

Příloha č. 1: Vlastností znečišťujících látek

1. Oxidy dusíku - NO_x - zahrnují N₂O₅, N₂O₄, N₂O₃, NO₂, N₂O, NO

Toxicita oxidu dusičitého je silnější než dusnatého. Všeobecně oxidy dusíku zhoršují choroby srdce a dýchacího aparátu, vyvolávají cyanozu. Rozšiřují krevní cévy a tím snižují krevní tlak, dále snižují obsah vitamínu A v organismu a vyvolávají poruchy štítné žlázy. Oxid dusičitý se slabě rozpouští ve vodě a z důvodu nízké absorpce v horních částech dýchacího traktu se dostává hluboko do plic. Ve větším množství vyvolává edém plic. Ve vzduchu zůstává cca 11 dní.

Z plynných emisí, které jsou produktem spalovacích procesů, zaujímají významné postavení oxidy dusíku. Zastoupení jednotlivých oxidů - oxidů dusnatého NO, oxidu dusičitého NO₂ a oxidu dusného N₂O, je v ovzduší proměnné v závislosti na charakteru zdrojů. Ze všech oxidů dusíku jsou nejcharakterističtějšími znečišťujícími látkami NO a NO₂, jež jsou zpravidla vyjadřovány jako NO_x. V ovzduší průmyslových měst bývá v závislosti na dopravě mírná převaha NO₂ nad NO. NO₂ je považován za mnohokrát toxičtější než NO. TCLo inhalačně pro člověka se uvádí 6200 ppb po dobu 10 minut, 1 ppm NO₂ je roven 1,88 mg.m⁻³. NO má TDLo (nejnižší prahová dávka) inhalačně pro člověka 24 mg/kg po 2 hodiny. Expozice toxickým dávkám vede k plicnímu edému, bronchitidě, pneumonitidě a dalším projevům poškození dýchací soustavy. NO₂ specificky může v odpovídajících koncentracích vyvolat bronchoskopickou reakci a akutní či chronickou obstruktivní chorobu bronchopulmonální. Zápach NO₂ je patrný od 1 do 3 ppm, symptomatologie se objevuje při koncentracích 13 ppm.

Hlavním zdrojem antropogenních emisí oxidů dusíku do ovzduší je spalování fosilních paliv. Ve většině případů jsou emitovány převážně ve formě oxidu dusnatého, který je ve vnějším ovzduší rychle oxidován přítomnými oxidanty na oxid dusičitý. Suma obou oxidů je označována jako NO_x. Oxidy dusíku patří mezi látky, které se v ovzduší mohou podílet na vzniku ozónu a oxidačního smogu. Mohou též podléhat reakcím vedoucím ke vzniku řady dalších organických dusíkatých sloučenin s možným vlivem na zdraví, souhrnně označovaných jako NO_x (HNO₂, HNO₃, NO₃, N₂O₅, peroxyacetylitrát aj.).

Oxid dusičitý NO₂ je z hlediska účinků na lidské zdraví významnější a je o něm k dispozici nejvíce údajů. Hodnocení rizika bude proto provedeno pro tuto látku. Dochází tím sice k určitému zkreslení, avšak ve smyslu nadhodnocení odhadovaného zdravotního rizika.

Oxid dusičitý je dráždivý plyn červenohnědé barvy, silně oxidující, štiplavě dusivě páchnoucí. Protože není příliš rozpustný ve vodě, je při inhalaci jen zčásti zadržen v horních cestách dýchacích a proniká až do plicní periferie.

Prahovou koncentrací pachu uvádějí různí autoři mezi 200 až 410 g/m³. Průměrné roční koncentrace NO₂ se v městských oblastech obecně pohybují v rozmezí 20 až 90 g/m³. Krátkodobé koncentrace silně kolísají v závislosti na denní době, ročním období a meteorologických podmínkách. Přírodní pozadí představují roční průměrné koncentrace v rozmezí 0,4 - 9,4 g/m³.

Průměrné roční koncentrace oxidu dusičitého v ovzduší 22 měst ČR se dle závěrečné zprávy Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí ČR v roce 2000 pohybovaly od 16,2 do 41,2 g/m³. Nejčastěji byly v rozmezí 23 - 33 g/m³. Průměrné roční koncentrace sumy oxidů dusíku se v roce 2000 pohybovaly ve 27 sídlech ČR kromě nejvyšších hodnot v Děčíně a Praze v rozmezí 11 - 79 g/m³. Pouze v sedmi z 34 monitorovaných oblastí (systém monitorování zahrnuje 26 sídel a 8 pražských obvodů) nebyl ani v jednom dni překročen 24 hodinový imisní limit.

