičních vztahů, jež byly stanoveny na základě epidemiologických studií. Uvedené postupy hodnocení jsou v souladu s odpovídající platnou českou legislativou.

Metoda hodnocení zdravotních rizik probíhá v následných krocích:
Identifikace a charakterizace nebezpečnosti – podstatou je stanovení nebezpečnosti látek na základě dostupných informací v literatuře a kvantifikace vztahu mezi dávkou a rozsahem škodlivého účinku. Cílem je získání základních parametrů pro charakterizaci rizika. V rámci charakterizace nebezpečnosti se zohledňují dva typy účinků - prahový (většinou pro nekarcinogenní látky – škodlivé účinky je možné očekávat až při překročení jisté expozice) a bezprahový (karcinogenní látky, PM_{10} – škodlivé účinky se mohou projevit při jakékoliv úrovni expozice). Smyslem této kapitoly je rovněž prezentovat odpovídající zdravotně zdůvodnitelné referenční hodnoty (tj. meze pro průměrnou celoživotní expozici, jejíž nepřekračování pravděpodobně nebude znamenat poškození zdraví lidí). Referenční hodnoty stanovené ve vztahu ke zdravotním účinkům nemusí být shodné s limitními hodnotami danými platnou legislativou (celospolečensky dohodnuté nejvyšší mezní koncentrace, jež zahrnují určitou úroveň rizika, která je však pro společnost akceptovatelná).

Hodnocení expozice a charakterizace rizika – posouzení intenzity, četnosti a trvání možné expozice (kontakt organismu s danou látkou). Toto posouzení spočívá především ve vytipování možných expozičních cest, velikosti a složení exponované populace (viz kapitola základní charakteristika příjemců rizik), expozičních scénářů a kvantifikaci expozice. Účelem charakterizace rizika je shrnout všechny dostupné údaje a informace získané v předchozích krocích hodnocení, které mohou přispět k posouzení míry a rozsahu rizika.

V ČR je metodika hodnocení zdravotních rizik předmětem autorizace dle zákona č. 258/2000 Sb. a odborné způsobilosti pro oblast posuzování vlivů na veřejné zdraví dle zákona č.100/2001 Sb., ve znění zákona č.93/2004 Sb. a vyhlášky MZ č. 353/2005.

Popis výroby, lokalizace areálu a ovlivněná populace

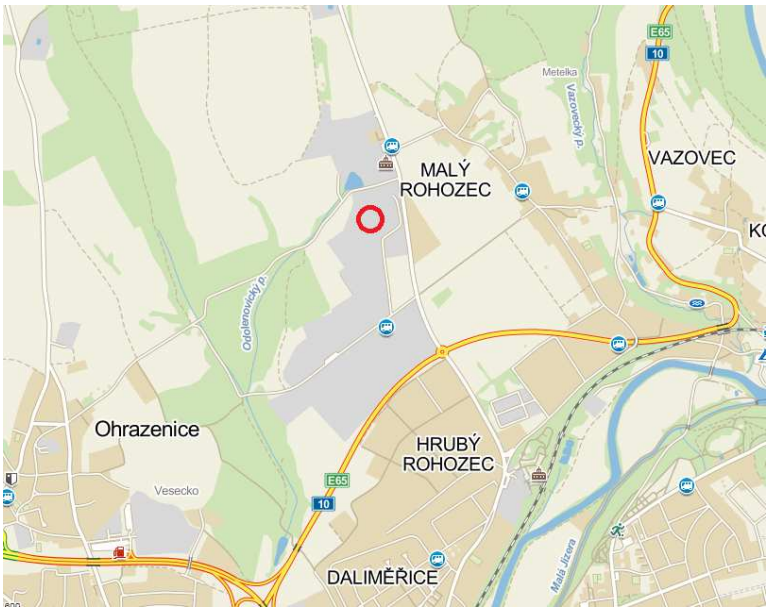
Areál KAMAX s.r.o. je v současné době již zčásti vybudován a ve výrobní hale je umístěna 1 kalící linka. Po navrhované dostavbě areálu – výrobní haly – ve které budou umístěna jednotlivá technologická zařízení pro výrobu šroubů (zpracování ocelového drátu, válcování závitů a obrábění) a především zařízení jejich povrchové úpravy kalením (dalších 6 linek), bude celkově v areálu 7 kalících linek.

Kalící linka se skládá ze vsázecího zásobníku, odmašťovací a odfosfátovací pračky, kalící průběžné pece s ochrannou redukční atmosférou, která je tvořena směsí zemního plynu, dusíku a oxidu uhelnatého, kalicí olejové nádrže, oplachové pračky, popouštěcí pece, kalicí vodní nádrže a výstupního dopravníku. K tvorbě ochranné atmosféry je využíván generátor Endogen.

Provoz areálu spočívá zejména v provozování kalicích linek a částečně skladových, logistických a expedičních služeb. Odbavování materiálu probíhá za pomoci odbavovacích doků. Skladování materiálu v regálových systémech. Manipulace s materiálem za pomoci vysokozdvižných vozíků. Provoz je plánován a řízen z prostorů administrativní budovy. Z hlediska dopravní infrastruktury je areál napojen na hlavní obslužnou komunikací do turnovské průmyslové zóny Vesecko vedoucí z turnovských Daliměřic na Jenišovice.

Areál firmy KAMAX s.r.o. je umístěn v městské části Turnova - Vesecko, na území vyčleněném územním plánem jako průmyslová zóna. Dostavba areálu proběhne severním směrem. V bezprostředním okolí areálu se nenachází rezidenční oblasti s výjimkou dvou domů ssz směrem a jednoho domu s směrem ve vzdálenosti cca 300 metrů od stávající haly. Tyto domy se po dostavbě ocitnou v bezprostřední blízkosti areálu. Malý Rohozec je nejbližší rezidenční oblast lokalizovaná cca 600 metrů sv směrem od stávající haly. Další rezidenční oblasti se již nachází ve větší vzdálenosti: Ohrazenice jz směrem a Daliměřice j až jv směrem ve vzdálenosti přibližně 1 km, respektive 800m a více od areálu firmy KAMAX s.r.o.

Obrázek č. 1: *Umístění areálu firmy KAMAX s.r.o. v městské části Turnov – Vesecko*



Přesné údaje o populaci nejsou známy. Předpokládá se smíšená populace všech věkových skupin včetně citlivých populačních skupin. Z hlediska věkové struktury se vychází z předpokladu, že věkové složení obyvatel je shodné s věkovou strukturou obyvatelstva v ČR, tak jak je uváděna ve zdravotnické ročence ČR pro rok 2012 (ÚZIS, 2013), kterou ve zjednodušené podobě uvádí tabulka č. 1.

Tabulka č. 1: *Věková struktura obyvatelstva ČR (ÚZIS, 2013)*

Věková skupina (roky)	Celkem (%)
0-4	5,5
5-14	9,3
15-64	68,4
65+	16,8

V roce 2009 dosáhl podíl dětí do 14 let věku 14,8 % a podíl seniorů nad 65 let věku a starších 16,8 %. Tyto věkové skupiny se řadí mezi citlivé populační skupiny z hlediska posuzování vlivu znečištěného ovzduší na zdraví.

Identifikace a charakterizace nebezpečnosti

Suspendované částice frakce PM_{10}

Původcem aerosolu v ovzduší jsou přírodní i antropogenní zdroje (spalovací procesy, průmyslová výroba, doprava). Aerosol je do ovzduší emitován buď přímo (primární aerosol) nebo přeměnou plynných prekursorů (sekundární aerosol). Toxicita aerosolu je dána řadou faktorů, např. chemickým složením, velikostí a původem aj. Součástí aerosolu mohou být i různé další látky (např. těžké kovy, síra, karbon, minerální látky, organické látky, ale také pyl, bakterie, spory plísní aj.) Hrubší částice (např. ze spalování, eroze půdy, cest, abraze pneumatik a brzdových destiček automobilů aj.) o aerodynamickém průměru větším než 10 µm sedimentují relativně rychle (minuty - hodiny) a jsou přenášeny na vzdálenosti v řádu kilometrů. Jemné částice o aerodynamickém průměru menší než 2,5 µm, na jejichž vzniku se podílí také jiné plynné prekursory (NO, SO_2, VOC a amoniaku aj.) perzistují v atmosféře dlouho (dny – týdny) a mohou být přenášeny na vzdálenosti v řádu tisíců kilometrů.

Z hlediska zdravotních účinků jsou významné všechny částice s průměrem menším než 10 µm, které pronikají do horních cest dýchacích a plic (PM_{10}) až do distálních částí plic - plicních sklípků ($PM_{2,5}$, $PM_{0,1}$). Hrubší částice nad 10 µm aerodynamického průměru jsou obvykle včas odstraněny z dýchacího traktu, než mohou způsobit závažnější zdravotní projevy.

V posledních deseti letech se znalosti o účincích PM na zdraví značně zpřesnily, ať už se jedná o tradiční účinky na kardiovaskulární a respirační systém nebo jiné účinky - vrozené vady, rozvoj nervové soustavy a kognitivních funkcí u dětí, poruchy reprodukce, vznik diabetu u dospělé populace i vznik nádorů (WHO, 2013; Rückerl et al., 2011) Aerosol obsažený ve vdechovaném vzduchu působí dráždivě na sliznice dýchacích cest. Toto dráždění se může projevit změnou struktury i funkce řasinkové tkáně, zvýšenou produkcí hlenu a sníženou samočisticí schopností dýchacího ústrojí. Tyto

změny, omezující přirozené obranné mechanismy, usnadňují vznik infekce. Recidivující akutní zánětlivá onemocnění mohou vést ke vzniku chronického zánětu průdušek a chronické obstrukční nemoci plic s následným přetížením pravé srdeční komory a oběhovým selháváním. Chronický zánět může také vést ke karcinogenezi.

