

*Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, Partyzánské náměstí 7, 70200 Ostrava
Tel: 596200456, Fax: 596118661*



Hodnocení zdravotních rizik jako součást aktualizované analýzy rizika

podle Metodického pokynu MŽP č.12/2005

Evidenční č. 34/2010

Průzkum kontaminace ovzduší – odval Hedvika, Heřmanice

Zadavatel:

Název firmy: GEOtest, a.s.
Sídlo firmy: Šmahova 1244/112, 627 00 Brno
IČ: 46344942

Zpracovatelé:

Osoba odborně způsobilá pro oblast posuzování vlivů na veřejné zdraví podle vyhlášky MZ
ČR č.353/2004Sb. (č.j. 28624/2008-OVZ-30.0-5.8.08, pořadové číslo osvědčení 4/2008).

.....

Ostrava, červenec 2010

OBSAH

Úvod	3
Identifikace rizik	4
Určení prioritních škodlivin	4
Benzen (CAS 71-43-2).....	5
Toluen (CAS 108-88-3)	6
Xylen (CAS 1330-20-7).....	7
Ethylbenzen (CAS 100-41-4).....	7
Styren (CAS 100-42-5)	8
Vinylchlorid (CAS 75-01-4)	8
Methylbromid (CAS 74-83-9).....	9
1,2-dichlorethylen (1,1 Dichlorethen CAS 75-35-4).....	9
Dibromoethane, 1,2 (CAS 106-93-4).....	9
PCB obecně, CAS 1336-36-3.....	10
2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxin (2,3,7,8,-TCDD, CAS 1746-01-6)	10
Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)	11
Benzo[a]pyren (CAS 50-32-8).....	11
Vyhodnocení vztahu dávka – účinek	14
Základní charakteristika příjemců rizik.....	15
Shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice.....	17
Expoziční scénáře pro výpočet rizika z inhalace kontaminovaného vzduchu	19
Odhad zdravotních rizik	20
Závěr	27
Nejistoty	30
Použité informační zdroje	30

Úvod

Odvaly jsou typické kuželovité haldy související se způsobem odvalování nevyužitelné hlušiny z hlubinné těžby. Celkově se jedná o čistě antropogenní komplexy navzájem propojených a navazujících navážkových struktur, výškově vysoce přesahujících okolní přirozený terén. Odvaly jsou významným zdrojem znečišťování prostředí. Přítomnost uhlí v hlušině, tvar a kubatura odvalů, nízká míra zhutnění materiálu a zřejmě i deponování hořlavých materiálů patří k hlavním příčinám vzniku záparů a následných endogenních požárů, které by v případě prohoření se mohly projevit prašností, zápachem a únikem potenciálně toxických plynů do ovzduší. U odvalu Hedvika je navíc nebezpečí kontaminace podzemních vod vlivem průsaku srážkové vody haldovinou. Na obou odvalech již bylo zahájeno odtěžování.

Odval Heřmanice je jedním z vůbec nejrozsáhlejších komplexů odvalů na Ostravsku. Leží v katastru městské části Hrušov, mezi ulicemi Orlovská a Bohumínská. Nejbližší obytná zástavba ve Vrbici se nachází JV směrem cca 400 m od odvalu. Z technického hlediska lze odval rozčlenit do tří základních stavebně historických částí; nejzápadnější a nejstarší Karolína, střední Autoodval a východní Svoboda s provozním odvalem. V historických materiálech je uváděna celková plocha odvalu od 60 ha do 103 ha a objem uloženého materiálu je odhadován na cca 21 milionů m³. Předpokládá se, že kromě karbonské hlušiny z dnes již uzavřených dolů a úpravárenských výpěrků zde bylo ukládáno i blíže nezjistitelné množství stavebního, komunálního a jiného průmyslového odpadu, mezi nimi například odpadní ropné produkty.

Odval Hedvika se nachází v katastru Petřvald, okres Karviná mezi ulicemi Ostravská a Radvanická. Nejbližší obytná zástavba se nachází cca 400 m SZ. Odval Hedvika se rozkládá na 40,6 ha a jeho objem je 4,9 mil. m³. Odval vznikl na rovině zasypáním původních koryt drobných vodotečí. Materiál z hloubení a ražeb otvirkových a přípravných děl je na odvalu deponován cca od roku 1903. V 60. a 70. letech došlo k intenzivnímu rozšiřování odvalu, do přibližně dnešní podoby. Plocha odvalu je v souladu s územním plánem určena k zalesnění a konečnému využití jako les.

Analýza rizika odvalů byla vypracována, na výslovné přání zadavatele, podle Metodického pokynu MŽP (září 2005, ročník XV, částka 9) pro analýzu rizik kontaminovaného území. Postupy hodnocení zdravotních rizik z kontaminovaného území pro potřeby sanací, uvedené ve zmíněném metodickém pokynu, vychází z metodiky US EPA (Americká agentura pro ochranu životního prostředí), tj. výpočtu jednotlivých expozičních dávek pro různé typy expozice a následném stanovení individuálního případně populačního rizika. WHO (Světová zdravotnická organizace) takto podrobnou metodiku doposud nevydala.

Metoda hodnocení zdravotních rizik probíhá ve čtyřech postupných krocích:

- určení nebezpečnosti
- vyhodnocení vztahu dávky a biologického účinku
- hodnocení expozice
- charakterizace rizika

Podklady

BÍLEK, J. *Průzkum kontaminace ovzduší – odval Hedvika*. . Protokol měření. Květen 2010.

BÍLEK, J. *Průzkum kontaminace ovzduší – odval Heřmanice*. . Protokol měření. Květen 2010.

Identifikace rizik

Určení prioritních škodlivin

Podle laboratorních expertíz jsou na odvalech látky BTX, PAU, dioxiny a plyny (SO₂, NO₂, VOC, CO) dominantními kontaminanty v půdním vzduchu. Analýza udává i přítomnost PCB, jejichž příjem je však z hlediska zdraví významný orální expozicí, která se na odvalech nepředpokládá. Plyny a další látky mají původ převážně v endogenním hoření odvalů. Těkavé látky a PAU se snadno uvolňují z nosného média (materiálu odvalů) do půdního vzduchu a následně i do ovzduší. Na základě výsledků provedených analýz půdního vzduchu a pozadí a v posuzované lokalitě a v literatuře dostupných příslušných zdravotně zdůvodnitelných referenčních koncentrací byly pro hodnocení rizik vybrány následující látky:

Benzen, Toluén, Xylen, Ethylbenzen, Styren, Vinylchlorid, Methylbromid, 1,2-dichlorethylen, Dibromoethane, 1,2, PCB obecně, 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxin, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) - Benzo[a]pyren.

Z hlediska hodnocení rizik je však třeba upozornit na skutečnost, že předložené podklady nezahrnují PM₁₀ – dominantní škodliviny na Ostravsku. V souvislosti s odtěhováním a odvozem materiálu z odvalů je možné očekávat zvýšení prašnosti především v oblastech na SV od obou odvalů.

Benzen (CAS 71-43-2)

Benzen (C₆H₆) je těkává, bezbarvá, vysoce hořlavá kapalina sladkého zápachu. Čichový práh pro benzen je 1,5 ppm (5 mg.m⁻³). V ovzduší se benzen vyskytuje ve formě par s dobou setrvání v rozmezí několika hodin až dní v závislosti na prostředí, klimatických podmínkách a koncentraci dalších škodlivin. Hlavním způsobem degradace benzenu v ovzduší je reakce s hydroxylovými radikály. Benzen může být z ovzduší odstraněn také deštěm. Hlavními zdroji benzenu v ovzduší jsou cigaretový kouř, spalování uhlí a ropy, spalování a evaporace benzínu obsahujícího benzen a petrochemický průmysl. Průměrná koncentrace benzenu v ovzduší ve venkovských oblastech je popisována okolo 1 µg.m⁻³ a v městských oblastech 5 – 80 µg.m⁻³ (WHO, 2000).

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

Benzen je genotoxický karcinogen. Epidemiologické studie a pokusy na zvířatech ukazují, že benzen je mutagenní látka in vivo. Podle IARC (Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny) byl benzen klasifikován jako prokázaný lidský karcinogen (IARC, 2004). U profesionálně exponovaných pracovníků byl zaznamenán vyšší počet úmrtí na leukémii. U pokusných zvířat byl zaznamenán vznik celé řady dalších nádorů s menší frekvencí výskytu než u člověka. Vzhledem k tomu, že se jedná o látku s bezprahovým působením, nemá ani stanovenou žádnou bezpečnou úroveň expozice. Dlouhodobá expozice benzenu může rovněž negativně ovlivnit krevtvorbu poškozením kostní dřeně což může vést k anémii (snížené schopnosti krvinek přenášet kyslík) a snížení počtu bílých krvinek (snížení imunity a náchylnost k infekcím). Tyto projevy byly pozorovány při vysokých expozicích benzenu v pracovním prostředí a

existuje jen málo důkazů podporujících jejich vznik při inhalačních expozicích pod $3,2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

WHO (2000) uvádí geometrický průměr odhadu rizika vzniku leukémie při koncentraci benzenu $1 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v hodnotě 6×10^{-6} . WHO rovněž uvádí, že koncentrace $0,17 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ může způsobit vzestup celoživotního rizika vzniku leukémie o 1 případ na milion obyvatel. Riziko leukémie 1×10^{-6} by se mělo pohybovat v rozmezí $0,2\text{-}20 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ roční průměrné koncentrace benzenu při použití sublineární křivky extrapolace. V české národní legislativě je imisní limit pro benzen uveden v nařízení vlády č. 597/2006 Sb., kterým se stanoví imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší. Imisní limit lze však v tomto případě považovat pouze za mez přijatelného rizika nikoliv za bezpečný práh. Hodnota imisního limitu pro benzen je $5 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (aritmetický průměr pro kalendářní rok), což odpovídá míře jeho přijatelného karcinogenního rizika $2,2 \times 10^{-5}$. Jednotky karcinogenního rizika pro inhalační expozici benzenu byly převzaty z WHO (2000). EU stanovila termín plnění pro roční mezní hodnotu $5 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ k 1.1.2010 s možností překročení o každoročně se snižující mez tolerance, která nabývá hodnot $3 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro rok pro rok 2007, $2 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro rok 2008 a $1 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro rok 2009. Direktiva 2008/50/EC obsahuje časově omezené prodloužení plnění až do 1.1.2015.

