

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



**Hodnocení zdravotních rizik při kontaminaci vybraných složek
ŽP perchlorethylenem a jeho degradačními produkty**

**Assessment of health risks during contamination of selected components of the
environment with perchlorethylene and its degradation products**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: MUDr. Magdaléna Zimová, CSc.

Konzultant: Ing. Anna Cidlinová, PhD.

Diplomant: Bc. Kamila Kačicová

2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Kamila Kačicová

Ochrana přírody

Název práce

Hodnocení zdravotních rizik při kontaminaci vybraných složek ŽP perchlorethylenem a jeho degradačními produkty

Název anglicky

Assessment of health risks during contamination of selected components of the environment with perchlorethylene and its degradation products

Cíle práce

Cílem diplomové práce je zhodnotit zdravotní rizika při kontaminaci vybraných složek životního prostředí perchlorethylenem a jeho degradačními produkty.

Metodika

1. Zpracování rešerše
2. Výběr metod pro hodnocení zdravotních rizik
3. Analýzu starých ekologických zátěží souvisejících s kontaminací perchlorethylenem a jeho degradačními produkty
4. Hodnocení zdravotních rizik pro jednotlivé expoziční scénáře
5. Porovnání výsledků hodnocení zdravotních rizik s platnými limity pro vybrané složky
6. Zpracování výsledků
7. Diskuse a závěr

Doporučený rozsah práce

cca 50 stran + přílohy

Klíčová slova

perchlorethylen a jeho degradačními produkty, hodnocení zdravotních rizik, kontaminace životního prostředí

Doporučené zdroje informací

John S. Zogorski at al.,2006:Volatile Organic Compounds,U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2006
odborná literatura a platná legislativa

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

MUDr. Magdalena Zimová, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Konzultant

ing. Anna Cidlinová, PhD

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2018

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 04. 2019

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pod odborným vedením MUDr. Magdaleny Zimové, CSc. a uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 18. 4. 2019

.....

Bc. Kamila Kačicová

Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucí mé diplomové práce, paní MUDr. Magdaleně Zimové, CSc., za ochotu, pomoc, odborné vedení a cenné rady při tvorbě práce. A další velké díky patří mé konzultantce Ing. Anně Cidlinové, PhD.

Děkuji také členům své rodiny za jejich trpělivost a psychickou podporu.

V Praze dne 18. 4. 2019

.....

Bc. Kamila Kačicová

Abstrakt

Chlorované ethyleny představují skupinu látek, které vyvolávají toxický až karcinogenní účinek a mohou tak poškozovat lidské zdraví a životní prostředí. Do této skupiny patří perchlorethylen a jeho degradační produkty (vinylchlorid, 1,1-dichlorethylen, cis-1,2-dichlorethylen, trans-1,2-dichlorethylen a trichlorethylen). Vzhledem k jejich většímu využití v minulosti představují dnes starou ekologickou zátěž.

Předkládaná diplomová práce se zabývá analýzou starých ekologických zátěží a hodnocením zdravotních rizik při kontaminaci životního prostředí perchlorethylenem a jeho degradačními produkty. Pro analýzu starých ekologických zátěží byla použita data Systému evidence kontaminovaných míst. Pro hodnocení zdravotních rizik byla vybrána deterministická metoda. Vlastní hodnocení zdravotních rizik bylo provedeno použitím modelů US EPA, dle Metodického pokynu MŽP pro analýzu rizik kontaminovaného území a dle metodiky využívané ve Státním zdravotním ústavu. Bylo vyhodnoceno karcinogenní a nekarcinogenní riziko pro zaměstnance a rezidenční obyvatele (pozornost byla věnována dospělým i dětem). Pro hodnocení zdravotních rizik byly vybrány reálné expoziční scénáře vycházející z orální, dermální a inhalační expozice.

Analýza starých ekologických zátěží představuje rozbor míst kontaminovaných chlorovanými uhlovodíky (perchlorethylen a jeho degradační produkty) dle rozložení v rámci krajů, rozlohy, typu lokality a typu původce znečištění. Hodnocení zdravotních rizik deterministickou metodou prokázalo jak nekarcinogenní tak i karcinogenní účinky perchlorethylenu a jeho degradačních produktů. Jednoznačně bylo prokázáno, že úniky perchlorethylenu znamenají vysoké riziko při expozičním scénáři ingesce pitné vody. Toxické účinky byly prokázány především u cis-1,2-dichlorethylenu, trichlorethylenu a perchlorethylenu.

Výsledky diplomové práce poukazují na zvýšené zdravotní riziko při expozici perchlorethylenem a jeho degradačními produkty a upozorňují na to, že je možné využívat tyto chemické látky pouze při dodržování striktních bezpečnostních opatření.

Klíčová slova: perchlorethylen a jeho degradační produkty, hodnocení zdravotních rizik, kontaminace životního prostředí

Abstract

Chlorinated ethylenes represent a group of substances that exert a toxic to carcinogenic effect and can therefore harm human health and the environment. This group includes perchlorethylene and its degradation products (vinyl chloride, 1,1-dichloroethylene, cis-1,2-dichloroethylene, trans-1,2-dichloroethylene and trichlorethylene). Due to their wider use in the past, they represent an old environmental burden today.