Poslední poznatky ukazují přímý účinek aerosolu na kardiovaskulární systém, který vede ke vzniku stavů jako je srdeční selhání (chorobný stav, při kterém je narušena čerpací funkce srdce), ischemická cévní mozková příhoda (CMP - způsobená ucpáním tepny krevní sraženinou), případně i dalších subklinických stavů se závažnými důsledky (např. vznik trombóz a poruch koagulace, zvýšení krevního tlaku, poškození cévní stěny, rozvoj arteriosklerózy, variabilita srdečního rytmu aj.).

Hlavním mechanizmem působení aerosolu je vznik reaktivních kyslíkových radikálů (Brook et al., 2010). Tento stav se označuje jako oxidační stres. Kyslíkové radikály jsou odpovědné nebo se podílí na vzniku multiorgánové patologie (např. zánětlivé změny v plicích, systémový zánět, poškození cévních stěn, arterioskleróza, diabetes a neurodegenerativní onemocnění). Dalším z mechanizmů je narušení rovnováhy autonomního nervového systému (sympatikus/parasympatikus), které se může projevit zvýšením krevního tlaku, poruchami srdečního rytmu a vazokonstrikcí (zúžením cév). Uvádí se i působení samotných částic PM (nanočástice) a jejich složek (organické látky, kovy) na komponenty krve a cévní stěny, např. prokoagulační a trombogenní změny. Uvedené mechanizmy působí většinou v komplexu.

Rozvoj patologie je však individuální a ovlivňuje jej řada faktorů. Všeobecně WHO odhaduje, že znečištění životního prostředí (včetně znečištění ovzduší PM) může mít zhruba 20% vliv na zdraví. Dalšími determinantami jsou genetické faktory (10-15%), úroveň zdravotnictví (10-15%), a způsob života (50%). Mezi rizikové skupiny se řadí především lidé s exitujícím plicním a srdečním onemocněním, lidé s diabetem, starší lidé a děti. Děti představují rizikovou skupinu vzhledem k větší citlivosti na inhalované znečišťující látky v důsledku vývoje plicní tkáně, imunitního systému a vyšší pohybové aktivity. Děti s existujícím onemocněním plic (především astmatem) jsou ve větším riziku než děti bez tohoto onemocnění (WHO, 2005). Naopak nebylo potvrzeno, že by expozice PM_{10} způsobovala vznik nových případů astmatu.

Vlivem krátkodobých (denních) a dlouhodobých (ročních) expozic na úmrtnost a nemocnost se zabývají četné epidemiologické studie. Závěry ukazují, že krátkodobé expozice vyvolávají rychlý nástup akutních účinků v řádu hodin a dnů následujících po expozici (zvýšený výskyt zánětlivých onemocnění plic, zvýšený výskyt příznaků onemocnění dýchacího systému (kašel, bronchitida), nepříznivý účinek na kardiovaskulární systém, zvýšené užívání léků u astmatiků, vzestup hospitalizace v důsledku zhoršení stávajících chronických onemocnění kardiovaskulárního a respiračního traktu, vzestup úmrtnosti). Dlouhodobé expozice se nepovažují jen za sumu krátkodobých expozic. Jejich účinky jsou rozsáhlejší a závažnější (vzestup onemocnění dolních cest dýchacích u dětí i dospělých, snížení plicních funkcí u dětí i dospělých, vzestup chronického obstrukčního bronchopulmonálního onemocnění, snížení očekávané délky života hlavně v důsledku kardiovaskulární úmrtnosti, úmrtnosti na onemocnění dýchacího systému a pravděpodobně i na zhoubné nádory plic), (WHO, 2013). Rovněž opakované expozice mohou vést k závažnějším zdravotním účinkům než jednorázové expozice.

Dělení účinků podle délky expozice je však ve skutečnosti jen čistě teoretickou záležitostí. Oba typy expozic totiž působí současně a účinky se vzájemně doplňují. Dlouhodobé expozice senzitivizují populaci ve vztahu ke krátkodobým účinkům, které se pak mohou následně projevit vznikem závažných klinických stavů (infarkt, mozková mrtvice, oběhové selhání, arytmie aj.). Příhodnější se proto zdá označení „akutně chronické účinky“ ve vztahu ke všem typům expozic PM (Brook et al., 2010).

Poznatky o vlivu krátkodobých koncentrací PM_{10} na úmrtnost se opírají o studie časových řad, založené na denních počtech úmrtí ve vztahu k naměřeným změnám denních koncentrací PM_{10} a zohledňující řadu potenciálních rizikových faktorů, jež se mohou spolupodílet na výsledném efektu (meteorologické parametry, vliv jiných současně působících polutantů, sezónní změny, velikost populace aj.). Tyto studie byly realizovány na rozsáhlých populačních souborech obyvatel mnoha velkých měst. Existuje i řada meta-analýz těchto studií. Většinou prokazují zvýšení úmrtnosti v rozsahu 0,3-0,8 % při zvýšení koncentrace o 10 µg/m^3 PM_{10}. WHO kvantifikuje vztah celkové úmrtnosti a krátkodobých expozic PM_{10} jako zvýšení úmrtnosti o 0,5 % na každých 10 µg/m^3 koncentrace PM_{10} nad doporučenou hodnotu GV=50 µg/m^3 (WHO 2005). Tato hodnota však nepředstavuje bezpečnou mez z hlediska vlivu na zdraví (vzhledem k tomu, že PM_{10} je považována za bezprahově působící škodlivinu), nýbrž v sobě zahrnuje jistou míru rizika, jež je považována za všeobecně akceptovatelnou.

Poznatky o vlivu dlouhodobých koncentrací $PM_{2,5}$ na úmrtnost se opírají o kohortové studie, jež dlouhodobě sledují vybrané jedince ve vztahu k naměřeným hodnotám částic. Opět se jedná o rozsáhlé populační studie v mnoha městech (např. US studie 6 měst zahrnovala 550000 osob ze 151 měst), případně meta-analýzy. Vztah mezi dávkou a reakcí organismu na dávku je v těchto studiích lineární nebo log-lineární. WHO ve směrnici pro vnější ovzduší (WHO, 2005) doporučuje dosažení cílové hodnoty (GV) pro průměrné roční koncentrace PM_{10} 20 µg/m^3 (WHO, 2005) se 3 dalšími přechodnými hodnotami, které mohou být uplatněny v rámci systematického a trvalého úsilí směřujícího k výraznému snížení koncentrací PM až na doporučenou cílovou hodnotu (IT 1 – 70 µg/m^3 je spojen s přibližně 15% vzestupem dlouhodobého rizika úmrtnosti vzhledem k doporučené cílové hodnotě AQG; IT 2 - 50 µg/m^3 je spojen s přibližně 6% snížením rizika úmrtnosti ve vztahu k IT 1 a IT 3 30 µg/m^3 je spojen s přibližně 6% snížením rizika úmrtnosti ve vztahu k IT 2). Opět je nutno zdůraznit, že GV není z hlediska dlouhodobých účinků na zdraví mezní hodnotou, nýbrž celosvětově akceptovatelnou hodnotou zahrnující jistou dávku rizika. Na základě americké studie ACS a dalších WHO udává, že vliv na zdraví může být očekáván již při koncentracích PM_{10} 11-15 µg/m^3 a tudíž hodnota 10 µg/m^3 může být považována za koncentraci, při níž by se s největší pravděpodobností neměly vyskytnout zdravotní účinky (WHO 2005).

Mezinárodní projekt CAFE (Clean Air for Europe) představil ve spolupráci s WHO metodiku (Hurley et al., 2005), jež umožňuje kvantifikovat nemocnost ve vztahu k dlouhodobým koncentracím PM_{10} ($PM_{2,5}$). Kvantifikace je možná prostřednictvím vztahů, tzv. „*impact factors*“ (IF) pro jednotlivé ukazatele nemocnosti, které vycházejí ze znalosti hodnoty relativního rizika a prevalence nemocnosti v jednotlivých evropských projektech a meta-analýzách. Vztahy použité pro kvantifikaci zvýšení nemocnosti a úmrtnosti atributivní vzestupu koncentrací PM_{10} ($PM_{2,5}$) o 10 µg/m^3 uvádí tabulka č. 2.

Tabulka č. 2: *Vztahy pro úmrtnost a nemocnost z projektu CAFE používané pro kvantifikaci zdravotních rizik z expozic PM_{10} ($PM_{2,5}$)*

Vztah (IF) na 10 µg/m^3 PM_{10}	Na počet obyvatel	Věková skupina
4,34 akutních hospitalizací z kardiálních příčin	100000	všechny
7,03 akutních hospitalizací z respiračních příčin	100000	všechny
1,86 dní s respiračními příznaky dolních cest dýchacích (včetně kašle) u dětí	1	5-14 let
1,30 dní s respiračními příznaky dolních cest dýchacích včetně kašle u dospělých s chronickým respiračním onemocněním	1	15< let (30%)

Tyto *„impakt faktory“* jsou s určitými výhradami přenositelné pro kvantifikaci rizika v ostatních zemích a umožňují získat představu rozsahu a významnosti zdravotního účinku.

Direktiva kvality ovzduší (Direktiva 2008/50/EC) Evropské unie stanovuje závazné limity PM_{10} pro ochranu zdraví (denní mezní hodnota 50 µg/m^3 může být překročena 35x za rok; roční mezní hodnota 40 µg/m^3) a cílovou hodnotu pro $PM_{2,5}$ (roční mezní hodnota 25 µg/m^3).