Toluen (CAS 108-88-3)

Toluen je čirá, bezbarvá, těkavá, hořlavá a na vzduchu výbušná kapalina. Toluen se používá k výrobě dalších chemických látek, jako rozpouštědlo a jako aditivum do kosmetických přípravků. V atmosféře rychle reaguje s hydroxylovými radikály za vzniku různých oxidačních produktů. V zimě může být životnost toluenu v atmosféře několik měsíců, v létě několik dnů. K expozici člověka dochází zejména inhalací. Průměrná koncentrace toluenu v městských oblastech je $5\text{-}150 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, ale v blízkosti průmyslových zdrojů může být vyšší (WHO, 1997). Toluen má nejvýraznější akutní i chronické účinky na centrální nervový systém (CNS). Účinek může být zklidňující nebo excitační, s pocity euforie v počáteční fázi následované dezorientací, třesem, změnami nálady, hučením v uších, dvojitým viděním, halucinacemi, poruchami artikulace, poruchami koordinace pohybů, křečemi a komatem (WHO, 1985). IARC zařadila toluen do skupiny 3, tj. neklasifikovatelná látka z hlediska lidské karcinogenity (IARC, 2004). Toluen v čisté formě má práh detekce pachu okolo $1 \text{ mg}/\text{m}^3$, práh pachového rozpoznání je cca $11 \text{ mg}/\text{m}^3$ (WHO, 1997).

V české národní legislativě není imisní limit pro toluen v komunálním prostředí stanoven. Pro hodnocení akutních účinků toluenu je možné použít limitní hodnoty stanovené pro pracovní prostředí. Nejvyšší přípustná koncentrace toluenu v ovzduší v pracovním prostředí v ČR je 500 mg/m^3 (nařízení vlády č. 178/2001 Sb.). WHO doporučuje jako hodnotu směrnice kvality ovzduší průměrnou týdenní koncentraci $0,26 \text{ mg/m}^3$ (WHO, 1997). Při koncentraci toluenu v ovzduší do této hodnoty se neočekává, že dojde k projevu negativních účinků toluenu na CNS člověka. US EPA doporučuje pro toluen koncentraci založenou na nekarcinogenním riziku (RBC) odpovídající $HQ=1$, v hodnotě $5100 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (US EPA, 2005).

Xylen (CAS 1330-20-7)

Xylen technické čistoty je směs izomerů (o-, m-, p- xylen) s dalšími uhlovodíky majícími teplotu varu v oblasti teploty varu těchto izomerů (např. ethylbenzen). V největším podílu je obvykle obsažen m-xylen. Je to čirá, bezbarvá až slabě nažloutlá kapalina aromatického zápachu podobného toluenu. Xylen má jak narkotické, tak dráždivé účinky. Při menší inhalační expozici se projevují hlavně bolesti hlavy, závratě, dráždění ke kašli. Velká inhalační expozice vyvolává stavy vzrušení a opilosti, mohou následovat křeče, bezvědomí, poruchy nebo zástava dýchání. Mezi jednotlivými izomery jsou určité rozdíly - za nejtoxickejší se považuje p-xylen a za nejméně toxický m-xylen. Při chronické inhalační expozici mohou vznikat bolesti hlavy, podrážděnost, zažívací obtíže. Jsou popsány i údaje o možném účinku na játra, ledviny a srdce (myokard). Přímý kontakt s kůží vede k jejímu dráždění. Kůží se xyleny částečně vstřebávají.

Ethylbenzen (CAS 100-41-4)

Je to hořlavá bezbarvá kapalina, aromatického zápachu. Je lehce vznětlivý. Nerozpouští se ve vodě, je však rozpustný v alkoholu. Používá se jako rozpouštědlo a ředidlo barev a laků a přidává se do paliv a do asfaltů. Reformovaný benzín obsahuje přibližně 4% obj. ethylbenzenu. Ethylbenzen je složkou (15 – 20% obj.) komerčního produktu xylenů, které se používají jako rozpouštědla. Největším zdrojem ethylbenzenu v prostředí je těžba a zpracování ropy a používání ropných produktů, hlavně spalování benzínu a jiných paliv. Významným znečišťovatelem je také chemický průmysl. Jde rovněž o meziprodukt při výrobě styrenu. Ethylbenzen patří mezi těkavé organické látky. Ethylbenzen má negativní vliv na nervovou soustavu, dýchací soustavu a poškozují sliznice. Lidé vystavení vysokým

koncentracím ethylbenzenu v ovzduší trpí závratěmi, podrážděním či pálením očí a dýchacími problémy. IARC řadí ethylbenzen k možným karcinogenům pro lidi (skupina 2B).

Styren (CAS 100-42-5)

Čistý styren je bezbarvá olejovitá kapalina se sladkým zápachem. Páry jsou však těžší než vzduch. Je špatně rozpustný ve vodě. Dobře se rozpouští v organických rozpouštědlech, jako jsou alkoholy, ethery, aceton a sirouhlík. Patří mezi těkavé organické látky (VOC). Styren se používá při výrobě pryží, umělé hmoty, izolace, sklolaminát, potrubí, automobilových součástí, obalů na potraviny, polystyrenu, koberců a mnoho dalších. Styren se může nacházet ve vzduchu, vodě i půdě. Je těkavý, proto snadno přechází z půdy a povrchových vod do vzduchu, kde se rychle rozkládá. K rozkladu dojde během 1 až 2 dnů. Jako těkavá organická látka se spoluúčastní vzniku fotochemického smogu. V půdě a vodě se styren může rozkládat pomocí bakterií. Zatímco v povrchové vodě trvá rozkladná reakce několik dní, v podzemních vodách proběhne za 6 týdnů až 7,5 měsíců. Na částice půdy se váže poměrně slabě, proto se může vyluhovat do podzemních vod. Styren se do organismu dostává zejména inhalací. Mezi další expoziční cesty patří přímé požití, případně vstřebání kůží.

Styren má vliv na nervový systém. Můžou se vyskytovat deprese, problémy se soustředěním, svalová slabost, celková únava nebo žaludeční nevolnost. Z akutních projevů byly pozorovány podráždění očí a sliznic nosu a krku. Po požití styrenu může nepříznivě ovlivnit játra, ledviny, krev a imunitní a nervový systém. Hodnocení karcinogenity podle IARC 2B - možná karcinogenní pro lidi. Podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. je stanovena PEL 100 mg.m⁻³, NPK-P 400 mg.m⁻³.

Vinylchlorid (CAS 75-01-4)

Vinylchlorid (VCE) je bezbarvý plyn, lehce nasládlého zápachu, slabě rozpustný ve vodě, který snadno hoří a není příliš stabilní při vyšších teplotách. Vinylchlorid se může vyskytovat i v kapalné formě, pokud je udržován pod vysokým tlakem nebo za nízké teploty. Vinylchlorid je mikrobiologický degradační produkt trichlorethylenu, vyskytujícího se v podzemní vodě a tudíž může být v podzemní vodě detekován (ATSDR, 2004). Vinylchlorid je využíván pro výrobu PVC (polvinylchlorid) a plastových produktů. Akutní expozice vysoké úrovni vinylchloridu v ovzduší působí především na centrální nervový systém např. rozostřené vidění, závratě, nevolnost a bolesti hlavy. Chronická inhalační nebo orální expozice vinylchloridu může způsobovat např. ospalost, bolesti žaludku, ztrátu váhy,

nevolnost a poškození jater (WHO, 1999). IARC zařadila vinylchlorid do skupiny 1, tj. karcinogenní pro člověka (IARC, 2004).