This diploma thesis deals with the analysis of old ecological burdens and evaluating health risks in environmental contamination by perchlorethylene and its degradation products. For the analysis of old ecological burdens, data from the Contaminated Site Records System were used. The deterministic method was chosen for health risk assessment. The actual health risk assessment was carried out using US EPA models, according to the MoE Methodological Guideline for risk analysis of contaminated areas and according to the methodology used by the State Health Institute. Carcinogenic and non-carcinogenic risks to employees and residents was evaluated (attention was paid to adults as well as children). Real exposure scenarios based on oral, dermal and inhalation exposures were selected for health risk assessment.

Analysis of old ecological burdens represent an analysis of contaminated sites by chlorinated hydrocarbons (perchlorethylene and its degradation products) according to the distribution within regions, area, type of locality and type of polluter. Health risk assessment by a deterministic method demonstrated both non-carcinogenic and carcinogenic effects of perchlorethylene and its degradation products. It has been unequivocally demonstrated that perchlorethylene leaks pose a high risk in drinking water ingestion exposure scenario. Toxic effects have been shown primarily in cis-1,2-dichloroethylene, trichlorethylene and perchlorethylene.

The thesis results point to the increased health risk of exposure to perchlorethylene and its degradation products and point out that it is only possible to use these chemicals if strict safety precautions are observed.

Keywords: perchlorethylene and its degradation products, health risk assessment, environmental contamination

OBSAH

<u>1. ÚVOD</u>	<u>12</u>
<u>2. CÍL PRÁCE</u>	<u>14</u>
<u>3. METODIKA.....</u>	<u>15</u>
<u>4. LITERÁRNÍ REŠERŠE</u>	<u>17</u>
4.1. CHLOROVANÉ ETHYLENY	17
4.1.1. BIODEGRADACE CHLOROVANÝCH ETHYLENŮ	18
4.2. PERCHLORETHYLEN	20
4.2.1. ÚČINKY PERCHLORETHYLENU NA ZDRAVÍ ČLOVĚKA.....	21
4.2.2. DOPADY PERCHLORETHYLENU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	24
4.2.3. PERCHLORETHYLEN JAKO ODPAD.....	25
4.2.4. PŘÍKLADY HAVÁRIÍ PERCHLORETHYLENU V ČESKÉ REPUBLICE	26
4.2.5. DEGRADACE PERCHLORETHYLENU V PROSTŘEDÍ	27
4.3. DEGRADAČNÍ PRODUKTY PERCHLORETHYLENU.....	28
4.3.1. VINYLCHLORID	28
4.3.2. 1,1-DICHLORETHYLEN	29
4.3.3. 1,2-DICHLORETHYLEN	29
4.3.4. TRICHLORETHYLEN.....	30
4.4. LIMITY PERCHLORETHYLENU A JEHO DEGRADAČNÍCH PRODUKTŮ PRO JEDNOTLIVÉ SLOŽKY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ.....	31
4.4.1. VODA	31
4.4.2. OVZDUŠÍ	35
4.4.3. PŮDA.....	36
4.4.4. PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ	36
4.5. OHLAŠOVACÍ PRAHY PERCHLORETHYLENU A JEHO DEGRADAČNÍCH PRODUKTŮM DO INTEGROVANÉHO REGISTRU ZNEČIŠŤOVÁNÍ.....	37
4.6. HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK.....	38
4.6.1. RIZIKO	39
4.6.2. HODNOCENÍ A ŘÍZENÍ RIZIK.....	39

4.6.3. METODY HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK	41
4.6.4. ZPŮSOBY MODELOVÉHO HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK	47
<u>5. CHARAKTERISTIKA STUDIJNÍHO ÚZEMÍ.....</u>	<u>49</u>
<u>6. VÝSLEDKY PRÁCE</u>	<u>52</u>
6.1. ANALÝZA STARÝCH EKOLOGICKÝCH ZÁTĚŽÍ ČESKÉ REPUBLIKY	52
6.1.1. KONTAMINOVANÁ MÍSTA CHLOROVANÝMI UHLOVODÍKY	52
6.2. HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK PRO JEDNOTLIVÉ EXPOZIČNÍ SCÉNÁŘE ...	56
6.2.1. HODNOCENÍ NEKARCINOGENNÍHO RIZIKA U REZIDENČNÍCH OBYVATEL.....	56
6.2.2. HODNOCENÍ KARCINOGENNÍHO RIZIKA U REZIDENČNÍCH OBYVATEL.....	62
6.2.3. SOUHRN HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK EXPOZIČNÍCH SCÉNÁŘŮ U REZIDENČNÍCH OBYVATEL	69
6.2.4. HODNOCENÍ NEKARCINOGENNÍHO RIZIKA U ZAMĚSTNANCŮ	72
6.2.5. HODNOCENÍ KARCINOGENNÍHO RIZIKA U ZAMĚSTNANCŮ	75
6.2.6. SOUHRN HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK EXPOZIČNÍCH SCÉNÁŘŮ U ZAMĚSTNANCŮ.....	78
<u>7. POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK S PLATNÝMI LIMITY PRO VYBRANÉ SLOŽKY.....</u>	<u>81</u>
<u>8. DISKUSE.....</u>	<u>85</u>
<u>9. ZÁVĚR</u>	<u>90</u>
<u>10. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ.....</u>	<u>93</u>
<u>SEZNAM OBRÁZKŮ</u>	<u>103</u>
<u>SEZNAM TABULEK</u>	<u>105</u>
<u>SEZNAM PŘÍLOH.....</u>	<u>110</u>