V české národní legislativě je imisní limit pro PM_{10} uveden v zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší a souvisejících předpisech. Imisní limit lze v tomto případě považovat za mez přijatelného rizika, nikoliv za bezpečný práh. Imisní limit pro PM_{10} je 50 µg/m^3 pro aritmetický průměr za 24 hodin (hodnota nesmí být překročena více než 35krát za kalendářní rok) a 40 µg/m^3 pro aritmetický průměr za kalendářní rok. Imisní limit pro $PM_{2,5}$ je 25 µg/m^3 pro aritmetický průměr za kalendářní rok.

Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) zařadila, v roce 2013, PM i znečištěné venkovní ovzduší do skupiny látek karcinogenních pro člověka (skupina 1) na základě dostatečných důkazů, že expozice znečištění venkovního ovzduší způsobuje rakovinu plic (IARC, 2013). Hodnocení IARC ukázalo rostoucí riziko rakoviny plic se zvyšující se úrovní expozice částicím a znečištění ovzduší.

Oxid dusičitý (NO_2)

Hlavním zdrojem antropogenních emisí oxidů dusíku do ovzduší je spalování fosilních paliv ve stacionárních emisních zdrojích (při vytápění a v elektrárnách) a v motorových vozidlech (ve spalovacích motorech). Ve většině případů je do ovzduší emitován oxid dusnatý (NO), který se rychle přeměňuje na oxid dusičitý (NO_2), jež se chová jako prekurzor celé řady sekundárních částic a reakčních produktů jako je ozón. NO_2 je považován za účinný indikátor směsi škodlivých látek z dopravy v ovzduší.

Přírodní pozadí průměrných ročních koncentrací je od 0,4 do 9,4 µg/m^3. Roční koncentrace ve městech, resp. obydlených oblastech kolísají mezi 20 a 90 µg/m^3 a maximální 1-hodinové koncentrace mezi 75 a 1015 µg/m^3. Ve vnitřním prostředí, kde jsou neodvětraná zařízení spalující zemní plyn, mohou být průměrné hladiny nad 200 µg/m^3 i po několik dní a 1-hodinové koncentrace mohou dosáhnout i 2000 µg/m^3. Pro kratší intervaly mohou být naměřeny ještě vyšší koncentrace (SZÚ, 2010).

Expozice NO_2 u osob s trvalým bydlištěm ve vzdálenosti do 250 m od hlavní komunikace je významně vyšší ve městě než na venkově. Rovněž je třeba zdůraznit, že v případě sekundárních škodlivin (NO_2) se vyšší koncentrace vyskytují ve větší vzdálenosti od komunikace (250 m) nežli v případě primárního aerosolu (150 m), (WHO, 2005).

Jedinou relevantní cestou expozice u člověka je inhalace. NO_2 je vysoce reaktivní plyn, který se v dolních cestách dýchacích rozkládá na NO, HNO_3 a HNO_2 s toxickým účinkem na malé alveolární buňky v plicích a řasinkových buněk dýchacích cest. Působením dochází ke vzniku volných radikálů v terminálních bronchiolech, jež způsobují oxidaci proteinů a peroxidaci lipidů a následně vedou k poškození buněčné membrány. NO_2 také poškozuje makrofágy a tímto i imunitu, čímž narušuje obranný mechanismus proti vzniku infekcí.

Zdravotní rizika vyplývají buď z působení NO_2 samého nebo z působení jeho reakčních produktů (ozónu a sekundárních částic). Současný stav znalostí expozic NO_2 a jejich důsledků na úmrtnost a nemocnost je limitovaný skutečnostmi, že část pozorovaných účinků NO_2 může jít na vrub působení ostatních polutantů – PM a O_3, se kterými se NO_2 vyskytuje v komplexu. Účinek NO_2 závisí na inhalované koncentraci, trvání expozice a době, jež uplynula od expozice. Všeobecně se uvádí, že expozice pod 1800 µg/m^3 nevyvolávají účinky u zdravých osob (Bylin 1985, Folinsbee 1978). US EPA však nově uvádí, že krátkodobé expozice NO_2 v délce trvání 30 min – 24 hod mohou působit dráždivě a vyvolávat zánět dýchacích cest i u zdravých osob (US EPA, 2011).

Děti, astmatici a pacienti s chronickou obstrukční plicní chorobou se řadí mezi rizikové skupiny, u nichž mohou vznikat zdravotní projevy již po působení menších dávek NO_2 ve venkovním prostředí než u zdravých osob. Meta-analýza ukázala, že již při hodnotách 180 µg/m^3 docházelo u astmatiků ke zvýšení reaktivnosti dýchacích cest jež následně vedlo ke zúžení dýchacích cest a zrychlení dechu v důsledku inhalace jiných dráždivých látek. Pro vyvolání podobných stavů u zdravých osob by bylo zapotřebí desetkrát vyšších koncentrací (Folinsbee 1992).

Dlouhodobé expozice NO_2 mohou vést ke snížení dýchacích funkcí u dětí a dospělých (u pacientů s chronickým obstrukčním plicním onemocněním – CHOBPN - při koncentraci 540 ug/m^3), predisponovat exponované jedince ke vzniku chronických onemocnění dýchacích cest (chronická bronchitis), plic (CHOBPN) a infekcí.

V české národní legislativě jsou imisní limity pro NO_2 uvedeny v nařízení vlády č. 201/2012 Sb., kterým se stanoví imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší a shodný s mezními směrnými hodnotami, publikovanými WHO a jeho bezpečnými prahy. Hodnota imisního limitu pro NO_2 je 200 µg/m^3 po dobu 1 hodiny (hodnota nesmí být překročena více než 18krát za kalendářní rok) a 40 µg/m^3 za kalendářní rok. Nová direktiva (Direktiva 2008/50/EC) umožňuje členským státům požádat o prodloužení termínu plnění mezních ročních hodnot o 5 let tj. do roku 2015. Toto prodloužení bude uděleno Komisí na základě posouzení. V průběhu tohoto období by měla být limitní hodnota vyjádřena jako mezní hodnota navýšená o mez tolerance tj. 48 µg/m^3 pro roční hodnoty NO_2.

Benzen

Benzen (C_6H_6) je těkavá, bezbarvá, vysoce hořlavá kapalina sladkého zápachu. Čichový práh pro benzen je 1,5 ppm (5 mg/m^3). V ovzduší se benzen vyskytuje ve formě par s dobou setrvání v rozmezí několika hodin až dní v závislosti na prostředí, klimatických podmínkách a koncentraci dalších škodlivin. Hlavním způsobem degradace benzenu v ovzduší je reakce s hydroxylovými radikály. Benzen může být z ovzduší odstraněn také deštěm. Hlavními zdroji benzenu v ovzduší jsou cigaretový kouř, spalování uhlí a ropy, spalování a evaporace benzínu obsahujícího benzen a petrochemický průmysl. Průměrná koncentrace benzenu v ovzduší ve venkovských oblastech je popisována okolo 1 µg/m3 a v městských oblastech 5 – 80 µg/m^3 (WHO, 2000).

Inhalace z ovzduší je hlavní cestou vstupu benzenu do lidského organismu. Příjem ostatními cestami je méně významný. Vyšší úrovně benzenu jsou potvrzeny v blízkosti benzínových stanic, průmyslových zdrojů a rušných komunikací. WHO uvádí, že denně je přijato 9 % benzenu z vnějšího ovzduší, 53 % z ovzduší interiérů, 30 % z ovzduší uvnitř automobilů a 8 % tvoří příjem z potravy (Fromme, 1995).

Po inhalační expozici se absorbuje zhruba 50% přijatého benzenu (US EPA, 2002). Hlavním orgánem metabolizmu benzenu jsou játra. Samotný benzen není toxickou látkou. Až prostřednictvím metabolické přeměny na oxid benzenu a především na jeho rozpadové produkty, zejména hydrochinon, p-benzochinon, katechol a mukoaldehyd, které mají schopnost interference s buněčnými strukturami, se stává toxickým pro lidský organizmus (Snyder, 1996; Witz, 1996). Při přeměně vzniká i řada dalších látek - fenoly, S-fenylmerkapturová kyselina nebo kyselina mukonová. Metabolity jsou vylučovány močí.

Expozice benzenem ve vyšších dávkách se může projevovat akutními nebo chronickými účinky. Ke vzniku akutních účinků dochází po krátkodobé expozici vysokým dávkám benzenu, které se vyskytují jen v pracovním prostředí. Spektrum příznaků je rozmanité - od dráždění nebo pálení očí, závratí, dávení, zvracení až po dušnost. Velmi vysoké dávky mohou vést k bezvědomí a smrti. Chronické účinky ve vztahu k dlouhodobým expozicím benzenu jsou karcinogenita, genotoxicita, hematotoxicita.

Karcinogenita je považována za kritický účinek benzenu. Jak US EPA, tak Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) považují benzen za látku s prokázanými karcinogenními účinky u člověka. US EPA zařadila benzen do skupiny A (US EPA, 1996). IARC zařadila benzen do skupiny 1 (IARC, 1987, 2010). Mechanizmus karcinogenního účinku, ve vztahu k expozici benzenu, není dodnes plně objasněn a je pravděpodobné, že se nejedná jen o jeden mechanizmus, ale spíše souhru různých mechanizmů. Rozhodující se jeví právě genotoxický účinek metabolitů. Na základě epidemiologických studií je inhalace benzenu v pracovním prostředí spojena s výskytem nádorů (ATSDR, 2007; IARC, 1982, 1987; US EPA, 1998) – leukémií (zhoubné nádorové onemocnění krvetvorné tkáně a lymfatických uzlin), lymfomů (nádory uzlin a jiné lymfatické tkáně) a myelomů (nádorové onemocnění určitého typu bílých krvinek – plazmatických buněk). Prokazatelně to je pro akutní myeloidní leukemii/akutní nelymfocytární leukémii (AML/ANLL). Pro jiné typy leukémií, lymfomů a myelomů se zatím nepodařilo spojení přesvědčivě dokázat: akutní lymfocytární leukémie (ALL),

chronická lymfocytární leukémie (CLL), mnohočetný myelom MM, a non-Hodgkinův lymfom (NHL) (Baan et al., 2009).