NO_x působí na buněčné úrovni oxidačním mechanismem, pravděpodobně reagují přímo s povrchovými lipidy membrán endotelových buněk a mění jejich funkce. Studie zaměřené na mutagenní a karcinogenní účinky oxidů dusíku zatím neumožňují jednoznačné závěry.

Oxidy dusíku působí též na ekosystém. Kritická úroveň koncentrace NO_x v atmosféře, nad níž se mohou objevovat přímé nepříznivé účinky na vegetaci je odhadována na 75 g/m³ jako 24 hodinový průměr a 30 g/m³ jako roční průměrná koncentrace.

Oxid dusičitý patří mezi významné škodliviny ve vnitřním ovzduší budov. Mimo vnější ovzduší se zde jako zdroj emisí uplatňuje hlavně tabákový kouř a provoz plynových spotřebičů. WHO uvádí průměrné koncentrace z 2 - 5 denních měření v bytech v 5 evropských zemích v rozmezí 20 - 40 g/m³ v obývacích pokojích a 40 - 70 g/m³ v kuchyních s plynovým vybavením. V bytech situovaných na ulice s rušným dopravním provozem byly tyto hodnoty cca dvojnásobné. Při používání neodvětraných kuchyňských sporáků však může být expozice ještě podstatně vyšší, průměrná několikadenní koncentrace NO₂ může přesáhnout 200 g/m³ s maximálními hodinovými hodnotami až 2000 g/m³.

Významnou pozici oxidu dusičitého mezi škodlivinami ve vnitřním ovzduší bytů potvrzují i výsledky systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí v ČR, který provádí od roku 1993 hygienická služba. V období 1999 - 2000 bylo ve čtyřech městech ČR (Brno, Hradec Králové, Plzeň a Ostrava) proměřeno v topné a netopné sezóně 120 bytů. Průměr z naměřených 3 hodinových koncentrací NO₂ v kuchyni a dětském pokoji činil 25,2 g/m³ v topné sezóně a 23,9 g/m³ v netopné sezóně. Maximální hodnota byla naměřena v Brně a činila 325,9 g/m³ v kuchyni v topné sezóně.

Akutní účinky na lidské zdraví v podobě ovlivnění plicních funkcí a reaktivity dýchacích cest se u zdravých osob projevují až při vysoké koncentraci NO₂ nad 1880 g/m³. Krátkodobá expozice nižším koncentracím však vyvolává zdravotní odezvu u citlivých skupin populace, jako jsou pacienti s chronickou obstrukční chorobou plic a zejména astmatici, kteří uvádějí subjektivní potíže již od koncentrace 900 g/m³. U pacientů s chronickou obstrukční chorobou plic bylo zjištěno mírné snížení dýchacích funkcí po tříhodinové expozici koncentraci NO₂ 560 g/m³.

WHO považuje za hodnotu LOAEL (nejnižší úroveň expozice, při které jsou ještě pozorovány zdravotně nepříznivé účinky) koncentraci 375 - 565 g/m³ při 1 - 2 hodinové expozici, která u této části populace zvyšuje reaktivitu dýchacích cest a působí malé změny plicních funkcí. Některé studie naznačují, že NO₂ zvyšuje bronchiální reaktivitu u citlivých osob při působení dalších bronchokonstrikčních vlivů (chlad, cvičení, alergeny v ovzduší) již při nižších úrovních krátkodobé expozice.

Skupina expertů WHO proto při odvození návrhu doporučeného emisního limitu vycházejícího z hodnoty LOAEL použila míru nejistoty 50 % a tak dospěla u NO₂ k doporučené 1 hodinové limitní koncentraci 200 g/m³. Při poloviční koncentraci cca 100 g/m³ nebyly při krátkodobé expozici v žádné studii zjištěny nepříznivé účinky ani u citlivé části populace.