Seznam použitých zkratk a symbolů

ADD	Average Daily Dose (průměrná denní dávka)
ADI	Acceptable Daily Intake (akceptovatelná denní dávka)
AT	Averaging Time (doba průměrování)
BW	Body Weight (váha těla)
CAS ID	Chemical Abstracts Service (registrační číslo pro chemickou látku)
cDCE	Cis-1,2-dichlorethylen
CDI	Chronic Daily Intake (chronický denní příjem)
CDIc	Chronic Daily Intake cancer (chronický denní příjem karcinogenní)
CDIn	Chronic Daily Intake noncancer (chronický denní příjem nekarcinogenní)
CF	Conversion Factor (konverzní factor)
CIU	Chlorované uhlovodíky
CNS	Centrální nervová soustava
CSF	Cancer Slope Factor (směrnice rakovinového rizika)
CW	Concentration Weight (koncentrace prvku)
ČSN	Česká státní norma
ČZU	Česká zemědělská univerzita
DCE	Dichlorethylen
ED	Exposure Duration (trvání expozice)
EF	Exposure Frequency (frekvence expozice)
ET	Exposure Time (doba expozice)
FDA	Food and Drug Administration (Americká Agentura pro potraviny a léčiva)
HI	Hazard Index (index nebezpečnosti)
IARC	International Agency for Research on Cancer (Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny)
ILCR	Individual Lifetime Cancer Risk (Individuální celoživotní riziko rakoviny)
IPCS	International Programme of Chemical Safety (mezinárodní program pro chemickou bezpečnost)
IR	Ingestion Rate (množství požití vody)
Kp	koeficient permeability průniku kůží
LADD	Lifetime Average Daily Dose (celoživotní průměrná denní dávka)
LOAEL	Lowest Observed Averse Effect Level (Nejnižší dávka s pozorovaným nepříznivým účinkem)
MF	Modified Factors (modifikující faktory)
MZ	Ministerstvo zdravotnictví
MŽP	Ministerstvo životního prostředí

NOAEL	No observed averse effect level (Hodnota dávky bez pozorovaného nepříznivého účinku)
NPK-P	Nejvyšší přípustná koncentrace
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj)
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky
PCB	Polychlorované bifenyly
PCE	Perchlorethylen
PEL	Přípustný expoziční limit
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (nařízení o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek)
RfC	Reference Concentration (referenční koncentrace)
RfD	Reference Dose (referenční dávka)
SA	Surface Area (povrch kůže)
SEKM	Systém evidence kontaminovaných míst
SF	Slope Factor (faktor směrnice)
SZÚ	Státní zdravotní ústav
TCE	Trichlorethylen
tDCE	Trans-1,2-dichlorethylen
UF	Uncertainty Factors (faktory nejistoty)
US ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (americká Agentura pro toxické látky a registr nemocí)
US EPA	United States Environmental Protection Agency (Americká agentura pro ochranu životního prostředí)
VC	Vinylchlorid
VŠCHT	Vysoká škola chemicko-technologická
WHO	World Health Organisation (Světová zdravotnická organizace)
ŽP	Životní prostředí

1. ÚVOD

Diplomová práce s názvem Hodnocení zdravotních rizik při kontaminaci vybraných složek ŽP perchlorethylenem a jeho degradačními produkty představuje ucelený pohled na problematiku toxických látek patřících do skupiny chlorovaných ethylenů.

Počet podniků používajících perchlorethylen (PCE) byl v minulosti poměrně vysoký, ale trend jeho spotřeby a četnost jeho použití se neustále snižuje. Nejrozšířenější použití perchlorethylenu je ve strojírenství k odmašťování kovů, dále se využívá v textilním průmyslu a při zpracování ropy. V menší míře se využívá jako chemické čisticí prostředky v čistírnách oděvů. Vzhledem k tomu, že byl perchlorethylen využíván v minulosti, představuje dnes starou ekologickou zátěž, kterou musíme pomocí nápravných opatření, která jsou finančně náročná, vrátit do původního „neznečištěného“ stavu.

Úvodem literární rešerše je všeobecně popsána skupina látek s názvem chlorované ethyleny, do které patří nejen perchlorethylen, ale také jeho degradační produkty. Jsou zde popsána rizika, která představují pro životní prostředí a lidské zdraví. Další část literární rešerše popisuje proces hodnocení zdravotních rizik a objasňuje hodnocení zdravotních rizik deterministickým způsobem, který je použitý v předkládané diplomové práci.

Degrazačními produkty perchlorethylenu jsou vinylchlorid, 1,1-dichloroethylen, cis- a trans-1,2-dichloroethylen a trichloroethylen. Jsou to toxické látky představující riziko pro životní prostředí i lidské zdraví. Při nesprávném využití se mohou tyto toxické látky uvolňovat do ovzduší, půdy, podzemních a povrchových vod, a mohou tak vznikat nové ekologické zátěže.

Na základě expozičních scénářů lze vyhodnotit karcinogenní a nekarcinogenní riziko. Hodnocení zdravotních rizik bude aplikováno na obyvatele (dospělé a děti) a zaměstnance. Obyvatelé a zaměstnanci jsou exponováni kontaminovanou vodou ze studní (z podzemní vody) a z povrchových přírodních zdrojů vody, a také kontaminovaným vzduchem při inhalaci. Důležitým příjemcem zdravotního rizika jsou děti, protože jsou vůči expozici škodlivin citlivější než dospělí jedinci.