Genotoxicita metabolitů benzenu byla prokázána v testech in vivo na savcích. Nebyl prokázán mutagenní účinek v testech in vitro na bakteriálních systémech a savčích buňkách (Smith, 1996; Whysner, 2004). Hlavním mechanismem je pravděpodobně vyvolání oxidativního stresu na buněčné úrovni s následným vznikem adduktů (úsek DNA, na který je kovalentní vazbou vázána karcinogenní látka) nebo poškození proteinů navázaných na DNA a mitotického aparátu, která vedou k poruchám DNA (zlomy), vzniku mitotických rekombinací, chromozomálních aberací, ať už v počtu (aneuploidie – chybění nebo nadbytek chromozómů) nebo struktuře chromozomů (transloklace), (Smith, 1996; Whysner, 2004). Epidemiologické studie z pracovního prostředí potvrzují výskyt genotoxických změn, včetně chromozomálních abnormalit v lymfocytech pracovníků exponovaných benzenu.

Hematotoxicita při vyšších expozicích benzenu (v pracovním prostředí) ovlivňuje celou krevní řadu - vzniká aplastická anémie v důsledku útlumu kostní dřeně (poškození genomu pluripotentní kmenové buňky), ze které vznikají krevní elementy. Uvedené stavy vedou ke snížené schopnosti krvinek přenášet kyslík, snížení imunity a náchylnosti k infekcím, případně k nekontrolovatelnému krvácení s možností následného úmrtí. Při včasném záchytu, odstranění expozice a adekvátní léčbě se může jednat o reverzibilní stav.

Za senzitivní skupinu populace jsou považovány osoby s genetickým polymorfismem nebo deficitem linon oxidoreduktázy. U takovýchto osob může dojít ke vzniku chronických potíží již při nižších koncentracích benzenu v prostředí než u běžné populace. Významnou skupinou jsou rovněž děti, u nichž je krvetvorný systém stále ve vývinu a tudíž může být zvýšeně senzitivní k působení toxických látek.

US EPA stanovila hodnotu referenční koncentrace RfC 30 µg/m^3 pro celoživotní inhalační expozici benzenu ve vztahu k účinku sníženého počtu leukocytů (PD = BMCLtest (23000 µg/m^3) x adjustace na dobu expozice a pracovní prostředí (7d/t; 20m^3/d) = BMCLadj (8200 µg/m^3) / nejistota (UF 300) = 30 µg/m^3), (US EPA, 2000).

Z hlediska karcinogenity je benzen považován za látku s bezprahovým působením, proto nemá stanovenu žádnou bezpečnou úroveň expozice. Úroveň rizika v životním prostředí, která představuje akceptovatelné riziko pro běžnou populaci při celoživotní expozici, je odvozena ze studií s průměrným až vysokými koncentracemi benzenu v pracovním prostředí. Pro kritický účinek leukémie stanovila US EPA jednotku karcinogenního rizika UCR = 2,2–7,8 x 10^{-6} / 1 µg benzenu / m^3 vzduchu. Všeobecně přijatelné karcinogenní riziko (tj. 1 případ leukémie na 1 milión osob, který se vyjadřuje zápisem 1 x 10^{-6}) při celoživotní expozici pak odpovídá koncentraci benzenu v ovzduší 0,13–0,45 µg/m^3. Karcinogennímu riziku 1 případu leukémie na 100 tisíc osob (vyjádřeno jako 1 x 10^{-5}) pak odpovídá celoživotní expozice koncentrace benzenu v ovzduší 1,3-4,5 µg/m^3. Karcinogennímu riziku 1 případu leukémie na 10 tisíc osob (vyjádřeno jako 1x10^{-4}) pak odpovídá celoživotní expozice koncentrace benzenu v ovzduší 13-45 µg/m^3 (US EPA, 2000).

Obdobně jako EPA i WHO stanovila jednotku karcinogenního rizika pro benzen ve volném ovzduší ve vztahu ke kritickému účinku vzniku leukémie při celoživotní expozici UCR= 6 x 10^{-6}/1 µg benzenu/m^3

vzduchu. Hodnota UCR představuje geometrický průměr jednotek rizika z epidemiologických studií v pracovním prostředí. Všeobecně přijatelnému karcinogennímu riziku ($1x10^{-6}$) pak odpovídá při celoživotní expozici koncentrace benzenu v ovzduší 0,17 µg/m^3. Karcinogennímu riziku $1x10^{-5}$ pak odpovídá celoživotní expozice koncentraci benzenu v ovzduší 1,7 µg/m^3. Karcinogennímu riziku $1x10^{-4}$ pak odpovídá celoživotní expozice koncentraci benzenu v ovzduší 17 µg/m^3. Jak je patrné, rozdíl mezi jednotkami karcinogenního rizika US EPA a WHO je minimální (WHO, 2000).

Doposud se všeobecně přijímalo doporučení pracovní skupiny expertů Evropské komise z roku 1998, které vzhledem k nejistotám při stanovování jednotek karcinogenního rizika doporučilo, aby za UCR bylo považováno rozmezí, jehož horní mez by byla vyjádřena hodnotou karcinogenního rizika WHO UCR 6×10^{-6} a dolní mez hodnotou 5×10^{-8} (EC, 1998). To by znamenalo, že všeobecně přijatelné riziko (1×10^{-6}) by odpovídalo rozmezí roční průměrné koncentrace benzenu v ovzduší v intervalu cca 0,2–20 µg/m^3. Vzhledem k narůstajícím poznatkům možného spojení výskytu dětské leukemie ve vztahu k nízkým koncentracím benzenu v životním prostředí se však hodnocení karcinogenního rizika podle tohoto doporučení jeví v dnešní době jako sporné. Proto v tomto hodnocení zdravotních rizik je používána jednotka karcinogenního rizika WHO UCR 6×10^{-6}.

V české národní legislativě je v příloze zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší uveden imisní limit pro benzen 5 µg/m^3 (aritmetický průměr pro kalendářní rok), což odpovídá míře přijatelnosti karcinogenního rizika na úrovni 3 případů leukémie na populaci 100 tisíc obyvatel. Imisní limit lze v tomto případě proto považovat za mez přijatelného rizika nikoliv za bezpečný práh. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/69/ES, ze dne 16. listopadu 2000, stanovila roční mezní hodnotu 5 µg/m3 s termínem plnění k 1.1.2010 (EP, 2000), jehož plnění bylo prodlouženo a časově omezeno Směrnicí 2008/50/EC do 1.1.2015 (EP, 2008).

Hodnocení expozice a charakterizace rizika

Hodnocení zdravotních rizik vychází z rozptylové studie (Novák, 2014), která uvádí dlouhodobé (PM_{10}, NO_2, benzen) i krátkodobé (PM_{10}, NO_2) imisní příspěvky z provozů společnosti Kamax – Vesecko, včetně příspěvků navrhovaného záměru Instalace technologie výroby šroubů do Haly Kamax-Vesecko. Hodnocení zdravotních rizik hodnotí současný stav imisní zátěže v lokalitě a jeho výhledovou změnu oproti současnému stavu). Výstavba zde není hodnocena vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o časově omezenou expozici (nikoliv dlouhodobou expozici), jež by při dodržení technologické kázně a příslušných pracovních postupů neměla vést k dlouhodobému zvýšení zdravotních rizik pro obyvatele v okolí. Hodnocení zpracováno pro oblast Malého Rohozce, jelikož se jedná o nejbližší významnější rezidenční oblast v převládajícím směru proudění.

Současná imisní situace v lokalitě

Oblast Malého Rohozce a okolí lze charakterizovat jako zvlněné, dobře provětrávané území s příměstskou rezidenční funkcí a pronikáním lehkého průmyslu (vzhledem k blízkosti města Turnova) a z toho vyplývající charakteristickou zátěží znečišťujícími látkami. V Malém Rohozci není umístěna žádná stanice měření kvality ovzduší. Nejbližší stanice ČHMÚ, pro stanovení PM_{10} a NO_2 v ovzduší, se nachází v Radimovicích (LRADM) ve vzdálenosti cca 5,3 km SZZ směrem od Malého Rohozce. Jedná se o pozaďovou venkovskou stanici s manuálním měřícím programem s udávanou reprezentativností naměřených hodnot 4-50 km. V případě NO_2 jsou však dostupné pouze průměrné roční hodnoty za

rok 2011. Hodnoty z následujícího roku nelze použít pro nízký počet měření. V roce 2013 již NO_2 nebylo měřeno. Tato stanice rovněž neměří krátkodobé (hodinové) hodnoty NO_2. K hodnocení zdravotního rizika z koncentrací pozadí lze z této stanice využít údaje PM_{10}. Pro NO_2 není na této stanici v posledních letech dostatek naměřených hodnot, na kterých by bylo možné založit validní hodnocení.

