



**EMPLA AG** spol. s r. o.

Výzkum, vývoj a realizace technologií pro ochranu prostředí a zdraví

***Hodnocení vlivu  
znečišťujících látek v ovzduší  
na veřejné zdraví***

**Spalovna TKO Příbram  
Zařízení pro energetické využití odpadu**

**Objednatel:**

Energo Příbram, s.r.o.  
Obecnická 269, 261 01 Příbram VI-Březové Hory

**Vypracovala:**

Mgr. Denisa Jenčovská, Ph.D.

Osvědčení odborné způsobilosti pro oblast posuzování vlivů na veřejné zdraví č. 2/Z/2004  
vydané Ministerstvem zdravotnictví dne 20. 12. 2004.

**EMPLA AG** spol. s r.o. ③  
Za Škodovkou 305  
503 11 Hradec Králové  
IČO: 259 96 240 DIČ: CZ259 96 240  
Tel.: 495 218 875

*Jenčovská*

Hradec Králové, duben 2023

arch. č. 114/2023

EMPLA AG spol. s r.o.  
Za Škodovkou 305  
503 11 Hradec Králové

tel.: +420 495 218 875, +420 495 211 579  
fax: +420 495 217 499  
e-mail: empla@empla.cz

IČO: 259 96 240  
DIČ: CZ259 96 240  
Bank. spoj.: 27-9410870237/0100



## Obsah

I. ÚVOD - METODIKA HODNOCENÍ.....	4
II. STRUČNÝ POPIS POSUZOVANÉHO ZÁMĚRU A ZÁJMOVÉ LOKALITY .....	4
III. ŠKODLIVINY .....	7
III. 1. Výchozí podklady, identifikace škodlivin .....	7
III. 2. Stávající imisní situace .....	8
III. 3. Charakterizace nebezpečnosti.....	9
III. 4. Hodnocení inhalační expozice .....	35
III. 5. Charakterizace rizika .....	37
IV. ZÁVĚREČNÉ SHRNU TÍ .....	48
V. NEJISTOTY .....	50
VI. POUŽITÁ LITERATURA, PRAMENY .....	51

### **Zkratky a symboly použité v textu**

AQG	<i>Air Quality Guidelines (název směrných hodnot pro ovzduší dle WHO)</i>
ATSDR	<i>Agency for toxic substances and disease registry (Společnost pro toxické látky a registr nemocí USA)</i>
CO	<i>Oxid uhelnatý</i>
ČHMÚ	<i>Český hydrometeorologický ústav</i>
GV	<i>Guidelines Values (název směrných hodnot dle WHO)</i>
HSDB	<i>Hazardous Substances Data Bank (Databáze rizikových látek)</i>
IARC	<i>International Agency for Research of Cancer (Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny)</i>
IRIS	<i>Integrated Risk Information System (Integrovaný informační systém rizik)</i>
LOAEL	<i>Nejnižší dávka při expozici zkoumané látky, při které je ještě pozorována nepříznivá odpověď organismu na statisticky významné úrovni v porovnání s kontrolní skupinou</i>
MRLs	<i>Minimal Risk Levels (databáze rizikových látek uvádějící tzv. minimální hladiny rizika) dle ATSDR</i>
MZ ČR	<i>Ministerstvo zdravotnictví České republiky</i>
NO <sub>2</sub>	<i>Oxid dusičitý</i>
NOAEL	<i>Nejvyšší dávka, při které ještě není pozorována nepříznivá odpověď organismu na statisticky významné úrovni v porovnání s kontrolní skupinou</i>
OT	<i>Odor Treshold (čichový práh – koncentrace, od které je látka čichově postižitelná)</i>
PAU	<i>Polycyklické aromatické uhlovodíky</i>
PM <sub>2,5</sub>	<i>Suspendované částice - frakce částic s aerodynamickým průměrem do 2,5 μm</i>
PM <sub>10</sub>	<i>Suspendované částice - frakce částic s aerodynamickým průměrem do 10 μm</i>
RADs	<i>Restricted Activity Days - dny ve kterých člověk potřebuje ze zdravotních důvodů změnit svoji normální aktivitu</i>
RD	<i>Rodinný dům</i>
RfC	<i>Reference Concentration (název referenční koncentrace)</i>
RfDi	<i>Inhalation Reference Dose (název referenční dávky pro inhalační expozici)</i>
RR	<i>Relativní riziko</i>
SZÚ	<i>Státní zdravotní ústav se sídlem v Praze</i>
US EPA	<i>United States Environmental Protection Agency (Americký úřad pro ochranu životního prostředí)</i>
VOC	<i>Těkavé organické látky</i>
WHO	<i>World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)</i>
ZÚ	<i>Zdravotní ústav</i>

## **Hodnocení vlivu znečišťujících látek v ovzduší na veřejné zdraví**

### **I. ÚVOD - METODIKA HODNOCENÍ**

Hodnocení vlivu posuzovaného záměru na zdraví obyvatel z hlediska zátěže znečišťujícími látkami a prachem v ovzduší bylo zpracováno jako příloha k oznámení záměru dle zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, v platném znění.

Objednatelem posouzení je Energo Příbram, s.r.o. (se sídlem Obecnická 269, 261 01 Příbram VI - Březové Hory).

Hodnocení zdravotních rizik (HRA – Health Risk Assessment) je postup, který využívá všech dostupných údajů (dle současného vědeckého poznání) pro určení faktorů, které mohou za určitých podmínek vyvolat nežádoucí zdravotní účinky. Dále odhaduje rozsah expozice určitému faktoru, kterému jsou nebo v budoucnu mohou být vystaveny jednotlivé skupiny dotčené populace a konečně zahrnuje charakterizaci existujících či potenciálních rizik vyplývajících z uvedených zjištění. Součástí hodnocení je také diskuse úrovně nejistot, které jsou spjaty s tímto procesem.

Hodnocení zdravotního rizika sestává ze čtyř kroků (*Provazník, 2000*):

1. určení (identifikace) nebezpečnosti – tj. jak a za jakých podmínek může faktor nepříznivě ovlivnit zdraví,
2. charakterizace nebezpečnosti – popis kvantitativních vztahů mezi dávkou a rozsahem nepříznivého účinku,
3. hodnocení expozice – cesty vstupu do organismu, popis velikosti, četnosti a doby trvání expozice dané populace sledovanému faktoru,
4. charakterizace rizika – integrace dat získaných v předchozích krocích, tj. určení pravděpodobnosti, s jakou by došlo k některému z hodnocených poškození zdraví a analýza nejistot celého procesu hodnocení.

Základními podklady o předpokládané expozici byly výsledky modelových výpočtů rozptylové studie (*Popp, 2023*) a data charakterizující stávající dlouhodobou imisní situaci v území. Ostatní podklady a použité zdroje jsou uvedeny v kapitole č. VI.

### **II. STRUČNÝ POPIS POSUZOVANÉHO ZÁMĚRU A ZÁJMOVÉ LOKALITY**

Záměrem projektu je výstavba zařízení na energetické využití komunálních odpadů (ZEVO) v lokalitě Příbram. Vzhledem k posouzení záměru je kalkulováno s jednou linkou o kapacitě 34,4 kt/rok.

Hlavním cílem projektu je diverzifikace stávajících paliv pro účely výroby tepla pro systém centrálního zásobování teplem (CZT) a odklon od skládkování energeticky využitelných odpadů. Instalací ZEVO bude umožněno nakládání s komunálními odpady dle hierarchie nakládání s odpady. Jako palivo pro navrhované ZEVO je uvažován energeticky hodnotný komunální odpad obsahující maximální množství materiálů nevyužitelných odpadů, kdy primární separace materiálů využitelných odpadů probíhá v rámci komunální sféry. V rámci provozu ZEVO není uvažována sekundární separace recyklovatelných odpadů. Svoz odpadů do předmětného zařízení je uvažován převážně v rámci území města Příbram. V případě potřeby je možné tuto zájmovou oblast rozšířit o blízké okolí v návaznosti na vhodnou svozovou vzdálenost. Zpracovávají budou především směsné komunální odpady (SKO), dále objemné odpady (OO) a případně další nerecyklovatelné odpady bez nebezpečných vlastností vhodné k energetickému využití.

Další motivací projektu je zpracování odpadů v místě jejich vzniku, dlouhodobá stabilizace cen a poplatků za odpady pro občany a dále stabilní produkce tepla a stabilizace cen za teplo pro odběratele. Zařízení ZEVO je koncipováno tak, aby produkovaná energie ve formě páry odpovídala parametrům navazujícím na současnou technologii, tedy ZEVO bude produkovat přehřátou páru o tlaku 13 bar(a) a teplotě 250 °C. Výhodou umístění v areálu Energo Příbram je existující infrastruktura a trh s teplem. Napojení zařízení ZEVO na stávající rozvody tepla systému CZT povede ke snížení spotřeby primárních paliv (dřevní štěpky a zemního plynu) nyní využívaných pro výrobu tepla pro potřeby dodávky koncovým odběratelům v síti CZT skrze horkovod a parovod.

Veškeré teplo vyrobené v ZEVO může být zužitkováno v rámci CZT. Minimální předpokládaná roční výroba tepla ze ZEVO je 240 000 GJ. Stávající roční dodávka do CZT je na úrovni 500 000 GJ, a tedy celá výroba tepla ze ZEVO bude uplatněna v CZT.

Kapacita zařízení se posuzovaným záměrem nemění: roční kapacita ZEVO: max 34 400 t/rok, denní kapacita ZEVO: max 99 t/den.

### **Stručný popis záměru**

ZEVO obsahuje následující hlavní součásti:

- Systém příjmu odpadu a přípravy paliva (bunkr)
- Systémy pro manipulaci, úpravu, separaci a homogenizaci odpadu (drtič, separátor kovů, jeřáb)
- Palivový zásobník a dopravní systém (Palivové silo a dopravník)
- Zařízení pro energetické využití odpadu (Kotel)
- Parovodní systém
- Systém čištění spalin (filtr, systémy dávkování činidel, silo popílku)
- Spalinový ventilátor, spalinovod a komín
- Řídicí a monitorovací systém

Dovoz a úprava paliva: Odpad bude přivážen nákladními svozovými vozy, pro které bude vyhrazena vykládací rampa. Odpad bude vyložen do uzavřeného podtlakového odpadového bunkru. Veškeré prostory, ve kterých probíhá vykládka, manipulace, úprava a doprava odpadu jsou koncipovány jako podtlakové, a je tak preventováno šíření zápachu mimo stavební objekt. Podtlak je udržován pomocí ventilátorů, které odsávaný vzduch využívají jako sekundární spalovací vzduch. Drapák na portálovém jeřábu dodává odpad do drtiče. Zařízení je vybaveno systémem předúpravy, který zahrnuje drtič s pásovými dopravníky, magnetickou separaci kovů a sběrací jeřáb.

Drapák zásobuje odpadem drtič. Z drceného odpadu bude extrahován magnetický kov a přemístěn do kontejnerů. Portálový jeřáb bude sloužit k vybírání nežádoucích látek z příchozího odpadu. Drcený odpad po odseparování kovů se stává palivem a vykládá se do palivového zásobníku.

Palivový bunkr a transportní systém paliva: Palivo je přemísťováno z palivového zásobníku pomocí automatického mostového jeřábu a vykládáno do násypky kotle. Palivová směs je přiváděna z násypky do kotle. Zápachu v okolí závodu se zabrání používáním vzduchu z haly bunkrů jako procesního vzduchu pro proces spalování.

**Tepelné zpracování odpadu:** Tepelné zpracování odpadu umožní využít energetický obsah odpadu ve formě užitečného tepla. Spaliny opouštějící vysokoteplotní oxidační komoru jsou vedeny do parního generátoru s rekuperací tepla.

Pomocné hořáky se používají při spouštění, odstavování zařízení a jeden jako záložní hořák, kvůli zajištění potřebné teploty nad 850 °C ve vysokoteplotní oxidační komoře.

**Generátor páry (HRSG):** HRSG je vodotrubný/kouřotvorný kotel s ekonomizérem. Sekce vodotrubného kotle se skládá z trubkových svazků (výparník a přehřívák), které jsou snadno demontovatelné pro servis a údržbu. Systém je vybaven zásobníkem napájecí vody, napájecími čerpadly, systémem doplňovací vody, odkalovacím systémem a zařízením pro čištění teplosměnných ploch (strana spalin) za provozu.

**Systém čištění spalin:** Zařízení je vybaveno systémem suchého čištění spalin umístěným za HRSG. Systém čištění spalin se skládá ze sila s adsorbentem, tkaninového filtru a sila pro ukládání prachu z filtrů. Čištění spalin je založeno na dávkování adsorbentu (vápna a uhlíku) do spalin pro absorpci kyselých složek, adsorpci těžkých kovů, rtuti, TOC a dioxinů. Popílek a adsorbenty se oddělují od spalin ve vakuovém filtru.

Zbytky z filtru se shromažďují na dně filtru a pneumaticky dopravují do sila pro skladování prachu z filtru. Silo je v pravidelných intervalech vyprazdňováno uzavřeným systémem do určených nákladních vozidel k přepravě a likvidaci v souladu se zákonnými předpisy.

**Spalinový ventilátor a odvod spalin:** Spalinový ventilátor je umístěn za každým tkaninovým filtrem a udržují požadovaný tah v kotli a odvádějí spaliny do atmosféry přes nový komín. Část spalin se recykluje do vysokoteplotní oxidační komory pomocí ventilátoru s recirkulací spalin. Předpokládáme komín výšky cca 30 metrů, komín vyšší výšky by byl komplikovaně realizovatelný. Předpokládá se umístění komína bezprostředně u objektu ZEVO na souřadnici N49.698591; E13.996941.

**Ovládací a monitorovací systém:** Zařízení je vybaveno řídicím a monitorovacím systémem, který provádí automatické řízení procesu. Operátoři komunikují s řídicím systémem prostřednictvím rozhraní člověk - stroj (HMI) v řídicí místnosti centrálního velína teplárny Příbram. Uvažované zařízení nebude obsahovat dedikovanou řídicí místnost. HMI zobrazuje všechna důležitá procesní data, včetně emisí spalin. Nezávislý systém nouzového vypnutí (ESD) přebírá kontrolu během nouzových situací a uvádí zařízení do bezpečného stavu, aby nedošlo k ublížení na zdraví, či poškození životního prostředí nebo dané technologie.

### **Popis zájmové lokality**

Záměr je plánován do severozápadní okrajové části Příbrami, do areálu teplárny Energo Příbram s.r.o., na pozemky parc.č. 2960/3; 2960/11; 2960/12; 2960/13; 2960/14; 2960/15; 2960/16; 2960/42; 2960/74 v katastrálním území Příbram.

Nejbližší obytná zástavba se nachází ve vzdálenosti cca 630 m severovýchodně od záměru.

Počet obyvatel města Příbram je 31 651 (ČSÚ, k 1.1.2022).

### **III. ŠKODLIVINY**

#### **III. 1. Výchozí podklady, identifikace škodlivin**

Výchozím podkladem o možných zdrojích znečišťování ovzduší a předpokládané expozici jsou výsledky modelových výpočtů rozptylové studie (Popp, 2023).

Rozptylová studie je zpracována jako příspěvková a hodnotí příspěvek provozu spalovny a dopravy vyvolané provozem záměru k současnému imisnímu zatížení.

Spalovna bude bodovým zdrojem znečišťování ovzduší. Spaliny budou do venkovního ovzduší vypouštěny komínem o výšce 30 m od terénu a průměru 1 metr. Teplota spalin uvažována 140 st. Celsia, množství vzdušiny 26000 m<sup>3</sup>/hodinu za normálních podmínek, provozní hodiny 8000 hodin za rok.

Z provozu spalovny byly uvažovány emise tuhých znečišťujících látek, oxidů dusíku, oxidu siřičitého, oxidu uhelnatého, chlorovodíku, fluorovodíku, celkové množství kadmia a jeho sloučenin (Cd) a celkové množství thalia a jeho sloučenin (Tl), rtuti (Hg), skupiny těžkých kovů (antimonu (Sb), arsenu (As), olova (Pb), chromu (Cr), kobaltu (Co), mědi (Cu), manganu (Mn), niklu (Ni), vanadu (V) a jejich sloučenin), benzenu, benzo(a)pyrenu, polychlorovaných dibenzo-p-dioxinů a dibenzofuranů (PCDD/F) a skupiny těkavých látek.

Doprava související se záměrem bude liniovým zdrojem. Hlavní páteřní trasy vedoucí skrz město Příbram jsou komunikace č. 18 a č. 66. Z hlavní silnice č. 18 do areálu teplárny vede ulice U Lilky, která prochází nerezidenční průmyslovou zónou a má minimální podjezdni výšku 5,1 m. Nepředpokládá se potřeba posilování či budování dedikované dopravní trasy. Železniční spojení existuje, ale nepředpokládá se jeho využití.

Předpokládá se návoz cca 50 svozových nákladních vozidel odpadu za jeden pracovní den (včetně svátků) při průměrné hmotnosti 5 t odpadu na jedno svozové nákladní vozidlo, přičemž v pátek se předpokládá konec návozu do 16:00 a v pondělí začátek návozu od 07:00. Noci (22:00-6:00) a víkendy jsou zcela bez jakéhokoliv dovozu odpadu do areálu.

Předpokládaný rozjezd dopravy je 20 vozů (40 %) po silnici č. 18 z jihozápadního směru (směr Rožmitál pod Třemšínem), 18 vozů (36 %) po silnici č. 66 v jižním směru (směr Milín) a 12 vozů (24 %) po silnici č. 18 ze severovýchodního směru (směr Dubno).

V závěrečném úseku od křižovatky ulice Husova s ulicí U Lilky až k vjezdu do areálu je předpokládáno vedení 100 % dopravy odpadu. V rámci areálu bude závoz probíhat po vnitroareálové komunikaci cca 170 metrů. Transport odpadu v rámci dílčích ulic města je považován za standardní činnost technických služeb provádějících svoz odpadu, která bude probíhat bez ohledu na realizaci záměru.

V rámci areálu nebude s provozem zařízení spjat kontinuální provoz žádných dopravních ani manipulačních prostředků mimo svozové nákladní vozy. Dvakrát týdně proběhne jednorázový odvoz zbytků po spalování a vyřazených odpadů, jedenkrát za dva týdny proběhne odvoz separovaných kovových odpadů (nákladním vozidlem s kontejnerem).

Ze spalování motorové nafty v motorech nákladních vozidlech byly hodnoceny emise znečišťujících látek: benzo(a)pyren, benzen, oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>), suspendované částice frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>.

Emise z dopravy vychází se zadaných intenzit dopravy, délky úseků, roku provozu, rychlostí. Byly vypočteny programovým vybavením MEFA 13 včetně zahrnutí resuspenzí. Do výpočtů byly zahrnuty resuspenze tuhých znečišťujících látek.



Podrobně jsou jednotlivé zdroje i jejich emisní charakteristiky popsány v rozptylové studii.

Dále jsou hodnoceny možné vlivy na zdraví pro obyvatele vyplývající z inhalační expozice škodlivinám a prachu emitovaného v souvislosti s provozem záměru. Na základě předpokládaného emitovaného množství a účinků těchto látek byly vybrány následující modelové látky: *suspendované částice frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, oxid dusičitý, oxid siřičitý, oxid uhelnatý, chlorovodík, fluorovodík, kadmium, rtuť, skupina těžkých kovů (arsen, nikl, olovo), benzen, benzo(a)pyren, polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany (PCDD/F).*

V rozptylové studii byla vyčíslena také suma organických látek vyjádřená jako celkový organický uhlík - TOC. Jedná se o souhrnný ukazatel, heterogenní skupinu látek, jednotlivé zástupce organických látek nelze specifikovat a tím ani vyhodnotit jejich potenciální vliv na zdraví obyvatel.

### **III. 2. Stávající imisní situace**

Situaci popisuje odborný odhad větrné růžice zpracovaný ČHMÚ Praha. Větrná růžice udává četnost směrů větrů ve výšce 10 m nad terénem pro pět tříd stability přízemní vrstvy atmosféry (charakterizované vertikálním teplotním gradientem) a tři třídy rychlosti větru.

Z větrné růžice vyplývá, že největší četnost výskytu má západní vítr s 21,79 % a jihozápadní vítr s 20,28 %. Četnost výskytu bezvětří je 2,12 %.

Vítr o rychlosti do 2,5 m/s se vyskytuje v 68,94 % případů, vítr o rychlosti od 2,5 do 7,5 m/s lze očekávat v 30,29 % a rychlost větru nad 7,5 m/s se vyskytuje v 0,77 %.

Stávající imisní situace je důsledkem provozu automobilové dopravy na komunikacích, působení místních zdrojů a dálkových přenosů znečišťujících látek z jiných zdrojů (nacházejících se mimo posuzované území).

Pro hodnocení dlouhodobé úrovně znečištění v předmětné lokalitě lze vycházet z map úrovně znečištění konstruovaných v síti 1x1 km (zveřejněných Českým hydrometeorologickým ústavem). Hodnoty představují klouzavý průměr koncentrace pro hodnocené znečišťující látky za 5 kalendářních let (dostupné pro období 2017 – 2021). V následující tabulce jsou shrnuty rozsahy imisních koncentrací v širším území pro oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>), oxid siřičitý, suspendované částice frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, benzen, benzo(a)pyren, těžké kovy.

**Tabulka č. 1:** Pětileté průměry znečišťujících látek v širším území (období 2017 - 2021)

Číslo čtvrce	NO <sub>2</sub> rok [μg/m <sup>3</sup> ]	benzen rok [μg/m <sup>3</sup> ]	BaP rok [ng/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>10</sub> rok [μg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>2,5</sub> rok [μg/m <sup>3</sup> ]	As rok [ng/m <sup>3</sup> ]	Cd rok [ng/m <sup>3</sup> ]	Ni rok [ng/m <sup>3</sup> ]	Pb rok [ng/m <sup>3</sup> ]	SO <sub>2</sub> 24hod [μg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>10</sub> 36 MV [μg/m <sup>3</sup> ]
426506	12,1	0,9	0,8	18,2	13,3	1,3	0,3	0,6	21,5	11	32
427506	12,6	0,9	0,9	18,1	13,3	1,3	0,3	0,6	21,6	11	31
428506	12,9	0,9	0,8	18,3	13,4	1,3	0,3	0,6	21,5	11	32
429506	11,8	0,9	0,7	17,4	12,6	1,3	0,3	0,6	21,3	11	30
426507	7,1	0,7	0,6	18	13,2	1,1	0,3	0,5	13,8	11	32
427507	9,9	0,8	0,7	17,9	13,1	1,2	0,3	0,6	17,2	11	31
428507	13,2	0,9	0,7	18,5	13,5	1,3	0,3	0,6	21,1	11	32
429507	11,4	0,8	0,7	17,6	12,8	1,2	0,3	0,6	19,2	11	30
426508	7,2	0,7	0,7	18,8	14,9	1,1	0,3	0,5	13,5	11	33

Číslo čtvrce	NO <sub>2</sub> rok [μg/m <sup>3</sup> ]	benzen rok [μg/m <sup>3</sup> ]	BaP rok [ng/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>10</sub> rok [μg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>2,5</sub> rok [μg/m <sup>3</sup> ]	As rok [ng/m <sup>3</sup> ]	Cd rok [ng/m <sup>3</sup> ]	Ni rok [ng/m <sup>3</sup> ]	Pb rok [ng/m <sup>3</sup> ]	SO <sub>2</sub> 24hod [μg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>10</sub> 36 MV [μg/m <sup>3</sup> ]
427508	7,6	0,7	0,7	18,4	13,7	1,1	0,3	0,5	13,5	11	32
428508	8	0,7	0,7	18,4	13,4	1,1	0,3	0,5	13,4	11	31
429508	7,7	0,7	0,6	17,7	12,9	1	0,3	0,5	13,3	11	30
426509	7,4	0,7	0,8	18,9	13,9	1,2	0,3	0,5	13,3	11	33
427509	7,3	0,7	0,7	18,5	13,6	1,1	0,3	0,5	13,1	11	32
428509	7,4	0,7	0,6	18,3	13,3	1,1	0,3	0,5	13	11	31
429509	7,6	0,7	0,7	18	13,1	1,1	0,3	0,5	13,3	10	31
minimum	7,1	0,7	0,6	17,4	12,6	1	0,3	0,5	13	10	30
maximum	13,2	0,9	0,9	18,9	14,9	1,3	0,3	0,6	21,6	11	33
imisní limit	40	5	1	40	20	6	5	20	500	125	50

Vysvětlivky:

36 MV - 36. nejvyšší hodnota 24hod. průměrné koncentrace v kalendářním roce [μg/m<sup>3</sup>]

BaP – benzo(a)pyren

Na základě výše uvedených údajů, nebyl v posuzovaném území na základě map úrovní znečištění u zvolených látek překročen imisní limit dle § 11 odst. 5 zákona č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší, v platném znění.