U krátkodobého působení zhruba dvojnásobné koncentrace, tj. cca 400 g/m³ již jsou důkazy o malém snížení dýchacích funkcí u exponovaných astmatiků, přičemž riziko vyvolání astmatické odezvy vzrůstá s přítomností alergenů v ovzduší. Vzhledem k tomu, že astmatictí pacienti, kteří se jako dobrovolníci účastnili pokusů, trpěli jen mírnou formou tohoto onemocnění, lze předpokládat, že v populaci existují jedinci s vyšší citlivostí.

Chronické působení dlouhodobé expozice NO₂ na lidské zdraví doposud nebylo žádnou studií spolehlivě kvantifikováno. V pokusech na laboratorních zvířatech byly prokázány morfologické změny plicní tkáně podobné emfyzému při dlouhodobé expozici několika týdnů až měsíců koncentracím od 640 g/m³ a biochemické změny od koncentrace 380 g/m³. Koncentrace od 940 g/m³ zvyšují u pokusných zvířat po šestiměsíční expozici vnímavost plic vůči bakteriální a virové infekci. Snížení imunity je důsledkem změn jak buněčné, tak i protilátkové složky obranného systému.

Výsledky epidemiologických studií u dětské populace ukazují nárůst respiračních symptomů, délky jejich trvání a snížení plicních funkcí při dlouhodobé expozici NO₂ v rozsahu průměrné roční koncentrace 50 - 75 g/m³.

Meta-analýza studií účinků NO₂ ve vnitřním ovzduší budov dospěla ke zjištění, že u dětí ve věku 5 - 12 let dochází k 20 % nárůstu rizika respiračních obtíží a onemocnění dolních cest dýchacích při každém zvýšení koncentrace o 28 g/m³ (dvoutýdenní průměr) při expozici v rozsahu dvoutýdenních průměrů 15 - 128 g/m³ nebo možná vyšší. I když jsou tyto studie založeny na krátkodobém 1 - 2 týdenním měření koncentrací NO₂, je možné tyto koncentrace vtáhnout i na dlouhodobou expozici. Neví se však, zda se zde neprojevují spíše krátkodobá maxima koncentrací nežli délka expozice. (Koncentrace 28 g/m³ odpovídá

v rámci provedených studií rozdílu ročního průměru koncentrací mezi domácnostmi s elektrickými a plynovými sporáky).

Na základě výchozí koncentrace $15 \text{ g/m}^3 \text{ NO}_2$ a výše uvedeného zjištění, že navýšení o 28 g/m^3 a více již vyvolává zdravotně nepříznivé účinky je WHO doporučena limitní hodnota průměrné roční koncentrace NO_2 40 g/m^3 . Zdůrazňuje přitom však fakt, že nebylo možné stanovit úroveň koncentrace, která by při dlouhodobé expozici prokazatelně zdravotně nepříznivý účinek neměla.

2. Tuhé emise a aerosoly

Zvyšují celkovou zaprášenost lokality a váží se na ně další škodliviny. Podle své zrnitosti se dostávají i velmi daleko, takže jsou srovnatelné s plynnými škodlivinami co do dosahu. Při některých operacích obsahují i další škodliviny, jako např. těžké kovy a tím jejich škodlivost prudce vzrůstá.

Partikulární znečišťující látky v ovzduší jsou zahrnované pod pojem aerosol. Největší nebezpečí představují nejjemnější prachové podíly, které setrvávají v horních vrstvách troposféry mnoho dní, ve stratosféře řadu let. Tyto prašné mraky by mohl v budoucnu způsobit pokles přízemní teploty zemské atmosféry. Z hygienického hlediska jsou nejnebezpečnější částice menší než $0,2 \text{ }\mu\text{m}$, které mohou vnikat hluboko do dýchacích cest, až do plicních alveolů (respirabilní podíl).

Tuhé znečišťující látky (prašný aerosol) vyvolává změnu funkce i kvality řasinkového epitelu v horních dýchacích cestách, může vyvolávat hypersekreci bronchiálního hlenu, snižuje samočisticí schopnost dýchacího systému. Takto jsou vytvořeny vhodné podmínky pro vznik zánětlivých změn na podkladě bakteriální či virové infekce. Akutní zánětlivé postižení často přechází do fáze chronické za vzniku chronické bronchitidy (chronické bronchopulmonální nemoci) s následným postižením oběhového systému. Vyšší výskyt výše uváděných postižení je možno sledovat u rizikových skupin populace tj. dětská populace, staří lidé a lidé s nemocemi dýchacího a srdečně cévního systému. Vyšší úmrtnost byla pozorována při překračování hodnot denních koncentrací TZL 500 g/m^3 , vyšší výskyt akutních respiračních onemocnění horních dýchacích cest byl pozorován u dětské populace při překračování denních koncentrací 250 g/m^3 . Vyšší nemocnost byla zaznamenána u dětské populace při překračování průměrných ročních koncentrací od $30 - 150 \text{ g/m}^3$.