Od roku 2017 do roku 2020 řeší kolektiv autorů, ve složení EPS Biotechnology, s.r.o., ČZU a SZÚ, projekt Technologické agentury ČR, z programu na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje EPSILON, č. TH02030761 jehož název je „Zatížení vybraných složek životního prostředí perchlorethylenem a jeho degradačními produkty“. Cílem jmenovaného projektu je vyvinout komplexní certifikovanou metodiku monitorování a hodnocení rizik kontaminace životního prostředí perchlorethylenem a produkty jeho rozkladu. V roce 2018 SZÚ opustil od tohoto projektu a zůstali EPS Biotechnology, s.r.o. a ČZU. Data použitá v předkládané diplomové práci vychází z naměřených koncentrací výše uvedeného projektu.

2. CÍL PRÁCE

Nosným tématem diplomové práce je stanovení metod hodnocení zdravotních rizik u vybraných toxických látek, které jsou v důsledku jejich využívání dnes a především byly v minulosti uvolňovány do životního prostředí, a přes různé expoziční cesty mohou ovlivňovat zdraví vybraných skupin populace.

Cílem diplomové práce je vytvořit analýzu starých ekologických zátěží souvisejících s perchlorethylenem a jeho degradačními produkty a zhodnotit zdravotní rizika při kontaminaci vybraných složek životního prostředí perchlorethylenem a jeho degradačními produkty.

3. METODIKA

V rámci předkládané diplomové práce bylo postupováno v navazujících krocích pro splnění zadaných cílů práce.

- Prvním krokem bylo zpracování literární rešerše se zaměřením na perchlorethylen a jeho degradační produkty spolu s účinky těchto látek na lidský organismus. Dále byl všeobecně vysvětlený proces hodnocení zdravotních rizik. V rešerši byly porovnány různé pohledy na danou problematiku, jejichž hodnocení různých autorů vychází především z vědecké literatury.
- Druhým krokem byla analýza starých ekologických zátěží oblastí kontaminovaných perchlorethylenem a jeho degradačními produkty (chlorovanými uhlovodíky). Použitá data vycházela z veřejně dostupného Systému evidence kontaminovaných míst. Všechna použitá data jsou uvedena v Příloze 1.
- Třetím krokem bylo hodnocení zdravotních rizik. Pro výpočet zdravotních rizik byla použita data z projektu č. TH02030761 s názvem „Zatížení vybraných složek životního prostředí perchlorethylenem a jeho degradačními produkty“. Pro hodnocení zdravotních rizik bylo vybráno 6 prioritních látek: vinylchlorid, 1,1-dichlorethylen, cis- a trans-1,2-dichlorethylen, trichlorethylen a perchlorethylen. Koncentrace naměřené v rámci projektu jsou uvedené v Příloze 2.
- Čtvrtým krokem byl výběr reálných expozičních scénářů na základě dostupných koncentrací pro rezidenční obyvatele (dětská a dospělá populace) a zaměstnance. Pro rezidenční obyvatele (dospělí a děti) byly vybrány tyto expoziční scénáře:
 - ingesce vody při pití,
 - ingesce vody při koupání/sprchování,
 - ingesce vody při plavání,
 - dermální kontakt s vodou při koupání/sprchování,
 - dermální kontakt s vodou při plavání,
 - ingesce kontaminovaných potravin.

Pro zaměstnance byly vybrány tyto expoziční scénáře:

- ingesce vody při pití,
- dermální kontakt při mytí,
- ingesce kontaminovaného vzduchu.

Vzorce a parametry pro výpočet chronického denního příjmu (CDI) a celoživotní průměrné denní dávky (LADD) pro jednotlivé expoziční scénáře jsou uvedeny v Příloze 3.

- Pátým krokem bylo stanovení kritérií pro určení zdravotních rizik – vypočteným reálným expozicím byla přiřazena míra nebezpečnosti a bylo provedeno slovní hodnocení zjištěných rizik. Pro posouzení míry hodnocených rizik byla zvolena kritéria dle metodiky SZÚ (pro vodu) a US EPA:

1. Pro hodnocení nekarcinogenního rizika byl použit index nebezpečnosti (HI), jehož limitní hodnota je 1. Je definovaný jako procento potenciální expozice chemické látky k nejvyšší úrovni expozice, kdy ještě nenastanou projevy toxických účinků.

2. Pro hodnocení individuálního celoživotního rizika rakoviny (ILCR) ze strany kontaminantů bylo použito limitní kritérium $1E-05$ (riziko, že onemocní jedna osoba z 10 000).

Vzorce a parametry vstupující do rovnic pro výpočet karcinogenního a nekarcinogenního rizika jsou uvedeny v Příloze 4.

Výpočty chronického denního příjmu (CDI) a celoživotní průměrné denní dávky (LADD) vstupující do výpočtu nekarcinogenního/karcinogenního rizika jsou uvedeny v Příloze 5.

- Šestým krokem bylo zpracování výsledků včetně grafického zobrazení. Výsledky analýzy starých ekologických zátěží a hodnocení zdravotních rizik byly zpracovány pomocí MS Excel.