Měření imisních koncentrací přímo v posuzované lokalitě se neprovádí.

### **III. 3. Charakterizace nebezpečnosti**

Tuhé znečišťující látky představují směs látek. K jejich popisu se používá více pojmů (např. suspendované částice, prašný aerosol, polévaté částice). Dle velikosti částic můžeme suspendované částice rozdělit na frakci PM<sub>10</sub> (frakce částic s aerodynamickým průměrem do 10 μm) a frakci PM<sub>2,5</sub> (frakce částic s aerodynamickým průměrem do 2,5 μm).

Podle Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí je zátěž ovzduší aerosolovými částicemi v monitorovaných sídlech významně ovlivňována meteorologickými podmínkami. Zvýšená dlouhodobá expozice suspendovaným částicím ve městech má plošný charakter. Majoritním zdrojem znečištění ovzduší ve městech a městských aglomeracích je doprava - oproti emisím z dalších typů zdrojů (teplárny, výtopy a domácí vytápění). Je zřejmá přímá závislost na intenzitě dopravy, kdy se emise z liniového zdroje/zdrojů přičítají k městskému pozadí ovlivňovanému lokálními malými zdroji - topeništi. Specifickou a významně vyšší zůstává zátěž v průmyslových lokalitách na Ostravsku, kde je obvyklá kombinace hlavních typů zdrojů (doprava a lokální zdroje) doplněna o vliv významných průmyslových zdrojů. Nezanedbatelný význam zde má dálkový a přeshraniční transport.

Hodnoty ročního aritmetického průměru měřené na pozadových stanicích ČHMÚ byly v rozmezí 7 až 13 μg/m<sup>3</sup>. Překročení denního imisního limitu (50 μg/m<sup>3</sup>) přitom bylo naměřeno i na pozadových stanicích nebo stanicích hodnotitelných jako pozadí (SZÚ, 2022).

Roční střední hodnota se ve všech krajích, kromě moravsko-slezského, v dopravou nezátížených lokalitách pohybovala v rozsahu od 12,9 do 23,6 μg/m<sup>3</sup>. V dopravně zatížených lokalitách byly roční průměry, v závislosti na intenzitě dopravy, od 15,1 do 25,0 μg/m<sup>3</sup>. V

oblastech s průmyslovou zátěží byly naměřeny roční průměry v rozmezí od 17,8 do 25,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V moravsko-slezském kraji byly roční aritmetické průměry  $\text{PM}_{10}$  v ovzduší v průměru o přibližně 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$  vyšší než v ostatních regionech. Hodnota ročního průměru nepřekročila v roce 2021 imisní limit 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  na žádné stanici.

Druhé kritérium překročení imisního limitu (tj. více než 35 překročení 24 hod. limitu 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{kalendářní rok}$ ) bylo v roce 2021 naplněno na 4 (3,2 %) ze 126 hodnocených měřicích stanic. 24hodinový imisní limit (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nebyl překročen na některých pozadových stanicích a také na 8 městských stanicích; ve všech ostatních monitorovaných lokalitách byl minimálně jednou překročen.

Pouze na pěti stanicích (cca 4 %), včetně pozadových nebyla v roce 2021 překročena hodnota doporučení WHO (45  $\mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{hodin}$ ) (SZÚ, 2022).

Hodnocení výsledků měření **suspendovaných částic frakce  $\text{PM}_{2,5}$**  vychází z dat 79 stanic v 53 sídlech. Průměrné roční hmotnostní koncentrace se v jednotlivých městech pohybovaly od 9 do 26,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hodnota ročního imisního limitu 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  byla překročena na 8 stanicích v Moravsko-slezském kraji. Roční průměr na pozadové stanici v Košeticích byl 9,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (SZÚ, 2022).

Podíl suspendovaných částic frakce  $\text{PM}_{2,5}$  ve frakci  $\text{PM}_{10}$  vypočítaný z hodnot souběžně měřených stanicích se pohybuje od 0,55 po 0,84. Průměrná hodnota se dlouhodobě pohybuje na úrovni 75 %, v roce 2021 byla 0,73 (0,71 v roce 2020). Vyšší podíl je zjišťován v zimních měsících nebo například za smogových situací. Pouze na třech z do hodnocení zahrnutých městských stanic nebylo překročeno 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ročního průměru (dvojnásobek teoretické nejnižší rizikové expozice AQG podle WHO).

Průběh hodnot, zvláště v období února 2021, byl v oblastech s extenzivní dopravní zátěží nebo s vyšší hustotou lokálních topenišť pravděpodobně ovlivněn opatřeními nouzového stavu vyhlášenými v rámci pandemie SARS-CoV-2 (SZÚ, 2022).

Z měření vnitřního prostředí bytů (SZÚ, 2004) z období červen 2003 až únor 2004 vyplývá, že u suspendovaných částic frakce  $\text{PM}_{10}$  se průměrné hodnoty koncentrací v obytných prostorách pohybují na hranici 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , v závislosti na životním stylu a dalších okolnostech však mohou být v bytech naměřeny i významně vyšší hodnoty (např. při kouření cigaret).

Prašný aerosol může mít rozmanité rizikové vlastnosti, v reálných podmínkách působí jako součást komplexní směsi znečišťujících látek v ovzduší s různými účinky. Na tuhé částice se mohou adsorbovat některé reaktivní komponenty (např. polycyklické aromatické uhlovodíky, těžké kovy, aj.).

Důležitým parametrem tuhých částic je (z hlediska průniku a depozice v dýchacím systému) jejich velikost. Tzv.  $\text{PM}_{10}$  je torakální frakce s aerodynamickým průměrem částic do 10  $\mu\text{m}$ , která proniká do spodních dýchacích cest a  $\text{PM}_{2,5}$  zahrnuje jemnější respirabilní podíl s aerodynamickým průměrem do 2,5  $\mu\text{m}$  pronikající až do plicních sklípků.

Jemná frakce částic do 2,5  $\mu\text{m}$  je do značné míry rozpustná, má často kyselý charakter a obsahuje sekundárně vzniklé aerosoly (kondenzáty plynů, částice ze spalování fosilních paliv a pohonných hmot, kondenzované organické či kovové páry). Dále mohou obsahovat těžké kovy či uhlíkaté látky a jejich soli (především sulfáty a nitráty).

Jemné částice jsou transportovány do velkých vzdáleností (až několik stovek kilometrů) od zdroje těchto látek a snadno pronikají do vnitřního prostředí budov. Hrubší částice bývají zásaditého charakteru, méně rozpustné. Vzhledem k velikosti částic poměrně rychle sedimentují a jsou transportovány asi do vzdálenosti několika kilometrů. Vznikají např. během

zemních prací při stavbách, při demolicích objektů, těžbě zemních hmot, v důsledku sekundární prašnosti při dopravě na nezpevněných a prašných cestách apod.

Prašný aerosol může způsobovat podráždění sliznice a negativně ovlivňovat funkci i kvalitu řasinkového epitelu v horních cestách dýchacích, snižovat samočistící schopnosti a obranyschopnost dýchacího systému a tím vyvolat vhodné podmínky pro vznik bakteriálních či virových respiračních infekcí. Krátkodobé zvýšení denních koncentrací suspendovaných částic frakce PM<sub>10</sub> se podílí na nárůstu celkové nemocnosti i úmrtnosti (zejména na onemocnění srdce a cév) a kojenecké úmrtnosti. Bylo zaznamenáno zvýšení respiračních symptomů jako výskytu kašle a ztíženého dýchání, změny plicních funkcí.

Akutní zánětlivé změny mohou přejít do chronické fáze za vzniku chronické bronchitidy s následným postižením oběhového systému. Citlivými skupinami populace jsou zejména děti, staří lidé a lidé s dýchacími obtížemi a onemocněním cévního systému, kuřáci, aj.

Dlouhodobě zvýšené koncentrace mohou způsobit snížení plicních funkcí u dospělé i dětské části populace, zvýšení nemocnosti na onemocnění dýchacího systému a výskyt symptomů chronického zánětu průdušek. Také mohou mít za následek zkrácení délky života zejména z důvodu vyšší úmrtnosti na onemocnění související se srdcem a cévním systémem (především u starých a nemocných osob) a respirační nemoci včetně rakoviny plic.

U současného působení částic prašného aerosolu a SO<sub>2</sub> se předpokládá vzájemně potencující účinek. V mnoha epidemiologických studiích byl potvrzen vztah mezi výší prašného aerosolu a koncentrací oxidu siřičitého a snížením plicních funkcí, zvýšením výskytu respiračních onemocnění a předčasně úmrtnosti u starých lidí a chronicky nemocných jedinců.

Prašný aerosol má účinky, které nelze přesně specifikovat a popsat, u této škodliviny nebyly stanoveny referenční dávky a koncentrace. Dle WHO nelze na základě stávajících znalostí stanovit bezpečnou prahovou koncentraci v ovzduší. Citlivost jedinců v populaci vykazuje velkou variabilitu.

V roce 2005 WHO stanovila směrné hodnoty a přechodné (prozatímní) cíle (IT-1, IT-2, IT-3). Směrná hodnota *Air Quality Guidelines (WHO, 2005)* byla stanovena u průměrných ročních koncentrací suspendovaných částic v úrovni 20 µg/m<sup>3</sup> pro frakci PM<sub>10</sub> a 10 µg/m<sup>3</sup> pro PM<sub>2,5</sub>. Pro maximální denní imise činila směrníková hodnota 50 µg/m<sup>3</sup> pro frakci PM<sub>10</sub>, resp. 25 µg/m<sup>3</sup> pro PM<sub>2,5</sub> (jako 99 percentil).

Vztahy expozice a účinku zohledňující průměrný výskyt hodnocených zdravotních ukazatelů publikované v rámci programu WHO CAFE - *Clean Air for Europe (Hurley, 2005)* byly v roce 2013 aktualizovány ve výstupech projektu WHO (2013) s názvem HRAPIE - *Health risks of air pollution in Europe*.

Jako ukazatel expozice jsou používány průměrné roční koncentrace PM<sub>2,5</sub> nebo PM<sub>10</sub>, s tím, že se předpokládá, že je tak zohledněna i větší část účinků krátkodobých výkyvů imisních koncentrací i účinků některých souběžně působících plynných škodlivin (zejména oxidu dusičitého). Vztahy jsou vyjádřeny pomocí relativního rizika (RR), které odpovídá expozici 10 µg/m<sup>3</sup> průměrné roční koncentrace PM<sub>10</sub>, resp. PM<sub>2,5</sub>.

Relativní riziko úmrtnosti u exponovaných dospělých osob (nad 30 let) v závislosti na zvýšení průměrných ročních koncentrací frakce PM<sub>2,5</sub> o 10 µg/m<sup>3</sup> bylo vyčísleno ve výši 1,062 (95 % CI 1,040 - 1,083), tj. zvýšení celkové úmrtnosti o 6,2 %.

Podle aktualizovaných pokynů (WHO, 2021) je relativní riziko 1,08 (95% CI: 1,06 - 1,09) na 10 µg/m<sup>3</sup>, tj. nárůst průměrné roční koncentrace frakce suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> o 10 µg/m<sup>3</sup> zvyšuje celkovou úmrtnost exponované populace nad 30 let o 8 %.

Níže jsou pro doplnění uvedeny vybrané vztahy (WHO, 2013) pro ukazatele účinků dlouhodobé expozice znečištění ovzduší (incidence (nové případy) chronické bronchitidy u dospělé populace, prevalence bronchitidy u dětí) a pro ukazatele krátkodobých výkyvů expozice (hospitalizace pro kardiovaskulární a respirační onemocnění, dny s omezenou aktivitou ze zdravotních důvodů (RADs) a incidence astmatických symptomů u astmatických dětí).

Pro frakci PM<sub>2,5</sub> byly vyčísleny hodnoty relativního rizika u následujících ukazatelů:

- hospitalizace pro kardiovaskulární onemocnění: RR 1,0091 (95% CI 1,0017-1,0166),
- hospitalizace pro respirační onemocnění: RR 1,019 (95% CI 0,9982-1,0402),
- dny s omezenou aktivitou (RADs) vztažené na celou populaci: RR 1,047 (95% CI 1,042-1,053).

Pro frakci PM<sub>10</sub> byly uvedeny následující hodnoty relativního rizika u vybraných ukazatelů:

- incidence chronické bronchitidy u dospělých (osoby starší 18 let): RR 1,117 (95% CI 1,040-1,189),
- prevalence bronchitidy u dětí ve věku 6 až 12 let: RR 1,08 (95% CI 0,98-1,19),
- incidence astmatických symptomů u astmatických dětí ve věku 5 až 19 let: RR 1,028 (95% CI 1,006-1,051).

Na základě studia působení znečišťujících látek na zdraví došlo v rámci Globálních pokynů WHO pro kvalitu ovzduší v Evropě v září roku 2021 (WHO, 2021) k přehodnocení výše uvedených směrných koncentrací. Prioritní znečišťující látkou je prашný aerosol frakce PM<sub>2,5</sub>, postihuje více lidí než jiné znečišťující látky a má zdravotní dopady i při velmi nízkých koncentracích. Má schopnost pronikat přes plicní bariéru a vstupovat do krevního systému s následnými možnými zdravotními účinky (zvýšením výskytu respiračních, kardiovaskulárních a karcinogenních onemocnění).

Pro roční průměrné koncentrace PM<sub>2,5</sub> byla stanovena cílová hodnota 5 µg/m<sup>3</sup>, pro 24hodinové průměrné expozice 15 µg/m<sup>3</sup>. Byly stanoveny průběžné cíle na podporu plánování postupných milníků směrem k čistšímu ovzduší, zejména pro města, regiony a země, které se potýkají s vysokou úrovní znečištění ovzduší. Pro PM<sub>2,5</sub> to jsou: průběžný cíl 1 - 35 µg/m<sup>3</sup> roční průměr, 75 µg/m<sup>3</sup> 24hodinový průměr; cíl 2 - 25 µg/m<sup>3</sup> roční průměr, 50 µg/m<sup>3</sup> 24hodinový průměr; cíl 3 - 15 µg/m<sup>3</sup> roční průměr, 37,5 µg/m<sup>3</sup> 24hodinový průměr; cíl 4 - 10 µg/m<sup>3</sup> roční průměr, 25 µg/m<sup>3</sup> 24hodinový průměr.

Aktualizované doporučené směrné úrovně pro suspendované částice frakce PM<sub>10</sub> jsou 15 µg/m<sup>3</sup> roční průměr, 45 µg/m<sup>3</sup> 24hodinový průměr (WHO, 2021). Průběžné cíle jsou: cíl 1 - 70 µg/m<sup>3</sup> roční průměr, 150 µg/m<sup>3</sup> 24hodinový průměr; cíl 2 - 50 µg/m<sup>3</sup> roční průměr, 100 µg/m<sup>3</sup> 24hodinový průměr; cíl 3 - 30 µg/m<sup>3</sup> roční průměr, 75 µg/m<sup>3</sup> 24hodinový průměr; cíl 4 - 20 µg/m<sup>3</sup> roční průměr, 50 µg/m<sup>3</sup> 24hodinový průměr.

V roce 2013 zařadila Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC - *International Agency for Research of Cancer*) směs látek působících znečištění venkovního ovzduší mezi lidské karcinogeny skupiny 1 s dostatečně prokázanými účinky expozice znečištěnému ovzduší pro vznik rakoviny plic. Aerosolové částice PM tvořící hlavní součást znečištění venkovního ovzduší, byly také zařazeny mezi prokázané lidské karcinogeny skupiny 1.

V zákoně 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, je stanoven imisní limit pro suspendované částice PM<sub>10</sub> v úrovni 40 µg/m<sup>3</sup> - roční průměrná koncentrace a hodnota 50 µg/m<sup>3</sup> pro 24 hod.(ta nesmí být překročena více jak 35krát za rok). Imisní limit - roční průměrná koncentrace pro suspendované částice PM<sub>2,5</sub> je 20 µg/m<sup>3</sup>.

## **OXIDY DUSÍKU, OXID DUSIČITÝ**

Jako oxidy dusíku se označuje směs vyšších oxidů dusíku, zejména oxidu dusnatého a dusičitého, přičemž za normálních teplot oxid dusičitý ve volné atmosféře převažuje. V rámci spalovacích procesů je převážně emitován oxid dusnatý (NO), který se oxiduje na oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>). Z hlediska toxicity a účinků na lidské zdraví je z této skupiny látek nejvýznamnější oxid dusičitý.

**Oxid dusičitý - NO<sub>2</sub> (CAS 10102-44-0)**

Fyzikální údaje: Červenohnědý, štiplavě páchnoucí, silně oxidující, ve vodě rozpustný, nehořlavý plyn;

Molární hmotnost: 46,01 kg/kmol (1 mg/l = 532 ppm; 1 ppm = 1,88 mg/m<sup>3</sup>),  
bod varu: 21,15 °C, bod tání: -10,2 °C.

V rámci Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí bylo zjištěno, že shodně s oxidem dusnatým i u oxidu dusičitého jsou vyšší měřené hodnoty primárně svázány s dopravou jako majoritním zdrojem a zvláště v městských celcích, kde se doprava kombinuje s dalšími zdroji (teplárny, výtopny a domácí vytápění), má znečištění ovzduší oxidem dusičitým v podstatě plošný charakter.

Imisní charakteristiky NO<sub>2</sub> byly hodnoceny na celkem 72 stanicích ve 44 městech a v 9 pražských částech. Shodně s oxidem dusnatým i u oxidu dusičitého jsou vyšší měřené hodnoty primárně svázány s dopravou jako majoritním zdrojem a zvláště v městských celcích, kde se doprava kombinuje s dalšími zdroji (CZT, výtopny a domácí vytápění), má znečištění ovzduší oxidem dusičitým v podstatě plošný charakter. Zřejmě je to především v pražské aglomeraci, kde se hodnota ročního aritmetického průměru 38 µg/m<sup>3</sup> u jedné stanice (Praha 2 – Legerova) blížila limitní hodnotě (40 µg/m<sup>3</sup>). Limitní hodnota ale nebyla v roce 2021 překročena na žádné stanici. Roční průměr nad 25 µg/m<sup>3</sup> byl mimo Prahu a Brno naměřen také v Ústí nad Labem – 29,6 µg/m<sup>3</sup> a v Ostravě – 30,7 µg/m<sup>3</sup> (SZÚ, 2022).

Na pozadových stanicích koncentrace NO<sub>2</sub> v ČR dlouhodobě nepřekračují 6 µg/m<sup>3</sup>; nejvyšší hodnota byla naměřena na Červené Hoře, a to 4,7 µg/m<sup>3</sup>.

Střední roční hodnota se, v závislosti na intenzitě okolní dopravy, pohybovala v rozsahu od 11 µg/m<sup>3</sup> na venkovských nezatížených lokalitách, přes 14 µg/m<sup>3</sup> u městských nezatížených stanic, až k 21 µg/m<sup>3</sup> ročního průměru v dopravně velmi významně exponovaných lokalitách. Odhad roční střední hodnoty v dopravou a průmyslem méně zatížených lokalitách pro rok 2021 je 15 µg/m<sup>3</sup>/rok (SZÚ, 2022).

Roční průměr na žádné stanici nepřekročil imisní limit. Na žádné ze stanic také nebylo překročeno 200 µg/m<sup>3</sup>/hod.

Roční hodnota AQG – 10 µg/m<sup>3</sup> stanovená WHO (WHO, 2021) byla v roce 2021 překročena na 58 stanicích (cca 90%), denní cílová hodnota AQG – 25 µg/m<sup>3</sup> byla alespoň jednou překročena na 62 (97 %) městských stanicích mimo stanici v Rožďalovicích a v Prachaticích (SZÚ, 2022).

Průběh hodnot, zvláště v únoru 2021, byl v oblastech s extenzivní dopravní zátěží nebo s vyšší hustotou lokálních topenišť pravděpodobně ovlivněn opatřeními nouzového stavu vyhlášenými v rámci pandemie SARS-CoV-2.

Cestou vstupu NO<sub>2</sub> do organismu jsou dýchací cesty. Při inhalaci může být absorbováno 80–90 % NO<sub>2</sub>, z toho významná část v nosohltanu. Oxid dusičitý dráždí a ovlivňuje dýchací funkce a snižuje odolnost dýchacích cest a plic a zvyšuje riziko výskytu respiračních onemocnění a astmatických záchvatů.

Expozice oxidu dusičitému zřejmě souvisí i se zvýšením celkové, kardiovaskulární i respirační nemocnosti a úmrtnosti. Působení této látky na zdraví lidí je ale obtížné oddělit od účinků

dalších současně působících látek. Nelze proto jasně stanovit, zda pozorované zdravotní účinky jsou důsledkem nezávislého vlivu oxidu dusičitého nebo spíše působením celé směsi látek (prašného aerosolu, ozónu uhlovodíků, a dalších látek).

Chronické působení může vyvolat vznik chronického zánětu spojivek, nosohltanu a průdušek. Střednědobé a dlouhodobé studie zvířat kromě toho ukazují významné morfologické, biochemické a imunologické změny.

Hlavním účinkem krátkodobého působení vysokých koncentrací oxidu dusičitého je nárůst reaktivity dýchacích cest. Expozice vyšším hodnotám oxidu dusičitého může zejména u dětí zvýšit riziko respiračních onemocnění v důsledku snížené obranyschopnosti vůči infekci a snížení plicních funkcí.

WHO (2005) uvedlo doporučenou hodnotu pro průměrnou roční imisní koncentraci v úrovni  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pro hodinovou maximální koncentraci byla publikována hodnota  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , která byla odvozena na základě působení na změny reaktivity u nejcitlivějších astmatiků.

Pro roční průměrnou koncentraci byla v září 2021 aktualizovaná doporučená cílová směrná hodnota a to v úrovni  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , průběžné cíle jsou: cíl 1 -  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; cíl 2 -  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; cíl 3 -  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Směrná hodnota byla změněna na základě nových studií, které poskytly další podporu pro souvislosti mezi dlouhodobými koncentracemi oxidu dusičitého a celkovou a respirační mortalitou (WHO, 2021).

Nově je stanovena také hodnota pro 24hodinový průměr v úrovni  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , průběžné cíle jsou: cíl 1 -  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; cíl 2 -  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Hodnota pro hodinový průměr, zůstává stejná s předchozím doporučením -  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (WHO, 2021).

V zákoně 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, je stanoven imisní limit v úrovni  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  - roční průměrná koncentrace a hodnota  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  jako hodinová koncentrace (ta nesmí být překročena více jak 18krát za rok).

### **OXID UHELNATÝ - CO (CAS 630-08-0)**

Fyzikální údaje: bezbarvý plyn bez zápachu a bez chuti, lehčí než vzduch, málo rozpustný ve vodě, rozpustný v ethanolu, methanolu a v ostatních organických rozpouštědlech.

Molární hmotnost:  $28,01 \text{ kg}/\text{kmol}$  ( $1 \text{ mg}/\text{m}^3 = 0,873 \text{ ppm}$ ;  $1 \text{ ppm} = 1,145 \text{ mg}/\text{m}^3$ ),  
bod varu:  $-191,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , bod tání:  $-205 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Největším emisním zdrojem oxidu uhelnatého je nedokonalé spalování, např. v automobilech, v průmyslu, v teplárnách a ve spalovnách. Dále vzniká v některých průmyslových a biologických procesech.

Globální koncentrace přírodního pozadí oxidu uhelnatého v ovzduší jsou v rozsahu 0,05 až 0,12 ppm - tj. 0,06 až 0,14  $\text{mg}/\text{m}^3$  (WHO, 2000). Koncentrace oxidu uhelnatého v ovzduší v městských oblastech závisí na intenzitě dopravy a na meteorologických podmínkách; mění se v závislosti na čase a na vzdálenosti od emisních zdrojů. Průměrná osmihodinová koncentrace bývá obvykle nižší než 17 ppm - tj. 20  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Příležitostně však byly zaznamenány maximální průměrné osmihodinové koncentrace až 53 ppm - tj. 60  $\text{mg}/\text{m}^3$  (WHO, 2000).

Oxid uhelnatý vzniká hojně v interiérech ve spalovacích zařízeních bez odtahu a s omezeným přístupem vzduchu, zejména pokud se tato zařízení používají v málo větraných místnostech. Koncentrace v kuchyních se nejčastěji pohybovaly až do 53 ppm - tj. 60  $\text{mg}/\text{m}^3$  (WHO, 2000). Důležitým zdrojem znečištění vnitřního ovzduší oxidem uhelnatým může být kouření tabáku.

Imisní charakteristiky CO byly v roce 2021 hodnoceny na 12 stanicích. Roční průměr CO na pozadové stanici v Košeticích (JKOS) byl  $236 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ . Nejvyšší roční aritmetické průměry - nad  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  - byly naměřeny na dopravních „hot spot“ stanicích v Praze 2 Legerova (ALEG), v Ústí nad Labem Všebořická (UULD) a na stanici v Ostravě na Českobratrské (TOCB). Jednoznačnost vazby vyšších měřených hodnot na lokality zatížené dopravou dokládá i skutečnost, že 24 hodinové hodnoty překračující  $1\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se objevují výjimečně, a to v jednotkách za rok a většinou pouze na dopravně extrémně zatížených stanicích - dopravních „hot-spotech“ (SZÚ, 2021).