3. Chlor a anorganické sloučeniny (jako HCl)

Chlor je za normálních podmínek zelenožlutý plyn s extrémně silným štiplavým zápachem. Jeho teplota varu je -34° , tání -101°C a hustota $1,42 \text{ kg.m}^{-3}$, což znamená, že je mírně těžší než vzduch (hustota vzduchu je $1,29 \text{ kg.m}^{-3}$). Jedná se o velmi reaktivní plyn, který je schopen oxidovat mnohé kovy již při pokojové teplotě. Co se týče rozpustnosti ve vodě, plynný chlor s vodou reaguje za vzniku chlorové vody, resp. rovnovážné směsi chloru, kyseliny chlorné a kyseliny chlorovodíkové. Ve vyšších koncentracích vzniká kyselina chlorovodíková rozpouštěním chlorovodíku ve vodě. Kyselina chlorovodíková (neboli rozpuštěný chlorovodík) je čirá, nebo mírně nažloutlá kapalina. Její neutralizací vznikají chloridy. Plynný chlorovodík se projevuje velmi štiplavým agresivním zápachem. Jeho hustota činí $1,18 \text{ kg.m}^{-3}$, je tudíž jen nepatrně lehčí než vzduch. Je to velmi agresivní a korozivní plyn. Chlor a chlorovodík (resp. kyselina chlorovodíková) jsou dvě nejvýznamnější anorganické plynné látky s obsahem chloru, proto se v dalším textu zaměříme právě na ně.

V chemickém průmyslu je chlor velmi důležitou surovinou. Velmi hojně se využívá při výrobě mnoha běžných materiálů, například polvinylchloridu (PVC) a mnoha dalších organických hmot. Dále se využívá pro výrobu chloroformu, trichlorbenzenů, propylenoxidu a kupříkladu fosgenu a yperitu (chemické zbraně). Je také používán pro výrobu anorganických sloučenin a desinfekčních prostředků. Chlor či některé jeho sloučeniny se užívají k bělení buničiny, celulózy a papíru. Baktericidních vlastností chloru se využívá pro desinfekci pitné vody i vody v nádržích a bazénech určených pro rekreaci. Dále je chlor (a jeho sloučeniny) využíván

v mnohých desinfekčních přípravcích, barvivech, insekticidech, lacích, rozpouštědlech, textilu či lékařství.

Chlorovodík je využíván pro hydrochloraci pryže, ve výrobě vinylchloridů a alkylchloridů, při oddělování bavlny od vlny a při čištění bavlny. Užívá se také pro leptání polovodičových krystalů a

je meziproduktem v mnoha průmyslových výrobních procesech.

Dopady na životní prostředí: Dostane-li se chlor do životního prostředí kupříkladu v důsledku havárie, může bezprostředně popálit blízké rostliny, ale pak rychle zareaguje se vzdušnou vlhkostí na chlorovodík. Chlorovodík je velmi korozivní látka, která napadá mnohé kovy a vápenec, což vede k narušení budov i kulturních památek. Plynný chlorovodík se velmi rychle rozpouští ve vodě (i ve vzdušné vlhkosti) za vzniku silné kyseliny chlorovodíkové, která je při vyšších koncentracích toxická pro vodní organismy a poškozuje také rostliny. Akutní ohrožení volně žijících živočichů a rostlin emisemi ze spalovacích procesů je však s výjimkou případných havárií nepravděpodobné. Chlorovodík vznikající v atmosféře přispívá ke kyselosti dešťů tím, že se rozpouští ve vodních částicích mraků a způsobuje tak zvýšení kyselosti dešťové vody oproti normálu. Určité typy půd a jezer mohou být obzvlášť citlivé na výskyt kyselých dešťů. Hlavní plyny podílející se na vzniku kyselých dešťů jsou oxid siřičitý a oxidy dusíku, ale i chlorovodík může hrát určitou roli. Tyto látky mohou být díky používání vysokých komínů rozptylujícími znečišťujícími látky vysoko v ovzduší transportovány atmosférickými proudy na vzdálenosti tisíců kilometrů.