Nejbližší stanice pro stanovení benzenu v ovzduší, se nacházela v Liberci-městě (LLIMA) ve vzdálenosti cca 18,5 km SSZ směrem od Malého Rohozce. Provoz této stanice byl ukončen v roce 2011. Jednalo se o automatizovanou pozaďovou stanici městského typu s udávanou reprezentativností 0,5-4 km. Nedostatek naměřených hodnot, rozdílný typ zóny i větší vzdálenost Malého Rohozce od Liberce než je uváděná vzdálenost, při jejímž dodržení lze ještě výsledky z této stanice považovat za reprezentativní, však neumožňují využít výsledky této stanice pro validní hodnocení.

V případě NO_2 a benzenu by současný stav bylo možné ověřit jedině validním měřením v lokalitě dle platné legislativy. Pro účely tohoto hodnocení je současný stav NO_2 i benzenu definován ročními průměrnými koncentracemi na základě mapy pětiletých průměrů za období 2008-2012, kterou zpracovává ČHMÚ v síti 1x1 km ve formátu shapefile (.shp ESRI) podle zákona o ochraně ovzduší 201/2012 Sb., §11, odst. 5 a 6 (ČHMÚ, 2013). Imisní zatížení sledované lokality je shrnuto v tabulce č. 5. Data byla převzata ze zdrojů Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ, 2014).

Tabulka č. 3: *Koncentrace znečišťujících látek naměřené na stanicích ČHMÚ LRADM (PM_{10} a NO_2) a LLIMA (benzen) v letech 2011-2013.*

Rok	**Znečišťující látka [µg/m^3]**		
	PM_{10}	**NO_2**	**Benzen**
	Roční[a]/Denní[b]	**Roční[a]/Hodinové[c]**	**Roční[a]**
	LH: 40/50	**LH: 40/200**	**LH: 5**
	GV: 20/50	**GV: 40/200**	**-**
	-	**-**	**UCR: 6x10^{-6}**
2011	22,1/42	20,8/-	1,8
2012	21,3/38	(-)[d]/-	-
2013	21,6/21,6	-/-	-
2008-2012	22,6[e]/-	16,1[e]/-	1,3[e]

[a] - X – roční průměrné koncentrace
[b] - 36 MV – 36. nejvyšší hodnota v kalendářním roce pro daný časový interval
[c] - MV 19 – 19. nejvyšší hodnota v kalendářním roce pro daný časový interval
[d] - nízký počet měření (N = 41)
[e] – roční průměrné koncentrace na základě pětiletých průměrů za období 2008-2012
LH – Limitní hodnota
GV – doporučená hodnota WHO
UCR – jednotka karcinogenního rizika [(µg/m^3)$^{-1}$]

Z tabulky č. 3 je patrné, že průměrné roční koncentrace PM_{10}, naměřené na stanici LRADM vykazují za poslední 3 roky poměrně vyrovnaný trend. Uvedenou skutečnost potvrzuje i průměrná roční hodnota získaná odvozená na základě pětiletých průměrů z mapy pětiletých průměrů. Ve všech 3 letech dochází k mírnému překračování doporučené hodnoty WHO pro dlouhodobé koncentrace PM_{10} $GV_{WHO\ 1\ rok}$ = 20 µg/m^3. V podstatě se však jedná o běžný výskyt této škodliviny, tak jak je zaznamenáván v současnosti i v jiných podobných oblastech, který však již může být spojován s účinky na zdraví.

Krátkodobé (denní) průměrné koncentrace PM_{10} zaznamenaly za uplynulé 3 roky významný pokles (51%), což je možné považovat za příznivý trend. Za uplynulé tři roky nedošlo k překročení doporučené krátkodobé koncentrace PM_{10} $GV_{WHO\ 24\ hod}$ = 50 µg/m^3. V případě doporučených hodnoty WHO pro PM_{10} je však nutno upozornit, že vzhledem k bezprahovému působení PM_{10} na zdraví doporučené hodnoty (GV) nepředstavují bezpečnou meze, jejichž dodržení by nevedlo ke vzniku účinků na zdraví. Doporučená hodnota v sobě už zahrnuje jistou, všeobecně akceptovatelnou, míru rizika.

Trend průměrných ročních koncentrací NO_2 nelze na základě získaných informací určit. Lze pouze konstatovat, že v roce 2011 průměrné roční koncentrace NO_2, naměřené na stanici LRADM / získané z mapy pětiletých průměrů dosahovaly přibližně 50%, respektive 32% úrovně doporučené hodnoty WHO ($GV_{WHO\ 1\ rok}$ = 40 µg/ m^3). Pro zhodnocení krátkodobých hodnot NO_2 nejsou dispozici validní údaje.

Rovněž z hlediska průměrných ročních koncentrací benzenu není možné, pro nedostatek údajů, stanovit trend. Na základě průměrné roční koncentrace benzenu, získané z mapy pětiletých průměrů, se lze domnívat, že v oblasti Malého Rohozce by mohla být dodržena mez celospolečensky přijatelného rizika (LH = 5 µg/m^3) platná shodně jak v ČR, tak i v EU.

Vzhledem k pochybám o reprezentativnosti naměřených hodnot škodlivin z uváděných stanic pro dotčené území se nedá vyloučit jiné imisní pozadí v oblasti Malého Rohozce, než je uvedeno v tomto posudku. Hlavní váha tohoto hodnocení je však spíše kladena na zhodnocení změny rizika ve výhledovém stavu ve vztahu k provozu KAMAX s.r.o. Dostupné hodnoty pozadí jsou k tomuto účelu považovány za dostatečné.

Kvantifikace zdravotního rizika z expozic PM_{10}

Odhad vlivu PM_{10} na zdraví (pro vybrané zdravotní ukazatele) je založen na výpočtu počtu případů úmrtí a onemocnění, ke kterým dojde vlivem zvýšení koncentrací PM_{10} tak, jak je uvádí metodika CAFE (kapitola stanovení nebezpečnosti). Podle této metodiky i výpočty účinků krátkodobých koncentrací na zdraví vychází z dlouhodobých hodnot PM (průměrné roční koncentrace). Prevalence a relativní riziko, na základě kterých jsou vypočteny *„impakt faktory“*, jsou převzaty z meta-analýz významných studií, případně velkých evropských projektů (např. APHEIS-3). Tyto vztahy vyjadřují zvýšení úmrtnosti a nemocnosti (počty případů, dnů apod.) u celé nebo jen určité části populace (specifických věkových skupin) za 1 rok, související se změnou koncentrace $PM_{10}/PM_{2,5}$ o 10 µg/m^3 a jsou uvedeny v kapitole o stanovení nebezpečnosti.

Vlastní výpočet je proveden podle následujícího zjednodušeného vzorce:

$\frac{C - Cp}{10} IF$, kde:

C - koncentrace $PM_{10}/PM_{2,5}$ – současný stav je charakterizován hodnotou imisního pozadí (21,6 µg/m^3); výhledový stav je charakterizován hodnotou imisního pozadí, ke které jsou přičteny výhledové koncentrační příspěvky z navrhovaného zdroje (v rozsahu hodnot 0,1-1,26 µg/m^3).

C_p - koncentrace přírodního pozadí $PM_{10}/PM_{2,5}$ (WHO: 10 µg/m^3)

IF - *„impakt faktor“* (CAFE, WHO)

Výpočet ukazatelů úmrtnosti a nemocnosti ve vztahu k současným i výhledovým expozicím PM_{10} zohledňuje počet obyvatel v populaci Malého Rohozce (288 osob). Informace o věkové struktuře obyvatelstva (ČR) byly převzaty ze zdravotnické ročenky ÚZIS pro rok 2012 (ÚZIS, 2013). Ze stejného zdroje pochází i standardizované hodnoty celkové úmrtnosti na 100 tis. obyvatel pro okres Semily (muži 890,3 a ženy 536,7). Pro přepočet koncentrací $PM_{10}/PM_{2,5}$ byl použit koeficient 0,75 (SZÚ, 2010).

Výpočet úmrtnosti pomocí ukazatele ztracených let života (Years Of Life Lost – YOLL) podle posledních poznatků lépe charakterizuje účinek znečištění ovzduší ve vztahu k chronické úmrtnosti u populace nad 30 let věku (v populaci Malého Rohozce 193 osob). Tento ukazatel vychází z předpokladu, že expozice znečištěnému ovzduší může u některých populačních skupin (především citlivých populačních skupin, tj. děti, osoby s chronickým onemocněním dýchacího a kardiovaskulárního systému a starší osoby) vyvolat zdravotní obtíže, jež ve svém důsledku mohou vést až k předčasnému úmrtí a tímto pádem i ke zkrácení délky života. Výsledky obou metod (výpočet ukazatele úmrtnosti a YOLL) není možné porovnávat v důsledku rozdílné metodiky výpočtu. YOLL je vypočten podle následujícího vztahu: 0,0004 YOLL na osobu, rok a průměrnou koncentraci 1µg/m^3 (ExternE, 2005).

Úmrtnost

Relativní (%) a absolutní vyjádření úmrtnosti atributivní koncentracím PM_{10} pro populaci Malého Rohozce, současný a výhledový stav ukazují tabulky č. 4 a 5.