Imisní limit nebyl v roce 2021 na žádné stanici překročen. V případě CO jsou roční průměry z měřicích stanic přibližně na 10 % hodnoty AQG stanovené WHO pro 8 hodinový klouzavý průměr (SZÚ, 2021).

Oxid uhelnatý neproniká pokožkou, jedinou významnou expoziční cestou je inhalace. Reaguje s železem protohemu hemoglobinu za vzniku karboxyhemoglobinu (COHb). Afinita hemoglobinu k oxidu uhelnatému je vyšší než ke kyslíku. Oxid uhelnatý tvorbou karboxyhemoglobinu blokuje krevní barvivo a tím vyvolává dušení. Po dosažení ustáleného stavu je rozdělení oxidu uhelnatého určeno parciálním tlakem kyslíku a oxidu uhelnatého v orgánech a tkáních a rovněž různou afinitou ve vztahu k množství jednotlivých hemoproteinů.

Oxid uhelnatý je toxický. Hypoxie způsobená expozicí vysokým koncentracím oxidu uhelnatého vede k nedostatečné funkci citlivých orgánů a tkání, (mozek, srdce, aj.). V souvislosti s expozicí oxidu uhelnatému byly popsány také účinky neurologické a perinatální.

Při úrovních expozice oxidu uhelnatému ve venkovním prostředí se mohou projevit kardiovaskulární účinky (např. zhoršení symptomů anginy pectoris během fyzické zátěže). Za rizikovou skupinu jsou osoby s chronickou anginou pectoris. Dále je možné za citlivé skupiny populace považovat i těhotné ženy a malé děti, staré osoby, jedince s nemocemi dýchacího ústrojí a srdce, nemocné hematologickými chorobami (např. anemií), které snižují schopnost krve přenášet kyslík, osoby vystavené vysokým hladinám oxidu uhelnatého (např. při profesionální expozici).

Dle WHO (WHO, 2000) se u zdravých osob pohybují hladiny endogenní koncentrace karboxyhemoglobinu v krvi 0,4–1,5 %. Během těhotenství se endogenní produkcí zvyšují hladiny karboxyhemoglobinu na 0,7–2,5%. U obecné populace nekuřáků jsou vzhledem k endogenní produkci a environmentální expozici průměrné koncentrace karboxyhemoglobinu okolo 0,5–1,5 %. Mezi pravděpodobně zvláště exponované osoby patří řidiči, dopravní nebo hlídkující policisté, zaměstnanci garáží, pracující v tunelech, požárníci, u kterých se mohou hladiny karboxyhemoglobinu pohybovat až do 5 %, u těžkých kuřáků cigaret pak až do 10%.

K ochraně nekuřácké populace, skupin osob ve středním věku a starších osob s latentními nebo dokumentovanými kardiovaskulárními příznaky a pro ochranu plodu u těhotných žen - nekuřáček by neměly koncentrace karboxyhemoglobinu v krvi překročit hladinu 2,5 %.

WHO navrhla následující směrné hodnoty pro časově vážené průměrné expozice tak, aby koncentrace karboxyhemoglobinu nepřesahovaly u nekuřáků 2,5%: koncentrace  $100 \text{ mg}/\text{m}^3$  (90 ppm) pro 15 minut, koncentrace  $60 \text{ mg}/\text{m}^3$  (50 ppm) pro 30 minut, koncentrace  $30 \text{ mg}/\text{m}^3$  (25 ppm) pro 60 minut, koncentrace  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  (10 ppm) pro 8 hodin.

V zákoně 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, je stanoven imisní limit v úrovni  $10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – jako maximální 8 hod. klouzavý průměr.



## **OXID SIŘIČITÝ - SO<sub>2</sub>** (CAS 7446-09-5)

Fyzikální údaje: Bezbarvý, reaktivní, nehořlavý plyn charakteristického zápachu, reagující na povrchu tuhých látek a suspendovaných částic, snadno rozpustný ve vodě, může být oxidován uvnitř vodních kapiček rozptýlených v ovzduší

Molární hmotnost: 64,06 kg/kmol (1 mg/l = 382 ppm; 1 ppm = 2,62 mg/m<sup>3</sup>),  
bod varu: -10 °C, bod tání: -75,5 °C.

Zdrojem oxidu siřičitého a suspendovaných částic jsou především spalovací procesy. Oxid siřičitý je dále v ovzduší oxidován na oxid sírový. Ve vlhkém vzduchu se tvoří kyselina sírová ve formě aerosolu, často spolu s dalšími polutanty v kapičkách či tuhých částicích.

Úrovně imisních koncentrací oxidu siřičitého ve venkovním prostředí České republiky sledované v roce 2021 celkem na 44 stanicích dlouhodobě potvrzují stabilizovaný stav (SZÚ, 2022).

Roční aritmetické průměry se na městských stanicích pohybovaly v rozmezí 2,1 až 8,6 µg/m<sup>3</sup>, na republikových pozadových stanicích pak v rozmezí 1,1 – 2,2 µg/m<sup>3</sup>, odhad střední hodnoty pro nezatížené městské lokality je 3,9 µg/m<sup>3</sup>. Nejvyšší hodnota ročního průměru byla zjištěna v Moravskoslezském kraji, a to na stanici v Českém Těšíně (TCTN) – 8,6 µg/m<sup>3</sup>.

Na žádné ze stanic nebyl překročen 24hodinový imisní limit 125 µg/m<sup>3</sup> a nebyla překročena ani hodnota hodinového imisního limitu 350 µg/m<sup>3</sup>. Na druhou stranu hodnota AQG WHO 40 µg/m<sup>3</sup>/24 hodin byla v roce překročena na pěti stanicích celkem 13x.

Průběh hodnot, zvláště v únoru 2021, byl v oblastech s vyšší hustotou lokálních topenišť pravděpodobně ovlivněn opatřeními nouzového stavu vyhlášenými v rámci pandemie SARS-CoV-2 (SZÚ, 2022).

Koncentrace oxidu siřičitého uvnitř budov jsou na rozdíl od oxidů dusíku obvykle významně nižší, než ve venkovním ovzduší. Důvodem je rychlá reakce a absorpce SO<sub>2</sub> na povrchu stěn, nábytku, oděvu a ve větracích systémech.

Cestou expozice z hlediska účinků oxidu siřičitého (kyselých aerosolů i suspendovaných částic) na lidské zdraví je inhalace.

Oxid siřičitý působí na sliznici dýchacích cest dráždivým účinkem. V důsledku vysoké reaktivity a rozpustnosti ve vodném prostředí po vdechnutí do vlhkých dýchacích cest přijme oxid siřičitý vodní páru a deponuje se formě zředěných kapiček. Absorbuje se na povrchu nosní sliznice a sliznice horních cest dýchacích a jeho penetrace do dolních partií dýchacích cest a plic je zanedbatelná. Do plicních sklípků se může dostat absorbovaný na povrchu jemných částic. Z dýchacích cest se vstřebává do krve. Vylučování se děje hlavně močí po biotransformaci na sírany, k níž dochází v játrech.

Ve studiích prováděných na zvířatech byly při expozicích SO<sub>2</sub> pozorovány dráždivé účinky a posléze změna rychlosti clearance, zvýšený počet sekrečních buněk, zesílení vrstvy epiteliálních buněk dýchacích cest aj. V klinických studiích byl u osob exponovaných SO<sub>2</sub> ověřen negativní vliv na plicní funkce (zvýšení specifické plicní resistance, snížení vynuceného výdechového objemu). Vysoké koncentrace oxidu siřičitého (při pracovních expozicích) mohou také vyvolat vážná poškození, jako je bronchokonstrikce, chemická bronchitida a tracheitida.

Jednotlivci se extrémně liší svou citlivostí k oxidu siřičitému. Mezi rizikovou skupinu populace patří osoby s onemocněním dýchacích cest. Při sledování astmatiků bylo zjištěno, že jsou podstatně citlivější k expozicím a reagují většími změnami mechanických funkcí plic, než zdraví jedinci. Další rizikovou skupinou jsou kuřáci. Intenzitu účinku zesiluje i zvýšený objem dýchání vyvolaný cvičením, kdy se oxid siřičitý dostává do hlubších partií dýchacího traktu.

V reálných podmínkách působí oxid siřičitý vždy jako součást komplexní směsi znečišťujících látek v ovzduší. Pozornost je věnována především současnému působení SO<sub>2</sub> a částic prašného aerosolu, v epidemiologických studiích byl dokumentován vztah mezi výší koncentrací oxidu siřičitého a prašného aerosolu a úmrtností a nemocností na akutní respirační onemocnění. V prostředí navíc dochází k současné interakci s jinými látkami, mohou vznikat sloučeniny s velice rozmanitými rizikovými vlastnostmi (např. přítomnost oxidů síry může zvyšovat potenciální karcinogenní účinky PAU tvorbou přímých karcinogenů).

U několika studií (WHO, 2005) týkajících se směsi emisí z průmyslových a dopravních zdrojů byly prokázány účinky na mortalitu (celkovou, kardiovaskulární a respirační) a na naléhavý příjem v nemocnici pro respirační důvody. (Roční průměrná koncentrace SO<sub>2</sub> se pohybovala pod 50 µg/m<sup>3</sup> a denní koncentrace obvykle nepřekročily hodnotu 125 µg/m<sup>3</sup>.)

Dle Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny (IARC) je oxid siřičitý zařazen do skupiny 3 (mezi látky, které nelze klasifikovat z hlediska jejich karcinogenity pro člověka).

Světová zdravotnická organizace v roce 2000 ve Směrnici pro kvalitu ovzduší doporučila pro ochranu veřejného zdraví hodnotu imisní koncentrace 500 µg/m<sup>3</sup> pro krátkodobou expozici do 10 minut, 125 µg/m<sup>3</sup> jako 24 hodinový průměr a roční průměrnou hodnotu 50 µg/m<sup>3</sup> (WHO, 2000).

V roce 2005 byly publikovány tzv. přechodné cíle IT-1 (125 µg/m<sup>3</sup>), IT-2 (50 µg/m<sup>3</sup>) pro území, ve kterých bude dosažení doporučeného limitu v krátké době obtížné a uvedena směrná hodnota AQG WHO pro 24 hodinové koncentrace (WHO, 2005). Hodnota AQG byla snížena ze 125 µg/m<sup>3</sup> na preventivní hodnotu 20 µg/m<sup>3</sup>, která má sloužit jako cíl přijímaných opatření ke snižování imisní expozice oxidem siřičitým. Limitní hodnota pro roční průměrnou koncentraci se při stanovené 24hodinové koncentraci nepovažuje za potřebnou.

Pro 24 hodinové průměrné koncentrace byla v září 2021 aktualizovaná doporučená směrná hodnota a to v úrovni **40 µg/m<sup>3</sup>**. Hodnota pro krátkodobou expozici do 10 minut zůstává stejná s předchozím doporučením - **500 µg/m<sup>3</sup>**. (WHO, 2021).

ATSDR (Agency for toxic substances and disease registry) stanovila referenční koncentrace MRL (Minimal Risk Level) pro akutní inhalační expozici SO<sub>2</sub> (v trvání 1–14 dní) v hodnotě 0,01 ppm (26 µg/m<sup>3</sup>).

V zákoně 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, je stanoven imisní limit na ochranu zdraví pro maximální hodinový průměr, který má hodnotu 350 µg/m<sup>3</sup> (nesmí být překročen více jak 24krát za rok) a dále imisní limit 125 µg/m<sup>3</sup> pro maximální denní průměr (nesmí být překročen více jak 3krát za rok).

### **AMONIAK NH<sub>3</sub> (CAS 7664-41-7)**

Fyzikální údaje: za normálních podmínek bezbarvý, hořlavý, snadno zkapalnitelný plyn s intenzivním štiplavým zápachem

Molární hmotnost (kg/kmol): 17,03 (1 ppm = 0,707 mg/m<sup>3</sup>)

Bod varu: - 33,4 °C, bod tání: - 77,7 °C

Má bazické vlastnosti, ve vodných roztocích se nachází volně rozpuštěný, zčásti i protonizovaný (amonný kation).

Amoniak se používá jako chladicí médium, je meziproduktem při výrobě kyseliny dusičné, hnojiv, některých výbušnin a farmaceutických výrobků. Využívá se také jako náplň chladících

technologií. V nepatrném množství je amoniak přítomen ve vzduchu a sopečných plynech. Amoniak se uvolňuje při mikrobiálním rozkladu organické hmoty s obsahem dusíku.

Amoniak vzniká i v lidském těle - rozkladem dusíkatých organických látek (z aminodusíku aminokyselin, z aminoskupin purinových bází a dusíků pyrimidinových bází nukleotidů). Amoniak produkují také bakterie přítomné ve střevě.

Za fyziologických podmínek se v tělních tekutinách člověka vyskytuje zejména jako amonný kation ( $\text{NH}_4^+$ ), v malém množství ve formě  $\text{NH}_3$ . Toxické působení vykazují obě formy amoniaku. Neprotonizovaný amoniak ( $\text{NH}_3$ ) difunduje hematoencefalickou bariérou snadněji a může způsobit poškození centrálního nervového systému.

Za fyziologických podmínek detoxikován především v játrech tvorbou urey (močovinový cyklus), částečně také syntézou glutaminu. Z těla je amoniak vylučován močí převážně jako urea, ale také jako amonný kation, vznikající v ledvinách hydrolyzou glutaminu. Amoniak se podílí na pufování moči a současně napomáhá i šetření kationtů ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ).

Hlavní podíl na celkových emisích amoniaku do atmosféry představuje rozklad lidských i zvířecích biologických odpadů.

Amoniak má dráždivý až leptavý účinek, poškozuje dýchací cesty. Vzhledem k dobré rozpustnosti ve vodě (rozpouští se na hydroxid amonný) dráždí hlavně horní cesty dýchací, leptá sliznice, kůže, dráždí oči.

Delší působení vede k obdobným účinkům jako u jiných dráždivých látek: podrážděné spojivky, slzení, dráždění sliznice nosohltanu a průdušek, kašel, obtížné dýchání, bolesti hlavy. Dlouhodobá expozice vysokým koncentracím amoniaku může způsobit plicní fibrózu, poškození jater, ledvin, žaludku a dalších orgánů. Pro člověka je amoniak neurotoxický.

Ve venkovním ovzduší je koncentrace amoniaku obvykle nízká. Amoniak má intenzivní štiplavý zápach, je proto ve většině případů v prostředí zjištěn dříve, než by koncentrace mohla stoupnout na nebezpečnou úroveň pro lidské zdraví.

Databáze IRIS US EPA uvádí pro chronickou inhalační expozici referenční koncentraci RfC (*Reference Concentration*) = 0,500  $\text{mg}/\text{m}^3$  (tj. 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - sledovaným efektem bylo snížení plicních funkcí a respirační symptomy u profesionálně exponovaných pracovníků.

Dle US EPA, databáze *Regional Screening Level* je pro nekarcinogenní efekty u amoniaku ve venkovním ovzduší (obytná zóna) také uváděna hodnota referenční koncentrace 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

OEHHA (*Office for Environmental Health Hazard Assessment*) US EPA California) uvádí pro inhalační expozici referenční hladinu REL pro chronický účinek 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a pro akutní expozici 3200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

ATSDR (Agency for toxic substances and disease registry) stanovila v r. 2004 referenční hladiny MRL (*Minimal Risk Level*) pro chronickou inhalační expozici amoniaku 0,1 ppm (tj. 71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Pro akutní inhalační expozici amoniaku byla stanovena referenční hladina MRL 1,7 ppm (tj. 1202  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

V seznamu IARC není amoniak uveden.

### **CHLOROVODÍK, HCl** (CAS 7647-01-0)

Fyzikální údaje: Kyselina chlorovodíková je čirá, nebo mírně nažloutlá kapalina. Plynný chlorovodík je bezbarvý, plyn se štiplavým zápachem, rozpustný ve vodě.

Molární hmotnost - chlorovodík: 36,5 g/mol ( $1 \text{ mg/m}^3 = 0,679 \text{ ppm}$ ),  
bod varu:  $-85,1 \text{ }^\circ\text{C}$ , bod tání:  $-114,2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Plynný chlor se rychle rozpouští ve vodě (vzdušné vlhkosti) za vzniku kyseliny chlorovodíkové (chlorovodíku).

Většina emisí chloru a chlorovodíku do ovzduší je ze spalování uhlí v energetice, spalování odpadů obsahujících chlór či přímo z chemického průmyslu. Chlorovodík je využíván pro výrobu anorganických sloučenin a desinfekčních prostředků, při výrobě pryže, ve výrobě vinylchloridů a alkylchloridů, čištění bavlny, moření a čištění kovů, při leptání polovodičových krystalů a jako meziprodukt v průmyslových výrobních procesech.

U neprofesionálně exponované populace je hlavní vstupní bránou ingesce (pití chlorované vody).

Chlorovodík dráždí oči, sliznice nosu a horní části dýchacích cest. Po expozicích vysokým koncentracím (v pracovním prostředí) bylo pozorováno dráždění, pálení očí a kůže, kašel, dušnost, krvácení z nosu, perforace nosní přepážky, bolest na hrudi, plicní edém, poškození skloviny zubů. Při opakovaných expozicích byly popsán vznik chronické bronchitidy.

Ve volném ovzduší se ale běžně plynné anorganické sloučeniny chlóru nevyskytují v koncentracích, které by měly významné zdravotní účinky na zdraví osob. Tyto sloučeniny mají navíc velmi krátký poločas rozpadu.

Chlorovodík dle IARC nelze klasifikovat z hlediska karcinogenních účinků (skupina 3).

Dle US EPA, databáze IRIS je referenční koncentrace pro inhalační expozici  $\text{RfC} = 20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . US EPA při stanovení RfC vycházela z chronické inhalační studie na krysách. Pozorovaným účinkem byla hyperplazie nosní, laryngeální a tracheální sliznice. Po přepočtu na parametry lidského dýchacího traktu byla odvozena hodnota  $\text{LOAEL}_{(\text{HEC})}$  v úrovni  $6100 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . Hodnota NOAEL nebyla stanovena. Pro člověka je odhadována v rozmezí koncentrací 300–3000  $\text{ } \mu\text{g/m}^3$ .

Shodnou referenční koncentraci pro chronickou inhalační expozici uvádí databáze RSL – *Regional Screening Levels* 20  $\text{ } \mu\text{g/m}^3$ . Pro venkovním ovzduší (obytná zóna) je uváděna doporučená hodnota koncentrace 21  $\text{ } \mu\text{g/m}^3$  (pro nekarcinogenní efekty) odpovídající kvocientu nebezpečnosti v úrovni 1.

OEHHA (*Office for Environmental Health Hazard Assessment*) US EPA California stanovila pro inhalační expozici referenční hladinu REL pro chronický účinek v úrovni 9  $\text{ } \mu\text{g/m}^3$  a pro akutní expozici v úrovni hodiny 2100  $\text{ } \mu\text{g/m}^3$  (kritickým účinkem bylo dráždění horních cest dýchacích).

DEFRA (*Department for Environment, Food and Rural Affairs*) UK, resp. EPAQS (*The Expert Panel on Air Quality Standards*) uvedl v roce 2006 doporučenou koncentraci pro průměrnou 1 hodinovou expozici chlorovodíku v úrovni 0,5 ppm, tj. 750  $\text{ } \mu\text{g/m}^3$  (ochrana před drážděním očí, dýchacích cest a kůže).

### **FLUOROVODÍK, HF (CAS 7664-39-3)**

Fyzikální údaje: Fluorovodík je bezbarvý, nehořlavý plyn nebo tekutina se štiplavým zápachem, snadno rozpustná ve vodě. Fluorovodík je velmi reaktivní, ve volném prostředí nepřetrvává dlouho, vznikají fluoridy.

Molární hmotnost: 20 g/mol ( $1 \text{ mg/m}^3 = 1,223 \text{ ppm}$ )

bod varu:  $-19,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , bod tání:  $-83,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Hlavním antropogenním zdrojem emisí fluoru a fluorovodíku jsou především vysokoteplotní průmyslové procesy (spalování uhlí, tavení surového hliníku, výroba fosforečných hnojiv, skla, cihel, dlaždic aj.). Fluorovodík se může tvořit při hoření produktů či odpadů s obsahem organických sloučenin fluoru (umělá hmota, pryž). Další využití je při výrobě chladicích medií, plastů, výrobě teflonu a fluorovaných uhlovodíků.

Do organismu se dostává především ingescí (z potravin či vody). Inhalační příjem při neprofesionálních expozicích je významně nižší. Po absorpci je fluorovodík distribuován krví. Může se akumulovat v kostech a zubech (zejména v místech osifikace, kalcifikace). Část vstřebané látky je vylučována močí a stolicí.

Kapalný fluorovodík dobře proniká pokožkou. V závislosti na době expozice a koncentraci může způsobit lokální poškození (dráždění a zarudnutí kůže až po těžká, špatně hojitelná poškození) a projevit se i systémovými účinky.

Inhalace fluorovodíku má dráždivé účinky na sliznice očí, spojivky a horní dýchací cesty, může se projevit zánětem sliznice nosu a úst, zánětem hltanu, hrtanu, průdušnice a průdušek. Při profesionálních expozicích byla pozorována perforace nosní přepážky, ztráta čichu, poškození zubů, plicní edém. Příznaky účinku fluorovodíku se mohou projevit až za několik dní po expozici.

Toxický účinek je způsoben především fluoridovými ionty, které jsou schopny proniknout do tkání a vázat intracelulární vápník a hořčík. Tím je ovlivněna rovnováha obsahu vápníku, hořčíku a draslíku v těle, což může vést k lokální demineralizaci kostí a negativnímu působení na kardiovaskulární a nervový systém.

Při pokusech na zvířatech byly také pozorovány negativní účinky na játra a ledviny.

Fluorovodík není klasifikován jako lidský karcinogen (není uveden v seznamu IARC).

Ministerstvo zdravotnictví České republiky (SZÚ, 2003) v souvislosti s hodnocením a řízením zdravotních rizik vydalo referenční roční koncentraci pro fluor a anorganické sloučeniny fluoru  $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ .

WHO (2000) publikovala hodinovou expoziční koncentraci v úrovni  $600 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  pro ochranu před dráždivými účinky anorganických sloučenin flóru.

U dlouhodobějších expozic bylo u koncentrací v rozsahu  $100\text{--}500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  pozorováno zhoršení plicních funkcí a kostní fluoróza. Při koncentracích do  $16 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  se nepříznivé účinky neprojeví. Kostní fluoróza je spojena s příjmem  $5 \text{ mg/den}$  u citlivé části populace. (Orální příjem se pohybuje okolo  $3 \text{ mg/den}$ ). WHO konstatuje, že je nepravděpodobné, aby koncentrace fluoridů ve venkovním ovzduší představovala riziko vzniku fluorózy. Pro ochranu zvířat a rostlin by koncentrace fluoridů ve venkovním ovzduší měla být menší než  $1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  (tato úroveň by měla dostatečně chránit lidské zdraví).

Databáze RSL – *Regional Screening Levels* (US EPA) uvádí referenční koncentraci pro chronickou inhalační expozici (pro nekarcinogenní efekty) v úrovni  $14 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . Pro venkovním

ovzduší (obytná zóna) je uváděna referenční hodnota  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  odpovídající kvocientu nebezpečnosti v úrovni 1.

ATSDR (*Agency for toxic substances and disease registry*) stanovila MRL (*Minimal Risk Level*) pro akutní inhalační expozici (v trvání 1–14 dní) - nekarcinogenní účinky 0,02 ppm, tj.  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (respirační účinky).

OEHHA (US EPA California) stanovila pro inhalační expozici referenční hladinu REL pro chronický účinek v úrovni  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (respirační účinky, účinky na zuby a kosti) a pro akutní expozici v úrovni hodiny  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (kritickým účinkem bylo dráždění očí, nosu a dýchacích cest).

DEFRA UK, resp. EPAQS (*The Expert Panel on Air Quality Standards*) uvedl v roce 2006 doporučenou koncentraci pro průměrnou 1 hodinovou expozici v úrovni  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ochrana před drážděním očí, dýchacích cest a kůže). Pro chronickou expozici je uvedena koncentrace v úrovni  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ochrana před systémovými účinky).

### **KADMIUM – Cd (CAS 7440-43-9)**

Fyzikální údaje: stříbrobílý lesklý měkký kov, dobře oxiduje

Molární hmotnost (kg/kmol): 112,41

Bod varu:  $765 \text{ }^\circ\text{C}$ , bod tání:  $321 \text{ }^\circ\text{C}$

Kadmium patří k vzácnějším prvkům v zemské kůře, vzhledem ke značné afinitě k síře se vyskytuje především v sulfidické vazbě.