Methylbromid (CAS 74-83-9)

Methylbromid je za normálních podmínek plynná, prudce jedovatá látka, složená z uhlíku, vodíku a bromu. Používá se jako pesticid s vícestranným využitím. Při aplikacích do půdy se používá jako fungicid, jinak také jako insekticid (proti hmyzu) či k hubení hlodavců. V průmyslu se využívá také v procesech metylace anebo jako rozpouštědlo. Je cítit po chloroformu. Inhalační expozice vysoké úrovně methylbromidu, může způsobit otok plic, který může být fatální. Inhalace methylbromidu poškozuje centrální a periferní nervový systém, způsobuje křeče nebo bezvědomí. U lidí vystavených vysokým koncentracím methylbromidu se může vyskytnout kašel, tlak na prsou, dušnost, cyanóza, poškození plic, nevolnost, zvracení, bolest hlavy, poruchy řeči, zrakové obtíže, závratě, mdloby, apatie, slabost, únava, delirium, ztrátu paměti, zmatenost, necitlivost končetin, ztrátu koordinace a ochrnutí. Po kontaktu s pokožkou vyvolává svědění, může způsobit i spáleniny. IARC řadí methylbromid do skupiny 3 - neklasifikovatelný jako lidský karcinogen.

1,2-dichlorethylen (1,1 Dichlorethen CAS 75-35-4)

1,2-dichlorethylen (1,2-DCE) je hořlavá bezbarvá kapalina ostrého štiplavého zápachu. Je to průmyslově vyráběná sloučenina, která se používá zejména k výrobě rozpouštědel. Existují dvě isoformy 1,2-dichlorethylenu: cis- a trans-1,2-dichlorethylen. Krátkodobá inhalace par 1,2-dichlorethylenu (vysoké koncentrace, do 10 mg/l) může vyvolat nevolnost, ospalost a únavu. Účinky na zdraví po dlouhodobé expozici nízkým koncentracím nejsou známy (ATSDR, 1996).

Dibromoethane, 1,2 (CAS 106-93-4)

Dibromoethane, 1,2 je bezbarvá kapalina, není hořlavá a má charakteristický zápach. Přidává se do leteckých benzínů. Expoziční cesty jsou orální, inhalační nebo dermální. Dráždí kůži, oči a dýchací cesty. Po požití nebo vdechnutí se objevuje kašel, dušnost, ztráta vědomí, poškození CNS, ledvin, jater. Po dlouhodobém kontaktu s pokožkou dochází k zarudnutí, otokům, vyskytují se puchýře. IARC řadí dibromoethane, 1,2 do skupiny 2A. PEL 1 mg.m⁻³, NPK-P 2 mg.m⁻³.

PCB obecně, CAS 1336-36-3

Polychlorované bifenyly (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 atomu chloru na aromatických jádrech. Jednotlivé kongenery jsou bezbarvé krystaly bez zápachu, avšak komerční směsi PCB jsou kapaliny. Společnou vlastností všech kongenerů je jejich nízká rozpustnost ve vodě. Jsou rozpustné ve většině organických rozpouštědlech a v tucích. Jsou také chemicky i fyzikálně stálé (i za teplot okolo 300°C) a nekorozivní. V prostředí se přirozeně nevyskytují. PCB se v prostředí nerozkládají a hromadí se v potravních řetězcích. PCB se v současné době nevyrábějí, emise pocházejí z používání výrobků a z odpadu s obsahem PCB. Malé množství PCB se také může vyskytovat v celé řadě halogenovaných sloučenin. Dalším zdrojem emisí PCB v prostředí jsou kalý z odpadních vod, používání výrobků s obsahem PCB, nelegální nakládání s odpady z těchto výrobků, spalování průmyslových i komunálních odpadů a úniky ze zařízení používajících PCB. Zdrojem jsou také průmyslové procesy, např. elektrárny a zpracování železa a oceli.

PCB mohou vstupovat do těla inhalačně a především orálně (kontaminovanou potravou). Potraviny mohou být kontaminovány příjmem PCB z prostředí organismy (ryby, ptáci, hospodářská zvířata). PCB se koncentrují v játrech, tukových tkáních a mateřském mléce. Mohou také procházet placentou. Koncentrace v jednotlivých orgánech závisí na obsahu tuku. 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 bifenylnů následující limity v ovzduší pracovišť: PEL – 0,5 mg.m⁻³, NPK - P – 1 mg.m⁻³ (nařízení vlády 361/2007 Sb.).

2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxin (2,3,7,8,-TCDD, CAS 1746-01-6)

2,3,7,8,-TCDD řadíme mezi polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany (PCDD a PCDF) a také do kategorie perzistentních organických polutantů (POP). Je to jeden z mnoha dioxinů, nazývaný zkráceně DIOXIN. Koncentrace dioxinů se přepočítává na koncentraci 2,3,7,8-TCDD a vyjadřuje se pomocí tzv. TEQ - toxického ekvivalentu, což je součet

koncentrací jednotlivých dioxinů vynásobených mezinárodním faktorem toxicity. Nejvyšší faktor, a to 1, má právě 2,3,7,8-TCDD. 2,3,7,8-TCDD je to bílá krystalická látka, rozpustná v organických rozpouštědlech. Vzniká jako vedlejší produkt při výrobě herbicidů. Vytváří se také neúplnou oxidací 1,2-dichlorbenzenu, což je příčinou jeho výskytu v kouřových plynech špatně technologicky řešených spaloven komunálního odpadu, obsahujícího chlorované plasty, především polyvinylchlorid (PVC). Vzniká také v průmyslu, kde probíhají spalovací procesy, jako jsou například ocelárny, železárny, teplárny, elektrárny. Také vzniká při výrobě papíru a celulózy. Nejznámější použití 2,3,7,8-TCDD je v herbicidu Agent Orange. Do organismu může být 2,3,7,8-TCDD vdechnut nebo požit s kontaminovanými potravinami. Konkrétní ohrožení zdraví člověka se projevuje nevolností, bolestí hlavy, zvracením, poškozením jater, podrážděním kůže, vznikem chlorakné a dráždění očí. Je mutagenem a je mimořádně toxický pro reprodukci. 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxin je považován za vůbec nejtoxičtější člověkem připravenou látku s extrémně nízkou smrtelnou dávkou. IARC řadí 2,3,7,8-TCDD do skupiny 1 (prokázaný karcinogen pro člověka). Světová zdravotnická organizace stanovila denní limit příjmu dioxinů pro člověka na 1-4 pg/kg váhy. Více než 90% expozice člověka dioxinům je přes zásobování potravinami, zejména masné a mléčné výrobky, ryby a koryše.

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Původ PAU je především ze spalování fosilních paliv. Typicky se tyto látky uvolňují při nedokonalém spalovacím procesu. Do prostředí se tedy dostávají zejména při výrobě energie, spalování odpadů, ze silniční dopravy, při krakování ropy, při výrobě hliníku, z metalurgických procesů, při výrobě koksu, asfaltu, při výrobě cementu, z rafinerií, krematorií, z požárů a v neposlední řadě při kouření. Ve všech případech, kdy pozorujeme vznik sazí a tmavého kouře, vznikají velká množství PAU. PAU člověk přijímá především potravou a ze vzduchu. Příjem potravou je rozhodující, to ale nemusí platit pro kuřáky. Obsah PAU v potravinách může výrazně zvýšit způsob jejich tepelné úpravy, např. grilováním.

Benzo[a]pyren (CAS 50-32-8)

Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou rozsáhlou skupinou organických sloučenin, které jsou málo rozpustné ve vodě a vysoce rozpustné v tucích. PAU vznikají při pyrolytických procesech zejména při nedokonalém spalování organického materiálu jak v průmyslu, tak v domácnostech (nedokonalé spalování uhlí a ropy, plynů, odpadů, motorová doprava, vaření a

kouření tabáku). Dominantními zdroji PAU, zvláště benzo[a]pyrenu jsou koksovny. Z ostatních zdrojů jsou rovněž významné ocelárny, hliníkárný, doprava a lokální topeniště (WHO IPCS, 1998). Většina PAU adsorbuje v ovzduší na prachové částice. V ovzduší reagují PAU s ozónem, oxidy dusíku a oxidem siřičitým za vzniku nitro- a dinitro- PAU. Ačkoliv hlavním zdrojem PAU pro expozici člověka je potrava, část kontaminace pochází z atmosférické depozice PAU na obilí, ovoce a zeleninu.

Nejvýznamnější z polycyklických aromatických uhlovodíků je benzo[a]pyren. Průměrná koncentrace BaP v ovzduší ve velkých evropských městech se pohybuje v rozmezí 1-10 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$, ve venkovských oblastech je menší než 1 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ (WHO, 2000). Nejběžnější cesta vstupu benzo[a]pyrenu do lidského organismu je přes respirační trakt. Z experimentů na zvířatech byla prokázána řada nepříznivých účinků expozic polycyklických aromatických uhlovodíků, např. imunotoxicita, genotoxicita, karcinogenita a reprodukční toxicita. Kritickým účinkem pro hodnocení zdravotních rizik je prokázaná karcinogenita některých PAU. Epidemiologické studie u pracovníků koksoven, výroben svítíplynu a hliníkáren prokázaly vliv inhalační expozice PAU (včetně BaP) na vznik rakoviny plic. Benzo[a]pyren je klasifikován podle IARC (International Agency for Research of Carcinogenity) do skupiny 2A jako pravděpodobný lidský karcinogen (IARC, 2004).