4. LITERÁRNÍ REŠERŠE

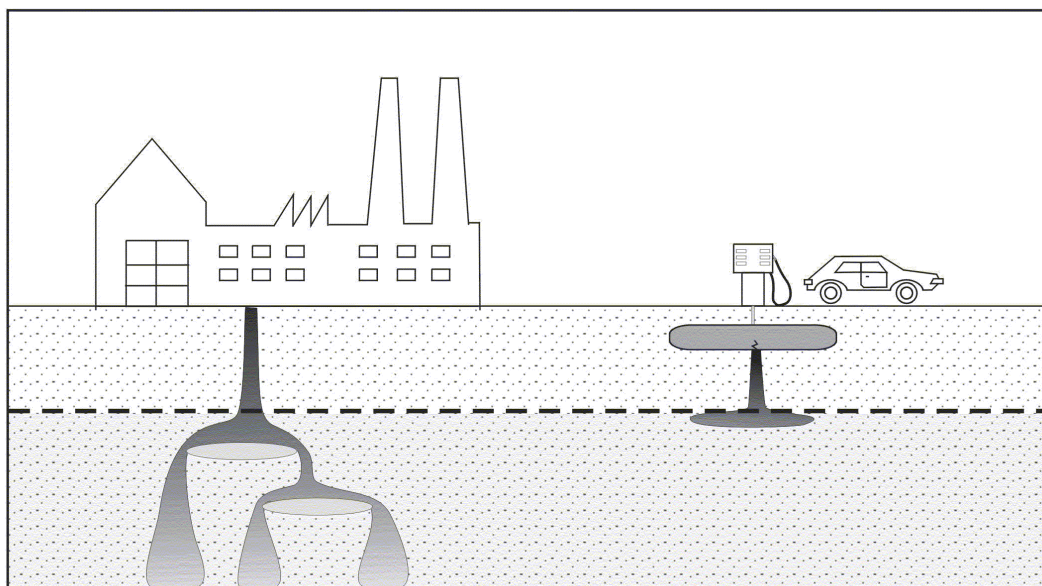
4.1. Chlorované ethyleny

Látky patřící do skupiny chlorovaných ethylenů jsou chlorované alifatické organické uhlovodíky syntetického původu. Jsou složeny ze dvou atomů uhlíku, které jsou navzájem spojeny dvojnou vazbou, a různého počtu substituovaných atomů chlóru. Tento počet atomů chlóru přímo ovlivňuje jejich chemické a fyzikální vlastnosti. S rostoucím počtem atomů chlóru se zvyšuje hustota a molekulová hmotnost, zatímco tlak par a rozpustnost ve vodě se snižují (Bartoň, 2007). Perchlorethylen (PCE) patří do velké skupiny s názvem chlorované ethyleny. Patří sem nejen PCE, ale také trichlorethylen (TCE), cis-1,2-dichlorethylen (cDCE), trans-1,2-dichlorethylen (tDCE), 1,1-dichlorethylen (1,1DCE) a vinylchlorid (VC). Jsou to cizorodé látky, sloučeniny nebo směsi, se kterými lidský organismus přichází do kontaktu přímo nebo také nepřímo.

Chlorované sloučeniny jsou častými kontaminanty životního prostředí, zejména podzemních vod a půd. Některé z nich jsou prokázanými karcinogeny a svojí chemickou povahou se řadí mezi látky xenobiotické, byť v nepatrných koncentracích jsou vytvářeny i přirozenými procesy. Mezi nežádoucí vlastnosti těchto látek patří vysoká toxicita, rezistentnost a schopnost akumulace v živých i neživých složkách životního prostředí včetně člověka (Bartoň, 2007).

Chlorované ethyleny patří do skupiny DNAPL'S (Dense Non-Aqueous Phase Liquids), což jsou kapalné látky o vyšší hustotě než voda. Jsou tedy těžší a hromadí se na nepropustném podloží. Difuzí se mohou šířit i proti směru toku podzemní vody. Pro představu a znázornění závažnosti problematiky je na Obrázku 1 vyobrazen průnik látek lehčích než voda (LNAPL) a DNAPL (Gaskill, 2011).

Obrázek 1: Rozdíl v míře DNAPL (např. chlorovaných rozpouštědel z továren) a průniku LNAPL (např. ropných produktů, například z benzinových pump), (VŠCHT, 2002)