Hlavními antropogenními zdroji emisí kadmia v ovzduší jsou fosforečná hnojiva, spalování fosilních paliv a olejů, spalování odpadů, metalurgie, průmyslová výroba kovů a sloučenin a jejich aplikace. Kadmium se také vyskytuje ve fosforečných hnojivech. Významným zdrojem expozice je také kouření. Kadmium se v ovzduší váže na prašný aerosol, především na respirabilní frakci.

Roční aritmetické průměry se na pozadových stanicích pohybovaly mezi 0,01 až  $0,08 \text{ ng}/\text{m}^3$ . Z 45 městských stanic byl roční průměr  $0,5 \text{ ng}/\text{m}^3$  (10 % imisního limitu) překročen pouze na čtyřech stanicích, dvou v Ostravě (TORE a TORO), a dvou stanicích v okolí Tanvaldu (LSOU a LTAS). Na většině městských stanic byly roční průměry přibližně dvakrát až třikrát vyšší než hodnoty měřené na pozadových stanicích, příčinou lokálního mírného zvýšení je pravděpodobně spalování pevných paliv a odpadů v domácích topeništích. Imisní limit nebyl na žádné stanici překročen. Na 92 % městských stanic nebyla překročena hodnota  $0,5 \text{ ng}/\text{m}^3$  (10 % imisního limitu) ročního průměru. Odhad střední hodnoty pro městské oblasti  $0,16 \text{ ng}/\text{m}^3$  je proti hodnotám měřeným na pozadových stanicích přibližně dvojnásobný. Hodnoty vyšší než  $1,0 \text{ ng}/\text{m}^3/\text{rok}$  byly naměřeny na stanici v Ostravě - Radvanice (TORE) –  $1,56 \text{ ng}/\text{m}^3$  a Tanvald (LTAS) –  $1,92 \text{ ng}/\text{m}^3$ . Lze je shodně připsat vlivu průmyslových zdrojů případně staré zátěži. - Imisní limit nebyl na žádné stanici v roce 2021 překročen (SZÚ, 2021).

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím kadmia se pro sledovaná města pohybuje v rozsahu  $3,2 \times 10^{-8}$  až  $9,41 \times 10^{-7}$ , tj. na nejvíce exponované lokalitě cca 1 případ z 1 milionu, v ostatních lokalitách cca 3 případy na sto milionů celoživotně exponovaných obyvatel. Odhad pro městské extenzivně dopravou a průmyslem nezátížené oblasti je na přibližně úrovni  $1,0 \times 10^{-7}$ , tj. přibližně 1 případ na 10 milionů celoživotně exponovaných obyvatel (SZÚ, 2021).

Do organismu se kadmium dostává přes zažívací ústrojí z potravin či vody a dále také dýchacími cestami. Z gastrointestinálního traktu je kadmium špatně absorbováno, jen přibližně

5–8 % z celkové dávky. Absorpce kadmia je zvýšena při deficitu železa, zinku, vápníku a při nízkoproteinové dietě. V krvi se váže na krevní buňky, albumin, globuliny a metallothionein. S kontinuální expozicí roste v průběhu života obsah tohoto kovu ve tkáních. Kumuluje se v organismu, zejména v játrech a ledvinách. V malém množství se vylučuje močí.

Toxický účinek kadmia spočívá v inhibici sulfhydrylových enzymů. Kadmium zesiluje také toxické účinky jiných kovů (např. zinek, měď).

Účinky kadmia se projevují poškozením jater a ledvin. Kadmium ovlivňuje reabsorpční schopnosti ledvinových kanálků.

Při profesionálních dlouhodobých expozicích byly pozorovány účinky na respirační systém (bronchitida, plicní emfyzém). Projevy chronické intoxikace se liší podle cesty expozice. Ledviny jsou postiženy jak inhalací, tak perorálním příjmem, změny v plicích byly pozorovány inhalační expozicí.

Chronická expozice kadmiu může způsobovat poruchy metabolismu vápníku (zvýšenou exkreci  $\text{Ca}^{2+}$ ) a negativně působit na kardiovaskulární systém.

U osob profesionálně exponovaných kadmiu byl pozorován vyšší výskyt karcinomu plic a zvýšení počtu případů úmrtí na karcinom prostaty.

ATSDR stanovila pro nekarcinogenní efekty pro inhalační expozici v trvání 1–14 dní - MRL v úrovni  $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (respirační účinky) a pro chronické působení  $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (účinky na ledviny).

OEHHA (US EPA California) stanovila pro inhalační expozici referenční hladinu REL pro chronický účinek v úrovni  $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (vzhledem k účinkům na ledviny a respirační systém).

WHO vzhledem k chronickému toxickému účinku na ledviny doporučila průměrnou roční imisní koncentraci  $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Kadmium je podle IARC řazen do skupiny 1 (tj. mezi látky, které jsou karcinogenní pro člověka).

Jednotka karcinogenního rizika UCR je odhadována  $4,9 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$  (SZÚ, 2020).

Dle US EPA - databáze IRIS je jednotka karcinogenního rizika pro inhalační expozici (IUR) rovna  $1,8 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ . Koncentrace v ovzduší odpovídající hladině karcinogenního rizika  $10^{-6}$  (tj. jeden případ onemocnění rakovinou na 1 milión celoživotně exponovaných osob) odpovídá koncentrace hodnotě  $0,0006 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

OEHHA uvádí jednotku karcinogenního rizika pro inhalační expozici  $\text{IUR} = 4,2 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ .

V zákoně 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, je uveden imisní limit stanovený jako roční aritmetický průměr -  $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ ).

### **RTUŤ – Hg (CAS 7439-97-6)**

Fyzikální údaje: stříbrolesklý kov, při normální teplotě kapalný s vysokou tepelnou roztažitostí

Molární hmotnost (kg/kmol): 200,59

Bod varu: 356,7, bod tání: -38,9

Rtuť se řadí ke stopovým prvkům v zemské kůře. Vyskytuje se jako elementární rtuť a dále tvoří jednomocné a dvojmocné sloučeniny. S některými kovy tvoří kapalné i pevné slitiny (amalgámy).

Průmyslovým zdrojem rtuti je těžba a úprava minerálu - rumělky. Sekundárními zdroji jsou rtuťové odpady, zářivky, výbojky, baterie, dentální slitiny, pesticidy, katalyzátory, odpady z výroby pigmentů, odpadních vod ze zemědělství (rtuťnaté pesticidy), čistírenské kaly aj.

V ovzduší se rtuť vyskytuje buď v atomárních párách nebo vázaná na tuhých částicích. Rtuť se z ovzduší snadno vymývá vzhledem ke kyselému charakteru srážek. Hladiny rtuti ve volném ovzduší v Evropě (WHO, 2000) byly zjištěny v rozsahu 2–4 ng/m<sup>3</sup> v oblastech vzdálených od průmyslu a v hladině okolo 10 ng/m<sup>3</sup> v městských oblastech.

Hlavními cestami vstupu rtuti do organismu jsou gastrointestinální trakt a respirační systém. Rtuť může pronikat i kůží. Při inhalaci může být absorbováno až 80 % par rtuti. Při požití anorganické rtuti se vstřebává malé množství (do 10 %), v případě metylrtuti téměř veškerá. Z organismu se vylučuje jen velmi pozvolna a obtížně. V těle se kumuluje především v ledvinách, dále v játrech, mozku, slezině. Rtuť má vysokou afinitu k červeným krvinkám.

Toxicita rtuti a jejích sloučenin se liší. Alkylované sloučeniny rtuti jsou nejtoxičtější. Díky rozpustnosti v tucích snadno prostupují placentární bariérou a přes hematoencefalickou bariéru.

Cílovým orgánem při expozici vysokým koncentracím anorganické rtuti jsou ledviny, u organických sloučenin rtuti pak nervový systém. Při akutním vystavení parám rtuti jsou kritickým orgánem také plíce, může dojít ke vzniku erozivní bronchitidy.

Rtuť má vliv na biologickou aktivitu hormonů a enzymů, snižuje produkci neurotransmiterů, ovlivňuje strukturu a funkci membrán. Mechanismus toxického účinku spočívá především ve vazbě Hg<sup>2+</sup> na -SH skupiny bílkovin.

Dlouhodobá expozice rtuti může vyvolat různé neurologické a psychické potíže, účinky na ledviny (nefrotické syndromy s otoky a ztrátou bílkovin), snížení reprodukčních schopností. Příznaky otravy rtutí se mohou projevit poruchami řeči i vidění, narušením koordinace pohybů, svalovou slabostí, zažívacími poruchami, vypadáváním vlasů aj.

Rtuť a anorganické sloučeniny jsou podle IARC řazena do skupiny 3 (tj. mezi látky, které zatím nelze klasifikovat z hlediska karcinogenních účinků).

WHO (2000) pro páry anorganické rtuti uvádí referenční roční koncentraci pro nekarcinogenní efekty (při inhalační expozici) 1 µg/m<sup>3</sup>. Tato hodnota referenční koncentrace vychází z hodnoty LOAEL = 15–30 µg/m<sup>3</sup>, sledovány byly renální tubulární efekty u profesionálně exponovaných osob.

Dle US EPA - databáze IRIS je referenční koncentrace pro inhalační expozici RfC 0,3 µg/m<sup>3</sup>. US EPA při stanovení RfC vycházela z různých studií u profesionálně exponovaných lidí, ve kterých byly pozorovány neurologické efekty - třes rukou, nárůsty poruch paměti, lehké subjektivní a objektivní důkazy autonomních dysfunkcí (LOAEL<sub>TWA</sub> 0,025 mg/m<sup>3</sup>, resp. LOAEL<sub>ADJ, HEC</sub> 0,009 mg/m<sup>3</sup>).

Databáze RSL – *Regional Screening Levels* (US EPA) uvádí shodnou referenční koncentraci pro chronickou inhalační expozici (pro nekarcinogenní efekty) v úrovni 0,3 µg/m<sup>3</sup>. Pro venkovním ovzduší (obytná zóna) je stanovena referenční hodnota 0,31 µg/m<sup>3</sup> odpovídající kvocientu nebezpečnosti v úrovni 1.

OEHHA (US EPA California) stanovila pro inhalační expozici referenční hladinu REL pro chronickou expozici 0,03 µg/m<sup>3</sup>, pro 8-hodinovou expozici 0,06 µg/m<sup>3</sup>, resp. pro akutní působení v úrovni hodiny 0,6 µg/m<sup>3</sup> (s ohledem na účinky na nervový systém).

ATSDR stanovila MRL pro nekarcinogenní efekty rtuti pro chronickou inhalační expozici 0,2 µg/m<sup>3</sup> (pro neurologické efekty). Hodnota vycházela z hodnoty LOAEL<sub>EXP</sub> 0,026 mg/m<sup>3</sup>, resp. LOAEL<sub>ADJ</sub> 0,0062 mg/m<sup>3</sup> (z inhalační studie u lidí).

RIVM stanovila v roce 2000 pro expozici rtuti tolerovatelnou koncentraci v ovzduší TCA 0,2 µg/m<sup>3</sup>. RIVM při stanovení TCA vychází z hodnocení ATSDR.



### **ARZÉN – As (CAS 7440-38-2)**

Fyzikální údaje: kov (vyskytuje se v pěti modifikacích, nejběžnější je kovový neboli šedý arsen – ocelově šedý, lesklý a křehký kov)

Molární hmotnost (kg/kmol): 74,92

Bod varu: 613 °C, bod tání: 817 °C

Arzén patří k vzácnějším prvkům v zemské kůře, vyskytuje se třímocné či pětímocné formě, především v podobě sulfidů, sulfoarzenidů, arzenidů a produktů jejich oxidace.

Hlavními antropogenními zdroji jsou spalování uhlí, spalování odpadů, těžba a úprava rud s obsahem arzenu, provozy na zpracování uhlí, výroba a aplikace chemikálií pro impregnaci dřeva, pesticidů a krmných směsí. Dalšími zdroji arzenu mohou být čistírny, sklářský, kožedělný a textilní průmysl, výroba a recyklace olova a olověných akumulátorů, pigmentů, katalyzátorů, výbušnin, papíru, střeliva, aj.

Koncentrace arzenu ve volném ovzduší v Evropě (WHO, 2000) byly zjištěny v rozsahu 1–10 ng/m<sup>3</sup> ve venkovských oblastech a od několika ng do asi 30 ng/m<sup>3</sup> v nekontaminovaných městských oblastech. Blízko zdrojů emisí (tavení kovů, elektrárny spalující uhlí obsahující arzén) může koncentrace arzenu v ovzduší překročit 1 µg/m<sup>3</sup>.

Arzén se v ovzduší váže na prašný aerosol. Sezónně zvýšené koncentrace arsenu jsou obecně považovány za citlivý indikátor spalování fosilních paliv (zvláště uhlí v domácích topeništích) a jak prokazují měřicí stanice reprezentující okolí významných průmyslových zdrojů v Ostravě, představují i významnou složku v emisích z metalurgických procesů (SZÚ, 2021).

Význam malých zdrojů (lokálních topenišť spalujících pevná/fosilní paliva) potvrzuje maximální hodnota 3,3 ng/m<sup>3</sup> ročního průměru na příměstské stanici Praha 5 Řeporyje. Vyšší hodnoty byly naměřené na dalších podobně umístěných příměstských stanicích (Lom u Mostu, Doksany, Kladno-Švermov) nebo v Tanvaldu, kde se roční průměrná hodnota pohybovala mezi 2,0 až 2,5 ng/m<sup>3</sup> (SZÚ, 2021).

Roční střední hodnota z pozadových stanic provozovaných ČHMÚ byla na úrovni 0,13 až 0,60 ng/m<sup>3</sup>, odhad hodnoty republikového pozadí byl 0,45 ng/m<sup>3</sup> – tj. na úrovni 7,5 % imisního limitu.

Roční aritmetický průměr koncentrace arsenu v suspendovaných částicích překročil 3 ng/m<sup>3</sup> – tj. úroveň poloviny imisního limitu na jedné stanici Praha 5 Řeporyje (ARER); na pěti stanicích byla hodnota ročního průměru vyšší než 2 ng/m<sup>3</sup>. Imisní limit nebyl v roce 2021 překročen na žádné stanici. Na 27 stanicích (52 %), včetně pozadových, nepřekročila hodnota ročního průměru 1 ng/m<sup>3</sup>. Odhad střední hodnoty pro obydlené lokality – 0,96 ng/m<sup>3</sup> imisní limit naplňuje ze 16 % a je tak přibližně dvojnásobný ve srovnání s hodnotami měřenými na pozadových stanicích (SZÚ, 2021).

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím arsenu se pro sledovaná města pohybuje v rozsahu 1,95 x 10<sup>-7</sup> až 4,95 x 10<sup>-6</sup>, tj. přibližně 2 přídatné případy na 10 miliónů až 5 případů na 1 milion celoživotně exponovaných obyvatel. Významu spalování pevných a fosilních paliv v malých městech a na předměstích odpovídá i odhad pro městské extenzivně dopravou a průmyslem nezatížené oblasti na úrovni 1,44 x 10<sup>-6</sup>, tj. na úrovni 1 případu na 1 milion celoživotně exponovaných obyvatel (SZÚ, 2021).

Zdrojem arsenu u běžné populace mohou být především potraviny či voda. Významně exponováni arzénu jsou kuřáci tabáku. Toxicita a resorpce sloučenin arsenu v gastrointestinálním traktu závisí na jejich formě a rozpustnosti. Obecně jsou trojmocné sloučeniny toxicitější než pětimocné. Z vodného roztoku je resorbováno až 90 % arzénu, z potravin kolem 60–75 %. Oxid arsenitý, arseničnan olovnatý jsou velmi málo rozpustné, resorpce se pohybuje cca v úrovni 20–30 %. Resorbovaný anorganický arzén je transportován do jater, kde probíhá metylace. Exkrece přijatého arzénu je rychlá a probíhá především močí (popř. žlučí ve vazbě na glutathion).

Arzén se nachází ve všech tkáních. Nejvyšší koncentrace je v kůži, nehtech a vlasech. Snadno proniká placentou.

Subakutní a chronická otrava (např. při profesionální expozici vyšším dávkám arzénu) se může projevit dermatózami různého typu (hyperpigmentace, hyperkeratóza, vypadávání vlasů), změnami na sliznici, depresí hematopoézy, poškozením jater a ledvin, kardiovaskulárním onemocněním, narušením smyslového vnímání a neurologickými změnami, reprodukčními a imunitními poruchami.

Výsledky studií poukazují na vztah mezi chronickou zátěží arsenem a zvýšenou incidencí některých forem rakoviny (především karcinomu plic u profesionálně exponovaných jedinců).

OEHHA (US EPA California) stanovila pro inhalační expozici referenční hladinu REL pro chronický účinek i subakutní 8-hodinové působení shodně v úrovni  $0,015 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , resp. pro akutní působení v úrovni hodiny  $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (teratogenní působení, účinky na nervový a kardiovaskulární systém a u chronické expozice také účinky na plíce a kůži).

ATSDR stanovila pouze hodnoty MRL pro nekarcinogenní efekty arzénu při orální expozici.

Databáze RSL – *Regional Screening Levels* (US EPA) uvádí referenční koncentraci pro chronickou inhalační expozici (pro nekarcinogenní efekty) v úrovni  $0,015 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pro venkovním ovzduší (obytná zóna) je uváděna referenční hodnota  $0,016 \mu\text{g}/\text{m}^3$  odpovídající kvocientu nebezpečnosti v úrovni 1.

Arzén je podle IARC řazen do skupiny 1 (tj. mezi látky, které jsou karcinogenní pro člověka).

Dle US EPA - databáze IRIS i RSL je jednotka karcinogenního rizika (IUR) rovna  $4,3 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ .

OEHHA uvádí pro anorganický arsen jednotku karcinogenního rizika v úrovni  $3,3 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ .

WHO uvádí pro arzén (pro karcinogenní efekty) jednotku karcinogenního rizika pro koncentraci  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  v ovzduší  $1,5 \cdot 10^{-3}$  (WHO, 2000). IUR byla stanovena na základě studií, ve kterých byly sledovány karcinogenní efekty na plicích u profesionálně exponovaných osob. Úroveň karcinogenního rizika  $10^{-6}$  (tj. jeden případ onemocnění rakovinou na 1 milión celoživotně exponovaných osob) odpovídá koncentrace  $0,66 \text{ ng}/\text{m}^3$ .

V zákoně 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, je uveden imisní limit stanovený jako roční aritmetický průměr  $0,006 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $6 \text{ ng}/\text{m}^3$ ).

### **NIKL - Ni (CAS 7440-02-0)**

Fyzikální údaje: stříbrobílý, silně lesklý kov

Molární hmotnost (kg/kmol): 58,69

Nikl je zastoupen v zemské kůře (cca 58 – 75 g/t), koncentruje se v bazických a ultrabazických horninách, magmatických sulfidických vyloučeninách a pelagických sedimentech.

Hlavními antropogenními zdroji emisí niklu v ovzduší jsou spalování ropy a uhlí, metalurgie (výroba niklu, nerezové oceli a slitin Ni), těžba a úprava rud, výroba a zpracování NiCd akumulátorů, pokovování a spalování odpadů. Nikl je často ve významných koncentracích obsažen v azbestech, kde synergicky zvyšuje jeho karcinogenitu.

Ve sloučeninách se nikl převážně vyskytuje v oxidačním stavu Ni<sup>II</sup> (Třebichavský a kol., 1997).

Hladiny niklu ve volném ovzduší se v Evropě (WHO, 2000) pohybují v rozsahu 1 – 10 ng/m<sup>3</sup> v městských oblastech (vyšší hladiny v rozmezí 110 – 180 ng/m<sup>3</sup> byly zjištěny ve významných průmyslových lokalitách a velkých městech).

V rámci monitorování ovzduší České republiky (SZÚ, 2021), bylo zjištěno, že v případě niklu nelze ve městech přisoudit majoritní význam žádnému z hlavních typů zdrojů, které přicházejí v úvahu (doprava a antikorozi ochrana, průmysl – legování ocelí). Hodnoty ročních aritmetických průměrů niklu na pozadových stanicích nepřesáhly 0,3 ng/m<sup>3</sup>/rok; tj. 1,5 % imisního limitu (20 ng/m<sup>3</sup>). Odhad střední hodnoty pro obydlené oblasti je 0,52 ng/m<sup>3</sup>.

Pouze na dvou stanicích byla naměřena hodnota přesahující 15 % imisního limitu - v Ostravě – Ostrava - Přívoz (TOPR) – 3,2 ng/m<sup>3</sup> a Mariánské Hory (TOMH) – 3,2 ng/m<sup>3</sup>. Roční imisní limit nebyl na žádné stanici překročen. Na 34 městských stanicích (81 %) nepřekročila hodnota ročního průměru 1 ng/m<sup>3</sup> (SZÚ, 2021).

V případě niklu nelze ve městech přisoudit majoritní význam žádnému z hlavních typů zdrojů, které přicházejí v úvahu (doprava a antikorozi ochrana, průmysl – legování ocelí).

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím niklu se pro sledovaná města pohybuje v rozsahu  $6,5 \times 10^{-8}$  až  $1,2 \times 10^{-6}$ , tj. 1 případ na deset milionů až jeden případ na milion celoživotně exponovaných obyvatel. Odhad pro městské dopravou a průmyslem nezátížené stanice je na úrovni  $2 \times 10^{-7}$ , tj. 2 případy na 10 milionů celoživotně exponovaných obyvatel (SZÚ, 2021).

Sloučeniny niklu se vyznačují nízkou akutní a střední toxicitou, s výjimkou Ni(CO)<sub>4</sub>, který je akutně i chronicky toxický.

Do organismu se může vstřebávat v dýchacích cestách, trávicím ústrojí, sliznicemi a pokožkou. Nejvýznamnější cestou vstupu niklu do organismu je především orální příjem. Dle WHO (2000) je u běžné populace odhadován příjem niklu z vody a potravy v množství cca 99 % u nekuřáků a cca 75 % u kuřáků.

Nikl je vylučován z organismu především ve stolici, kde je velký podíl neresorbovaného Ni. Vstřebaný Ni je vylučován močí ve formě nízkomolekulárních komplexů, žlučí a potem. Stanovení koncentrace Ni v séru je využíváno k diagnostice toxického působení.

Vstřebané soli niklu mohou negativně působit na krevní cévy, mohou být nefrotoxické a neurotoxické.

Při chronické profesionální inhalační expozici vyšším koncentracím může nikl dráždit dýchací cesty a oči, může poškozovat játra, ledviny, srdeční sval, vyvolat různorodé imunologické odezvy. Velmi častý je dráždivý účinek na kůži – dermatitida bývá vyvolána kontaktem s poniklovanými předměty, pokovovacími lázněmi a při inhalaci prachu.

Při chronických profesionálních expozicích niklu (v rafinériích, provozech kalcinace, pražení a loužení niklu) byly popsány karcinogenní účinky – riziko karcinomu plic, nosních dutin a pravděpodobně i hrtanu.

V poslední době je poukazováno na jeho možnou mutagenitu. Nikl může pronikat placentární bariérou, přímo působit na embryo a ovlivnit prenatální vývoj.

ATSDR stanovila MRL (Minimal Risk Level) pro nekarcinogenní efekty niklu pro chronickou inhalační expozici 90 ng/m<sup>3</sup> a pro subakutní inhalační expozici (v délce trvání 14 dní až 1 rok) 200 ng/m<sup>3</sup>. Tyto hodnoty byly stanoveny na základě studie na potkanech, inhalační expozice síranu nikelnatému. Sledovaným efektem byly zánětlivé změny tkáně v plicích, atrofie nosní sliznice.

OEHHA US EPA California stanovila pro inhalační expozici sloučeninám niklu (mimo oxidu nikelnatého pro chronickou expozici) referenční hladinu REL pro chronický účinek v úrovni 0,014 µg/m<sup>3</sup>, pro 8-hodinovou expozici 0,06 µg/m<sup>3</sup> a pro akutní působení (v úrovni hodiny) 0,2 µg/m<sup>3</sup>. (Cílovými orgány byl imunitní, respirační a hematopoetický systém.) Pro oxid nikelnatý je uvedena REL pro chronický účinek v úrovni 0,02 µg/m<sup>3</sup>.

V databázi RSL – *Regional Screening Levels* (US EPA) je pro rozpustné soli niklu ve venkovním ovzduší uváděna doporučená hodnota referenční koncentrace 0,09 µg/m<sup>3</sup> (pro nekarcinogenní efekty). Dále je zveřejněna referenční koncentrace 0,02 µg/m<sup>3</sup> pro oxid nikelnatý a RfC v úrovni 0,014 µg/m<sup>3</sup> pro prach z rafinace niklu i pro subsulfid niklu.

Sloučeniny niklu jsou podle IARC řazen do skupiny 1 (tj. mezi látky, které jsou karcinogenní pro člověka), kovový nikl je zařazen do skupiny 2B (možný karcinogen).