Benzo[a]pyren jako lidský karcinogen nemá stanovenou žádnou bezpečnou úroveň expozice. WHO (2000) uvádí na základě výsledků epidemiologických studií u pracovníků koksoven jednotku karcinogenního rizika v hodnotě $8,7\cdot 10^{-5}$ vztaženou na 1 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ vzduchu. V české národní legislativě je cílový imisní limit pro benzo[a]pyren uveden v nařízení vlády č. 597/2006 Sb., kterým se stanoví imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší. Imisní limit benzo[a]pyrenu lze však považovat pouze za mez přijatelného rizika nikoliv za bezpečný práh. Cílový imisní limit pro PAU vyjádřené jako benzo[a]pyren, je 1 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ za kalendářní rok, což odpovídá jeho míře přijatelného karcinogenního rizika $8,7\cdot 10^{-5}$. Tento cílový limit je ve shodě s cílovým limitem EU, který vstupuje v platnost od 1.1.2013.

Tabulka č. 1: Základní parametry pro kvantifikaci rizika podle metodiky US EPA (RBC tables, 2010)

Škodliviny	účinky	VOC	IARC	WHO GV µg/m ³	US EPA		RfDi mg/kg/den	CSFi 1/mg/kg/den
					RfCi mg/m ³	IUR 1/µg/m ³		
Benzen	ca	+ ^a	1	NA	0,03	7,8x10 ⁻⁶	0,0086	2,7x10 ⁻²
Toluen	-	+ ^a	3	NA	5	n	1,4	-
Xylen p-,m-	-	+ ^a	3	NA	0,7	n	0,2	-
Xylen o-	-	+ ^a	3	NA	0,7	n	0,2	-
Ethylbenzen	ca	+	2B	NA	1	2,5x10 ⁻⁶	0,29	8,75x10 ⁻³
Styrene	-	+	2B	NA	1	n	0,26	-
Vinyl Chloride	ca	+	1	NA	0,1	4,4x10 ⁻⁶	0,028	1,5x10 ⁻²
Methylbromid	-	+	3	NA	0,004	n	0,00143	-
1,1-Dichlorethen	-	+	2B	NA	0,2	n	0,06	-
Dibromethane, 1,2-	ca	+	2A	NA	0,009	6,0x10 ⁻⁴	0,0026	2x10 ⁺⁰
TCDD, 2,3,7,8-	ca	-	1	NA	0,00000004	3,8x10 ⁻¹	0,00000001143	1,5x10 ⁺⁵
Benzo(a)pyren	ca	- ^b	2A	NA	n	1x10 ⁻³	-	3,1x10 ⁺⁰
Benzo(a)anthracen	ca	- ^b	2A	NA	n	1,1x10 ⁻⁴	-	3,85x10 ⁻¹
Chrysen	ca	- ^b	3	NA	n	1,1x10 ⁻⁵	-	3,85x10 ⁻²
Benzo(b)fluoranten	ca	- ^b	2B	NA	n	1,1x10 ⁻⁴	-	3,85x10 ⁻¹
Benzo(k)fluoranten	ca	- ^b	2B	NA	n	1,1x10 ⁻⁴	-	3,85x10 ⁻¹
Dibenz(a,h)anthracen	ca	- ^b	2A	NA	n	1,2x10 ⁻³	-	4,2 ⁺⁰
Indeno(1,2,3-cd) pyren	ca	- ^b	2B	NA	n	1,1x10 ⁻⁴	-	4,9x10 ⁻¹
SO ₂	-	- ^c	-	^d 20/500	n	n	-	-
NO ₂	-	- ^c	-	^e 200/40	n	n	-	-
CO	-	- ^c	-	^f 100/60/30/10	n	n	-	-

n - nestanovena

a - látky BTX

b - PAU

c - plyny

d - pro SO₂ se jedná o doporučené 24-hodinové/10-minutové hodnoty

e - pro NO₂ se jedná o doporučené roční/1-hodinové hodnoty

f - pro CO se jedná o doporučené 15-minutové/30-minutové/1-hodinové/8-hodinové hodnoty v mg/m³

NA – není relevantní pro toto hodnocení

ca – karcinogenní účinek

Vyhodnocení vztahu dávka – účinek

Hodnocení vztahu dávka-účinek je v tomto hodnocení provedeno, vzhledem k popsaným nejistotám, jen orientačně. Kvantitativně popisuje vztah mezi dávkou a rozsahem škodlivého účinku. Cílem je získání základních parametrů pro kvantifikaci rizika, přičemž existují dva typy účinků: prahový (nekarcinogenní) a bezprahový (karcinogenní). Pro hodnocení zdravotních rizik byla použita metodika US EPA.

V případě chemických látek, které se vyznačují jiným než karcinogenním účinkem, se předpokládá existence prahové dávky. Referenční hodnotou pro prahový účinek je tzv. referenční dávka (RfD). **Referenční dávka** je odhad (s přesností možná jednoho řádu) každodenní expozice lidské populace (včetně citlivých populačních skupin), která velmi pravděpodobně nepředstavuje žádné riziko nepříznivých účinků, ani když trvá po celý život jedince. Pro inhalační expozici byla hodnota RfDi vypočtena z hodnoty RfCi uvedené v RBC tabulkách (US EPA, 2010) a to podle následujícího vztahu (US EPA, 2004):

$$\mathbf{RfDi = (RfCi \times 20m^3\text{-den}) / 70kg}$$

kde:

RfCi - referenční koncentrace inhalační ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)

RfDi - inhalační referenční dávka ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{-den}$)

70 kg – průměrná váha dospělého člověka

20 m³-den – celodenní expozice vzduchu

Účinek karcinogenních látek je považován za bezprahový, tzn. že neexistuje dávka, která by nebyla spojována s rizikem vzniku zhoubného novotvaru. Referenční hodnotou pro bezprahový účinek je tzv. **faktor směrnice** (SF), kterým se obecně rozumí biologicky možný horní okraj odhadu pravděpodobnosti vzniku zhoubného novotvaru vztažený na jednotku průměrné denní dávky přijímané po celý život. Faktory směrnice pro inhalační expozici (**SFi**) byly vypočteny z jednotky karcinogenního rizika IUR (US EPA 2005b) podle vztahu (US EPA, 2004):

$$\mathbf{SF_i = (IUR \times 70kg) / 20m^3\text{-den}}$$

kde:

SFi = faktor směrnice pro inhalační expozici (mg.kg⁻¹-den)⁻¹

IUR = jednotka karcinogenního rizika (mg.kg⁻¹-den)⁻¹

Ostatní parametry viz výpočet referenční dávky výše

Vypočtené a použité referenční dávky a faktory směrnice pro všechny uvažované typy expozic jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Základní charakteristika příjemců rizik

Odval Heřmanice sousedí s několika rezidenčními oblastmi. Asi 1km S – SV se rozkládá obec Vrbice. V jihovýchodním směru leží ve vzdálenosti 780m obec Heřmanice a 650m JZ se rozkládá ostravská městská čtvrť Hrušov. V těsném sousedství odvalu Hedvika se jihovýchodním a východním směrem nachází obec Petřvald. Přibližně 200 m severozápadně se nalézá obec Michálkovice a 700 m jihozápadně městská část Radvanice. Rezidenční oblasti lze charakterizovat jako oblasti se zástavbou s rodinných domů. Věkové složení populace není známo, ale předpokládá se smíšená populace všech věkových skupin. Charakteristika pracovníků pracujících na odvalech není známa.

Hodnocení rizika vychází z několika typů datových podkladů:

- 1) **Rozptylového modelu (E Expert 2010) krátkodobých i dlouhodobých koncentrací SO₂, NO₂ a CO** vypočtených na základě hmotnostních toků škodlivin získaných měřeními na ploše na jednotlivých referenčních bodech (Herm 0-164; Hed 0-79). Měření na ploše bylo provedeno odběrovým zvonem. Délka odběru každého vzorku byla cca 3 minuty pro každý vzorek. Z hlediska hodnocení rizik lze tedy výsledky modelování použít spíše pro vyjádření krátkodobého rizika za předpokladu, že dobu měření budeme považovat za shodnou s dobou pro příslušný krátkodobý limit látky. Pro výpočet dlouhodobého rizika nejsou výsledky modelování použitelné pro krátkou dobu měření, ze které nelze věrohodně vypočítat průměrnou roční koncentraci a skutečnost, že nebyla provedena opakovaná měření.
- 2) **Z měřených okamžitých koncentrací v půdním vzduchu (ZÚ Ostrava 2010)** stávajících vrtů situovaných na odvalech (PAU, PCDD/PCDF, plyny, VOC). Aby bylo možné zhodnotit riziko, bylo ve výpočtu uvažováno, že naměřené koncentrace látek se na dotčených vrtech vyskytují dlouhodobě se všemi nejistotami, které z toho vyplývají