Tabulka č. 4: *Odhad relativní úmrtnosti (%) v populaci Malého Rohozce za 1 rok ve vztahu k současným, výhledovým expozicím PM_{10} a velikosti populace*

Indikátor	Jednotka	Současný stav C=21,6 µg/m^3	Výhledový stav C=21,7 – 22,86 µg/m^3
Úmrtnost[a]	%	3,72	3,765-4,287

[a] – Úmrtnost – kvantifikovaný odhad úmrtnosti ve vztahu k současným a výhledovým koncentracím PM_{10}, se zohledněním velikosti populace (N = 288 = 100%)

Tabulka č. 5: *Odhad počtu úmrtí (ze všech příčin) v populaci Malého Rohozce za 1 rok ve vztahu k současným a výhledovým expozicím PM_{10}*

Indikátor	Populace [b]	Jednotka[d]	Všechna očekávaná úmrtí v populaci	Současný stav C=21,6 µg/m³	Výhledový stav C=21,7 – 22,86 µg/m³
Úmrtnost[a]	Muži[c]	N	0,84	0,0313	0,0317-0,0361
	Ženy[c]	N	0,51	0,0189	0,0191-0,0218

[a] – Úmrtnost - počet případů úmrtí vlivem imisního pozadí a výhledových expozic PM10 v populaci Malého Rohozce
[b] – populace <30 let
[c] - Předpokládá se rovnoměrné zastoupení mužů (n=144) a žen (n=144) v populaci (n=288). Dle použité věkové struktury ČR jsou věkové skupiny 30< let zastoupeny 65,7 %.
N – Počty úmrtí

V současnosti lze v populaci Malého Rohozce očekávat přibližně jedno úmrtí ze všech příčin ročně, a to jak u mužů, tak pravděpodobně i u žen. Ve vztahu k současným expozicím PM_{10} v populaci Malého Rohozce by došlo k jednomu úmrtí až za několik desetiletí. Ve výhledovém stavu (tj. po uvedení uvedení výroby firmy KAMAX s.r.o. do provozu) se úmrtnost zvyšuje oproti současnosti řádově na 3. a 4. desetinném místě. Takovéto zvýšení je možné považovat za nepatrné a je tedy zřejmé, že výroba firmy KAMAX s.r.o. by prakticky neměla mít dopad na zvýšení úmrtnosti v populaci Malého Rohozce.

Výpočet ukazatele ztracených let života v populaci Malého Rohozce ve vztahu k výhledové změně expozic PM_{10}, vlivem provozu výroby firmy KAMAX, ukazuje souhrnný roční nárůst ztráty let života pro celou populaci o 0,0077-0,09754 roků, což odpovídá zhruba nárůstu o 0,015-0,184 dne na jednu osobu za rok oproti současnosti (souhrnná roční ztráta života pro celou populaci ve vztahu k současné úrovni expozic PM_{10} je přibližně 1,67 let, což odpovídá zhruba ztrátě 3,15 dne na jednu osobu za rok).

Nemocnost

Vypočtené ukazatele nemocnosti atributivní současným i výhledovým expozicím PM_{10} pro populaci Malého Rohozce ukazuje tabulka č. 6.

Tabulka č. 6: *Vypočtené ukazatele nemocnosti v populaci Malého Rohozce za 1 rok ve vztahu k současným a výhledovým expozicím PM_{10}.*

Ukazatele	Jednotka	Současný stav C=21,6 µg/m³	Výhledový stav C=21,7 – 22,86 µg/m³
Hospitalizace z kardiálních příčin[a]	N	0,01449	0,01462 - 0,01607
Hospitalizace z respiračních příčin[b]	N	0,023484	0,02368 - 0,02603
Příznaky onemocnění DCD u dospělých[c]	N	111	112-123
Příznaky onemocnění DCD u dětí[d]	N	58	58-64

[a] Hospitalizace z kardiálních příčin – 4,34 akutních hospitalizací na 100000 obyvatel (celá populace)
[b] Hospitalizace z respiračních příčin – 7,03 akutních hospitalizací na 100000 obyvatel (celá populace)

[c] Příznaky onemocnění dolních cest dýchacích u dospělých s chronickým onemocněním dýchacích cest (cca 30% z dospělé populace 15 - 65+ let (tj. 85,2% z celé populace)) – 1,30 dnů na 1 dospělého člověka
[d] Příznaky onemocnění dolních cest dýchacích u dětí 5 - 14let (9,3% z celé populace) – 1,86 dnů na 1 dítě
N Počet případů

Hodnocení ukazuje nepatrné zvýšení nemocnosti ve výhledu oproti současnosti, ve vztahu k expozicím PM_{10}, vlivem provozu výroby firmy KAMAX s.r.o. V případě hospitalizace z kardiálních příčin lze v populaci Malého Rohozce ve vztahu k současným expozicím PM_{10} očekávat 1 případ za 69 let. Ve výhledu se doba může zkrátit o 1-7 let na 1 případ za 62-68let. V případě hospitalizace z respiračních příčin je situace obdobná. Ve vztahu k současným expozicím PM_{10} lze v populaci Malého Rohozce očekávat 1 případ za 42 let. Ve výhledu se doba může zkrátit o 0-4 roky na 1 případ za 38-42 let. V případě onemocnění dolních cest dýchacích u dospělých a dětí se rovněž jedná o nepatrné navýšení dnů s těmito příznaky (o 1-12 dnů, respektive do 6 dnů) ve výhledu oproti současnosti.

Běžná prevalence výskytu příznaků onemocnění dolních cest dýchacích u 5-14letých dětí v Evropě je 15 %. Pokud je tato prevalence aplikována na srovnatelnou populaci dětí ve Malém Rohozci, jedná se u této populace o výskyt 1478,25 dnů s příznaky onemocnění dolních cest dýchacích za rok. Současné expozice PM_{10} by mohly vést ke zvýšení rizika chronické respirační nemocnosti u dětí v hodnocené oblasti přibližně o 3,91 %. Vzhledem k nejistotám stanovení současné expozice PM_{10} se však doporučuje brát tuto hodnotu s rezervou. Ve výhledu lze u dětí očekávat zvýšení rizika chronické respirační nemocnosti o 0,03-0,42%, což odpovídá přibližně zvýšení počtu dnů s příznaky onemocnění o 0,5-6 dnů za rok na celou populaci dětí.

Kvantifikace zdravotního rizika z expozic NO_2

Odhad prevalence chronických respiračních syndromů a astmatických příznaků u dětí v důsledku dlouhodobých expozic NO_2 vychází ze závěrů studie CICERO (Aunan, 1995):

OR (Odds Ratio – poměr šancí) = exp (βxC),

kde:
β = regresní koeficient 0,0055 s 95% intervalem spolehlivosti (0,0026-0,0088),
C = koncentrace NO_2 – současný stav je charakterizován hodnotou imisního pozadí (16,1 µg/m^3); výhledový stav je charakterizován hodnotou imisního pozadí, ke které jsou přičteny výhledové koncentrační příspěvky z navrhovaného zdroje (v rozsahu hodnot 0,1-2,7 µg/m^3).

Metodika výpočtu předpokládá bazální úroveň výskytu chronických respiračních potíží (vypočtený teoretický denní výskyt chronických respiračních symptomů u dětí na úrovni 3 %, tj. 295 dnů s příznaky onemocnění DCD za 1 rok) i při zcela čistém ovzduší (tj. nulových koncentracích NO_2). Prevalenci, překračující 3 % je podle této metodiky možné považovat za atributivní koncentraci NO_2 v ovzduší. Orientační výpočet je proveden pro předpokládaný počet dětí ve věku 5-14 let v dotčené populaci (26) je uveden v tabulce č. 7.

Tabulka č. 7: *Riziko, prevalence a počty dnů s výskytem příznaků chronického onemocnění dolních cest dýchacích vypočtené pro populaci školních dětí Malého Rohozce za 1 rok ve vztahu k současným a výhledovým expozicím NO_2.*

Ukazatele	Jednotka	Současný stav C=16,1 µg/m^3	Výhledový stav C=16,2-18,8 µg/m^3
OR[a] (95% CI)[b]		1,093 (1,043-1,152)	1,093-1,109 (1,043-1,153) – (1,050-1,18)
Prevalance[c] (95% CI)	%	3,28 (3,13-3,46)	3,28-3,33 (3,13-3,46) – (3,15-3,54)
Počet dnů na populaci[d] (95% CI)	N	323 (308-341)	323-328 (308-341) – (310 – 349)
Navýšení počtu dnů[e] (95% CI)	N	27 (13-45)	28-32 (13-45) – (15-53)

[a] - OR – Odds Ratio
[b] - 95% CI – konvenční interval na 95% hladině významnosti
[c] - Prevalence – výskyt chronických respiračních symptomů u dětí ve vztahu k hodnotám NO_2.
[d] - Počet dnů na populaci – počet dnů s výskytem chronických respiračních symptomů u dospělých v populaci Malého Rohozce
[e] - Navýšení počtu dnů – Počet dnů s překročením běžného denního výskytu chronických respiračních symptomů u dětí (nad 3 %).

Prevalence chronických respiračních symptomů v populaci u školních dětí ve vztahu k imisnímu pozadí je odhadována na 3,28 % (323 dnů/rok). Znečištění ovzduší NO_2 na úrovni imisního pozadí může vést v dotčené lokalitě ke zvýšení rizika chronických respiračních nemocí u dětí o 9,26 %, což se může u dotčené populace dětí projevit v nárůstu prevalence chronických respiračních onemocnění o 0,28 % (27 dnů na celou populaci dětí) oproti stavu s čistým ovzduším (tj. 3 % prevalence – 295 dnů s příznaky).

Ve výhledu se prevalence chronických respiračních symptomů v populaci u školních dětí může zvýšit na 3,28-3,33% (323-328 dnů/rok). Rizika chronických respiračních nemocí u dětí může být zvýšeno o 9,32-10,89% což se může u dotčené populace dětí znamenat nárůst prevalence chronických respiračních onemocnění o 0,28—0,33 % (28-32 dnů na celou populaci dětí) oproti stavu s čistým ovzduším (tj. 3 % prevalence – 295 dnů s příznaky).