WHO uvádí pro nikl (pro karcinogenní efekty) jednotku karcinogenního rizika pro koncentraci 1 µg/m<sup>3</sup> UR (Unit risk) = 3,8.10<sup>-4</sup>. Byly sledovány karcinogenní efekty na plicích u profesionálně exponovaných osob (*Air quality guidelines, WHO*).

Dle WHO je pro úroveň karcinogenního rizika 10<sup>-6</sup> (tj. jeden případ onemocnění rakovinou na 1 milión celoživotně exponovaných osob) uvedena koncentrace 2,5 ng/m<sup>3</sup> – tj. 0,0025 µg/m<sup>3</sup>. (Pro úroveň karcinogenního rizika 10<sup>-5</sup> je uváděna koncentrace 25 ng/m<sup>3</sup> – tj. 0,025 µg/m<sup>3</sup> a pro úroveň karcinogenního rizika 10<sup>-4</sup> pak 250 ng/m<sup>3</sup> – tj. 0,25 µg/m<sup>3</sup>.)

Dle US EPA (databáze IRIS) je jednotka karcinogenního rizika pro inhalační expozici (IUR) pro prach z rafinace niklu 0,00024 (µg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>. Databáze IRIS uvádí také referenční koncentrace v ovzduší definované hladiny rizika. Úroveň rizika 10<sup>-6</sup> odpovídá hodnotě koncentrace 0,004 µg/m<sup>3</sup>. (Při úrovni rizika 10<sup>-5</sup> je koncentrace rovna 0,04 µg/m<sup>3</sup> a úrovni rizika 10<sup>-4</sup> odpovídá koncentrace hodnotě 0,4 µg/m<sup>3</sup>.)

V databázi RSL – *Regional Screening Levels* (US EPA) je uvedena hodnota jednotky karcinogenního rizika pro rozpustné soli niklu (CAS 7440-02-0) IUR = 2,6.10<sup>-4</sup> (pro µg/m<sup>3</sup>), úrovni rizika 1.10<sup>-6</sup> odpovídá koncentrace 0,011 µg/m<sup>3</sup>. Pro prach z rafinace niklu jsou uvedeny stejné hodnoty IUR jako v databázi IRIS.

### **OLOVO – Pb (CAS 7439-92-1)**

Fyzikální údaje: modrobílý, na čerstvém řezu lesklý kov, který na vzduchu rychle matní

Molární hmotnost (kg/kmol): 207,2

Bod varu: 1740 °C, bod tání: 327,5 °C

Olovo patří k méně rozšířeným prvkům v zemské kůře, vyskytuje se ve formě olovnatých sloučenin (vzácně ve formě ryzího kovu).

Antropogenními zdroji olova jsou především spalovací a tepelné procesy - spalování fosilních paliv, metalurgické procesy, spalování tuhých komunálních odpadů, strojírenský průmysl, výroba baterií. Dále jsou zdrojem olova odpady z výroby, barviva, keramické výrobky, potravinářské obaly. K významné expozici dochází také při kouření.

Roční průměrné koncentrace olova v ovzduší jsou dle WHO (2000) obvykle pod hodnotou 0,15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hladiny olova v ovzduší v mnoha evropských městech dosahují hodnot 0,15 až 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

V rámci Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí (SZÚ, 2021) činil odhad roční střední hodnoty hmotnostní koncentrace olova v aerosolu ve venkovním ovzduší sídel 6,3  $\text{ng}/\text{m}^3$  za rok 2021, což řadí olovo již mezi méně významné škodliviny.

Skutečnost, že hodnota ročního průměru nepřekročila 10  $\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$  na 34 ze 42 do hodnocení zahrnutých měřicích stanic, svědčí o téměř zanedbatelném významu plošně působících zdrojů.

Blížkost hodnot ročního aritmetického a geometrického průměru svědčí o stabilitě a homogenitě měřených imisních hodnot bez velkých sezónních, klimatických i jiných výkyvů.

Imisní limit (0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nebyl na žádné stanici v roce 2021 překročen. Odhad střední hodnoty pro městské oblasti (6,3  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) je téměř dvojnásobkem hodnot naměřených na pozadových stanicích, kde bylo na všech stanicích naměřeno méně než 4  $\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$ . Na 29 městských stanicích (69%) hodnota ročního průměru nepřekročila 5  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Roční střední hodnota > 20  $\text{ng}/\text{m}^3$  byla zjištěna na 3 stanicích v Ostravě a stanici v Příbrami, roční průměry v rozmezí 10 až 20  $\text{ng}/\text{m}^3$  pak byly v roce 2021 naměřeny na dalších čtyřech stanicích – Karviná (TKAO), Olomouc (MOLS), Ostrava (TOPR) a Český Těšín (TCTN). Mají lokální charakter a přímou souvislost s okolní průmyslovou zátěží. Nejvyšší hodnota byla naměřena na stanici Ostrava – Radvanice – 50,5  $\text{ng}/\text{m}^3$  (cca 10 % imisního limitu) (SZÚ, 2021).

Olovo je toxický prvek, těžký kov. Hlavními cestami vstupu do organismu jsou gastrointestinální trakt a respirační systém. Perorální vstřebávání se mění s věkem: dospělí absorbují asi 10 % požitých dávek, děti více (cca 40 %). Plícemi vstřebané množství je u dospělých cca 30–50 % z celkové dávky. Anorganické sloučeniny se neabsorbují kůží. Organické sloučeniny olova (tetraetylolovo, tetrametylolovo) jsou lipofilní sloučeniny, které se snadno absorbují kůží, gastrointestinálním traktem, plícemi a rychle se distribuují do tukových tkání. Olovo prochází placentární bariérou, může přecházet do mateřského mléka a tím ho kontaminovat.

U malých dětí může být také významným zdrojem olovo obsažené v půdě a prachu - s ohledem na jejich chování (strkání rukou do úst).

V krvi je více než 90 % olova vázáno na erytrocyty. Anorganické olovo je nejprve distribuováno do měkkých tkání, např. tubulárního epitelu ledvin, jater, poté dochází k redistribuci a hlavním místem depozice jsou kosti. Některé faktory mohou způsobit zpětné vyplavení olova z kostí, tzn. že se toxické působení může projevit i po dlouhé době od přerušení expozice. Olovo se váže také na keratin ve vlasech. Exkrece u člověka probíhá především močí, dále stolicí.

Toxický účinek se při vysokých koncentracích (při profesionálních expozicích) může projevit účinky na nervový systém (bolesti hlavy, podrážděnost, malátnost, poruchy pozornosti). Může také docházet k poškození tubulárních buněk v ledvinách. Olovo inhibuje enzymy působící při biosyntéze hemu, intoxikace olovem se může projevit následnou anémií.

Při chronické expozici olovem byla pozorována řada účinků na různé orgánové systémy. Závažné jsou projevy neurotoxické, nejcitlivější k tomuto účinku jsou děti. Při dlouhodobé expozici nízkým dávkám olova bylo popsáno nepříznivé změny v chování dětí (snížení

koncentrace, pozornosti). Některé studie poukazují také na souvislost expozice olova v raném období života dětí a následné nepříznivé ovlivnění intelektu. Mimo dětí jsou také za zranitelnější skupinu považovány také těhotné ženy, starší lidé. Olovo může mít nepříznivý dopad také na reprodukci.

Směrnicové hodnoty dle WHO (2000) jsou založeny na koncentraci olova v krvi. U dospělých jsou kritickým účinkem hematologické změny, u dětí negativní vliv na kognitivní funkce, poruchy sluchu a metabolismu vitamínu D.

Hladina olova v krvi (při minimálním antropogenním původu) se pohybuje v rozpětí 10–30 µg/l. Nepříznivé účinky olova se u populace malých dětí projevují při hladinách 100–150 µg/l, i když nelze vyloučit možné efekty na populaci i pod těmito hladinami. Směrnicová hodnota byla odvozena dle nejnižší hodnoty z tohoto rozmezí (100 µg/l).

Bylo zjištěno, že 1 µg olova v 1 m<sup>3</sup> vzduchu přímo přispívá u dětí přibližně 19 µg olova na litr krve a u dospělých 16 µg olova na litr krve. Při zohlednění dalších možných nepřímých environmentální cest expozice, lze předpokládat, že 1 µg olova v 1 m<sup>3</sup> vzduchu přispívá přibližně 50 µg olova na litr krve.

U exponované populace (zahrnujících předškolní děti) je doporučeno nepřekračovat hodnotu 100 µg olova na litr krve. Střední hodnota hladiny olova v krvi by neměla překročit 54 µg/l. Roční průměrná koncentrace olova v ovzduší (odvozená na základě obsahu olova v krvi) by neměla překročit 0,5 µg/m<sup>3</sup>.

ATSDR neuvádí referenční koncentrace pro inhalační expozici.

V databázi US EPA Regional Screening Levels (RSLs) je uvedena doporučená hodnota koncentrace 0,15 µg/m<sup>3</sup>.

Olovo je podle IARC řazeno do skupiny 2B (tj. mezi látky, které jsou klasifikovány jako možné karcinogeny). Anorganické sloučeniny olova jsou zařazeny do skupiny 2A (pravděpodobně karcinogenní pro člověka).

OEHA uvádí jednotku karcinogenního rizika pro inhalační expozici IUR = 1,2·10<sup>-5</sup> (µg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>.

V zákoně 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, je uveden imisní limit stanovený jako roční aritmetický průměr 0,5 µg/m<sup>3</sup> (500 ng/m<sup>3</sup>), který odpovídá doporučené hodnotě podle WHO.

### **BENZEN** - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (CAS: 71-43-2)

Fyzikální údaje: bezbarvá aromatická kapalina sladkého zápachu

Molární hmotnost (kg/kmol): 78,11 (1 mg/m<sup>3</sup> = 313 ppm; 1 ppm = 3,19 mg/m<sup>3</sup>)

Bod varu: 80,49; 80,09 °C; bod tání: 5,53 °C

Benzen je přímo uvolňován při nedokonalém spalování pohonných hmot (především u vozidel se zážehovým motorem) a dále vzniká uvolňováním z vyšších aromatických sloučenin. Významným zdrojem expozice ve vnitřním prostředí je cigaretový kouř. Vnitřní i venkovní hladiny benzenu v ovzduší jsou vyšší v blízkosti takových zdrojů emisí jako jsou např. čerpací stanice.

Do monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí (SZÚ, 2022) byly za rok 2021 zahrnuty hodnoty benzenu měřené na 33 stanicích, z nichž 2 stanice (Košetice, Rudolice v Horách) lze klasifikovat jako požadové. Dvě stanice (Ústí nad Labem a Ostrava) byly pro nedostatečný počet hodnot z hodnocení vyřazeny. Úroveň znečištění ovzduší

benzenem se v roce 2020 v měřených městských lokalitách pohybovala v rozmezí 0,6 – 3,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ . Imisní limit pro benzen nebyl překročen na žádné měřicí stanici (SZÚ, 2022).

Hodnoty ročního aritmetického průměru na pozadových stanicích byly 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a 0,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Rozpětí ročních průměrů na městských stanicích nezatížených průmyslem a intenzivní dopravou se pohybuje mezi 0,6 až 1,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Odhad střední hodnoty ve městech je 1,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ .

V dopravně silně zatížených lokalitách byla střední roční hodnota 1,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$  (rozpětí 0,9 – 2,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

V průmyslově zatížených lokalitách jsou dlouhodobě zjišťovány nejvyšší střední hodnoty (průměr: 1,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ ). Rozpětí naměřených koncentrací je ale poměrně široké 0,7 až 3,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ .

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím benzenu pro města v ČR je  $7,8 \cdot 10^{-6}$  (tj. cca 1 osoba na 100 tisíc obyvatel), rozpětí ve sledovaných městech je od  $3,6 \cdot 10^{-6}$  po  $2,1 \cdot 10^{-5}$ , tj. od 4 do 21 osob na 1 milion celoživotně exponovaných obyvatel (SZÚ, 2022).

Do těla benzen proniká především při inhalační, méně při kožní expozici. Benzen má nízkou akutní toxicitu, projevuje se drážděním sliznic, neurotoxicita.

Při dlouhodobé expozici má vliv na imunitní systém (včetně poklesu T lymfocytů), snižuje odolnost těla vůči infekci, alergiím. Také má účinky hematotoxické. Ovlivňuje orgány krvetvorby - poškozuje kostní dřeň a způsobuje změny buněčných krevních elementů. Vzácněji může nepříznivě působit i na játra, ledviny a další orgány. Početné studie demonstrují vztah mezi expozicí benzenu a výskytem různých typů leukémií, rakovinou krvetvorných orgánů, byly popsány nádory v nosní dutině, jater, prsu. Působení benzenu a eventuelně jeho metabolitů může vést ke vzniku chromozomálních aberací.

US EPA - databáze IRIS uvádí pro benzen  $\text{RfC} = 0,03 \text{ mg}/\text{m}^3 = 30 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  pro nekarcinogenní účinky (sledovaným efektem byl úbytek množství lymfocytů). Referenční koncentrace byla odvozena z profesní inhalační studie.

ATSDR (*Agency for toxic substances and disease registry*) stanovila MRL (*Minimal Risk Level*) pro chronickou inhalační expozici benzenem - nekarcinogenní účinky 0,003 ppm, tj. cca 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (imunologické efekty). Pro akutní inhalační expozici je uvedena doporučená koncentrace 0,009 ppm.

OEHHA (*Office for Environmental Health Hazard Assessment*) US EPA California stanovila pro inhalační expozici referenční hladinu REL pro chronický účinek i pro 8-hodinovou expozici v úrovni 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a pro akutní působení v úrovni hodiny 27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sledovány byly účinky na hematopoetický a imunitní systém, vývoj.

Podle klasifikace IARC je benzen prokázaným lidským karcinogenem (skupina 1).

Doporučovaná hodnota jednotky rakovinového rizika (UR) pro koncentraci 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  v ovzduší dle WHO (2000) je:  $6 \cdot 10^{-6} = 0,000006$  (geometrický průměr z rozsahu hodnot 4,4 až  $7,5 \cdot 10^{-6}$ ). (Jednotka karcinogenního rizika vyjadřuje kvantitativní odhad rizika obecné karcinogenní odpovědi a znamená zvýšení rizika nádorového onemocnění při celoživotní expozici jednotkové koncentraci látky v ovzduší.) Sledovaným parametrem byl výskyt leukémie u profesionálně exponovaných pracovníků. V těchto studiích byly osoby exponovány koncentracím o několik řádů vyšším, než se mohou vyskytovat ve venkovním ovzduší. Je možné, že extrapolace do oblasti nižších koncentrací neodpovídá reálné křivce účinnosti, uvedená hodnota je proto považována spíše za horní mez odhadu rizika.

Úrovní rizika  $1 \cdot 10^{-6}$  (jeden případ onemocnění na milión celoživotně exponovaných osob) odpovídá koncentrace benzenu v úrovni  $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Dle US EPA – databáze IRIS je jednotka karcinogenního rizika pro inhalační expozici (IUR) rovna rozmezí  $2,2\text{--}7,8 \cdot 10^{-6}$  (tj. 0,0000022 až 0,0000078). Přijatelné úrovní rizika ( $1 \cdot 10^{-6}$ ) odpovídá referenční koncentrace v ovzduší  $0,13\text{--}0,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Dle US EPA, databáze *Regional Screening Level* je pro benzen ve venkovním ovzduší (obytné zóny) uváděna hodnota referenční koncentrace v ovzduší  $0,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (odpovídající úrovni karcinogenního rizika  $10^{-6}$ ).

OEHHA (*Office for Environmental Health Hazard Assessment*) US EPA California stanovila pro benzen jednotku karcinogenního rizika pro inhalační expozici v úrovni  $2,9 \cdot 10^{-5} (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})^{-1}$ .

V zákoně 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, je stanoven imisní limit v úrovni pro benzen v úrovni  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  - roční průměrná koncentrace.

### **BENZO(A)PYREN** (benzo[def]chrysen) $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ (CAS 50-32-8)

Fyzikální údaje: za normálních podmínek jsou tuhé látky, bílé nebo světle žluté plátky, jehlice

Molární hmotnost (kg/kmol): 252,30 (faktor přepočtu na ppm = 0,097)

Bod varu:  $500 (495)^\circ\text{C}$ , bod tání:  $179 - 179,3^\circ\text{C}$

Při monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí (SZÚ, 2022), bylo zjištěno, že hodnota ročního aritmetického průměru benzo(a)pyrenu na pozadové stanici byla  $0,25 \text{ ng}/\text{m}^3$  a zároveň se zde hmotnostní koncentrace v zimním období pohybovaly v jednotkách  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Srovnatelnou úroveň zátěže lze najít v některých městských lokalitách.

Rozpětí ročních průměrů na městských stanicích nezatížených průmyslem a intenzivní dopravou se pohybuje mezi  $0,3$  až  $2,9 \text{ ng}/\text{m}^3$ , odhad střední hodnoty zde je  $0,9 \text{ ng}/\text{m}^3/\text{rok}$ . V letním období zde byly měřeny 24hodinové koncentrace na úrovni detekčního limitu (pod  $0,02 \text{ ng}/\text{m}^3$ ), v zimním období pak nepřekračovaly  $10$  až  $15 \text{ ng}/\text{m}^3$  (SZÚ, 2022).

V dopravně silně zatížených lokalitách byla střední roční průměrná hodnota  $0,9 \text{ ng}/\text{m}^3/\text{rok}$  (rozpětí  $0,4$  až  $1,9 \text{ ng}/\text{m}^3$ ), tyto lokality se vyznačovaly menší variabilitou mezi hodnotami naměřenými v zimním a letním období.

V průmyslově zatížených lokalitách (chemický průmysl, metalurgie...) se rozpětí i podle typu zátěže pohybovalo od hodnot srovnatelných s pozadovou stanicí ( $0,4 \text{ ng}/\text{m}^3/\text{rok}$ ), až po  $8,9 \text{ ng}/\text{m}^3/\text{rok}$ . Vysoké koncentrace byly měřeny především v Ostravsko-karvinské pánvi. Střední roční hodnota pro tyto lokality byla  $2,7 \text{ ng}/\text{m}^3$ , v letním období se hodnoty pohybovaly od detekčního limitu do  $4 \text{ ng}/\text{m}^3$ , zimní 24hodinová maxima byla v řádu desítek  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

Ve vesnických a předměstských lokalitách byla střední roční průměrná hodnota  $1,8 \text{ ng}/\text{m}^3/\text{rok}$  (rozpětí  $0,4$  až  $6,8 \text{ ng}/\text{m}^3$ ), což jsou hodnoty, které jsou velice blízké koncentracím v zatížených průmyslových lokalitách. Vzhledem k tomu, že zde se jedná primárně o sezónní zdroje, jsou zde zvýšené koncentrace soustředěny do zimního období (SZÚ, 2022).

V roce 2021 byla hodnota imisního limitu pro benzo(a)pyren překročena na 17 z 47 do zpracování zahrnutých městských stanic. Limit byl několikanásobně překročen především na všech stanicích v Moravskoslezském kraji (roční průměr mezi  $1,5$  až  $8,9 \text{ ng}/\text{m}^3/\text{rok}$ ). Z ostatních krajů ČR byly vysoké hodnoty zjištěny v Kladně Švermově ( $2,6 \text{ ng}/\text{m}^3/\text{rok}$ ) a ve Valašském Meziříčí ve Zlínském kraji ( $1,8 \text{ ng}/\text{m}^3/\text{rok}$ ). Nejnižší hodnoty, pod  $0,4 \text{ ng}/\text{m}^3/\text{rok}$ , které byly naměřené na dvou městských stanicích v Brně, Sokolově, Pelhřimově, v Hradci Králové a ve Žďáru nad Sázavou jsou srovnatelné s koncentracemi zjištěnými na pozadových stanicích.



Hodnoty měřené na venkovských nebo předměstských a příměstských stanicích dokazují existenci lokalit významně zatížených lokálními topeništi, kde může docházet a dochází až k vícenásobnému překročení imisního limitu.

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím benzo(a)pyrenu se v České republice pohybuje v rozsahu  $2,2 \cdot 10^{-5}$  až  $7,7 \cdot 10^{-4}$ , tj. 2 – 77 osob na 100 tisíc celoživotně exponovaných obyvatel. Odhad pro městské, dopravou a průmyslem významně nezatížené lokality se pohybuje na hranici 8 osob na 100 tisíc celoživotně exponovaných obyvatel (SZÚ, 2022).

Z porovnání imisních charakteristik stanic umístěných v jednotlivých typech městských lokalit vyplývá, že se jedná vždy o kombinaci vlivu dvou hlavních zdrojů emisí polycyklických aromatických uhlovodíků (domácí topeniště a doprava), kdy se emise z liniových zdrojů sčítají s městským pozadím ovlivňovaným lokálními malými zdroji. Specifickým případem je průmyslem a starou zátěží exponovaná ostravsko-karvinská aglomerace, kde se k obvyklým zdrojům (doprava a lokální zdroje) přidávají jako majoritní velké průmyslové celky a dálkový transport.

V centrech městských celků a aglomerací lze zátěž z dopravy charakterizovat jako plošnou, rozdíly mezi málo a významně exponovanými lokalitami jsou minimální. Domácí topeniště se prosazují hlavně v okrajových částech měst a v místech s významným podílem spalování fosilních paliv. Tyto lokality se vyznačují vyššími koncentracemi v topném období a hodnotami pod mezí detekce v období netopném (SZÚ, 2022).

Pro zimní období je charakteristický výskyt epizod vyšších hodnot, a to jak pro zvýšené požadavky na energetické (i malé) zdroje na pevná paliva, tak i proto, že jejich odstraňování fyzikálně-chemickými procesy v atmosféře probíhá mnohem pomaleji.

Ve vysokých koncentracích převyšujících běžné pracovní expozice je dráždivý. Benzo(a)pyren dráždí pokožku, byly popsány chronické poruchy kůže, hyperpigmentace a fotosensitivita, premaligní a maligní léze. Může dráždit také dýchací cesty a oči. Dále byly u profesionálních expozic těkavým látkám z dehtu pozorována poškození či poruchy funkce ústní dutiny, dýchacích cest, močového měchýře a ledvin. Expozice touto látkou také představuje významné riziko pro vyvíjející plod, je popisována také reprodukční toxicita. Může být přenášen do těla kojených dětí mateřským mlékem.

Některé studie nově poukazují také na vliv polycyklických aromatických uhlovodíků obsažených v jemné frakci suspendovaných částic v ovzduší a to zejména ve vztahu k nepříznivému ovlivnění nitroděložního i pozdějšího vývoje u dětí.

US EPA - databáze *Regional Screening Level* uvádí pro nekarcinogenní účinky benzo(a)pyrenu  $RfC_i = 0,002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Benzo(a)pyren patří mezi látky karcinogenní, mutagenní. Benzo(a)pyren je prekarcinogenem - vlivem savčího biotransformačního systému může dojít k přeměně na silně reaktivní alkylační činidlo - reaktivní elektrofilní intermediáty, které pak reagují s makromolekulami buněk (především proteiny a DNA).

Podle klasifikace IARC je benzo(a)pyren prokázaným lidským karcinogenem (skupina 1).

Hodnota jednotky rakovinového rizika (UR) pro koncentraci  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$  v ovzduší dle WHO (2000) pro benzo(a)pyren jako indikátor PAU (inhalační expozice) je:  $8,7 \cdot 10^{-5}$ . Tato hodnota byla stanovena na základě studie, ve kterých byla sledována rakovina plic u profesionálně exponovaných pracovníků v koksárně.

Dle WHO je pro úroveň karcinogenního rizika  $10^{-6}$  (tj. jeden případ onemocnění rakovinou na 1

milión celoživotně exponovaných osob) uvedena koncentrace  $0,012 \text{ ng/m}^3$ , tj.  $0,000\ 012 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ . (Pro úroveň karcinogenního rizika  $10^{-5}$  je uváděna koncentrace  $0,12 \text{ ng/m}^3$  – tj.  $0,00012 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  a pro úroveň karcinogenního rizika  $10^{-4}$  pak  $1,2 \text{ ng/m}^3$ , tj.  $0,0012 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ .)

OEHHA (*Office for Environmental Health Hazard Assessment*) US EPA California stanovila pro benzo(a)pyren jednotku karcinogenního rizika pro inhalační expozici v úrovni  $1,1 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})^{-1}$ .

V databázi *Regional Screening Level* (US EPA) je uvedena hodnota jednotky karcinogenního rizika  $6 \cdot 10^{-4} \text{ } \mu\text{g/m}^3$ , screeningová hladina pro venkovní ovzduší odpovídající úrovni karcinogenního rizika  $10^{-6}$  v obytné zóně je  $1,7 \cdot 10^{-3} \text{ } \mu\text{g/m}^3$ .

V zákoně 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, je uveden imisní limit pro benzo(a)pyren stanovený jako roční aritmetický průměr  $1 \text{ ng/m}^3$ .