(krátká doba měření, absence případných opakovaných měření). Naměřené koncentrace v půdním vzduchu vykazují v jednotlivých vrtech značnou variabilitu. U půdního vzduchu dochází po výstupu z půdy k jeho okamžitému ředění okolním vzduchem. Jedná se tedy vlastně o emisní parametr, který je dále ředěn okolním ovzduším a modifikován mnoha dalšími faktory (např. meteorologické podmínky, únikovou rychlostí, množstvím odkryté zeminy atd.). Na základě uvedených dat se nedá vypočítat expozice, vzhledem k tomu že není známa expoziční koncentrace. Koncentrace naměřené v půdním vzduchu není možné považovat za expoziční koncentrace. To by platilo pouze za předpokladu, že by pracovníci pracovali v zahloubení. Sanace odvalu však bude probíhat postupně a k zahloubení by podle technologie nemělo docházet. Na základě čistě teoretické úvahy byly v informativním výpočtu použity koeficienty, které snížily hodnoty koncentrací látek v půdním vzduchu na 100 a 1000 násobky koncentrací zjištěných v půdním vzduchu. Je pravděpodobné, že takto ponížené koncentrace pravděpodobně daleko lépe odpovídají reálným koncentracím, se kterými se teoreticky mohou setkat ty osoby, které se pohybují po odvalu. Je však nutné upozornit, že se jedná pouze o orientační hodnoty, které nelze v žádném případě považovat za reálné hodnoty rizika z expozic vznikajících při odstraňování odvalu vzhledem ke skutečnosti již výše zmíněné variability hodnot koncentrací ve vrtech, neznámého složení odvalů a neznámého postupu při odsunu hmot z odvalů. Z hlediska rezidentů bydlících v okolí odvalu se na základě výsledků analýz půdního vzduchu koncentrace v rezidenčních oblastech nedají ani odhadnout. Možným způsobem, jak expoziční koncentrace získat by mohla být kvantifikace plošných emisí (v závislosti na postupu odbourávání hmot odvalu) a jejich následné použití jako vstupu do imisního modelu, který by poskytl hodnoty imisního pozadí v rezidenčních oblastech.

- 3) **Z naměřených hodnot plynů (NO₂, SO₂, CO, VOC), reprezentujících pozadí.** Měření probíhalo ve 3 dnech v intervalu 3-10 hodin. Vzhledem k absenci delší řady měření, případně opakovaného měření v různých ročních obdobích a nižším hodnotám, které byly tímto měřením získány v porovnání s hodnotami z nejbližší stanice imisního monitoringu se lze domnívat, že naměřené hodnoty pozadí mohou být podhodnocené ve vztahu k reálným průměrným krátkodobým hodnotám, které se v těchto místech vyskytují. Naměřené hodnoty reprezentují okamžité pozadíové

koncentrace v rezidenční oblasti na SV od odvalu, vzhledem k proudění větru v době měření (jižní až západní vítr).

Shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice

Vyhodnocení expozice je proces posouzení intenzity, četnosti a trvání možné expozice (kontakt organismu s danou látkou). Posouzení spočívá především ve vytipování možných expozičních cest, velikosti a složení exponované populace (viz kapitola základní charakteristika příjemců rizik), expozičních scénářů a kvantifikaci expozice.

Nosným médiem kontaminace na odvalech je materiál odvalu. Předpokládaná cestou expozice je inhalace. Expozice ostatními cestami není pravděpodobná. Měřeními byla v půdním vzduchu potvrzena řada látek s potenciálním karcinogenním i chronickým zdravotním účinkem, a proto byly tomuto zjištění přizpůsobeny i expoziční scénáře. Minimální a maximální koncentrace látek zjištěných ve vzorcích půdního vzduchu z vrtů v odvalech (ZÚ Ostrava, 2010) jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tabulka č.2: *Koncentrace vybraných látek ze vzorků půdního vzduchu z vrtů na odvalech (ZÚ Ostrava, 2010)*

Škodliviny	jednotky	Heřmanice		Hedvika	
		min	max	min	max
Benzen	µg/m ³	<3,0	1650000	3	7270
Toluen	µg/m ³	11,2	775000	5,8	43000
Xylen p-,m-	µg/m ³	8,4	82800	4,2	35400
Xylen o-	µg/m ³	<3,0	5480	3	12400
Ethylbenzen	µg/m ³	<3,0	7930	3	10700
Styrene	µg/m ³	<3,0	1270	3	26,4
Vinyl Chloride	µg/m ³	<3,0	43,6	3	3
Methylbromid	µg/m ³	<3,0	<30,0	3	3
1,1-Dichlorethen	µg/m ³	<3,0	<30,0	3	3,6
TCDD, 2,3,7,8-	pg/m ³	<0,23	0,902	0,26	0,554
Benzo(a)pyren	ng/m ³	<4,0	2900	4	6,1
Benzo(a)anthracen	ng/m ³	<4,0	11000	4	9,3
Chrysen	ng/m ³	4,6	20000	4	24
Benzo(b)fluoranten	ng/m ³	<4,0	3200	4	8,5
Benzo(k)fluoranten	ng/m ³	<4,0	930	4	4,2
Dibenz(a,h)antracen	ng/m ³	<6,0	200	6	6
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ng/m ³	<6,0	660	6	6

Naměřené pozad'ové koncentrace plynů v ovzduší, charakterizující pozadí v životním prostředí (rezidenční zástavbě) jsou uvedeny v tabulce č.3. (ZÚ Ostrava, 2010):

Tabulka č.3: *Změřené pozad'ové koncentrace vybraných plynů (ZÚ Ostrava, 2010)*

Škodliviny	Heřmanice			Hedvika		
	Počet měření	min	max	Počet vzorků	min	max
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	
SO₂	3	11	11	1	14	
NO₂	3	9	16	1	8	
CO	3	371	503	1	171	

V tabulce č.4. jsou uvedeny hodnoty plynných látek na dotčeném území vypočtené rozptylovou studií (ZÚ Ostrava, 2010):

Tabulka č. 4: Koncentrace vybraných plynů vypočtené rozptylovou studií na základě hmotnostních koncentrací (ZÚ Ostrava, 2010)

Škodliviny		Heřmanice		Hedvika		
			min	max	min	max
SO ₂	ug		47,4	3128,9	0,005	0,62
		Rez. oblasti	125	350	0,005	0,099
NO ₂	ug		13,96	1566,1	0,006	2,297
		Rez. oblasti	32,23	99,18	0,006	0,114
CO	mg		0,77	126,16	0,0055	0,033
		Rez. oblasti	2,74	18,5	0,0055	0,17

Expoziční scénáře pro výpočet rizika z inhalace kontaminovaného vzduchu

Orientační odhad zdravotních rizik pro inhalační expoziční scénář je proveden pro pracovníky pohybující se na obou odvalech, obyvatele v přilehlé rezidenční oblasti a náhodné návštěvníky lokality.

Pro hodnocení rizika byly použity následující expoziční scénáře:

(1) - inhalace vzduchu obyvateli sousedících rodinných domů –

scénář vychází z metodiky MŽP č.12/2005 a je zpracován jen pro vybrané plynné látky (SO₂, NO₂, CO). Pro ostatní látky obsažené v půdním vzduchu není možné expozici věrohodně stanovit.

(2) - inhalace vzduchu pracovníky provádějícími sanační práce

Tento scénář má následující podscénáře, které se liší použitou expoziční koncentrací:

2.1 výpočet proveden pro maximální expozici odpovídající koncentracím zjištěným v půdním vzduchu (emisním koncentracím)

2.2 výpočet proveden pro 100 násobné zředění půdního vzduchu ve vnějším prostředí

2.3 výpočet proveden pro 1000 násobné zředění půdního vzduchu ve vnějším prostředí

Scénář vychází z předpokladu, že pracovníci neprovádí práci v zahloubení pod úrovní povrchu haldy. Osoby vykonávající sanační práce by měly pobývat na odvalech 8 hodin denně po dobu 274 dní v roce. Celková uvažovaná doba expozice je opět 3 roky. Předpokládá se i těžší práce, proto je do výpočtu zahrnut vyšší inhalovaný objem vzduchu (3,9 m³/hod).

Doba průměrování je shodná s dobou použitou ve scénáři 1. Expozice pracovníků, vykonávajících sanační práce, nahodilým požitím kontaminované zeminy nebo vody nebyla uvažována vzhledem k její nepravděpodobnosti. Sanační práce jsou většinou časově omezené, jedná se proto o dočasné expozice pracovníků, kteří budou asanovat odvaly. Expoziční scénář náhodného dermálního kontaktu se zemínou nebyl uvažován - pracovníci provádějící sanační práce budou vybaveni ochrannými pomůckami, aby se zamezilo expozici škodlivým látkám.

(3) - inhalace vzduchu náhodnými návštěvníky

na místě sanace se mohou vyskytovat náhodní návštěvníci. Scénář vychází z předpokladu, že se tito návštěvníci budou pohybovat na ploše vždy hodinu denně 350 dní v roce po dobu trvání sanace a budou vykonávat běžnou činnost. Výpočet je proveden pro trvání expozice 3 roky s dobou průměrování doba průměrování, pro nekarcinogenní látky: 3 (rok) x 365 (den/rok), pro karcinogenní látky: 70 (rok) x 365 (den/rok).

Vzorce pro výpočet vybraných expozičních scénářů včetně použitých konstant a proměnných lze najít v příloze 1.