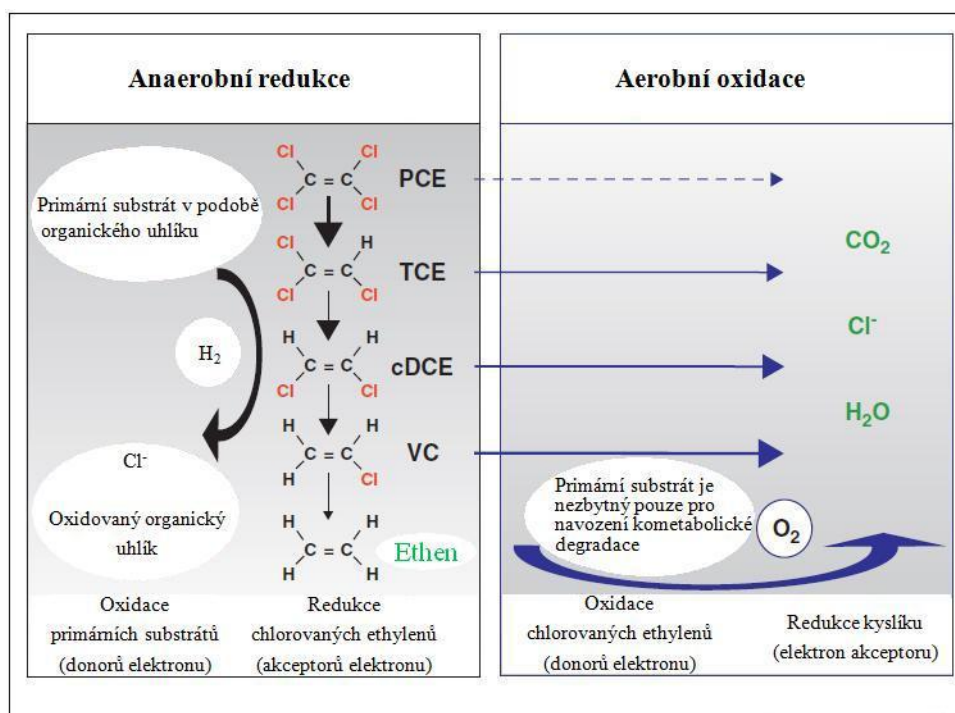


4.1.1. Biodegradace chlorovaných ethylenů

Chlorované ethyleny mohou podléhat biodegradaci v průběhu tzv. přírodní atenuace. Rozlišujeme dva procesy, první je bez přítomnosti kyslíku, tento proces nazýváme reduktivní dechlorace, a druhý proces, za přítomnosti kyslíku, je oxidační degradace. Tendence chlorovaných ethylenů podléhat reduktivní dechloraci se snižuje, pokud klesá počet substituovaných atomů chlóru. Proto perchlorethylen a trichlorethylen (TCE) podléhají relativně snadno reduktivní dechloraci a dichlorethylen (DCE) a vinylchlorid (VC) podléhají mnohem snadněji oxidaci za aerobních podmínek (Mattes et al., 2010).

Jako nejúčinnější biodegradační způsob odstraňování chlorovaných ethylenů jako celku se ukazuje kombinace anaerobní reduktivní dechlorace PCE a TCE s následnou oxidací dichlorethylenů a vinylchloridu. Nespornou výhodou této metody je, že předchází nadměrnému hromadění dichlorethylenů a vinylchloridu během anaerobní dechlorace (Tiehm et al., 2011).

Obrázek 2: Anaerobní redukce a aerobní oxidace chlorovaných ethylenů, (Tiehm, Schmidt, 2011)



Reduktivní dechloraci (halorespiraci) definujeme jako anaerobní respirační proces využívající chlorované ethyleny jako akceptory elektronů a vodík jako donor elektronů. Jedná se o již zmíněný pojem přírodní atenuace, který je běžně se vyskytujícím přírodním procesem. Naproti tomu se tento proces využívá pro technické sanace kontaminovaných podzemních vod. V technických bioremediacích je vodík dodáván v podobě organického substrátu (biostimulace), který je rozkládán fermentativními bakteriemi, což vede k tvorbě volného vodíku potřebného pro některé dehalorespirační bakterie. Atomy chlóru chlorovaných ethylenů jsou postupně nahrazovány atomy vodíku, důsledkem čehož dochází k dechlorační redukcí z PCE přes TCE, cDCE a VC až na relativně neškodný ethen (Obrázek 3). I když je ethen klasifikován podle IARC jako karcinogen 3. kategorie, nepředstavuje velké riziko. Předpokládá se, že je v podzemních vodách v nízkých koncentracích, a ty jsou mikroorganismy snadno degradované (Mattes et al., 2010).

V praxi se setkáváme s několika skupinami bakterií, které jsou schopny za anaerobních podmínek redukovat PCE a TCE na cDCE jako konečný produkt. Konkrétně jde o zástupce rodů *Desulfomonile*, *Dehalobacter*, *Desulfitobacterium* a *Desulfuromonas*. Ovšem jen jedna bakterie z rodu *Dehalococcoides* je schopná kompletní reduktivní dechlorace z perchlorethylenu na ethen (Zálešák, 2014).

4.2. Perchlorethylen

Perchlorethylen, nebo také tetrachlorethylen, je uměle vyrobená bezbarvá kapalná látka. V mnoha literaturách se můžeme setkávat s dalšími názvy, jako je například perchlór, methylenchlorid, nebo jeho zkrácenou verzi PCE. Perchlorethylen nese chemický název 1,1,2,2-tetrachlorethylen a vzorec C_2Cl_4 . Jedná se o látku ve formě těkavé kapaliny s nasládlým až ostrým zápachem. Je značně stabilní a nehořlavý. Z celé řady chlorovaných ethylenů je PCE se svými čtyřmi substituovanými atomy chlóru nejvýše chlorovaným zástupcem (Zogorski et al., 2006, Abrahamsson et al., 1995).

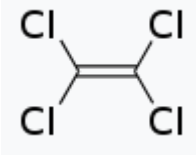




Perchlorethylen je produktem ze souběžné výroby perchlorethylenu a tetrachlormetanu perchlorací. Perchlorací se rozumí vysokoteplotní chlorace ($t < 500\text{ }^\circ\text{C}$) propylenu v přebytku chlóru. Vzniklá směs organických sloučenin se vede přes úsek kondenzace do úseku destilace, kde se směs rozdestilovává na tetrachlormetan, perchlorethylen a destilačním zbytkem jsou tzv. těžké frakce neboli hexazbytky (REGISTRPOVINNOSTI, 2009).

Látka je používána již od 20. století a využívá se nejen k chemickému čištění. Vzhledem k tomu, že se jedná o rozpouštědlo organických látek, může být použit také na suché čištění v průmyslu nebo k odmašťování kovů ve strojírenství. V menších dávkách může být uplatněn při regeneraci katalyzátorů, v rafineriích ropy i pro čištění kinofilmů. Jeho využití nalezneme i při výrobě jiných látek a je obsažen, ve stopovém množství, v některých spotřebitelských výrobcích, například v inkoustech do tiskáren, lepidlech, nosičích barev a silikonových mazivech (REGISTRPOVINNOSTI, 2009).

V následující Tabulce 1 jsou uvedeny přehledové vlastnosti perchlorethylenu včetně nebezpečí, která tato látka vyvolává a může vyvolat.