### **LÁTKY S DIOXINOVÝM ÚČINKEM**

Polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDD) a polychlorované dibenzofurany (PCDF) je široká skupina látek, vyskytují se v podobě směsi kongenerů, mají podobné vlastnosti. Obě skupiny látek bývají označovány triviálním názvem „dioxiny“. Látky jsou tvořeny dvěma řadami tricyklických aromatických sloučenin. Obsahují dvě benzenová jádra, na které může být navázáno až 8 atomů chlóru.

PCDD a PCDF nemají průmyslové využití, vznikají jako vedlejší nežádoucí produkty především při spalovacích procesech (spalovny odpadů, krematoria, domácí topeniště, spalování uhlí, automobilová doprava, požáry, nekontrolované hoření skládek) a metalurgických procesech. Významným zdrojem emisí PCDD/F (zejména ve vnitřním prostředí budov) je kouření.

Tvorba těchto látek je závislá na teplotě (optimální teplota pro jejich vznik je  $250\text{--}400 \text{ }^\circ\text{C}$ ), množství reaktivního chlóru ve spalovaném materiálu, množství kyslíku, množství a druh katalyzátorů a rovněž na podílu aromatických sloučenin. Jedná se o látky vysoce termostabilní, pro úplný tepelný rozklad jsou nutné vysoké teploty okolo  $1000$  až  $1050 \text{ }^\circ\text{C}$ . V ovzduší je většina PCDD/F vázána na částice. Dioxiny podléhají fotochemické destrukci molekul (*Holoubek, 2005*).

Jedná se o látky stabilní, hydrofóbního a lipofilního charakteru s tendencí akumulace. V lipidových složkách jsou perzistentní. Hydrofóbnost vzrůstá se stupněm chlorace.

Dioxiny jsou do organismu přijímány především s potravou (odhaduje se přibližně 95 % z celkového přijatého množství), rozpuštěné v tukových složkách kontaminovaných potravin (masné a mléčné výrobky, ryby, vejce aj.). Kojenci mohou být exponováni také z mateřského mléka. Méně významnou cestou vstupu PCDD/F je inhalace, popř. prostup kůží. Byl prokázán i určitý přechod dioxinů přes placentu z matky na plod.

Vstřebažené dioxiny se kumulují v tukových tkáních a tuku řady orgánů (zejména v játrech). Vylučují se z organismu žlučí.

Za citlivější se považují děti a starší lidé, osoby s poruchami jater, sníženou imunitou. Některé osoby v běžné populaci mohou být exponovány více než ostatní (sportovní rybáři, myslivci).

PCDD/PCDF jsou látky vysoce toxické. Krátkodobá expozice člověka vysoké dávce látkám s dioxinovým efektem se projevuje poškozením kůže známým jako tzv. chlorakne, (tvoří se tmavé skvrny na kůži) a negativním ovlivněním jater.

Dlouhodobá expozice vede k poškození imunitního systému, nervového systému, endokrinního systému (zejména štítné žlázy), reprodukčních funkcí. Byla popsána vývojová toxicita.

PCDD/PCDF mohou vyvolávat různé metabolické poruchy. Při vysoké expozici byla pozorována vyšší úmrtnost na srdeční a cévní choroby i onemocnění jater.

Nejtoxikčtější látkou celé skupiny je 2,3,7,8-TCDD (tetrachlordibenzo-p-dioxin) se čtyřmi atomy chlóru substituovanými v polohách 2,3,7,8. Dle IARC je zařazen do skupiny 1, tj. látky karcinogenní pro člověka. Byl pozorován nárůst vzniku různých typů karcinogenních onemocnění, především vnitřních orgánů a plic. Ostatní dioxiny jsou zařazeny do skupiny 3 – látky neklasifikovatelné z hlediska karcinogenity.

2,3,7,8-TCDD přímo nepoškozuje genetický materiál, jedná se o negenotoxický karcinogen. TCDD ovlivňuje buněčné funkce, mimo jiné i prostřednictvím reakcí s tzv. Ah receptory.

Pro vyjadřování toxicity směsi dioxinů používají faktory ekvivalentní toxicity. Toxicita je vyjádřena ekvivalentním množstvím 2,3,7,8-TCDD (TEQ). Toto množství je součtem ekvivalentních množství toxických kongenerů, vypočtených jako součin koncentrace toxického kongeneru a příslušného faktoru ekvivalentní toxicity. Na celkové toxicitě se podílejí i některé PCB, které mají podobné biologické účinky.

Směrnicová hodnota dle WHO (2000) pro koncentrace TCDD/F ve volném ovzduší nebyla navržena, protože přímá inhalace představuje pouze velmi malou část z celkového příjmu (obecně méně než 5 % denního příjmu z potravy).

Pokud budeme předpokládat, že hladina TEQ TCDD v ovzduší se pohybuje v úrovni 0,1 pg/m<sup>3</sup> (množství inhalovaného vzduchu je 20 m<sup>3</sup> za den pro dospělého jedince), pak by příjem z inhalační expozice činil cca 0,03 pg/kg tělesné hmotnosti za den.

WHO (2003) navrhla hodnotu tolerovatelného denního příjmu TDI (*Tolerable Daily Intake*) pro TCDD (nebo I-TEQ TCDD) = 1–4 pg/kg tělesné hmotnosti. Tato hodnota vycházela z hodnoty LOAEL, která se na základě studií pohybuje v rozmezí 14–37 pg/kg tělesné hmotnosti za den, byl použit bezpečnostní faktor = 10. Dále WHO upozorňuje, že TDI reprezentuje přijatelný každodenní příjem po dobu celého života jedince. Příležitostné krátkodobé zvýšení příjmu by nemělo mít zdravotní následky, pokud bude zabezpečeno, aby dlouhodobý průměrný příjem nebyl překročen. Dále uvádí, že horní hranice 4 pg/kg tělesné hmotnosti ze den by měla být považována za provizorní. Cílem je snížit příjem TEQ TCDD pod hodnotu 1 pg/kg tělesné hmotnosti za den.

V roce 2001 EU - resp. Výzkumný výbor pro potraviny EU (*EU Scientific Committee on Food*) navrhla prozatímní hodnotu tolerovatelného týdenního příjmu TWI = 14 pg/kg tělesné hmotnosti za den pro 2,3,7,8 PCDD/F.

WHO (2000) odhaduje průměrný příjem TEQ TCDD v evropských zemích v rozmezí 1,5–2 pg/kg tělesné hmotnosti za den, severské země udávají příjem mírně nižší než 1 pg/kg tělesné hmotnosti za den. Pro USA je udáváno rozmezí příjmu 1–3 pg/kg tělesné hmotnosti za den.

Dle US EPA - databáze RSL je jednotka karcinogenního rizika pro inhalační expozici (IUR) u 2,3,7,8 TCDD rovna  $3,8 \cdot 10^1 (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ . Hladině karcinogenního rizika  $10^{-6}$  odpovídá koncentrace ve venkovním ovzduší 0,074 pg/m<sup>3</sup>.

OEHHA (US EPA California) stanovila pro inhalační expozici PCDD/PCDF referenční hladinu REL pro chronickou expozici 0,04 ng/m<sup>3</sup> (s ohledem na účinky na reprodukční, endokrinní, respirační a hematopoetický systém, vývojové efekty). Inhalační jednotka karcinogenního rizika (IUR) pro 2,3,7,8 TCDD je  $3,8 \cdot 10^1 (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ .

ATSDR stanovila MRL pro nekarcinogenní efekty pro orální příjem. Pro akutní expozici je uvedena hodnota 0,0002 µg/kg/den (imunosupresivní účinky), pro subakutní expozici 0,00002 µg/kg/den a pro chronické působení 0,000001 µg/kg/den (vývojové účinky).

### **III. 4. Hodnocení inhalační expozice**

Hodnocení inhalační expozice vychází z rozptylové studie, resp. výstupů imisního disperzního modelu SYMOS. Byly využity zjištěné příspěvky k imisním koncentracím suspendovaných částic frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>), oxidu siřičitého, oxidu uhelnatého, chlorovodíku, fluorovodíku, kadmia, rtuti, skupiny těžkých kovů (arsen, nikl, olovo...), benzenu, benzo(a)pyrenu, polychlorovaných dibenzo-p-dioxinů a dibenzofuranů (PCDD/F).

Rozptylová studie je zpracována jako příspěvková a hodnotí příspěvek provozu spalovny a dopravy vyvolané provozem záměru k současnému imisnímu zatížení.

Imisní příspěvky (maximální a roční) byly vypočteny v zájmovém území o rozloze 2200 x 2000 metrů a v rozptylové studii jsou prezentovány v grafické podobě - v husté geometrické síti referenčních bodů formou izolinií.

Výpočet v síti byl proveden pro výšku 1,5 metru nad terénem (přibližná výška dýchací zóny člověka).

Dále bylo vyčísleno předpokládané imisní zatížení v 7 referenčních bodech u vybrané zástavby v Příbrami: bod č. 1 – Obecnická č.p. 524, bod č. 2 – Obecnická č.p. 273, bod č. 3 – Obecnická č.p. 281, bod č. 4 – U kasáren č.p. 371, bod č. 5 – Oblastní nemocnice Příbram, bod č. 6 – Mateřská škola Pohádka, bod č. 7 – Kaufland.

Vypočtené hodnoty maximálních imisních koncentrací škodlivin mohou být dosahovány při špatných rozptylových podmínkách za silných inverzí a slabého větru. S rostoucí rychlostí větru vypočtené koncentrace klesají. Ve skutečnosti se maximální hodnoty koncentrací mohou vyskytovat pouze několik hodin (dní) v roce, v závislosti na četnosti výskytu inverzí a specifických meteorologických podmínkách v posuzované lokalitě.

Průměrné roční koncentrace imisí reprezentují hodnoty, kterých může být dosaženo při provozu posuzovaných zdrojů znečišťování ovzduší při respektování směru a četnosti proudění větru dle konkrétní větrné růžice.

Výsledky modelových výpočtů reprezentující příspěvky provozu záměru u zvolené obytné zástavby jsou shrnuty v následující tabulce.

**Tabulka č. 2:** Příspěvek záměru k imisní koncentraci znečišťujících látek

Znečišťující látka	jednotky	Referenční body						
		b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
BaP	c <sub>r</sub> [pg/m <sup>3</sup> ]	0.393	0.302	2.853	3.169	1.126	1.785	1.565
benzen	c <sub>r</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	1.83E-05	1.39E-05	1.27E-04	1.38E-04	4.68E-05	7.11E-05	6.18E-05
CO	c <sub>8h</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	4.099	2.662	2.753	3.915	4.635	3.570	3.892
CO	c <sub>r</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	0.151	0.107	0.140	0.116	0.120	0.106	0.092
NO <sub>2</sub>	c <sub>h</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	2.177	1.715	1.922	1.923	1.758	1.583	2.156
NO <sub>2</sub>	c <sub>r</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	4.25E-02	3.30E-02	4.15E-02	4.12E-02	5.83E-02	4.75E-02	3.92E-02
PM <sub>2.5</sub>	c <sub>r</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	1.30E-02	9.69E-03	6.07E-02	6.66E-02	2.90E-02	4.04E-02	3.49E-02
PM <sub>10</sub>	c <sub>d</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	2.217	1.640	1.962	3.914	1.314	1.611	2.856
PM <sub>10</sub>	c <sub>r</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	0.038	0.029	0.230	0.255	0.098	0.147	0.128
Cd + Tl	c <sub>r</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	3.48E-05	2.48E-05	2.96E-05	2.79E-05	4.57E-05	3.44E-05	2.72E-05
HCl	c <sub>h</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	0.559	0.390	0.409	0.482	0.692	0.494	0.556
HCl	c <sub>r</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	1.39E-02	9.86E-03	1.18E-02	1.11E-02	1.82E-02	1.37E-02	1.08E-02
HF	c <sub>h</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	6.99E-02	4.88E-02	5.11E-02	6.03E-02	8.65E-02	6.18E-02	6.94E-02
HF	c <sub>r</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	1.73E-03	1.23E-03	1.48E-03	1.39E-03	2.27E-03	1.71E-03	1.35E-03
HG	c <sub>r</sub> [pg/m <sup>3</sup> ]	1.74E-02	1.24E-02	1.48E-02	1.39E-02	2.28E-02	1.72E-02	1.36E-02
Sb+As+Pb+Cr+ Co+Cu+Mn+Ni+V	c <sub>r</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	5.21E-04	3.71E-04	4.44E-04	4.18E-04	6.85E-04	5.16E-04	4.07E-04
NH <sub>3</sub>	c <sub>h</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	0.700	0.490	0.514	0.605	0.869	0.620	0.696
NH <sub>3</sub>	c <sub>r</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	0.017	0.012	0.015	0.014	0.023	0.017	0.014
PCDD/F + PCB s diox. efektem	c <sub>r</sub> [fg/m <sup>3</sup> ]	0.174	0.124	0.148	0.140	0.229	0.172	0.136
PCDD/F	c <sub>r</sub> [fg/m <sup>3</sup> ]	0.139	0.099	0.118	0.112	0.183	0.138	0.109
SO <sub>2</sub>	c <sub>h</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	2.801	1.958	2.054	2.418	3.474	2.480	2.783
SO <sub>2</sub>	c <sub>d</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	2.084	1.457	1.528	1.799	2.584	1.845	2.070
SO <sub>2</sub>	c <sub>r</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	0.070	0.049	0.059	0.056	0.091	0.069	0.054
TVOC	c <sub>h</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	0.701	0.490	0.514	0.605	0.869	0.621	0.696
TVOC	c <sub>r</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	1.74E-02	1.24E-02	1.48E-02	1.40E-02	2.29E-02	1.72E-02	1.36E-02

*Vysvětlivky k tabulce:*

*c<sub>r</sub> příspěvek k průměrné roční imisní koncentraci znečišťující látky*

*c<sub>h</sub> maximální hodnota příspěvků k hodinovým imisním koncentracím*

*c<sub>8h</sub> maximální hodnota příspěvků k 8-hodinovým imisním koncentracím*

*c<sub>d</sub> maximální hodnota příspěvků k 24-hodinovým imisním koncentracím*

*CO – oxid uhelnatý, HCl – chlorovodík, HF – fluorovodík, Cd – kadmium, Tl – thallium, Sb - antimon, As – arsen, Pb – olovo, Cr – chróm, Co – kobalt, Cu – měď, Mn – mangan, Ni – nikl, V – vanad, NO<sub>2</sub> – oxid dusičitý, PCDD/F polychlorované dibenzo- dioxiny a furany, PM<sub>2.5</sub>; PM<sub>10</sub> – suspendované částice frakce PM<sub>2.5</sub>; PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> – oxid siřičitý, VOC – těkavé organické látky*

### **III. 5. Charakterizace rizika**

Pro charakterizaci rizika se využívá přístup spočívající v rozdělení látek dle jejich účinků na prahové a bezprahové. U látek, které nejsou klasifikovány jako karcinogeny, se uvažuje s existencí prahové úrovně expozice, pod kterou se neočekává významný nežádoucí účinek (vlivem fyziologických adaptačních, detoxikačních a reparačních mechanismů organismu). Pro látky s prahovými účinky je stanovena přípustná (referenční) koncentrace nepoškozující zdraví.

Riziko nekarcinogenního vlivu je možné charakterizovat pomocí koeficientu nebezpečnosti HQ (*Hazard Quocient*), který se vyjadřuje jako poměr mezi zjištěnou expoziční a referenční koncentrací (MŽP, 2011):  $HQ = EC / RfC$ , kde EC je průměrná (vypočtená) expoziční koncentrace (např. v  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a RfC je referenční inhalační koncentrace (např. v  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Referenční koncentrace je hmotnostní koncentrace látky v ovzduší, která při expozici odpovídající hodnocenému intervalu pravděpodobně nezpůsobí poškození zdraví populace, včetně citlivých podskupin (staří a nemocní lidé, děti apod.).

Při současném působení více kontaminantů na stejný orgán nebo systém je možné předpokládat, že působí aditivně (pokud nejsou k dispozici údaje o jiných vztazích vzájemného ovlivňování). Míra rizika se pak vyjadřuje v podobě sumárního indexu nebezpečnosti HI (*Hazard Index*), který je součtem kvocientů HQ jednotlivých látek (MŽP, 2011). V případě, že koeficient nebezpečnosti HQ, resp. index nebezpečnosti (HI) dosahuje hodnoty menší než 1, neočekává se žádné významné riziko toxických účinků. (Z konzervativního hlediska se požaduje, aby byl HQ menší či roven 0,5.)

U některých škodlivin nejsou stanoveny referenční koncentrace - pro nízkou toxicitu škodliviny nebo pro nepřesně definovatelné působení na určité systémy. Pro hodnocení zdravotních rizik spojených s expozicí prašného aerosolu jsou využity publikované vztahy, které vychází z epidemiologických studií a vyjadřují závislost mezi koncentrací a výskytem různých zdravotních obtíží.

Při charakterizaci rizika genotoxického karcinogenního účinku látky se předpokládá, že neexistuje prahová úroveň expozice. Každá dávka je spojena s vzestupem pravděpodobnosti vzniku nádorového bujení; nulové riziko je při nulové expozici.

Pro karcinogenně působící látky je vyjádřena teoretická míra pravděpodobnosti zvýšení výskytu karcinomů pro jednotlivce nad běžný výskyt v populaci ILCR (*Individual Lifetime Cancer Risk*). Pravděpodobnost vychází ze vztahu  $ILCR = EC \times IUR$ , kde EC – průměrná expoziční koncentrace látky v ovzduší (resp. nejvyšší hodnota průměrné roční koncentrace zjištěná modelovým výpočtem rozptylové studie) a IUR je odpovídající jednotka karcinogenního rizika – inhalační, která udává horní hranici zvýšeného celoživotního rizika rakoviny u jednotlivce při jednotkové celoživotní koncentraci.

Dle Ministerstva zdravotnictví ČR (MZ, 2005) je za přijatelné rozmezí karcinogenního rizika považována řádová úroveň pravděpodobnosti  $10^{-6}$  (tj. 1–9 případů nádorového onemocnění při celoživotní expozici na milion exponovaných osob).

Je třeba doplnit, že přístup rozdělení na prahové a bezprahové působící látky je zjednodušující. Některé látky vykazují oba zmiňované účinky (např. benzen) a u některých jiných s karcinogenními účinky se diskutuje o existenci prahové hodnoty. Na základě principu předběžné opatrnosti je ale i přes tyto skutečnosti u karcinogenů obecně doporučována aplikace přístupu bezprahového působení (Jiřík et Volf, 2011; Volf, 2002).

## SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE

Hodnoty průměrných ročních imisních příspěvků suspendovaných částic z posuzovaného záměru byly ve vybrané obytné zástavbě vypočteny v úrovni 0,029 až 0,255  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  u frakce  $\text{PM}_{10}$ , resp. 0,010 až 0,067  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  u frakce  $\text{PM}_{2,5}$ .

Maximální příspěvky k denní imisní koncentraci suspendovaných částic frakce  $\text{PM}_{10}$  byly zjištěny v úrovni 1,31 až 3,91  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vypočítané denní příspěvky představují maximální zjištěné hodnoty v rámci provedených výpočtů, které by mohly být teoreticky dosaženy za nepříznivých klimatických podmínek.

V současné době není možné přesně stanovit bezpečnou hranici, při které by již nedocházelo k negativním účinkům na lidské zdraví. WHO (2005) uvedlo pro suspendované částice přechodné cíle (IT-1, IT-2, IT-3) a směrné hodnoty pro roční a denní koncentrace (AQG). Směrná roční koncentrace činí 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pro frakci  $\text{PM}_{10}$  a 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pro  $\text{PM}_{2,5}$ . Pro 99. percentil maximální denní imise činí směrníková hodnota pro frakci  $\text{PM}_{10}$  50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a pro  $\text{PM}_{2,5}$  je stanovena v úrovni 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Jedná se tedy o přísnější hodnotu oproti hodnotě denních imisních limitů pro  $\text{PM}_{10}$ , kde jde o 36. nejvyšší denní koncentraci.)

Pro hodnocení stávající dlouhodobé úrovně znečištění je možné vycházet z map úrovní znečištění zveřejněných Českým hydrometeorologickým ústavem. Klouzavý průměr koncentrace za 5 kalendářních let (2017 – 2021) činil v širším území u ročních průměrných imisních koncentrací částic frakce  $\text{PM}_{10}$  17,4 až 18,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . U frakce  $\text{PM}_{2,5}$  byl průměr roční koncentrace 12,6 až 14,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . 36. nejvyšší hodnota 24-hodinové průměrné koncentrace  $\text{PM}_{10}$  v kalendářním roce byla v úrovni 30 až 33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Imisní koncentrace  $\text{PM}_{10}$  i  $\text{PM}_{2,5}$  jsou vyšší než doporučené koncentrace AQG dle WHO, což je spojeno se zvýšenými zdravotními riziky.

Dle výstupů monitoringu imisních koncentrací v rámci celé České republiky lze zvýšeným koncentracím suspendovaných částic obecně přisuzovat plošný charakter. V současné době představuje zátěž obyvatel suspendovanými částicemi jeden z hlavních problémů v oblasti kvality venkovního ovzduší a ochrany veřejného zdraví. S výkyvy denních průměrných koncentrací suspendovaných částic je spojeno nepříznivé ovlivňování respirační nemoci a úmrtnosti exponovaných obyvatel (a to zejména citlivých skupin populace – děti, starší osoby a jedinci s onemocněním dýchacích cest).

Samotné vypočtené roční imisní příspěvky suspendovaných částic jsou nízké, nepřekračují doporučené koncentrace AQG dle WHO, pohybují se v úrovni desetin  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vzhledem k závažnosti účinků suspendovaných částic na zdraví je ale přesto nutné imisní příspěvky vyvolané realizací a provozem záměru minimalizovat dostupnými technickými a organizačními opatřeními, důsledným dodržováním pracovních postupů, údržbou zařízení.

Dále je pro doplnění vyčíslen počet předčasných úmrtí a počet let ztráty života (tzv. *YOLL – years of life lost*) vyvolané znečištěním ovzduší suspendovanými částicemi. Jedná se ale pouze o teoretický odhad skutečného stavu vyčíslený na základě stávajících dostupných údajů a vztahů, který slouží pro porovnání předpokládané dlouhodobé imisní situace v lokalitě a aktivní varianty záměru, resp. demonstruje potenciální míru vlivu provozu posuzovaného záměru u populace osob žijících v okolí.

Pro odhad rizika dlouhodobé expozice suspendovaným částicím byly použity výstupy projektu HRAPIE (WHO, 2013), který uvádí funkce koncentrace a účinku pro aerosol, ozón a oxid dusičitý. Jako ukazatel expozice jsou používány průměrné roční koncentrace  $\text{PM}_{2,5}$  nebo  $\text{PM}_{10}$ , s tím, že se předpokládá, že je tak zohledněna i větší část účinků krátkodobých výkyvů imisních koncentrací i účinků některých souběžně působících plyných škodlivin (zejména oxidu

dusičitého). Vztahy jsou vyjádřeny pomocí relativního rizika (RR), které odpovídá expozici 10 µg/m<sup>3</sup> průměrné roční koncentrace PM<sub>10</sub>, resp. PM<sub>2,5</sub>.

Níže je vyčíslen počet předčasných úmrtí a počet let ztráty života (tzv. *YOLL – years of life lost*) vyvolaný znečištěním ovzduší suspendovanými částicemi. Jedná se ale pouze o teoretický odhad skutečného stavu vyčíslený na základě stávajících dostupných údajů a vztahů, který slouží pro porovnání předpokládané dlouhodobé imisní situace v lokalitě a aktivní varianty záměru, resp. demonstruje potenciální míru vlivu provozu posuzovaného záměru u populace osob žijících v okolí.

Podle aktualizovaných pokynů (*WHO, 2021*) je relativní riziko úmrtnosti u exponovaných dospělých osob (nad 30 let) RR = 1,08 (95% CI: 1,06 - 1,09) na 10 µg/m<sup>3</sup>, tj. nárůst průměrné roční koncentrace frakce suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> o 10 µg/m<sup>3</sup> zvyšuje celkovou úmrtnost exponované populace nad 30 let o 8 %.

Pro výpočet byly použity údaje ze Zdravotnické ročenky České republiky za rok 2019 (*ÚZIS ČR, 2020*) – data pro vyhodnocení celkové úmrtnosti populace starší 30 let (vyjma úmrtí na vnější příčiny).

Celkový počet exponovaných osob v zájmovém území nebyl přesně stanoven. Výpočet byl proveden pro modelový počet 5000 obyvatel.

Výpočet je pro porovnání velikosti vlivu záměru uveden pro stávající stav podle map úrovní znečištění za roky 2017 – 2021 a pro situaci po realizaci záměru (tj. imisní situaci suspendovaných částic podle map úrovní znečištění v součtu s vypočteným rozsahem příspěvků z hodnoceného záměru ve stávající obytné zástavbě).