Odhad zdravotních rizik

Účelem charakterizace rizika je shrnout všechny dostupné údaje a informace získané v předchozích krocích hodnocení, které mohou přispět k posouzení míry a rozsahu rizika. Za měřítko rizika nekarcinogenního účinku látky pro zdraví člověka se považuje koeficient nebezpečnosti HQ. Pro expoziční scénáře 2 a 3 byl koeficient nebezpečnosti pro dlouhodobé inhalační (i), expozice pro látku j získán vydělením vypočtené expozice (ADD – průměrná denní absorbovaná dávka) referenční dávkou RfD:

$$HQ_{ij} = ADD_{ij} / RfD_{ij} ,$$

U expozičního scénáře 1 byl použit zjednodušený, běžně používaný postup a HQ byl vypočten vydělením expoziční koncentrace (C) prahovou hodnotou platnou pro ochranu zdraví člověka (byly použity hodnoty doporučené směrnicí WHO, tzv. guideline values - GV):

$$HQ = C/RfCi (GV)$$

HQ je bezrozměrný ukazatel, který vyjadřuje následující úroveň rizika pro hodnoty:

- HQ << 1** - zanedbatelné riziko
- HQ < 1** - nízké riziko
- HQ > 1** - riziko zvýšené
- HQ >> 1** - vysoké riziko.

Míra rizika karcinogenního účinku se stanoví výpočtem celoživotního vzestupu pravděpodobnosti vzniku nádorů u jednotlivce exponované populace v důsledku expozice hodnocené dávce (LICR – celoživotní individuální karcinogenní riziko). Pro inhalační (i) expozice pro látku j v expozičním scénáři 2 a 3 byl tento ukazatel rizika získán vynásobením expozice (LADD – průměrná celoživotní denní absorbovaná dávka) faktorem směrnice karcinogenního rizika (CSF).

$$\text{LICR}_{ij} = \text{LADD}_{ij} \times \text{SF}_i$$

Celkové karcinogenní riziko z expozic plyných látek u expozičního scénáře 1 nebylo počítáno z důvodu, že ani jedna z vybraných látek nevykazovala karcinogenní účinek.

ILCR je měřítkem rizika karcinogenního účinku látky po expozici vyjadřujícího pravděpodobnost vzniku nových nádorových onemocnění nad všeobecný průměr za celoživotní období. **Karcinogenní riziko <10⁻⁶ lze považovat za všeobecně přijatelné, rozmezí rizik v hodnotách od 10⁻⁶ do 10⁻⁴ je vnímáno společností různě v závislosti na velikosti exponované populace a závažnosti důkazů o karcinogenitě, riziko >10⁻⁴ je zpravidla vnímáno jako nepřijatelné.**

Expoziční scénář 1

Krátkodobé expozice vybraným modelovaným i monitorovaným plynům (SO₂, NO₂, CO) v rezidenčních oblastech pravděpodobně představují pro obyvatele okolních oblastí nízké riziko (při platnosti již zmíněných nejistot), tudíž přijatelné. Tyto expozice však reprezentují spíše situaci na odvalu než v okolních rezidenčních oblastech. Pro ostatní látky s chronickým zdravotním účinkem (VOC, PAU, dioxiny) obsažené v půdním vzduchu se riziko nedá vypočítat vzhledem k neznámým imisním koncentracím v rezidenčních oblastech.

Tabulka č. 5: *Hodnoty výpočtů koeficientu nebezpečnosti (HQ) plynů vypočtené pro expoziční scénář č.1 a 2 – inhalace kontaminovaného vzduchu obyvateli přilehlých rezidenčních oblastí a pracovníky provádějícími zemní práce na odvalech Hedvika a Heřmanice*

Škodliviny		Heřmanice		Hedvika	
		min	max	min	0,03
SO ₂	HQ	2,37	156,45	0	0,62
	Rez. oblasti	6,2	17,5	0	0
NO ₂	HQ	0,07	7,83	0	0,01
	Rez. oblasti	0,2	0,5	0	0
CO	HQ	0,03	4,21	0	0
	Rez. oblasti	0,09	0,62	0	0,01

Tabulka č. 6: *Hodnoty koeficientu nebezpečnosti (HQ) pro naměřené pozadí plynů vypočtené pro expoziční scénář č.1 a 2 – inhalace kontaminovaného vzduchu obyvateli rezidenčních oblastí přilehlých k odvalům Hedvika a Heřmanice*

Škodliviny		Heřmanice		Hedvika	
		min	max	min	0,03
SO ₂	HQ	0,6	0,6	0,05	0,7
NO ₂	HQ	0,05	0,08	0,01	0,04
CO	HQ	0,012	0,02	0	0,01

Expoziční scénář 2

Krátkodobé riziko expozic vybraným plynům (SO₂, NO₂, CO) na odvalu Hedvika pravděpodobně nepředstavuje pro pracovníky provádějící sanace zdravotní riziko. Na odvalu Heřmanice však podle rozptylového modelu dochází u všech plynů k překračování příslušných doporučených hodnot WHO a tím i k překračování hodnot přijatelného nekarinogenního rizika HQ=1 u všech plynných látek.

Z hodnocení nekarzinogenního rizika látek obsažených v půdním vzduchu na odvalu Hedvika je zřejmé, že koncentrace 5 látek (látky BTX a etylbenzen) by při dlouhodobé inhalační expozici na úrovni naměřených koncentrací látek v půdním vzduchu mohly v maximech představovat pro pracovníky vysoké riziko.

Tabulka č. 7: Hodnoty výpočtů koeficientu nebezpečnosti (HQ) vybraných škodlivin vypočtené pro expoziční scénář č.2 – inhalace kontaminovaného vzduchu pracovníky provádějícími zemní práce na odvalu Hedvika

Chemická látka	HQ					
	2a		2b		2c	
	min	max	min	max	min	max
Benzen	0,12	283,79	0,001	2,84	0,0001	0,284
Toluen	0,001	10,07	0,00001	0,10	0,000001	0,010
Xylen p-,m-	0,01	59,22	0,0001	0,59	0,000007	0,059
Xylen o-	0,01	20,74	0,0001	0,21	0,000005	0,021
Ethylbenzen	0,004	12,53	0,00004	0,13	0,000004	0,013

Vypočtené nekarzinogenní riziko benzenu je v tomto případě extrémní. Při 1000 násobném zředění nepřekračuje riziko pro žádnou látku mez přijatelnosti nekarzinogenního rizika.

Hodnoty nekarzinogenního rizika na odvalu Heřmanice jsou ve srovnání s odvalem Hedvika vyšší. Při dlouhodobé inhalační expozici na úrovni naměřených koncentrací látek v půdním vzduchu by mohly maximální expozice 8 látek (látky BTX, etylbenzen, styren, metylbromid, dibromoetan,1,2-) představovat pro pracovníky vysoké riziko.

Tabulka č. 8: Hodnoty výpočtů koeficientu nebezpečnosti (HQ) vybraných škodlivin vypočtené pro expoziční scénář č.2 – inhalace kontaminovaného vzduchu pracovníky provádějícími zemní práce na odvalu Heřmanice

Chemická látka	HQ					
	2a		2b		2c	
	min	max	min	max	min	max
Benzen	0,1	64409	0,001	644	0,0001	64
Toluen	0,003	182	0,00003	2	0,000003	0,2
Xylen p-,m-	0,01	139	0,0001	1,4	0,00001	0,1
Xylen o-	0,005	9	0,00005	0,09	0,000005	0,009
Ethylbenzen	0,004	9	0,00004	0,09	0,000004	0,009
Styren	0,004	1,5	0,00004	0,01	0,000004	0,001
Methylbromid	0,7	7	0,007	0,07	0,000703	0,007
Dibromoethane, 1,2-	0,4	4	0,004	0,04	0,00039	0,004

Opět platí, že vypočtené nekarcinogenní riziko benzenu je extrémní, dokonce vyšší než na odvalu Hedvika a pro benzen jako jedinou látku zůstává vysoké i po 1000 násobném zředění.

Karcinogenní riziko na odvalu Hedvika v případě expozic na úrovni koncentrací naměřených v půdním vzduchu překračuje u 4 látek (benzen, etylbenzen, dibromoethan 1,2-, BaP) obecnou mírou přijatelnosti karcinogenního rizika ($LICR = 1 \cdot 10^{-6}$). Z toho vysoká míra karcinogenního rizika (tj. $LICR > 1 \cdot 10^{-4}$) byla zjištěna pro 2 látky (benzen, etylbenzen). Pro ostatní 2 látky (dibromoethan, 1,2-, BaP) je karcinogenní riziko zvýšené.

Tabulka č. 9: Hodnoty výpočtů individuálního karcinogenního rizika (LICR) vybraných škodlivin vypočtené pro expoziční scénář č.2 – inhalace kontaminovaného vzduchu pracovníky provádějícími zemní práce na odvalu Hedvika

Chemická látka	LICR					
	2a		2b		2c	
	min	max	min	max	min	max
Benzen	1,17x10⁻⁶	2,85x10⁻³	1,17x10 ⁻⁸	2,85x10⁻⁵	1,17x10 ⁻⁹	2,85x10⁻⁶
Ethylbenzen	3,76x10 ⁻⁷	1,34x10⁻³	3,76x10 ⁻⁹	1,34x10⁻⁵	3,76x10 ⁻¹⁰	1,34x10⁻⁶
Dibromoethan, 1,2-	9,03x10⁻⁵	9,03x10⁻⁵	9,03x10 ⁻⁷	9,03x10 ⁻⁷	9,03x10 ⁻⁸	9,03x10 ⁻⁸
BaP	1,75x10⁻⁵	2,62x10⁻⁵	1,75x10 ⁻⁷	2,62x10 ⁻⁷	1,75x10 ⁻⁸	2,62x10 ⁻⁸

Při tisícínásobném zředění by se karcinogenní riziko maximálních expozičních pohybů nad obecnou mírou přijatelnosti karcinogenního rizika u 2 látek (benzen, etylbenzen).