Dopady na zdraví člověka, rizika: Chlor je velice nebezpečný a agresivní plyn. Jeho výhodou je velmi silný zápach, který je člověku patrný již při nízkých koncentracích. To varuje před blížícím se nebezpečím a umožňuje zasažený prostor urychleně opustit. Chlor může být do organismu vdechnut. Ihned reaguje s vlhkostí za vzniku agresivního chlorovodíku (a kyseliny chlorné).

Proto nelze přesně odlišit dopady expozice chlorem a chlorovodíkem. U exponované osoby chlorem (resp. chlorovodíkem) se mohou projevit následující rizika a potíže:

podráždění nosu, dýchacích cest, vznik trhlínek na dýchacích cestách, silné kašláni, krvácení z nosu a bolest na hrudi;

dráždění plic, dušnost, tvorba tekutiny v plicích (edém) i nebezpečí udušení;

popálení očí a kůže s nevratným poškozením.

Opakované expozice mohou nenávratně poškodit plíce a zuby a vyvolat vyrážky.

V České republice platí pro koncentrace chlorovodíku následující limity v ovzduší pracovišť: PEL – $8 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, NPK – P – $15 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Celkové zhodnocení nebezpečnosti z hlediska životního prostředí: Chlor a jeho anorganické sloučeniny jsou velmi reaktivní a korozivní látky. Při jejich úniku do životního prostředí mohou způsobit akutní ohrožení živých organismů (zejména vodních), rostlin a mnohých materiálů. Vzhledem k jejich vysoké reaktivitě ale v životním prostředí nesetrvávají po dlouhou dobu, a proto jejich dlouhodobý globální negativní dopad není zvlášť významný.

4. Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Skupina polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) představuje velmi širokou škálu různých látek vyznačujících se tím, že ve své molekule obsahují kondenzovaná aromatická jádra a nenesou žádné heteroatomy ani substituenty. Do skupiny PAU náleží například následující látky: naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, dibenzo(a,h)antracen, indeno(1,2,3-c,d)pyren a benzo(ghi)perylene. Čisté sloučeniny jsou bílé nebo nažloutlé krystalické pevné látky. Jsou velmi málo rozpustné ve vodě, ale snadno se rozpouštějí v tucích a olejích. Jako příklad látky z této skupiny vezměme benzo(a)pyren a popíšeme podrobněji jeho vlastnosti a strukturu v Tab.

Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou látky, které se ve většině případů cíleně nevyrábějí, snad až na výjimky spojené s laboratorními výzkumy a analýzou (např. příprava standardů pro analýzu). Mezi PAU však patří mimo jiné i naftalen a antracen, které využití mají. Tyto dvě látky jsou popsány separátně, protože jsou samostatně zařazeny do IRZ. PAU jako

skupina látek obecně jsou ovšem obsaženy v celé řadě běžných produktů dnešního průmyslu, jako jsou například: motorová nafta, výrobky z černouhelného dehtu, asfalt a materiály používané při pokrývání střech a při stavbě silnic.

Dopady na životní prostředí: PAU jsou toxické pro celou řadu živých organismů. Mohou způsobovat rakovinu, poruchy reprodukce a mutace u zvířat. Jejich působení na celé populace organismů je proto závažné. Nejproblematictější vlastností PAU je jejich perzistence, tedy schopnost odolávat přirozeným rozkladným procesům. Zejména pokud jsou emitovány při spalovacích procesech, jsou schopné transportu atmosférou na velké vzdálenosti (ve formě naadsorbované na zrna sazí a prachových částic). Stopy těchto látek proto byly zjištěny i na velmi odlehlých místech Země. PAU se silně adsorbují na sedimenty ve vodách, které proto působí jako určité rezervoáry.