Jsou hodnoceny změny imisní zátěže z antropogenních emisních zdrojů, tedy hodnoty nad přírodním pozadím (nad 5 µg/m<sup>3</sup> průměrné roční koncentrace PM<sub>2,5</sub>).

Ukazatelem ovlivnění úmrtnosti je také počet let ztráty života (YOLL), který neudává teoretický počet postižených obyvatel, ale lépe kvantifikuje velikost tohoto účinku u celé exponované populace. U imisní koncentrace frakce PM<sub>2,5</sub> je vyčíslena ve výši průměrné ztráty délky života o 0,22 dne na osobu a rok při zvýšení průměrné roční koncentrace PM<sub>2,5</sub> o 1 µg/m<sup>3</sup> (*Leksell I., Rabl A., 2001*). Výsledky jsou zaokrouhlené.

**Tabulka č. 3:** Odhad počtu předčasných úmrtí v populaci a počet let ztráty života v závislosti na předpokládaném znečištění ovzduší imisemi PM<sub>2,5</sub>

Ukazatel	Imisní úroveň stávající stav	Imisní úroveň + příspěvky záměru	Imisní limit PM <sub>2,5</sub> : 20 µg/m <sup>3</sup>
počet předčasných úmrtí (osoby 30 a více let)	3	3	6
počet let ztráty života (YOLL)	26	26	45

Obecně se účinek znečištěného ovzduší předpokládá zejména u citlivých skupin populace (starší osoby, lidé s respiračními a kardiovaskulárními onemocněními).

V tabulce č. 3 je uveden odhad vlivu celkových koncentrací suspendovaných částic v ovzduší na počet předčasných úmrtí a na počet let ztráty života. Pro případ dlouhodobé průměrné imisní situace vyplývající z map znečištění a vypočtených příspěvků lze na základě výpočtu u hodnocené části populace (tj. u osob starších 30 let) žijící v okolí teoreticky předpokládat 3



předčasné úmrtí za rok.

Počet let ztráty života byl počítán souhrnně pro celou modelovou populaci - bylo zjištěno průměrně 26 ztracených let života v rámci modelové populace čítající 5000 osob.

Podle provedeného výpočtu nedojde realizací záměru k hodnotitelné změně oproti stávajícímu stavu.

Pro doplnění je uveden také výpočet pro teoretickou situaci, kdy by bylo dosaženo v zájmové lokalitě hodnoty imisního limitu PM<sub>2,5</sub>.

Další vztahy jsou vyjádřeny také pomocí relativního rizika (RR), které odpovídá expozici 10 µg/m<sup>3</sup> průměrné roční koncentrace PM<sub>10</sub>, resp. PM<sub>2,5</sub> (viz popis vztahů v kapitole č. III. 3). Jako ukazatel účinků dlouhodobé expozice znečištění ovzduší u dospělé populace byla zvolena *incidence (nové případy) chronické bronchitis*, u dětí pak *prevalence bronchitis (počet dní s příznaky během roku)*. U ukazatele krátkodobých výkyvů expozice pak *hospitalizace pro kardiovaskulární a respirační onemocnění a incidence astmatických symptomů u astmatických dětí*.

Stejně jako u předchozího odhadu byl proveden teoretický výpočet pro imisní úroveň suspendovaných částic podle map úrovní znečištění a pro stav po realizaci záměru (daný součtem stávající imisní úrovně s vypočtenými příspěvky).

Jsou hodnoceny změny imisní zátěže z antropogenních emisních zdrojů, tedy hodnoty nad přírodním pozadím (nad 5 µg/m<sup>3</sup> průměrné roční koncentrace PM<sub>2,5</sub> a nad 10 µg/m<sup>3</sup> průměrné roční koncentrace PM<sub>10</sub>).

Věkové složení obyvatelstva zájmové lokality bylo stanoveno na základě dat Českého statistického úřadu (ČSÚ, 2021) pro okres Příbram. Pro výpočet hospitalizací pro kardiovaskulární a respirační onemocnění byly použity údaje z dostupné Zdravotnické ročenky České republiky (ÚZIS, 2020), u dalších ukazatelů byly využity doporučené hodnoty uvedené v publikaci WHO (2013).

**Tabulka č. 4:** Odhad výskytu vybraných ukazatelů nemoci v závislosti na předpokládaném znečištění ovzduší imisemi PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>

<b>Ukazatele</b>	<b>Imisní úroveň stávající stav</b>	<b>Imisní úroveň + příspěvky záměru</b>	<b>Imisní limit PM<sub>2,5</sub>: 20 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>: 40 µg/m<sup>3</sup></b>
Incidence chronické bronchitis u osob starších 18 let	1	1	4
Prevalence bronchitis u dětí ve věku 6 až 12 let	1354 - 1370	1359 - 1411	4835
Hospitalizace pro kardiovaskulární onemocnění (celá populace)	<1	<1	2
Hospitalizace pro respirační onemocnění (celá populace)	<1	<1	2
Incidence astmatických symptomů u astmatických dětí ve věku 5 až 19 let	46	46 - 48	164

Výpočty uvedené v tabulce č. 4 prezentují počet případů, událostí nebo dnů ve vztahu k hodnocené populaci či její části, který je možné připisovat znečištěnému ovzduší. Je třeba

upozornit, že stejně jako v předchozím případě, se s ohledem na nejistoty spojené s tímto vyhodnocením, jedná pouze o teoretický odhad skutečného stavu.

Například v případě prevalence bronchitis u dětí se jedná celkem o 1354 až 1370 dní s příznaky (pro celou část dětské populace ve věku 6 až 12 let), na jedno dítě pak průměrně 4 dny s příznaky za rok. Po zprovoznění záměru dochází k mírnému nárůstu v řádu 5 až 41 dnů s příznaky v rámci celé hodnocené části dětské populace, tj. na jedno dítě také průměrně 4 dny s příznaky za rok.

U incidence astmatických symptomů u astmatických dětí ve věku 5 až 19 let lze po zprovoznění záměru očekávat navýšení ze 46 dny s příznaky na 46 až 48 dnů s příznaky za rok.

V tabulce je uveden výpočet také pro povolenou hodnotu imisního limitu  $PM_{2,5}$ , resp.  $PM_{10}$ . V případě prevalence bronchitis u dětí se u teoretické situace, kdy by byla dosažena v zájmové lokalitě hodnota imisního limitu, jednalo celkem o 4835 dní s příznaky (pro celou část dětské populace ve věku 6 až 12 let), na jedno dítě pak průměrně 13 dní s příznaky za rok. V zájmovém území jsou v současné době hodnoty imisních koncentrací suspendovaných částic  $PM_{10}$  nižší než imisní roční limit. Výpočet slouží pouze pro srovnání, výsledné hodnoty pro stav po realizaci záměru jsou ve všech ukazatelích významně nižší než úroveň státem přijaté ochrany veřejného zdraví, která je vyjádřena platným imisním limitem.

### **OXID DUSIČITÝ $NO_2$**

Podle rozptylové studie lze očekávat příspěvky hodnoceného záměru k průměrným ročním imisním koncentracím v obytné zástavbě v rozmezí 0,033 až 0,058  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Příspěvky k hodinové imisní koncentraci  $NO_2$  by za zhoršených rozptylových podmínek mohly dosahovat hodnot v rozsahu 1,58 až 2,18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Podle map úrovní znečištění zveřejněných Českým hydrometeorologickým ústavem činil klouzavý průměr ročních koncentrací za předchozích 5 kalendářních let v širším území 7,1 až 13,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

WHO v září 2021 směrnou cílovou hodnotu pro roční průměrnou koncentraci aktualizovala, a to z dříve platných 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  na úroveň **10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , průběžné cíle jsou: cíl 1 - 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; cíl 2 - 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; cíl 3 - 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Nově je stanovena také hodnota pro 24hodinový průměr v úrovni **25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Hodnota pro hodinový průměr zůstává stejná s předchozím doporučením - **200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  (WHO, 2021).

Stávající imisní úroveň u hodnocené obytné zástavby (7,1 až 13,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) je v části území města Příbram nižší než hodnoty dle WHO (10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), v části města (centrum) se pohybuje směrnou cílovou hodnotou a 3. průběžným cílem.

Průměrné roční příspěvky provozu záměru se pohybují maximálně v úrovni setin  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , tj. o tři řády nižší než směrná koncentrace podle WHO.

### **OXID UHELNATÝ - CO**

Vypočtené imisní příspěvky k 8 hodinovým koncentracím oxidu uhelnatého z posuzované technologie se podle rozptylové studie budou pohybovat v obytné zástavbě v úrovni 2,66 až 4,64  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

K ochraně nekuřácké populace včetně citlivých skupin WHO navrhla směrnou hodnotu koncentrace pro časově váženou průměrnou expozici 8 hodin:  $10\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nejvyšší hodnoty imisních příspěvků záměru jsou o 4 řády nižší než doporučená směrná koncentrace dle WHO.

Úrovně 8-hodinových imisních koncentrací oxidu uhelnatého ve venkovním prostředí České republiky se v roce 2021 pohybovaly na monitorovacích stanicích v rozsahu 612 až  $6863\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ČHMÚ, 2022).

Při předpokládané úrovni imisních koncentrací oxidu uhelnatého se neočekávají negativní vlivy na zdraví u exponovaných osob žijících v okolí posuzovaného areálu.

## OXID SIŘIČITÝ - SO<sub>2</sub>

Podle rozptylové studie lze očekávat příspěvky hodnoceného záměru k průměrným ročním imisním koncentracím v obytné zástavbě v rozmezí  $0,049$  až  $0,091\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Nejvyšší příspěvky maximálních 24-hodinových imisních koncentrací SO<sub>2</sub> ze záměru byly vypočteny v úrovni  $1,46$  až  $2,58\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Podle map úrovní znečištění zveřejněných Českým hydrometeorologickým ústavem činila 4. maximální denní koncentrace oxidu siřičitého (resp. klouzavý průměr za období let 2017 až 2021) v širším území  $10 - 11\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tyto imisní koncentrace zahrnují vliv všech emisních zdrojů v daném území včetně stávajícího provozu teplárny.

Pro 24 hodinové průměrné koncentrace oxidu siřičitého byla v září 2021 aktualizovaná doporučená směrná hodnota podle WHO v úrovni  **$40\ \mu\text{g}/\text{m}^3$** , definovaná jako 99. percentil. Průběžné cíle jsou stanoveny v hodnotách pro cíl 1 -  $125\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; cíl 2 -  $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (WHO, 2021).

Pro kvantitativní charakterizaci rizika expozice SO<sub>2</sub> nejsou v současné době k dispozici dostatečně validní vztahy expozice a účinku.

Z výstupů map úrovní znečištění vyplývá, že v současné době není v území překračována doporučená cílová denní hodnota podle WHO ( $40\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Při předpokládané úrovni imisních koncentrací oxidu uhelnatého se neočekávají negativní vlivy na zdraví u exponovaných osob žijících v okolí posuzovaného záměru.

## CHLOROVODÍK

Imisní hodinové příspěvky z posuzované technologie by mohly v obytné zástavbě dosahovat hodnot  $0,390$  až  $0,692\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Doporučenou koncentraci pro hodinovou expozici chlorovodíku uvádí DEFRA UK, resp. EPAQS (*The Expert Panel on Air Quality Standards*) v úrovni  $750\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . OEHHA (*US EPA California*) stanovila referenční hladinu REL pro akutní expozici v úrovni hodiny  $2100\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Průměrné roční příspěvky mohou dle výpočtů rozptylové studie činit  $0,010$  až  $0,018\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

OEHHA stanovila referenční hladinu REL pro chronický účinek  $9\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , databáze IRIS US EPA uvádí vyšší referenční koncentraci v úrovni  $20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Riziko chronického nekarinogenního vlivu je možné charakterizovat pomocí koeficientu nebezpečnosti HQ. Poměr mezi vypočtenými ročními imisními koncentracemi a nižší z obou uvedených referenčních hodnot ( $9\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) činí  $0,001$  až  $0,002$ .

Vypočítané hodinové i průměrné roční imisní příspěvky jsou o dva až tři řády nižší než publikované referenční koncentrace. Hodnoty HQ jsou nižší než 1, nepředpokládá se tedy žádné významné riziko toxických účinků.

## FLUOROVODÍK

Ve zvolené obytné zástavbě by mohly příspěvky k hodinovým koncentracím z posuzované technologie dosahovat hodnot 0,049 až 0,087  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

WHO (2000) publikovala pro ochranu před dráždivými účinky anorganických sloučenin flóru hodinovou expoziční koncentraci v úrovni 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Doporučenou hodinovou koncentraci uvádí také DEFRA UK v úrovni 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . OEHHA (US EPA California) stanovila referenční hladinu REL pro akutní expozici v úrovni hodiny 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Průměrné roční příspěvky mohou dle výpočtů rozptylové studie činit do 0,0012 až 0,0023  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ministerstvo zdravotnictví (SZÚ, 2003) stanovilo referenční roční koncentraci v úrovni 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ostatní databáze uvádí nižší referenční hodnoty v rozsahu 13 až 16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dle WHO (2000) by měla být koncentrace fluoridů ve venkovním ovzduší pro ochranu zvířat a rostlin menší než 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tato úroveň má zároveň dostatečně chránit lidské zdraví.

Koeficient nebezpečnosti HQ, vypočtený z rozsahu ročních imisních koncentracemi a nejnižší referenční hodnoty (1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) z evropského zdroje, činí 0,001 až 0,002.

Vypočítané hodinové i průměrné roční imisní příspěvky jsou o 4 řády nižší než referenční hodnoty. Hodnoty HQ jsou nižší než 1. Uvedené expoziční koncentrace fluorovodíku tedy nepředstavují žádné významné zdravotní riziko.

## AMONIAK

Maximální vypočtené hodinové příspěvky k imisním koncentracím amoniaku se v době nepříznivých rozptylových podmínek u vybraných referenčních objektů předpokládají v rozmezí 0,490 až 0,869  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Imisní koncentrace amoniaku v posuzovaném území nejsou monitorovány.

Pro akutní inhalační expozici amoniaku stanovila ATSDR referenční hladina *Minimal Risk Level* MRL = 1,7 ppm (tj. 1202  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Příspěvky k ročním imisním koncentracím amoniaku budou dosahovat dle výpočtů hodnot v rozmezí 0,012 až 0,023  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

ATSDR stanovila referenční hladiny MRL pro chronickou inhalační expozici amoniaku 0,1 ppm - tj. 71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ostatní databáze uvádí hodnoty referenčních koncentrací vyšší.

Zjištěná úroveň imisních koncentrací v obytné zástavbě je nižší než hodnoty doporučených imisních koncentrací.

Koeficient nebezpečnosti HQ, vypočtený z rozsahu ročních imisních koncentracemi a nejnižší referenční hodnoty (71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), činí 0,00017 až 0,00032.

Hodnoty HQ jsou nižší než doporučené úrovně (0,5), nepředpokládá se žádné významné riziko toxických účinků.

## TĚŽKÉ KOVY

### Rtuť

Průměrné roční příspěvky v obytné zástavbě byly vypočteny v rozsahu 0,000000012 až 0,000000023  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Pro chronickou expozici byla zjištěna nejnižší referenční hladina v úrovni 0,03  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (OEHHA, US EPA California), evropská databáze RIVM uvádí tolerovatelnou koncentraci v ovzduší TCA = 0,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Stanovení TCA vychází z hodnocení ATSDR).

### Kadmium

Průměrné roční příspěvky z provozu posuzované technologie byly po realizaci záměru vypočteny v obytné zástavbě v rozsahu 0,000025 až 0,000046  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

WHO (2000) doporučilo roční imisní koncentraci 0,005  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Dle map úrovní znečištění zveřejněných Českým hydrometeorologickým ústavem činil klouzavý průměr ročních koncentrací kadmia v prašném aerosolu frakce  $\text{PM}_{10}$  od 0,3  $\text{ng}/\text{m}^3$  – tj. 0,0003  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (za období let 2017 až 2021).

**Z výpočtu provedených pro skupinu kovů zahrnující antimon, arzen, olovo, chróm, kobalt, měď, mangan, nikl, vanad** byla zjištěná koncentrace porovnána s referenčními koncentracemi třech zástupců – arzenu, niklu a olova. Tito zástupci byli vybráni z hlediska možného výskytu v emisích a jejich vlivů na zdraví lidí.

Vypočtené příspěvky z posuzovaného záměru k ročním imisním koncentracím se v obytné zástavbě pohybují v rozsahu 0,37 až 0,69  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

OEHHA uvádí pro chronickou inhalační expozici **arzénu** REL 15  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Ostatní zjištěné hodnoty referenčních koncentrací jsou vyšší, evropská RIVM stanovila tolerovatelnou koncentraci v ovzduší TCA 1000  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

Dle map úrovní znečištění zveřejněných Českým hydrometeorologickým ústavem činil klouzavý průměr ročních koncentrací arzenu v prašném aerosolu frakce  $\text{PM}_{10}$  v období let 2017 až 2021 od 1 do 1,3  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

Pro **nikl** některé organizace stanovily prahovou koncentraci z důvodu, že dosud nebylo jednoznačně prokázáno genotoxické působení sloučenin niklu. DEFRA UK, resp. EPAQS stanovila prahovou hodnotu 20  $\text{ng}/\text{m}^3$ , která by měla zajistit dostatečnou ochranu populace (při akutní i chronické expozici).

Průměrné roční koncentrace niklu v prašném aerosolu frakce  $\text{PM}_{10}$  dle map úrovní znečištění ČHMÚ v období let 2017 až 2021 činily 0,5 až 0,6  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

WHO (2000) na základě obsahu **olova** v krvi odvodila roční průměrnou koncentraci olova v ovzduší 500  $\text{ng}/\text{m}^3$ , DEFRA uvádí starší doporučenou úroveň 250  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

Dle map úrovní znečištění zveřejněných Českým hydrometeorologickým ústavem činil klouzavý průměr ročních koncentrací olova v prašném aerosolu frakce  $\text{PM}_{10}$  za období let 2017 až 2021 od 13 do 21,6  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

Riziko chronického nekarcinogenního vlivu výše uvedených zástupců těžkých kovů je dále charakterizováno pomocí koeficientu nebezpečnosti HQ a to pro rozsah vypočtených imisních příspěvků i pro celkovou imisní situaci dle map úrovní znečištění – viz tabulka č. 5.

Pro výpočet HQ byly přednostně využity hodnoty referenčních koncentrací z evropských institucí (WHO, RIVM).

**Tabulka č. 5:** Výpočet koeficientu nebezpečnosti (HQ) - inhalační expozice

Kov	Imisní roční koncentrace nejvyšší příspěvek (ng/m <sup>3</sup> )		Referenční koncentrace (ng/m <sup>3</sup> )	HQ
	imisní příspěvek	imisní situace		
rtuť	imisní příspěvek	0,000012 až 0,000023	200	0,00000004 – 0,0000001
	imisní situace	-	200	-
kadmium	imisní příspěvek	0,025 až 0,046	5	0,005 – 0,009
	imisní situace	0,3	5	0,060
arzén	imisní příspěvek	0,37 až 0,69	1000	0,0004 – 0,0007
	imisní situace	1 do 1,3	1000	0,0010 – 0,0013
nikl	imisní příspěvek	0,37 až 0,69	20	0,019 – 0,035
	imisní situace	0,5 až 0,6	20	0,025 – 0,030
olovo	imisní příspěvek	0,37 až 0,69	500	0,0007 – 0,0014
	imisní situace	13 až 21,6	500	0,026 – 0,043

Koeficienty nebezpečnosti HQ pro roční imisní příspěvky kovů z provozu posuzované technologie jsou dle výpočtů uvedených v tabulce č. 5 nižší než 1.

I v případě celkové průměrné roční imisní koncentrace kovů (arzén, nikl, olovo) stanovené na základě map úrovní znečištění, která představuje stávající imisní zátěž ze všech zdrojů v území, jsou hodnoty HQ nižší než 1.

Byl využit konzervativní přístup, nikl, olovo a arzén byly vyhodnoceny jako jednotliví zástupci (pro situaci, že každý z těchto kovů je obsažen v imisním příspěvku ze 100%), ve skutečnosti odpovídají vypočítané koncentrace celé skupině kovů (tj. směsi antimon, arzen, olovo, chróm, kobalt, měď, mangan, nikl, vanad). Tím dochází k určitému nadhodnocení reálného rizika.

S ohledem na úroveň vypočítaných průměrných ročních koncentrací, které se pohybují několik řádů pod odpovídajícími stanovenými referenčními koncentracemi, a k nízkým hodnotám vypočtených koeficientů nebezpečnosti lze předpokládat, že expozice kovům v ovzduší v souvislosti s provozem posuzované technologie nepředstavuje žádné významné zdravotní riziko toxických účinků.

Kadmium, arzén i nikl jsou řazeny mezi látky, které jsou karcinogenní pro člověka, dále je provedena charakterizace rizika z hlediska jejich karcinogenního účinku. Pro karcinogenně působící látky je vyjádřena tzv. teoretická míra pravděpodobnosti zvýšení výskytu karcinomů pro jednotlivce nad běžný výskyt v populaci ILCR (*Individual Lifetime Cancer Risk*).

#### Kadmium

Při použití jednotky karcinogenního rizika  $1,8 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$  dle US EPA by se pravděpodobnost zvýšení výskytu karcinomů nad běžný výskyt v populaci ILCR pro vypočtené příspěvky záměru pohybovala v úrovni  $4,5 \cdot 10^{-8}$  až  $8,2 \cdot 10^{-8}$ , tzn. o 2 řády nižší než je doporučená hladina rizika.

Podle Ministerstva zdravotnictví ČR (MZ, 2005) je za přijatelné rozmezí karcinogenního rizika považována řádová úroveň pravděpodobnosti  $10^{-6}$  (tj. 1–9 případů nádorového onemocnění při celoživotní expozici na milion exponovaných osob).

Pro průměrnou roční imisní koncentraci kadmia dle map úrovní znečištění ( $0,3 \text{ ng/m}^3$ ) činí ILCR  $5,4 \cdot 10^{-7}$ , tj. 5 případů nádorového onemocnění na 10 milionů celoživotně exponovaných obyvatel. Tato hodnota ILCR je o jeden řád nižší než přijatelná úroveň rizika.

### Arzén

Při výpočtu s jednotkou karcinogenního rizika (WHO 2000) v úrovni  $1,5 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g/m}^3)^{-1}$  by se pravděpodobnost zvýšení výskytu karcinomů nad běžný výskyt v populaci ILCR pro příspěvky z provozu záměru pohybovala v úrovni  $5,6 \cdot 10^{-7}$  až  $1 \cdot 10^{-6}$ , tzn. o 1 řád nižší až řádově na úrovni doporučené hladiny rizika.

Pro průměrnou roční imisní koncentraci arzénu dle map úrovní znečištění ( $1$  až  $1,3 \text{ ng/m}^3$ ) činí ILCR  $1,5 \cdot 10^{-6}$  až  $2,0 \cdot 10^{-6}$  tzn., že expozice uvedené imisní koncentraci může přispět ke zvýšení pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění přibližně o cca 2 případy na milion celoživotně exponovaných osob. Tato hodnota ILCR je v doporučeném rozsahu přijatelné míry rizika.

### Nikl

Při použití jednotky karcinogenního rizika  $3,8 \cdot 10^{-4} (\mu\text{g/m}^3)^{-1}$  dle WHO činí teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění ILCR  $1,4 \cdot 10^{-7}$  až  $2,6 \cdot 10^{-7}$ , tzn. o 1 řád nižší než je doporučená hladina rizika.

Při hodnotě  $0,5$  až  $0,6 \text{ ng/m}^3$  podle map úrovní znečištění, které reprezentují stávající imisní situaci v dotčené lokalitě, odpovídá teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění hodnotě  $1,9 \cdot 10^{-7}$  až  $2,3 \cdot 10^{-7}$ , tj. 2 případy nádorového onemocnění na 10 milionů celoživotně exponovaných obyvatel. To je o jeden řád nižší než úroveň přijatelné míry rizika.

## **BENZEN**

V obytné zástavbě byly vypočteny příspěvky záměru k průměrným ročním imisním koncentracím benzenu v úrovni  $0,0000139$  až  $0,0001377 \mu\text{g/m}^3$ .

Benzen je podle IARC řazen mezi prokázané lidské karcinogeny, je proto proveden odhad možných rizik vyplývajících z jeho karcinogenních účinků.

V rámci tohoto vyhodnocení byla použita hodnota jednotkového rizika stanovená WHO (2000) ve výši  $6 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g/m}^3)^{-1}$ . Tato hodnota znamená, že koncentrace benzenu  $1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  zvyšuje (při celoživotní expozici) riziko incidence karcinogenního onemocnění o 6 případů na 1 milion osob.