Na odvalu Heřmanice se karcinogenní riziko expozičních na úrovni koncentrací naměřených v půdním vzduchu pohybuje nad obecnou mírou přijatelnosti karcinogenního rizika (LICR = 1.10⁻⁶) u 11 látek. Z toho u 3 látek (benzen, etylbenzen, Dibromoethan, 1,2-) se jedná o vysokou míru karcinogenního rizika (tj. LICR > 1x10⁻⁴) a u ostatních 8 látek je karcinogenní riziko zvýšené.

Tabulka č. 10: Hodnoty výpočtů individuálního karcinogenního rizika (LICR) vybraných škodlivin vypočtené pro expoziční scénář č.2 – inhalace kontaminovaného vzduchu pracovníky provádějícími zemní práce na odvalu Heřmanice

Chemická látka	LICR					
	2a		2b		2c	
	min	max	min	max	min	max
Benzen	1,17x10⁻⁶	6,46x10⁻⁰¹	1,17x10 ⁻⁰⁸	6,46x10⁻⁰³	1,17x10 ⁻⁰⁹	6,46x10⁻⁰⁴
Ethylbenzen	3,76x10 ⁻⁷	9,95x10⁻⁰⁴	3,76x10 ⁻⁰⁹	9,95x10⁻⁰⁶	3,76x10 ⁻¹⁰	9,95x10 ⁻⁰⁷
Vinyl Chloride	6,62x10 ⁻⁷	9,63x10⁻⁰⁶	6,62x10 ⁻⁰⁹	9,63x10 ⁻⁰⁸	6,62x10 ⁻¹⁰	9,63x10 ⁻⁰⁹
Dibromoethane, 1,2-	9,03x10⁻⁵	9,03x10⁻⁰⁴	9,03x10 ⁻⁰⁷	9,03x10⁻⁰⁶	9,03x10 ⁻⁰⁸	9,03x10 ⁻⁰⁷
TCDD, 2,3,7,8-	4,39x10 ⁻¹⁰	1,72x10 ⁻⁰⁹	4,39x10 ⁻¹²	1,72x10 ⁻¹¹	4,39x10 ⁻¹³	1,72x10 ⁻¹²
Benzo(a)pyren	1,75x10⁻⁵	1,27x10⁻⁰⁵	1,75x10 ⁻⁰⁷	1,27x10 ⁻⁰⁷	1,75x10 ⁻⁰⁸	1,27x10 ⁻⁰⁸
Benzo(a)anthracen	2,21x10 ⁻⁸	6,07x10⁻⁰⁵	2,21x10 ⁻¹⁰	6,07x10 ⁻⁰⁷	2,21x10 ⁻¹¹	6,07x10 ⁻⁰⁸
Chrysen	2,54x10⁻⁶	1,10x10⁻⁰⁵	2,54x10 ⁻⁰⁸	1,10x10 ⁻⁰⁷	2,54x10 ⁻⁰⁹	1,10x10 ⁻⁰⁸
Benzo(b)fluoranten	2,21x10 ⁻⁸	1,77x10⁻⁰⁵	2,21x10 ⁻¹⁰	1,77x10 ⁻⁰⁷	2,21x10 ⁻¹¹	1,77x10 ⁻⁰⁸
Benzo(k)fluoranten	2,21x10 ⁻⁸	5,13x10⁻⁰⁶	2,21x10 ⁻¹⁰	5,13x10 ⁻⁰⁸	2,21x10 ⁻¹¹	5,13x10 ⁻⁰⁹
Dibenz(a,h)antracen	3,61x10 ⁻⁷	1,20x10⁻⁰⁵	3,61x10 ⁻⁰⁹	1,20x10 ⁻⁰⁷	3,61x10 ⁻¹⁰	1,20x10 ⁻⁰⁸
Indeno(1,2,3-cd) pyren	4,22x10 ⁻⁸	4,64x10⁻⁰⁶	4,22x10 ⁻¹⁰	4,64x10 ⁻⁰⁸	4,22x10 ⁻¹¹	4,64x10 ⁻⁰⁹

V případě 1000 násobného zředění by pravděpodobně i nadále mohlo docházet při maximálních expozicích benzenu k překračování vysoké míry karcinogenního rizika LICR = 1.10⁻⁴ u benzenu. U ostatních vybraných látek s karcinogenním účinkem by se karcinogenní riziko mohlo pohybovat pod obecnou mírou přijatelnosti karcinogenního rizika (LICR = 1.10⁻⁶).

Vzhledem k tomu, že inhalace vzduchu kontaminovaného benzenem by na odvalu Heřmanice i při tisícinásobném zředění půdního vzduchu mohla představovat pro pracovníky provádějící zemní práce vysoké, respektive nepřijatelné, karcinogenní riziko všichni pracovníci pracující na sanaci odvalu by měli být v rámci preventivních prohlídek podrobeni cytogenetickým testům periferních lymfocytů. Rovněž se doporučuje sledovat koncentraci benzenu v pracovním prostředí tj. přímo v kabinách stavebních strojů.

Expoziční scénář 3

Nekarcinogenní riziko pro náhodné návštěvníky odvalu z expozic (100x zředěných) vybraných látek se bude pravděpodobně pohybovat v rámci přijatelnosti nekarcinogenního rizika. Jedinou látkou jejíž inhalační expozice by pravděpodobně mohla představovat nekarcinogenní riziko i pro pravidelné návštěvníky je benzen na odvalu Heřmanice. Koncentrace této látky i pro náhodného návštěvníka překračuje úroveň přijatelného rizika $HQ=1$. Ojedinelé návštěvy do prostoru odvalů by však s největší pravděpodobností neměly představovat významné zvýšení rizika nad úroveň běžnou v Ostravě.

Rovněž karcinogenní riziko z inhalačních expozic vybraných látek (koncentrace 100 zředěné proti půdnímu vzduchu) pravděpodobně nebude pro návštěvníky znamenat překročení přijatelnosti karcinogenního rizika opět s výjimkou benzenu na odvalu Heřmanice kde by maximální expozice mohly překračovat úroveň vysoké míry karcinogenního rizika ($LICR = 1 \cdot 10^{-4}$).

Závěr

Provedené hodnocení zdravotních rizik vychází z důvodů variability naměřených hodnot a neznámých skutečností (imisní situace, postup prací na odvalu atd.) spíše z kvalitativního než kvantitativního hodnocení. Při odsunu odvalů je nutno dodržovat principy předběžné opatrnosti. Postup rozebírání odvalů by měl být uvážlivý, kontrolovatelný a v každé fázi bezpečný z hlediska vlivu na zdraví. Doporučuje se celý proces rozfázovat na krátké dílčí etapy a každou z těchto etap vyhodnocovat z hlediska dalších kroků a případných rizik. Na vyhodnocování dílčích etap by měla být sestavena skupina s multioborovým zaměřením (epidemiolog, chemik, zpracovatel rozptylové studie, zástupci firmy provádějící sanaci atd.).

Kvantitativní hodnocení rizika pro inhalační expozice vybraným látkám z odvalů Hedvika a Heřmanice může být považováno pouze za orientační. V rámci kvantitativního hodnocení byly uvažovány 3 expoziční scénáře zahrnující vliv na obyvatelstvo, pracovníky provádějící sanace a náhodné návštěvníky.

Z hlediska obyvatel okolí odvalů bylo možné spočítat riziko jen pro plynné látky (SO₂, NO₂, CO). Pro výpočet byly použity hodnoty z rozptylového modelu, který vychází z okamžitého měření plynných látek na ploše odvalů (nikoliv průměrné koncentrace za delší časové období) a hodnoty z krátkodobého měření pozadí. Vypočtené riziko tudíž nemusí reprezentovat skutečné průměrné krátkodobé expozice látek v rezidenčních oblastech v okolí odvalů. Na základě výše uvedených podkladů bylo zjištěno, pro obyvatele rezidenčních oblastí v okolí odvalů Heřmanice a Hedvika nízké tj. nevýznamné nekarcinogenní riziko. Z pohledu základních polutantů je nutno analýzu doplnit ještě o výpočet nekarcinogenního rizika pro PM₁₀, které nebylo možno spočítat z důvodu absence naměřených a namodelovaných hodnot. Předpokládá se, že PM₁₀ bude jednou z hlavních škodlivin, která bude vznikat při odstraňování odvalu. Vzhledem k dlouhodobě nepříznivé situaci na Ostravsku a lokalizaci rezidenční zástavby v těsné blízkosti odvalů, ve směru nejčastějšího proudění větrů, je nezbytné, aby při odstraňování odvalu byla uplatněna režimová opatření pro maximální snížení prašnosti – tj. odstraňování hmot odvalu za mokra, kropení prašných cest, odvoz materiálů nákladními auty přikrytými plachtami apod.

Riziko expozic PAU, PCB, dioxinů a BTX pro obyvatele rezidenčních oblastí nebylo možné spočítat v důsledku neznámých koncentrací těchto látek v rezidenčních oblastech. Na základě této skutečnosti se u těchto látek doporučuje provést kvantifikaci plošných emisí a jejich následné modelování jako plošného zdroje tak, aby bylo možné stanovit imisní zátěž v rezidenčních oblastech a následně kvantifikovat riziko.