Dopady na zdraví člověka, rizika: Celá řada látek ze skupiny polycyklických aromatických uhlovodíků představuje závažné zdravotní riziko pro člověka. Jejich nebezpečí spočívá především v karcinogenitě a ohrožení zdravého vývoje plodu. Významným zdrojem benzo(a)pyrenu jsou cigarety. Tato látka může být vdechnuta a prostupuje do organismu i pokožkou. Expozice může vést k následujícím rizikům pro zdraví člověka:

ohrožení zdravého vývoje plodu;

riziko onemocnění rakovinou;

podráždění až popálení kůže;

Opakované expozice způsobují ztenčení a popraskání pokožky.

Je ale nutné zdůraznit, že běžně se vyskytující koncentrace PAU v životním prostředí jsou tak nízké, že nehrozí bezprostřední akutní ohrožení lidského zdraví.

Celkové zhodnocení nebezpečnosti z hlediska životního prostředí: PAU jsou látky obecně nebezpečné pro životní prostředí i pro zdraví člověka. Jejich nebezpečnost je umocněna tím, že jsou velmi stabilní a mohou se šířit na velmi dlouhé vzdálenosti a ohrožovat i odlehlá území Země. Jsou to látky karcinogenní a ohrožující zdravý vývoj plodu.

5. Polychlorované bifenylly (PCB)

Polychlorované bifenylly (PCB) je skupina látek, které zahrnují teoreticky 209 jednotlivých sloučenin (tzv. kongenerů), které se liší fyzikálními a chemickými vlastnostmi i toxicitou. Rozdíl spočívá ve stupni chlorace a umístění atomů chloru na aromatických jádrech. Struktura PCB je uvedena na . V komerčních směsích se ale vyskytuje pouze 130 kongenerů. Jednotlivé kongenery jsou bezbarvé krystaly bez zápachu, avšak komerční směsi PCB jsou kapaliny. Hustota směsí závisí na stupni chlorace a s růstem obsahu chloru se hustota zvyšuje. Všechny však mají hustotu vyšší než voda (přibližně 1440 kg.m⁻³). Společnou vlastností všech kongenerů je jejich nízká rozpustnost ve vodě (0.7 mg.l⁻¹) a velmi nízká tenze par (<1 Pa). Jsou rozpustné ve většině organických rozpouštědlech a v tucích. Jsou také chemicky i fyzikálně stálé (i za teplot okolo 300°C) a nekorozivní. Tyto látky jsou vyráběny člověkem. V prostředí se přirozeně nevyskytují. Byly objeveny na přelomu 19. a 20. století a od 30. let 20. století se používají v průmyslu. V 70. letech bylo zjištěno, že PCB se v prostředí nerozkládají a hromadí se v potravních řetězcích. Mohou ohrožovat životní prostředí i lidské zdraví. Proto se od jejich výroby postupně upustilo.

PCB se v současné době nevyrábějí, v minulosti však byly používány jako přenašeče tepla v průmyslových zařízeních vyžadujících ohřev na vysoké teploty (např. obalovny živičných směsí), dále pak jako chladicí oleje v transformátorech napětí, kondenzátorech a jiných elektrických zařízeních, kde se uplatňují jejich výborné izolační vlastnosti a stabilita. Menší množství se používalo jako nehořlavé kapaliny v uzavřených okruzích (hydraulické systémy, vedení tepla). Vedle použití v uzavřených systémech však byly PCB používány i jako spotřební materiál, jako plastifikátory polymerů, přísada do barev, nátěrových hmot a tiskařských barev, jako součást prostředků na ochranu rostlin i pro jiné účely. PCB se také přidávaly do maziv, olejů a vosků, používaly se také jako rozpouštědla inkoustů (kopírky), byly obsaženy v lepidlech, tmelech a samozhášecích přísadách. PCB se využívaly v nábytkářství, dekoracích interiérů a při povrchové úpravě textilu. Byly složkou nátěrů používaných v zemědělství, ze kterých mohly přecházet do hospodářských zvířat.

Dopady na životní prostředí: Z důvodu jejich vysoké perzistence jsou PCB přítomné v životním prostředí po celém světě. Dochází k jejich redistribuci a ke zvyšování koncentrací v mořských ekosystémech. Protože těkavost a degradovatelnost se mezi jednotlivými kongenery liší, dochází

v průběhu času ke změnám ve složení směsí PCB.