Ve výhledu se tedy riziko chronických respiračních nemocí u dětí ve vztahu k expozicím NO_2 může zvýšit o 0,06-1,63 % oproti stavu na úrovni imisního pozadí. Prevalence se může zvýšit o maximálně 0,05 %. Zvýšení rizika se u celé sledované populace dětí projeví zvýšením počtu dnů s příznaky onemocnění dýchacího traktu o 1-5 dnů za rok. Z pohledu změny výhledového stavu oproti současnosti je možné konstatovat, že zvýšení počtu dnů s příznaky respiračního onemocnění je malé a oproti stavu na úrovni imisního pozadí, stěží zaznamenatelné.

Kvantifikace karcinogenního rizika z expozic benzenu

Karcinogenní riziko benzenu je vyjádřeno pomocí LICR (celoživotního individuálního karcinogenního rizika), jehož výpočet vychází z průměrných ročních koncentrací a jednotky karcinogenního rizika, podle vztahu: LICR **=C*UCR,** kde: C vyjadřuje dlouhodobou expoziční koncentraci (zde modelované - vypočtené koncentrace na základě emisních dat a monitorované koncentrace) sledované látky

(µg/m^3) a UCR jednotku karcinogenního rizika (µg/m^3)$^{-1}$ vyjadřující riziko na jednotku koncentrace (1 µg/m^3) látky v ovzduší.

LICR je měřítkem rizika karcinogenního účinku látky po expozici vyjadřujícího pravděpodobnost vzniku nových nádorových onemocnění nad všeobecný průměr za celoživotní období. Karcinogenní riziko <10^{-6} lze považovat za všeobecně přijatelné, rozmezí rizik v hodnotách od 10^{-6} do 10^{-4} je vnímáno společností různě v závislosti na velikosti exponované populace a závažnosti důkazů o karcinogenitě, riziko >10^{-4} je zpravidla vnímáno jako nepřijatelné. APCR udává pravděpodobný počet nových případů novotvarů za rok v exponované populaci vzniklých vlivem expozic hodnoceným látkám. Pro výpočet APCR je použit následující vztah: APCR = LICR x počet osob v exponované populaci / průměrná délka života jedince v populaci (70 let).

Karcinogenní riziko dlouhodobých koncentrací benzenu na úrovni současného imisního pozadí v oblasti Malého Rohozce (1,3 µg/m^3) a karcinogenní riziko pro výhledové koncentrace benzenu (imisní pozadí + koncentrační příspěvek v rozmezí 0,001-0,01144 µg/m^3) ukazuje tabulka č. 8.

Tabulka č. 8: *Kvantifikace karcinogenního rizika benzenu pro populaci Malého Rohozce ve vztahu k současným a výhledovým expozicím benzenu.*

Ca riziko Benzen (UCR=6x10^{-6} (µg/m^3)$^{-1}$)	Jednotka	Současný stav C=1,3 µg/m^3	Výhledový stav C=1,301-1,31144 µg/m^3
LICR[b]	bzr.	7,8x10^{-6}	7,81-7,87x10^{-6}
APCR[c]	N	0,00003209	0,00003212-0,00003237
Let/1 případ	N	31161	30889-31137-

LICR – Individuální karcinogenní riziko
APCR – Populační karcinogenní riziko
bzr – bezrozměrná veličina
Všeobecně přijatelné karcinogenní riziko LICR≤1x10-6
Celospolečensky přijatelné riziko LICR 2,2x10-5 (odpovídá platnému imisnímu limitu)
Let/1 případ – doba, za kterou se v populaci objeví 1 případ zhoubného nádoru (při celoživotní expozici na úrovni hodnocených koncentrací)

Karcinogenní riziko ze současného imisního pozadí benzenu v oblasti Malého Rohozce (LICR=7,8x10^{-6}) překračuje všeobecně přijatelnou mez karcinogenního rizika (LICR=1x10^{-6}) Toto riziko je možné hodnotit jako zvýšené, avšak celospolečensky akceptovatelné, vzhledem k dodržení platného imisního limitu 5 µg/m^3 (odpovídá LICR=2,2x10^{-5}). Tento závěr nemůže být ovlivněn ani nejistotou ve vztahu ke stanovení průměrné roční koncentrace benzenu, která by umožnila přesněji charakterizovat současný stav. Vzhledem k velikosti populace tak lze očekávat cca 1 případ výskytu zhoubného nádoru za tisíce let. Imisní příspěvek ze současného i navrhovaného záměru je zanedbatelný. Změna karcinogenního rizika ve výhledu není, po zahrnutí imisních příspěvků, oproti současnosti prakticky zaznamenatelná (LICR=7,81-7,87x10^{-6}).

Ve výpočtu pro výhledový stav se uvažuje s příspěvkem v intervalu hodnot, jehož horní hodnota by podle rozptylové studie ve skutečnosti měla být dosažena jen v bezprostředním okolí podniku. V tomto případě je tedy výsledné vypočtené riziko možné považovat za maximální, vedoucí

v důsledku k nadhodnocení vypočteného rizika. Tento přístup metodika umožňuje v rámci principu předběžné opatrnosti. Ve skutečnosti by do tohoto rizika měla spadat malá část obyvatel (jen 3 domy). Pro převážnou většinu populace Malého Rohozce by výsledné riziko mělo být nižší.

Závěr

Bylo provedeno hodnocení zdravotních rizik vybraných škodlivin (PM_{10}, NO_2, benzen) pro obyvatele Malého Rohozce, související s provozem společnosti KAMAX s.r.o. a záměrem instalace technologie výroby šroubů. Provozy společnosti KAMAX jsou v současnosti již zčásti vybudovány, ale neprobíhá v nich zatím žádný provoz. Současné imisní pozadí oblasti lze relativně dobře charakterizovat jen pro PM_{10} na základě měření na nejbližší stanici imisního monitoringu v Radimovicích (PM_{10}). Pro NO_2, benzen však měření v oblasti neprobíhá nebo není reprezentativní, proto byl současný stav charakterizován na základě map pětiletých průměrů ČHMÚ. Výhledový imisní stav předpokládá nárůst imisního pozadí o odpovídající koncentrační příspěvky z provozu Kamax s.r.o., které byly získány z předloženého rozptylového modelu (Novák, 2014).

Pro kvantifikaci účinků PM_{10} na nemocnost a úmrtnost byla použita metodika CAFE s využitím vztahů úmrtnosti a nemocnosti odvozených z epidemiologických studií. Kvantifikace dlouhodobých účinků NO_2 byla provedena ve vztahu k výskytu chronických respiračních onemocnění podle metodiky z projektu CICERO. Riziko karcinogenních účinků benzenu bylo hodnoceno klasickou metodikou US EPA (výpočet individuálního i populačního karcinogenního rizika).

Současné imisní pozadí v Malém Rohovci lze charakterizovat jako odpovídající běžnému výskytu v podobných lokalitách. V oblasti zřejmě dochází k mírnému překračování doporučených hodnot WHO pro dlouhodobé koncentrace PM_{10} ($GV_{WHO\ 1\ rok}$ = 20 µg/m^3). V riziku se nachází citlivé skupiny populace, kterými jsou astmatické děti, osoby s poruchami imunitního systému, kardiovaskulárním a respiračním onemocněním a starší lidé. Toto riziko je však možné považovat za celospolečensky přijatelné, neboť nepřekračuje příslušné limitní koncentrace dané platnou legislativou.

Vliv imisního pozadí PM_{10} lze v dotčené populaci odhadovat na 1 případ úmrtí za několik desetiletí a ztrátu života zhruba kolem 3 dnů na osobu a rok. Současná imisní zátěž PM_{10} a NO_2 v oblasti může být spojována s rizikem zvýšené chronické respirační nemocnosti u dětí přibližně o 4- 9 %, ve srovnání se stavem čistého ovzduší (tj. bez přítomnosti těchto škodlivin). Karcinogenní riziko z imisního pozadí benzenu je v současnosti v dotčené oblasti zvýšené (LICR =7,8x10^{-6}), tj. překračuje všeobecně přijatelnou mez karcinogenního rizika (LICR=1x10^{-6}), avšak nepřekračuje celospolečensky akceptovatelnou mez karcinogenního rizika (LICR=2,2x10^{-5}), danou v ČR platným imisním limitem 5 µg/m^3.

Koncentrační příspěvky znečišťujících látek z výhledového provozu KAMAX s.r.o. jsou nízké. Kvantifikace zdravotních rizik pro výhledový stav prakticky nezaznamenala významnější zvýšení zdravotních rizik pro populaci Horního Rohozce, oproti současnému stavu. Imisní koncentrace PM_{10} ve výhledu sice mírně zkracují odhadovanou dobu výskytu 1 případu úmrtí (v řádu let), avšak i nadále by se mělo jednat o dobu několika desetiletí. Ztráta let života by mohla narůst řádově o maximálně 2 desetiny dne na osobu a rok. Z hlediska chronické respirační nemocnosti u dětí ve vztahu

k výhledovým expozicím se jedná o mírné zvýšení rizika na úroveň přibližně 5-11 % ve srovnání se stavem čistého ovzduší (tj. bez přítomnosti těchto škodlivin).

Zvýšení karcinogenního rizika související s výhledovými koncentracemi benzenu by nemělo být v kontextu celkových expozic prakticky postižitelné (LICR=7,87x10^{-6}). Toto riziko bude i nadále překračovat všeobecně přijatelnou mez karcinogenního rizika (LICR=1x10^{-6}), avšak nemělo by překračovat celospolečensky akceptovatelnou mez karcinogenního rizika (LICR=2,2x10^{-5}), danou v ČR platným imisním limitem 5 µg/m^3.