Pro pracovníky provádějící sanace byl výpočet inhalační expozice založen na hodnotách vybraných látek v půdním vzduchu, pro které byly nalezeny příslušné zdravotně zdůvodnitelné referenční koncentrace. Vzhledem ke skutečnosti, že půdní vzduch se chová jako emisní parametr, který je dále modifikován, tj., ředěn, okolním ovzduším v přesně nezjistitelném poměru, byl pro přesnější odhad imisních expozic použit koeficient 100 a 1000, kterým byly hodnoty těchto látek naměřené v půdním vzduchu poníženy tak, aby se co nejvíce přiblížily koncentracím ve volném ovzduší.

Na odvalu Hedvika pravděpodobně představují koncentrace látek BTX, etylbenzenu a dioxinu v půdním vzduchu v případě inhalačních expozic pracovníky vysoké nekarcinogenní riziko, tj. nepříjemné. Tyto expozice by mohly nastat v případě práce v zahloubení nebo přímo u

země. Po tisícinásobném naředění, koncentrací v půdním vzduchu, které by mohlo reprezentovat koncentrace v dýchací zóně člověka, riziko chronických účinků pro žádnou ze sledovaných látek nepřekračuje mez přijatelnosti rizika (HQ=1), což znamená, že riziko by mohlo být přijatelné.

Karcinogenní riziko inhalačních expozic vybraným látkám na úrovni koncentrací v půdním vzduchu pro pracovníky odvalu Hedvika by mohlo být pro 2 látky zvýšené (Dibromoethan, 1,2-, BaP) a pro 2 látky (benzen a ethylbenzen) vysoké tj. nepřijatelné. Po zředění koncentrací půdního vzduchu zůstává maximální karcinogenní riziko z inhalačních expozic benzenu a etylbenzenu pro zaměstnance odvalu Hedvika zvýšené.

Vypočtená nekarcinogenní rizika z expozic vybraných látek pro pracovníky na odvalu Heřmanice by mohla být v porovnání s Hedvikou vyšší. V případě inhalačních expozic na úrovni koncentrací obsažených v půdním vzduchu byla vysoká nekarcinogenní rizika zjištěna u 8 látek (látky BTX, etylbenzenu, styrenu, metylbromidu, dibromoethanu, 1,2-). Při tisícinásobném zředění expozičních koncentrací pravděpodobně zůstane nekarcinogenní riziko inhalačních expozic benzenu pro zaměstnance odvalu Heřmanice stále vysoké, tj. nepřijatelné. Nekarcinogenní riziko pro ostatní sledované by mělo být nízké tj. přijatelné.

Z hlediska karcinogenních rizik je pro pracovníky odvalu Heřmanice výčet látek, pro které bylo vypočteno vysoké karcinogenní riziko z inhalačních expozic opět širší a vypočtené hodnoty karcinogenního rizika jsou v porovnání s Hedvikou rovněž vyšší. V případě inhalačních expozic na úrovni koncentrací obsažených v půdním vzduchu jsou zjištěna pro 3 látky (benzen, ethylbenzen, dibromoethan, 1,2-) vysoká, tj. nepřijatelná karcinogenní rizika a pro 8 dalších látek zvýšená karcinogenní rizika. Při tisícinásobném zředění expoziční koncentrace zůstává karcinogenní riziko maximálních inhalačních expozic benzenu vysoké, tj. nepřijatelné. U ostatních sledovaných látek by mělo být karcinogenní riziko nízké, tj. přijatelné

Karcinogenní i nekarcinogenní rizika z inhalačních expozic (100 násobně zředěné koncentrace půdního vzduchu) pro ojedinělé návštěvníky odvalů je možné považovat za nízká, tj. nevýznamná s výjimkou benzenu na odvalu Heřmanice, pro který bylo vypočteno vysoké karcinogenní i nekarcinogenní riziko, tj. nepřijatelné. Uvedené riziko z inhalačních

expoze především benzenu na odvalu Heřmanice by mohlo být významná snad jen v případě, kdy by se stejní návštěvníci pohybovali na odvalech alespoň hodinu denně po dobu trvání expozice (tj. 3 roky).

Pro pracovníky je mandatorní nošení ochranných pomůcek (respirátory, ochranné obleky a rukavice a pevné boty). Zároveň je u pracovníků na obou odvalech doporučena cytogenetická analýza periferních lymfocytů při preventivních prohlídkách, vzhledem k nejistým vypočteným vysokým inhalačním expozicím karcinogenních látek – především benzenu, a měření koncentrací benzenu na pracovišti.

Nejistoty

- Není známo přesné složení materiálu odvalů
- Neznámý postup rozebírání odvalů
- Neznámá imisní situace v rezidenčních oblastech i na odvalu pro látky naměřené v půdním vzduchu
- Dlouhodobé koncentrace prezentované v rozptylovém modelu nelze přepočítat z okamžitých naměřených hodnot
- Maximální koncentrace v rozptylové studii vychází z měření na ploše z nichž každé trvalo tři minuty. Výsledné mapy proto reprezentují jen časový úsek po který probíhalo měření. Nejedná se proto o průměrné krátkodobé koncentrace
- Chybí opakované měření v různých ročních obdobích
- Není známý poměr smíchání půdního vzduchu s volným ovzduším

Použité informační zdroje

ATSDR. *Toxicological profile for 1,2-Dichloroethene*. [on line]. © 1996 [cit. 2010-07-26].

< <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp87.html> >

ATSDR *Vinyl Chloride*. [on line]. © 2006 [cit. 2010-07-26].

< <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=281&tid=51> >

- EHP An IARC evaluation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans as risk factors in human carcinogenesis. [on line]. © 1998 [cit. 2010-07-26].
<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1533384/>>
- FAO Dioxin. [on line]. © 2001 [cit. 2010-07-26].
<<http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/FEEDSAFETY/who-dioxin.htm>>
- IARC. Overall Evaluations of Carcinogenicity to Humans [on line]. © 2004. [cit. 2010-07-26]. <<http://www-cie.iarc.fr/monoeval/crthall.html> >
- IRZ PCDD + PCDF (dioxiny + furany). [on line]. [cit. 2010-07-26].
<http://www.irz.cz/repository/latky/PCDD+_PCDF.pdf>
- OECD SIDS *Methyl bromide*. [on line]. © 2006 [cit. 2010-07-26].
<<http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/OECSIDS/Methyl%20bromide.pdf> >
- RAIS. *The Risk Assessment Information System*. [on line]. © 2006. [cit. 2010-07-26].
<<http://rais.ornl.gov/>>
- Směrnice evropského parlamentu a rady 2008/50/ES, ze dne 21. května 2008, o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduším pro Evropu. [on line]. © 2008 [cit. 2010-07-26]. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:CS:PDF>>
- TOXNET Ethylenene dibromide. [on line]. © 2000 [cit. 2010-07-26].
<<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+hsdb:@term+@na+ETHYLENE DIBROMIDE>>
- TOXNET Tetrachlorodibenzo-p-dioxin. [on line]. © 2004 [cit. 2010-07-26].
<<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+hsdb:@term+@na+2,3,7,8-TETRACHLORODIBENZO-P-DIOXIN>>
- US EPA. *Risk assessment guidance for superfund, Volume I: Human health evaluation manual (Part A)*. Interim final. 1989, Washington, 258 s.
- US EPA. *Risk assessment guidance for superfund, Volume I: Human health evaluation manual (Part E, Supplemental guidance for dermal risk assessment)*. Final. [on line]. 2004 [cit. 2010-07-26]. <<http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragse/index.htm>>
- US EPA. *Risk-based concentration table*. [on line]. © 2005b [cit. 2010-07-26].
<<http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/index.htm>>
- US EPA. Air toxics website. *Xylenes*. [on line] © 2000b [cit. 2010-07-26].
<<http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/xylenes.html>>

- US EPA 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin (2,3,7,8,-TCDD). [on line]. © 2000 [cit. 2010-07-26]. <<http://www.epa.gov/ttnatw01/hlthef/dioxin.html>>
- WHO IARC. *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. [on line]. 2004 [cit. 2010-07-26]. <<http://www-cie.iarc.fr/monoeval/crthgr03.html>>
- WHO IPCS INCHEM. *Environmental health criteria 52. Toluene*. [on line] © 1985 [cit. 2010-07-26]. <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc52.htm>>
- WHO *Dichloromethane in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. [on line] © 1996 [cit. 2010-07-26]. <www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/dichloromethane.pdf>
- WHO Regional Office for Europe. *Air quality guidelines for Europe. 2nd edition* [on line]. © 2000 [cit. 2010-4-26]. <http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf>
- WHO *Vinyl chloride*. [on line]. © 1999 [cit. 2010-07-26]. <http://whqlibdoc.who.int/ehc/WHO_EHC_215.pdf>
- WHO IPCS. *Environmental Health Criteria 202. Polycyclic aromatic hydrocarbons, selected non-heterocyclic*, 1998.
- US EPA. *Styrene*. [on line]. © 2000 [cit. 2010-07-26]. <<http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/styrene.html>>