Tabulka 1: Přehledová tabulka vlastností a toxicity perchlorethylenu, (Petrlík, Válek, 2014), (IRZ, 2019a)

Systematický název látky	Tetrachlorethen
Triviální názvy	Tetrachlorethylen, perchlór
Ostatní názvy	Perchlorethylen, Perchlorethen, PCE
Skupina látek	Chlorované organické uhlovodíky

CAS-No.	127-18-4
Strukturní vzorec	
Sumární vzorec	C ₂ Cl ₄
Molární hmotnost	165,834 g/mol
Bod tání	-19 °C
Bod varu	121 °C
Hustota	1,622 g/cm ³
Rozpuštnost ve vodě	200 (25°C) g×m ⁻³
Toxicita/nebezpečí	
Chemické symboly nebezpečí	  Xn - Zdraví škodlivý N - Nebezpečný pro životní prostředí
Globální harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií (GHS)	  GHS08 – látky nebezpečné pro zdraví GHS09 - látky nebezpečné pro životní prostředí
H-věty*	H351(podezření na vyvolání rakoviny), H411(vysoce toxický pro vodní organismy s dlouhodobými účinky)
P-věty**	P273 (zabraňte uvolnění do životního prostředí), P281 (používejte požadované osobní ochranné pomůcky)

* H-věty jsou pro standardní věty o nebezpečnosti chemických látek a jejich směsí.

** P-věty jsou standardní pokyny pro bezpečné zacházení s chemickými látkami a jejich směsmi.

4.2.1. Účinky perchlorethylenu na zdraví člověka

Perchlorethylen je látka nebezpečná pro zdraví člověka. Do organismu může být vdechnuta nebo může proniknout pokožkou. Při expozici může dojít k následujícím projevům a rizikům (IRZ, 2019a):

- zvýšení pravděpodobnosti onemocnění rakovinou,
- poškození reprodukčních funkcí u obou pohlaví,
- poškození zdravého vývoje plodu,

- podráždění pokožky, popáleniny, vysušení, popraskání,
- poškození očí, nosu, úst a dýchacích cest,
- poškození jater a ledvin,
- poškození centrální nervové soustavy (vyšší koncentrace),
- může způsobit bolest hlavy, slabost, nevolnost, zvracení,
- tvorba vody v plicích (edém, při inhalaci vyšších koncentrací).

Nadměrné působení perchlorethylenu může způsobit zdravotní poškození mozku, očí, ledvin, jater, hrtanu a existují některé důkazy, že tato látka může také způsobovat rakovinu, proto je zakotvena v nařízení a směrnici EU. Podle klasifikace Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny (IARC) je řazen do skupiny 2A (pravděpodobný lidský karcinogen). U zaměstnanců a lidí, kteří byli dlouhodobě vystavováni perchlorethylenu v místech, kde se hojně používal, byly zjištěny také časté případy poškození nervového systému a u žen pak zvýšená potratovost a narušení menstruace. Do lidského organismu se dostává nejen z kontaminované vody, ale také z ovzduší a potravinami (Prokeš, 2005).

Hodnocení zdravotních rizik perchlorethylenu bylo provedeno v několika studiích, které experimentálně využívají pokusná zvířata (krysy, myši a potkany). Na základě experimentálních studií bylo zjištěno, že podávání PCE pohlavně dospělým krysám, a to buď orálně, nebo inhalačně, zvyšuje výskyt nádorového onemocnění. Také byla u experimentálních zvířat zjištěna neurotoxicita, která byla později testována také na lidech v pracovním a rezidenčním prostředí. Expozice PCE vedla ke změnám v zorném poli, ke zvýšení reakčního času a ke snížení pozorovacích funkcí. Jiné studie poukazují na vizuální defekty citlivosti na kontrast při expozici perchlorethylenu u zaměstnanců využívajících suché čištění (US EPA, 2012). Ve studii o akutní expozici u potkanů byly zaznamenány signifikantní poklesy v oblasti pohybové aktivity, které byly měřené na základě reakčního času, to vypovídá o tom, že perchlorethylen může člověku způsobovat bolest hlavy, závratě a slabost. Navíc byly u potkanů a myší po akutní orální expozici PCE pozorovány deficity výskytu spontánních aktů chování na základě jejich důsledků (odměňování/trestání), které testují kognitivní výkonnost (Guyton et al., 2014).

Za nejvíce rizikovou skupinu osob můžeme považovat pracovníky využívající v zaměstnání perchlorethylen. Jedná se o zaměstnance čistíren, průmyslových firem

a firem nakládajících s nebezpečným odpadem. Jedna ze studií poukazuje na zvýšené riziko rakoviny močového měchýře u pracovníků chemických čistíren. V roce 2012 Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny klasifikovala tetrachlorethylen používaný při výrobě chemických látek a používaný jako rozpouštědlo při chemickém čištění jako pravděpodobně karcinogenní pro člověka (kategorie 2A) na základě omezených důkazů zvýšeného rizika rakoviny močového měchýře v chemických čistírnách. Použitá metaanalýza prokazuje zvýšené riziko karcinomu močového měchýře v chemických čisticích prostředcích a poukazuje na některé důkazy o vztahu mezi expozicí a reakcí. Přestože chemické čističky způsobují smíšené vystavení, může být perchlorethylen odpovědný za nadměrné riziko rakoviny močového měchýře, protože je primárně použitým rozpouštědlem a je jedinou chemikálií běžně používanou chemickými čističkami (Vlaanderen et al., 2014).