Nejistoty

- Stanovení imisního pozadí NO_2 a benzenu v lokalitě vychází z map pětiletých průměrů ČHMÚ. Vzhledem k absenci imisního měření, nedostatku údajů nebo skutečnosti, že naměřené hodnoty nebyly pro dotčené území reprezentativní, nebylo možné použít hodnoty z imisního monitoringu. Je známo, že variabilita výskytu znečišťujících látek v ovzduší může být značná. Tuto nejistotu je možné považovat za významnější z hlediska kvantifikace celkového zdravotního rizika v oblasti, méně se však již projeví z hlediska posouzení změn zdravotního rizika, ke kterým by mohlo dojít ve výhledu, v důsledku realizace záměru. Pro přesnější zhodnocení úrovně současného pozadí NO_2 a benzenu by bylo potřeba realizovat měření dle platné legislativy.
- V lokalitě Malý Rohozec žije 288 obyvatel. Pro hodnocení zdravotních rizik PM_{10} se jedná o malý populační soubor. Postižitelnost vlivu PM_{10} na zdraví stoupá se zvyšujícím se počtem obyvatel. WHO uvádí 1 milión osob jako optimální velikost populace pro tento typ hodnocení. V praxi se však přistupuje k tomuto typu hodnocení i pro menší populační soubory s různými výsledky. Hodnocení populací s malým počtem obyvatel může představovat nejistotu výsledků.
- V hodnocení byl použit poměr frakcí $PM_{10}/PM_{2,5}$ 0,75. Není však možné vyloučit, že se v dotčené oblasti se vyskytuje jiný poměr frakcí.
- Není známa věková struktura obyvatelstva, proto se vychází z předpokladu, že věková struktura obyvatelstva v dotčené oblasti se proporcionálně neliší od věkové struktury obyvatelstva ČR, převzaté ze zdravotnické ročenky.
- *„Impakt faktory“*, na kterých je založeno hodnocení, vychází ze znalosti hodnot relativního rizika a prevalence. Jak relativní riziko, tak prevalence byly stanoveny na základě evropských meta-analýz a mezinárodních studií. Kvantifikace rizika pomocí takto definovaných vztahů pro hodnocení zdravotních rizik je zatížena nejistotami z hlediska jejich odvození i vlastního použití. Tento přístup tudíž neposkytuje exaktní výsledky, nýbrž pouhé odhady skutečné situace.
- Komplikovaný vliv současného působení škodlivin na zdraví není možné, při současném stavu znalostí, jednoznačně posoudit. Hodnocení se zabývá pouze vlivy expozic individuálních látek na zdraví.
- Není hodnocen karcinogenní účinek PM na zdraví. V současné chvíli nejsou zatím ještě stále k dispozici zdravotně zdůvodnitelné referenční hodnoty, které by umožnily hodnocení karcinogenních účinků PM na zdraví. Postupy hodnocení karcinogenních účinků PM na zdraví jsou v současnosti zpracovávány a budou výhledově dostupné pro hodnocení.

Použité informační zdroje

WHO 2000. Regional Office for Europe. *Air quality guidelines for Europe. 2nd edition*. Dostupné z: <http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf>

WHO. 2005. *Air Quality Guideline Global Update 2005.* Dostupné z: <http://www.euro.who.int/Document/E90038.pdf>

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší a související předpisy

Směrnice evropského parlamentu a rady 2008/50/ES, ze dne 21. května 2008, o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu. 2008. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:CS:PDF>

WHO. 2005.Particulate matter air pollution: how it harms health. Fact sheet EURO/04/05 Berlin, Copenhagen, Rome, 14 April 2005.

US EPA. 2001. Nitrogen dioxide. Dostupné z: < http://www.epa.gov/air/nitrogenoxides/health.html>

US EPA. 2011. IRIS. Profile for Nitrogen Dioxide. 2011. Dostupné z: <http://epa.gov/iris/subst/0080.htm>

SZÚ. 2010. Odhad zdravotních rizik ze znečištění ovzduší. Česká republika – rok 2010. NRL pro venkovní ovzduší.

Bylin G et al. 1985. Effects of short-term exposure to ambient nitrogen dioxide concentrations on human bronchial reactivity and lung function. Eur J Respir Dis; 66: 205-217.

Folinsbee LJ et al. 1978. Effect of 0.62 ppm NO2 on cardiopulmonary function in young male nonsmokers. Environ Res; 15: 199-205.

Folinsbee LJ. 1992. Does nitrogen dioxide exposure increase airways responsiveness?. Toxicol Ind Health ; 8: 273-283.

Aunan K. 1995. Exposure-Response Functions for Health Effects of Pollutants Based on Epidemiological Findings. University of Oslo, Center for International Climate and Enviromental Research. Dostupné z: <http://www.cicero.uio.no/media/81.pdf>

Hurley F et al. 2005. Methodology for the cost-benefit analysis for CAFE. Volume 2: Heath Impact Assessment, European Commision.

Ostro B. 2004.Outdoor air pollution, Assessing the environmen tal burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series. No. 5. WHO.

WHO: Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. WHO Regional Office for Europe. 2006.

ÚZIS. 2013. Zdravotnická ročenka ČR 2012.

MZ ČR. 2005. Zásady a postupy hodnocení a řízení zdravotních rizik v činnostech odboru hygieny obecné a komunální. HEM-300-19.9.05/31639.

ExternE. 2005. Externalities of Energy. Metodology 2005 Update. European Commission. Directorate-General for Research Suistainable Energy Systems. European Communities.

SZÚ. 2010. Venkovní ovzduší. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/dokumenty_zdravi/ovzdusi_text__2010.pdf

ATSDR. 2007. Divison of Toxicology : Toxicological Profile for Benzen. Dostupné z: < http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3-p.pdf>

IARC. 2004. Overall Evaluations of Carcinogenicity to Humans. Dostupné z: http://www-cie.iarc.fr/monoeval/crthall.html >

WHO. 2005. Kryyzanowski M, Kuna/Dibbert B, Schneider J. Health effects of transport related air pollution.

US EPA, 2000. Benzene. Integrated Risk Information System. Dostupné z: http://www.epa.gov/iris/subst/0276.htm

WHO 2013. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. First results. WHO EURO.

Rückerl R, Schneider A, Breitner S, Cyrys J, Peters A. 2011. Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. Inhal Toxicol.;23(10):555-92.

Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, et al. 2010. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the american heart association. Circulation;121(21):2331-78.

IARC 2013. Scientific Publication No. 161 Air Pollution and Cancer Editors: Kurt Straif, Aaron Cohen, and Jonathan Samet eISBN 978-92-832-2161-6 ISSN 0300-5085 http://www.iarc.fr/en/publications/books/sp161/index.php

Snyder, R., Hedli, CC, 1996. An overview of benzene metabolism. Env Health Perspect. 104; 1165-71. Dostupné z: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1469747/

Witz, G., Zhang, Z., Goldstein, BD., 1996. Reactive ring-opened aldehyde metabolites in benzene hematotoxicity. Environ Health Perspect. 104(Suppl 6): 1195-9. Dostupné z: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1469733/

Fromme, H., 1995. Gesundheitliche Bedeutung der verkehrsbedingten Benzolbelastung der allgemeinen Bevölkerung [The significance of traffic-related benzene exposure for the general public]. Zentralblatt für Hygiene, 196: 481–494. ISSN: 1438-4639.

US EPA, 1996. Proposed guidelines for carcinogen risk assessment. Federal Register 61(79):17960-18011. Dostupné z: http://www.epa.gov/raf/publications/pdfs/propcra_1996.pdf

IARC, 2010. IARC Monographs on a review of human carcinogens: Chemical agents and related occupations. Volume 100F. A review of human carcinogens. IARC, Lyon, France. Dostupné z: http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F.pdf.

US EPA, 1998. Carcinogenic effects of benzene: An update [report no. EPA/600/P-97/001F]. Washington (DC): National Center for Environmental Assessment –Office of Research and Development. Dostupné z: http://www.epa.gov/ncea/pdfs/benzenef.pdf [cit 25.6.2012].

BaanN, R., Grosse, Y., Straif, K., Secretan, B., El Ghiassassi, F., Bouvard, V., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., Freeman, C., Galichet, L., Cogliano, V, 2009. On behalf of WHO International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group. A review of human carcinogens-part F: Chemical agents and related occupations. Lancet Oncology, 10, pp.1143-1144.

WHYSNER, J., REDDY, MV., ROSS, PM., MOHAN, M., LAX, EA., 2004. Genotoxicity of benzene and its metabolites. Mutat Res. 566(2): 99-130.

Smith MT. 1996. The mechanism of benzene-induced leukemia: a hypothesis and speculations on the causes of leukemia. Environ Health Perspect. 104(Suppl 6): 1219–1225. PMID:9118896 Dostupné z: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1469721/

EC. 1998. Council Directive on Ambient Air Quality Assessment and Management, Working Group on Benzene. Position Paper. Dostupné z: http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/ppbenzene.pdf

EP. 2000. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/69/ES ze dne 16. listopadu 2000 o mezních hodnotách pro benzen a oxid uhelnatý v ovzduší. Úřední věstník L 313, 13.12.2000, s. 12. Dostupné z: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:05:32000L0069:CS:PDF

EP. 2008. Směrnice evropského parlamentu a rady 2008/50/ES, ze dne 21. května 2008, o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu. *Úřední věstník* L 152, 11.6.2008, s. 0001 – 0044. Dostupné z: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:CS:PDF

ČHMÚ. 2014.ISKO. Tabelární přehled 2011-2013

ČHMU. 2013. ISKO. Pětileté průměrné koncentrace 2008-2012. NO_2