Pravděpodobnost zvýšení výskytu karcinomů nad běžný výskyt v populaci ILCR se pohybuje v úrovni  $8,3 \cdot 10^{-11}$  až  $8,3 \cdot 10^{-10}$ . Hodnoty vypočítaných příspěvků záměru jsou o čtyři až pět řádů pod rozsahem přijatelné míry rizika, která je doporučena v úrovni 1 až 9 případů nádorového onemocnění při celoživotní expozici na milion exponovaných osob.

Na základě map úrovní znečištění zveřejněných Českým hydrometeorologickým ústavem činí klouzavý průměr ročních imisních koncentrací za předchozích 5 kalendářních let v širším území  $0,7$  až  $0,9 \mu\text{g/m}^3$ . Pro tuto úroveň koncentrace činí ILCR  $4,2 \cdot 10^{-6}$  až  $5,4 \cdot 10^{-6}$  (tj. 4 až 5 případů karcinogenního onemocnění z milionu celoživotně exponovaných lidí), hodnota ILCR se pohybuje v rozmezí přijatelného rizika. Stávající vliv provozu teplárny je již zahrnut v mapách úrovní znečištění.

## BENZO(A)PYREN

Podle rozptylové studie dosahují příspěvky záměru k průměrným ročním imisním koncentracím v obytné zástavbě hodnot v rozsahu 0,302 až 3,169 pg/m<sup>3</sup>, tj. 0,000302 až 0,003169 ng/m<sup>3</sup>.

Benzo(a)pyren je podle IARC řazen mezi prokázané lidské karcinogeny. Při použití jednotky karcinogenního rizika pro benzo(a)pyren (*WHO 2000*) v úrovni  $8,7 \cdot 10^{-5}$  (ng/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> by se pravděpodobnost zvýšení výskytu karcinomů nad běžný výskyt v populaci ILCR pro příspěvek z provozu záměru pohybovala v úrovni  $2,6 \cdot 10^{-8}$  až  $2,8 \cdot 10^{-7}$ , tzn. o 1 až 2 řády nižší než je doporučený rozsah přijatelné míry rizika až řádově na úrovni doporučeného rizika.

Dle map úrovní znečištění zveřejněných Českým hydrometeorologickým ústavem činil klouzavý průměr ročních koncentrací benzo(a)pyrenu za předchozích 5 kalendářních let v zájmové lokalitě 0,6 až 0,9 ng/m<sup>3</sup>, což odpovídá úrovni ILCR  $5,2 \cdot 10^{-5}$  až  $7,8 \cdot 10^{-5}$  (tj. 5 až 8 případů onemocnění rakovinou na sto tisíc celoživotně exponovaných osob). Tato hodnota ILCR se pohybuje jeden řád nad doporučeným rozmezím přijatelného rizika.

K tomuto je třeba doplnit, že se nejedná o ojedinělý stav. Podobný stav přesahující doporučené rozmezí přijatelného rizika, jak vyplývá ze Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva a imisního měření v rámci monitorovacího systému, je dlouhodobě na většině území České republiky. I podle průměrných ročních hodnot stanovených na měřicí stanici reprezentující imisní pozadí (stanice Košetice za období 2017 až 2021: 0,3 až 0,5 ng/m<sup>3</sup>) se úroveň ILCR pohybuje v řádu  $10^{-5}$  ( $2,6 \cdot 10^{-5}$  až  $4,4 \cdot 10^{-5}$ ). Stávající vliv provozu teplárny je již zahrnut v mapách úrovní znečištění.

## LÁTKY S DIOXINOVÝM EFEKTEM (PCDD/F)

Příspěvek k ročním imisním koncentracím polychlorovaných dibenzo-p-dioxinů a dibenzofuranů (PCDD/F) se dle výpočtu rozptylové studie pohybuje v rozsahu hodnot 0,099 až 0,183 fg/m<sup>3</sup>, tj. 0,000099 až 0,000183 pg/m<sup>3</sup> (v případě sumy PCDD/F a PCB s dioxinovým efektem budou příspěvky 0,000124 až 0,000229 pg/m<sup>3</sup>).

Imisní koncentrace PCDD/F v České republice nejsou v rámci sítě měřících stanic monitorovány. Dle WHO se hladina TEQ TCDD v ovzduší měst pohybuje okolo 0,1 pg/m<sup>3</sup>.

Pro chronické nekarcinogenní působení udává US EPA v databázi RSL hodnotu koncentrace 2,3,7,8-TCDD v obytné zóně 42 pg/m<sup>3</sup>, která odpovídá kvocientu nebezpečnosti v úrovni 1. Vypočítané hodnoty příspěvků PCDD/F vyjádřené jako TEQ 2,3,7,8-TCDD jsou o pět až šest řádů nižší než uvedená koncentrace dle US EPA. I imisní koncentrace ve městech (0,1 pg/m<sup>3</sup>) odhadovaná WHO je o 2 řády nižší.

Směrnice dle WHO (2000) pro koncentrace PCDD/F ve volném ovzduší nebyla navržena, protože přímá inhalace představuje pouze velmi malou část z celkového příjmu (obecně méně než 5 % denního příjmu z potravy). WHO navrhla pouze hodnotu tolerovatelného denního příjmu TDI (*Tolerable Daily Intake*) pro TCDD (nebo I-TEQ TCDD).

Dále je provedena charakterizace rizika 2,3,7,8-TCDD z hlediska karcinogenního účinku. Hladině karcinogenního rizika  $10^{-6}$  dle US EPA RSL odpovídá koncentrace ve venkovním ovzduší 0,074 pg/m<sup>3</sup>. Vypočítané příspěvky PCDD/F jsou o 2 až 3 řády nižší než tato uvedená koncentrace.

Při použití dostupné jednotky karcinogenního rizika  $3,8 \cdot 10^1$  (μg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> pro 2,3,7,8-TCDD dle US EPA by se pravděpodobnost zvýšení výskytu karcinomů nad běžný výskyt v populaci ILCR pro vypočtený příspěvek PCDD/F pohybovala v úrovni  $3,8 \cdot 10^{-9}$  až  $7 \cdot 10^{-9}$ , resp.  $4,7 \cdot 10^{-9}$  až  $8,7 \cdot 10^{-9}$ , tzn. o tři řády níže než je doporučený rozsah přijatelné míry rizika.



Pro průměrnou roční imisní koncentraci ( $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) odhadovanou WHO činí ILCR  $3,8 \cdot 10^{-6}$ . Tato hodnota ILCR je v doporučeném rozsahu přijatelné míry rizika.

#### **IV. ZÁVĚREČNÉ SHRNUÍ**

Záměrem projektu je výstavba zařízení na energetické využití komunálních odpadů (ZEVO) v lokalitě Příbram.

Hodnocení inhalační expozice vychází z rozptylové studie, resp. výstupů imisního disperzního modelu SYMOS. Byly využity zjištěné příspěvky k imisním koncentracím suspendovaných částic frakce  $\text{PM}_{10}$  a  $\text{PM}_{2,5}$ , oxidu dusičitého ( $\text{NO}_2$ ), oxidu siřičitého, oxidu uhelnatého, chlorovodíku, fluorovodíku, kadmia, rtuti, skupiny těžkých kovů (resp. arsen, nikl, olovo), benzenu, benzo(a)pyrenu, polychlorovaných dibenzo-p-dioxinů a dibenzofuranů (PCDD/F).

Podle monitoringu stávajících imisních koncentrací v rámci celé České republiky lze zvýšeným koncentracím **suspendovaných částic** obecně přisuzovat plošný charakter. Také v rámci zájmové lokality podle map úrovní znečištění zveřejněnými ČHMÚ jsou v současnosti roční imisní koncentrace suspendovaných částic vyšší než cílové hodnoty koncentrací doporučené WHO. Stávající průměrná roční imisní zátěž u hodnocené obytné zástavby činí  $17,4$  až  $18,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  u frakce  $\text{PM}_{10}$  a  $12,6$  až  $14,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  u frakce  $\text{PM}_{2,5}$ .

Průměrné roční imisní příspěvky **suspendovaných částic** z provozu záměru ve vybrané obytné zástavbě byly vypočteny do  $0,255 \mu\text{g}/\text{m}^3$  u frakce  $\text{PM}_{10}$ , resp. do  $0,067 \mu\text{g}/\text{m}^3$  u frakce  $\text{PM}_{2,5}$ .

Doporučená roční koncentrace podle WHO činí  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pro  $\text{PM}_{10}$  a  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pro  $\text{PM}_{2,5}$ .

Samotné roční koncentrace suspendovaných částic frakce  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  z provozu záměru nepřekračují doporučené hodnoty podle WHO. Vypočtené příspěvky hodnoceného záměru jsou nízké, pohybují se v řádu setin až desetin  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Vypočtené roční imisní příspěvky suspendovaných částic významně neovlivní stávající průměrnou míru znečištění ovzduší prašným aerosolem v zájmové lokalitě a ani s tím související úroveň účinků na zdraví obyvatel demonstrovanou teoretickým výpočtem výskytu vybraných zdravotních ukazatelů a odhadem počtu předčasných úmrtí. Při porovnání stávajícího stavu a předpokládané imisní situace nebyla tímto výpočtem zaznamenána významná změna.

Podle map úrovní znečištění zveřejněnými ČHMÚ za období 2017 až 2021 činila 36. nejvyšší hodnota 24-hodinové průměrné koncentrace  $\text{PM}_{10}$  u hodnocené obytné zástavby  $30$  až  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Maximální 24-hodinové imisní příspěvky suspendovaných částic frakce  $\text{PM}_{10}$  byly zjištěny v úrovni  $1,31$  až  $3,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vypočtené denní příspěvky představují nejvyšší zjištěné hodnoty v rámci provedených výpočtů, které by mohly být teoreticky dosaženy za nepříznivých klimatických podmínek.

Pro maximální denní imise suspendovaných částic frakce  $\text{PM}_{10}$  činí doporučená hodnota podle WHO  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Průměrné roční imisní příspěvky **oxidu dusičitého** z posuzovaného záměru lze v obytné zástavbě očekávat do  $0,058 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

WHO v září 2021 směrnou hodnotu pro roční průměrnou koncentraci aktualizovala, a to z dříve platných  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na úroveň  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Stávající imisní úroveň u hodnocené obytné zástavby (7,1 až 13,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) je v části území města Příbram nižší než hodnoty dle WHO (10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), v části města (centrum) se pohybuje směrnou cílovou hodnotou a 3. průběžným cílem.

Maximální hodnoty příspěvků záměru k hodinové imisní koncentraci  $\text{NO}_2$  byly vypočteny v úrovni 1,58 až 2,18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Doporučená hodnota pro hodinový průměr je 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

S ohledem na nízké vypočtené hodnoty imisních příspěvků, nebude provozem záměru významně ovlivněna stávající úroveň zdravotních rizik v zájmovém území.

Vypočtený imisní příspěvek k 8 hodinovým koncentracím **oxidu uhelnatého** po realizaci záměru činí ve vybrané zástavbě 2,66 až 4,64  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . WHO navrhla směrnou hodnotu koncentrace pro časově váženou průměrnou expozici 8 hodin v úrovni 10 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hodnoty vlastních imisních příspěvků po realizaci záměru jsou o 4 řády nižší než doporučená směrná koncentrace dle WHO. Při předpokládané úrovni imisních koncentrací se neočekávají negativní vlivy na zdraví u exponovaných osob žijících v širším okolí posuzovaného záměru.

Maximální 24 hodinové (denní) imisní příspěvky **oxidu siřičitého** ze záměru byly vypočteny v rozsahu 1,46 až 2,58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Podle map úrovní znečištění zveřejněných Českým hydrometeorologickým ústavem činila 4. maximální denní koncentrace oxidu siřičitého (resp. klouzavý průměr za období let 2017 až 2021) v širším území 10 až 11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pro 24 hodinové průměrné koncentrace byla v září 2021 aktualizovaná doporučená směrná hodnota WHO v úrovni 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Zjištěné úrovně imisních koncentrací oxidu siřičitého nepředstavují žádné významné zdravotní riziko toxických účinků.

Hodinové i průměrné roční imisní příspěvky **chlorovodíku a fluorovodíku** jsou nízké. Hodinové příspěvky se pohybují se maximálně v úrovni desetin  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , resp. v případě fluorovodíku setin  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , roční imisní příspěvky dosahují setin, resp. tisícín  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  u fluorovodíku. Vypočítané imisní příspěvky jsou o několik řádů nižší než publikované referenční koncentrace. Nepředpokládá se žádné významné riziko toxických účinků.

Vypočítané hodinové maximální imisní příspěvky **amoniaku** (do 0,869  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) i průměrné roční imisní příspěvky (do 0,023  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) jsou o několik řádů nižší než publikované referenční koncentrace, nečekává se žádné významné riziko toxických účinků.

Expozice vybraným zástupcům **těžkých kovů** (rtuť, kadmium, arzén, nikl a olovo) v ovzduší v souvislosti s provozem posuzované technologie nepředstavuje žádné významné zdravotní riziko toxických účinků. Imisní příspěvky jsou o několik řádů nižší než publikované referenční koncentrace.

U arzénu, kadmia a niklu, které jsou považovány za karcinogeny, se po realizaci záměru očekávají příspěvky pod doporučeným rozsahem přijatelné míry karcinogenního rizika, (v případě arzénu o jeden řád nižší až řádově na úrovni doporučené hladiny rizika). Přijatelná míra karcinogenního rizika je doporučena v úrovni 1 až 9 případů karcinogenního onemocnění při celoživotní expozici na milion exponovaných osob.

Stávající imisní koncentrace těchto kovů se podle map úrovní znečištění za období let 2017 - 2021 pohybuje u arsenu na úrovni přijatelné míry rizika; u kadmia a niklu jeden řád nižší než je doporučená hladina rizika.

Benzen a benzo(a)pyren je řazen mezi prokázané lidské karcinogeny, je proto proveden odhad možných rizik vyplývajících z jejich karcinogenních účinků.

Hodnoty ročních imisních příspěvků **benzenu** v obytné zástavbě se pohybují v úrovni do  $0,00014 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Karcinogenní riziko vyplývající z vypočítaných příspěvků posuzovaného záměru je o čtyři až pět řádů pod rozsahem přijatelné míry karcinogenního rizika.

Stávající imisní zátěž v zájmové lokalitě podle map úrovní znečištění ( $0,7$  až  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) je na úrovni přijatelného karcinogenního rizika (řádově  $10^{-6}$ ).

Roční imisní příspěvky **benzo(a)pyrenu** ze záměru se předpokládají do  $0,00317 \text{ ng}/\text{m}^3$ . Karcinogenní riziko imisních příspěvků benzo(a)pyrenu záměru je o jeden až dva řády nižší než je doporučený rozsah přijatelné míry rizika až řádově na úrovni doporučeného rizika.

Stávající imisní koncentrace dle map úrovní znečištění v zájmové lokalitě činí  $0,6$  až  $0,9 \text{ ng}/\text{m}^3$ . Karcinogenní riziko vyplývající z tohoto imisního pozadí je jeden řád nad doporučeným rozmezím přijatelného rizika.

U benzo(a)pyrenu se ale nejedná o ojedinělý stav. Situace přesahující doporučené rozmezí přijatelného rizika, jak vyplývá ze Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva a imisního měření v rámci monitorovacího systému, je dlouhodobě na většině území České republiky.

Karcinogenní riziko imisních příspěvků **polychlorovaných dibenzo-p-dioxinů a dibenzofuranů** je nízké, pohybuje se o tři řády pod doporučeným rozsahem přijatelné míry rizika. Monitoring těchto látek v ovzduší není k dispozici. Přímá inhalace představuje velmi malou část z celkového příjmu, dominantní je u těchto látek příjem z potravy.

Hodnocení je platné pro situaci charakterizovanou výše popsány výstupy modelových výpočtů rozptylové studie.

## **V. NEJISTOTY**

Každé hodnocení zdravotních rizik je do určité míry zatíženo nejistotami, které vyplývají z použitých dat a postupů. Tyto nejistoty je třeba mít na vědomí při dalším používání výsledků hodnocení.

Hlavními zdroji nejistot v hodnoceném případě jsou:

- Hodnocení expozice vychází z vyčíslených imisních příspěvků dle modelového výpočtu. Byla uvažována nepřetržitá expozice obyvatelstva imisním koncentracím, čímž dochází k nadhodnocení reálného rizika. Na druhé straně nebyl uvažován vliv pobytu osob v jiných prostředích – např. na pracovišti (zejména při práci v riziku) apod.
- Pro vyhodnocení stávající imisní situace benzenu, benzo(a)pyrenu, oxidu dusičitého suspendovaných částic a těžkých kovů (kadmium, arzén, nikl, olovo) byly využity klouzavé průměry ročních imisních koncentrací za 5 kalendářních let v dotčené lokalitě z map úrovní znečištění zveřejněných Českým hydrometeorologickým ústavem. Výše uvedená data ale nemusí úplně přesně vystihovat skutečnou situaci v dané lokalitě.
- Předmětem hodnocení nejsou případné účinky vzájemného působení škodlivin ve směsi. K tomu posouzení není dostatek dostupných údajů.
- V rozptylové studii vyčíslena suma těkavých organických látek jako TOC. Jedná se o souhrnný ukazatel, jednotlivé zástupce těkavých organických látek nelze specifikovat a v souvislosti s tím ani vyhodnotit jejich možný vliv na zdraví.
- Omezení má i použitý disperzní model SYMOS. Jedná se o matematický model zjednodušující realitu. Pomocí tohoto modelu nelze zohlednit všechny děje v atmosféře ovlivňující rozptyl a změnu znečišťujících látek během jejich transportu. Výstupy také

ovlivňuje kvalita dat do modelu vstupujících, meteorologické údaje a jejich platnost pro modelované území atd.

- Zdrojem nejistot jsou i použitá data o účincích látek, tj. nejistoty experimentálně získaných dat, výsledků epidemiologických studií, chyb při stanovení doporučených – referenčních hodnot atd.
- Pro orientační posouzení možných negativních vlivů na zdraví obyvatel v souvislosti se znečištěním ovzduší suspendovanými částicemi byl proveden výpočet pro modelový počet obyvatel. Podrobný demografický průzkum ani sběr dalších informací o populaci žijící v zájmovém území nebyl prováděn.

Další použité postupy, předpoklady a nejistoty z nich vyplývající byly diskutovány v rámci charakterizace rizika. Byl hodnocen očekávaný běžný provoz záměru, nebyly hodnoceny nestandardní situace a havarijní stavy.

## **VI. POUŽITÁ LITERATURA, PRAMENY**

AUNAN, K. (1995): *Exposure-response functions for health effects of air pollutants based on epidemiological findings. Report 1995:8*. Oslo: CICERO - Center for International Climate and Environmental Research. October 1995.

ATSDR (2023): MRLs for Hazardous Substances [on-line databáze]. Atlanta, Georgia: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services. *Dostupné na: <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/mrllist.asp>*

ČHMÚ (2022): Tabele ročenka pro rok 2021 [on-line databáze]. Český hydrometeorologický úřad. *Dostupné na: <http://www.chmi.cz>*.

ČHMÚ (2022): Pětileté průměrné koncentrace 2017 - 2021 [on-line databáze]. Český hydrometeorologický úřad. *Dostupné na: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/ozko/ozko\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/ozko/ozko_CZ.html)*

ČSÚ (2022): Věkové složení obyvatelstva 2021 - databáze on-line. Český statistický úřad, 2022.

HURLEY, F. et al. (2005): Methodology for the cost-benefit analysis for CAFE. Volume 2: Health Impact Assessment, European Commission 2005.

IARC (2023): *Agents Classified by the IARC Monographs - Lists of classifications sorted by Group* [on-line databáze]. Lyon: International Agency for Research on Cancer. *Dostupné na: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/>*

JIŘÍK, V.; VOLF, J. (2011): Základy hodnocení zdravotních rizik podle zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, a odborné způsobilosti v rámci posuzování vlivů na veřejné zdraví. *Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica*. 2011, č. 1. ISSN 1804-9613.

LEKSELL, I.; RABL, A. (2001): Air Pollution and Mortality. Quantification and Valuation of Years of Life Lost. *Risk Analysis*. Vol. 21 (5), 2001.

MZ (2005): *Zásady a postupy hodnocení a řízení zdravotních rizik v činnostech odboru hygieny obecné a komunální*. HEM-300-19.9.05/31639. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR; 2005.

MŽP (2011): Metodický pokyn odboru ekologických škod MŽP - Analýza rizik kontaminovaného území. *Věstník MŽP*. 2011, roč. XXI, částka 3, s. 1–52.

OEHHA: Acute, 8-hour and Chronic Reference Exposure Levels [on-line databáze]. Office for Environmental Health Hazard Assessment. US EPA California. Dostupné na: <http://oehha.ca.gov/air/allrels.html>

POPP, B. (2023): Rozptylová studie: *Spalovna TKO Příbram*. EMPLA AG spol. s r.o., Hradec Králové, 2023.

PROVAZNÍK, K. a kol. (2000): Manuál prevence v lékařské praxi, VII Základy hodnocení zdravotních rizik. SZÚ, Praha 2000.

SZÚ (2003): *Referenční koncentrace vydané SZÚ (podle § 45 zákona č. 86/2002 O ochraně ovzduší z 15. 4. 2003), ve znění následných právních úprav (472/2005 Sb.)* Praha: Státní zdravotní ústav, 2003.

SZÚ, (2004): *Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí. Souhrnná zpráva za rok 2003*. SZÚ, Praha červenec 2004.

SZÚ, (2022): *Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí. Souhrnná zpráva za rok 2021*. SZÚ, Praha 2022.

US EPA (2022): *Regional Screening Level (RSL) Residential Air Supporting Table* [on-line databáze]. US Environmental Protection Agency, Mid-Atlantic Risk Assessment, 2022. Dostupné z: <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables>

US EPA: IRIS, Integrated Risk Information System. US Environmental Protection Agency, US EPA [on-line databáze]. Dostupné z: <http://www.epa.gov/iris/index.html>

ÚZIS ČR (2020): *Zdravotnická ročenka České republiky 2019*. Ústav zdravotnických informací a statistiky České republiky, Praha, 2020.

VOLF, J. (2002): *Metodiky hodnocení zdravotních rizik v hygienické službě*. Ostravská Univerzita, Ostrava 2002.

WHO (1999): *Guidelines for Air Quality* (Směrnice WHO pro kvalitu ovzduší v Evropě), Geneva 1999.

WHO (2000): *Air Quality Guidelines for Europe, second edition. (WHO Regional Publications, European Series, No. 91)*. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe. European Centre for Environment and Health Bonn Office, 2000.

WHO (2005): *WHO air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Summary of risk assessment, global update 2005*, Copenhagen, 2005.

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

WHO (2013): *Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project, Recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide*. WHO Regional Office for Europe, 2013.

## Příloha č. 1: Osvědčení odborné způsobilosti



MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ  
ČESKÉ REPUBLIKY

V Praze 12. července 2019

Č.j.: MZDR 30847/2019-2/OVZ

Pořadové číslo osvědčení: 6/2019



MZDRX016V4F9

### ROZHODNUTÍ

Ministerstvo zdravotnictví v y d á v á podle § 19 odst. 1 zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších zákonů, (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí)

#### osvědčení odborné způsobilosti pro oblast posuzování vlivů na veřejné zdraví

Žadatelka: **Mgr. Denisa Jenčovská, Ph.D.**  
datum narození: 14. 9. 1976  
adresa bydliště: Hněvčeves 59, 503 15 Nechanice  
osvědčení se vydává na dobu: od 20. 12. 2019 do 19. 12. 2024

#### Odůvodnění:

Ministerstvo zdravotnictví obdrželo žádost fyzické osoby paní Mgr. Denisy Jenčovské, Ph.D. (bydliště Hněvčeves 59, 503 15 Nechanice) o prodloužení platnosti osvědčení o odborné způsobilosti pro oblast posuzování vlivů na veřejné zdraví č. 1/2017 ze dne 27. 9. 2017. Podle ustanovení § 4 odst. 5 vyhlášky č. 353/2004 Sb., kterou se stanoví bližší podmínky osvědčení o odborné způsobilosti pro oblast posuzování vlivů na veřejné zdraví, postup při jejich ověřování a postup při udělování a odnímání osvědčení, se osvědčení uděluje na dobu 5 let ode dne udělení. Žádost o prodloužení platnosti osvědčení musí osoba, které bylo vydáno osvědčení, podat Ministerstvu zdravotnictví nejméně 6 měsíců před skončením platnosti osvědčení.

Žadatelka paní Mgr. Denisa Jenčovská, Ph.D. vyhověla požadavkům vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 353/2004 Sb.

#### Poučení:

Proti tomuto rozhodnutí lze podat u Ministerstva zdravotnictví ve lhůtě 15 dnů ode dne oznámení rozhodnutí rozklad.

Mgr. Eva Gottvaldová  
náměstkyně pro ochranu a podporu veřejného zdraví  
a hlavní hygienička ČR



Ministerstvo zdravotnictví  
Palackého náměstí 4, 128 01 Praha 2  
tel./fax: +420 224 971 111, e-mail: mzcr@mzcr.cz, www.mzcr.cz