V atmosféře se PCB vyskytují hlavně v plynné formě (87 – 100%), menší množství je navázáno na pevné částice. Sorpce se zvyšuje se stupněm chlorace. Z vody a půd v malé míře těkají do atmosféry. Z atmosféry jsou zpětně odstraňovány pomocí mokré a suché depozice. Ve vodě se PCB sorbují na sedimenty a organickou hmotu, přičemž koncentrace v sedimentech je podstatně vyšší než ve vodě. Adsorpci mohou být PCB imobilizovány na poměrně dlouhou dobu, avšak může docházet i k jejich desorpci. Vodní sedimenty tedy mohou sloužit jako zásobníky PCB. Vodní ekosystémy jsou polychlorovanými bifenylly ohroženy nejvíce. Nížechlorované PCB se sorbují méně, proto se z půd a sedimentů snáze vyluhují.

Degradace PCB v prostředí závisí na stupni chlorace. Perzistence se zvyšuje s rostoucím množstvím chloru v molekule. V plynné fázi mohou PCB reagovat s hydroxylovým radikálem (vzniklým fotochemicky). Doba setrvání v atmosféře se liší u jednotlivých kongenerů (10 dní až 1,5 roku). Ve vodním prostředí je jediným abiotickým degradačním procesem fotolýza. Ve vodě a půdě může docházet k velmi pomalé biodegradaci. Mono-, di- a trichlorované bifenylly degradují poměrně rychle, zatímco výšechlorované bifenylly jsou vůči biodegradaci rezistentní. Rychlost degradace je také ovlivňována polohou chloru. PCB s atomy chloru v para pozici jsou biodegradovány snáze. Vysokochlorované bifenylly mohou být rozkládány pouze anaerobně.

PCB se snadno akumulují v tukových tkáních. V důsledku hromadění v potravních řetězcích se nejvyšší koncentrace vyskytují u vrcholových predátorů. Nejohroženější skupinou organismů jsou mořští savci, u kterých dochází k narušení reprodukční schopnosti. PCB jsou toxické i pro ostatní vodní organismy, nejohroženější jsou raná vývojová stádia. Další skupinou ohroženou PCB jsou ptáci.

Dopady na zdraví člověka, rizika: PCB mohou vstupovat do těla inhalačně a především orálně (kontaminovanou potravou). Potraviny mohou být kontaminovány příjmem PCB z prostředí organismy (ryby, ptáci, hospodářská zvířata). Další možností je přímá kontaminace potravin nebo migrace kontaminantu z obalu.

PCB se koncentrují v játrech, tukových tkáních a mateřském mléce. Mohou také procházet placentou. Koncentrace v jednotlivých orgánech závisí na obsahu tuku. Výjimkou je mozek, který obsahuje méně PCB, než by odpovídalo obsahu tuku v něm. Zvýšené koncentrace se mohou vyskytovat i v kůži. Stálost v orgánech se u jednotlivých kongenerů liší. Vyšší perzistence však nemusí vždy znamenat vyšší toxicitu. Rozdíly v toxicitě mohou být způsobeny vznikem specifických meziproductů a metabolitů.

Expozice PCB ovlivňuje mozek, oči, srdce, imunitní systém, játra, ledviny, reprodukční systém a štítnou žlázu. Expozice těhotných žen může způsobovat snížení porodní váhy a neurologické poruchy dětí. Chronické inhalační expozice ovlivňují dýchací ústrojí (kašel), trávicí trakt (anorexie, ztráty hmotnosti, zvracení, bolesti břicha), játra, kůži (chlorakné, vyrážky) a oči. Expozice PCB může způsobovat rakovinu jater. Akutní expozice způsobují poškození kůže, poruchy sluchu a zraku a křeče.

V České republice platí pro koncentrace polychlorovaných bifenylů následující limity v ovzduší pracovišť:

PEL – 0,5 mg.m⁻³, NPK – P – 1 mg.m⁻³.

Celkové zhodnocení nebezpečnosti z hlediska životního prostředí: PCB se mohou akumulovat v potravních řetězcích organismů. Nejohroženější jsou vodní ekosystémy. Nebezpečnost je podtržena podezřením z karcinogenity.

6. PCDD+PCDF (dioxiny+furany) (jako TEQ)

Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany jsou chemické sloučeniny obsahující ve svých molekulách atomy uhlíku, vodíku, kyslíku a chloru. Je možné identifikovat stovky různých struktur těchto látek. Některé z nich jsou vysoce toxické již při nízkých

PROVOZNÍ ŘÁD ZDROJE ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ:
ZAŘÍZENÍ NA VÝROBU SLÉVÁRENSKÝCH A DESOXIDAČNÍCH SLITIN HLINÍKU

koncentracích. Jako zástupce této široké skupiny bude pro tento text vybrán 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxin označovaný zkráceně 2,3,7,8,-TCDD. Jedná se o jednu z nejnebezpečnějších látek této skupiny a dokonce chemických látek vůbec. Jeho strukturální vzorec ukazuje obr. 1. Je to bílá krystalická látka o molekulové hmotnosti $321.97 \text{ g.mol}^{-1}$, jejíž teplota varu je 500°C a tání 295°C . Rozpustnost ve vodě činí $0,2 \mu\text{g.l}^{-1}$. Jedná se o látku rozpustnou v organických rozpouštědlech. Popisované látky řadíme do skupiny těkavých organických látek (VOC). PCDD a PCDF zařazujeme také do kategorie perzistentních organických polutantů (POP).

PCDD a PCDF nebyly nikdy záměrně vyráběny a používány. Nepatrná množství byla připravena pouze pro analytické a experimentální účely.

Dopady na životní prostředí: Jedná se o skupinu velice nebezpečných látek pro životní prostředí,

život organismů i zdraví člověka.

V případě, kdy se PCDD nebo PCDF dostanou do životního prostředí, mohou zde existovat jak v plynné fázi, tak naadsorbované na malých částicích. Dále se mohou ukládat do zemin a na vegetaci. Vzhledem k tomu, že se v naprosté většině případů jedná o látky ve vodě téměř nerozpustné, jsou dioxiny vázané v půdě velice odolné proti vymývání a dalšímu transportu. V půdách a sedimentech degradují velice pomalu a mohou zde setrvávat po velmi dlouhou dobu. Značné riziko představuje spad dioxinů z ovzduší na vegetaci, především na krmné traviny. Zde přítomné dioxiny jsou následně požitý dobyt看, a tak vneseny do potravního řetězce. Jedná se potom o kontaminace masa a mléka konzumovaného člověkem. Dioxiny se také usazují v sedimentech na dně vodních ploch a potravním

řetězcem se dostávají až k velkým rybám konzumovaným člověkem. U pokusných zvířat exponovaných dioxiny byla pozorována celá řada toxikologických projevů. Od poruch růstu, poškození imunitního systému, zvýšený výskyt onemocnění rakovinou až po poškození reprodukčních funkcí.

Jak již bylo zmíněno, dioxiny jsou velmi stabilní látky odolávající degradaci po velmi dlouhou dobu. Proto mohou být v ovzduší transportovány na velmi dlouhé vzdálenosti v řádech tisíců kilometrů od místa jejich vzniku. Procesy v atmosféře přispívají k jejich transportu z teplejších oblastí planety do oblastí s nízkými teplotami, jako je Arktida, kde byly stopy těchto nebezpečných látek nalezeny v místních živočišcích. Vzhledem k těmto vlastnostem představují i velmi malá množství dioxinů vypuštěná do životního prostředí značné nebezpečí pro globální ekosystém.

Dopady na zdraví člověka, rizika: Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany jsou obecně látky velmi nebezpečné pro zdraví člověka. Do organismu mohou být vdechnuty nebo požitý s kontaminovanými potravinami. Nebezpečí těchto látek spočívá v tom, že jsou nebezpečné i ve stopových koncentracích. Konkrétní ohrožení zdraví člověka se projevuje nevolností, bolestí hlavy, zvracením, poškozením jater podrážděním kůže a očí. Mezi mnohem závažnější rizika však patří extrémní zvýšení pravděpodobnosti onemocnění rakovinou a riziko poškození zdravého vývoje plodu. Konkrétně 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxin je považován za vůbec nejtoxičtější člověkem připravenou látku s extrémně nízkou smrtelnou dávkou.

Je ale nutné zdůraznit, že běžně se vyskytující koncentrace dioxinů v životním prostředí jsou tak nízké, že nehrozí bezprostřední akutní ohrožení lidského zdraví.

Celkové zhodnocení nebezpečnosti z hlediska životního prostředí: Látky z popisované skupiny patří mezi vůbec nejnebezpečnější látky znečišťující životní prostředí. Mají velmi závažné dopady na zdraví člověka.