V Tabulce 2 jsou popsány akutní příznaky při inhalaci, polknutí a střetu s kůží a očima nebezpečné látky perchlorethylenem. Je zde popsáno, jak postupovat při první pomoci a jak se chránit před touto nebezpečnou látkou.

Tabulka 2: Přehled nebezpečí, příznaků, prevence a první pomoci při expozici perchlorethylenu pro člověka, (KM PLUS spol. s r.o., 2011)

TYPY NEBEZPEČÍ / EXPOZICE	AKUTNÍ NEBEZPEČÍ / PŘÍZNAKY	PREVENCE	PRVNÍ POMOC / BOJ PROTI POŽÁRU
OHEŇ	Nehořlavý. Vypouští dráždivé nebo toxické výpary (nebo plyny) v ohni.		V případě požáru v okolí: použijte vhodné hasicí médium.
EXPOZICE		STRIKTNÍ HYGIENA! ZABRÁNĚNÍ VZNIKU ZNEČIŠTĚNÍ!	

TYPY NEBEZPEČÍ / EXPOZICE	AKUTNÍ NEBEZPEČÍ / PŘÍZNAKY	PREVENCE	PRVNÍ POMOC / BOJ PROTI POŽÁRU
INHALACE	Závrať, ospalost, bolest hlavy, nevolnost, slabost, bezvědomí	Větrání, místní odsávání nebo ochrana při dýchání.	Čerstvý vzduch, odpočinek. Může být zapotřebí umělé dýchání. Odkázat na lékařskou péči.
KŮŽE	Suchost kůže, zčervenání	Ochranné rukavice. Ochranný oděv.	Odstraňte kontaminované oblečení. Opláchněte a poté omyjte pokožku vodou a mýdlem.
OČI	Zčervenání, bolest.	Bezpečnostní brýle, ochranná maska na obličej	Nejdříve vypláchněte velkým množstvím vody po dobu několika minut (pokud je to možné, odstraňte kontaktní čočky) a poté se poraďte s lékařem.
POLKNUTÍ	Bolest břicha. (Dále viz Inhalace).	Při práci nepijte, nejezte a nekuřte.	Vypláchněte ústa. Nevyvolávejte zvracení. Vypijte větší množství pitné vody. Odpočinek.

4.2.2. Dopady perchlorethylenu na životní prostředí

V životním prostředí je perchlorethylen značně rozšířen a ve stopových množstvích se nachází ve vodě, ve vodních organizmech, v ovzduší i v lidských tkáních. Vyrobený PCE se uvolňuje do okolního ovzduší v důsledku odpařování a nejdůležitějšími zdroji jsou fugitivní emise¹ z chemických čistíren oděvů a z odmašťování kovů, kde se hojně využívá. Také skládky odpadů mohou být dalším zdrojem emisí. Přírodní zdroje PCE neexistují (Pepper et al., 2006).

¹ Fugitivní emise – emise volně unikající (precházející) do ovzduší.

Perchlorethylen je kontaminantem půdy. Vzhledem k jeho mobilitě v podzemní vodě, nízkourovňové toxicitě a vysoké hustotě (vyšší než hustota vody) je jeho odstraňování mnohem složitější než u úniků ropy. Velká část perchlorethylenu, který pronikne do vody a do půdy, se snadno vypaří do ovzduší, kde se rozštěpí působením slunečního světla nebo se dostane se srážkami zpět do půdy a vody. Mikroorganismy přítomné v půdě jsou schopny PCE štěpit (Pepper et al., 2006), (IRZ, 2019a).

Perchlorethylen patří do kategorie těkavých organických látek. Navzdory tomu, že byl perchlorethylen zařazen do této kategorie z důvodu, že zde byla zjištěna nepatrná fotochemická reaktivita, je nepravděpodobné, že by významněji přispíval ke vzniku fotochemického smogu nebo ke vzniku škodlivého přízemního ozonu (IRZ 2019a).

Dále patří perchlorethylen mezi kontaminanty, které způsobují staré ekologické zátěže. Dle MŽP definujeme starou ekologickou zátěž jako „závažnou kontaminaci horninového prostředí, podzemních nebo povrchových vod, ke které došlo nevhodným nakládáním s nebezpečnými látkami v minulosti (zejména se jedná např. o ropné látky, pesticidy, PCB, chlorované a aromatické uhlovodíky, těžké kovy aj.). Zjištěnou kontaminaci můžeme považovat za starou ekologickou zátěž pouze v případě, že původce kontaminace neexistuje nebo není znám. Mezi kontaminovaná místa se řadí drobné provozovny, skládky odpadů, průmyslové a zemědělské areály, sklady nebezpečných látek, bývalé vojenské základny, území postižená těžbou nerostných surovin nebo opuštěná a uzavřená úložiště těžebních odpadů, která mohou představovat závažná rizika. (MŽP, 2019a), (Kačabová et al., 2005)

4.2.3. Perchlorethylen jako odpad

Při nakládání s odpady perchlorethylenu musí být dodrženy platné předpisy pro nakládání s odpady. Nádoba s takovým odpadem musí obsahovat kód odpadu, a to konkrétně 070103 – Organická halogenovaná rozpouštědla, promývací kapaliny a matečné louhy nebo 150110 – Obaly obsahující zbytky nebezpečných látek nebo obaly těmito látkami znečištěné – Nebezpečný odpad (KM PLUS spol. s r.o., 2011).

Při odstraňování perchlorethylenu musí být tato látka předána oprávněné organizaci. Ta jej musí vhodnými způsoby zlikvidovat. Jako vhodnou metodu

odstraňování můžeme zvolit spálení ve spalovně průmyslových odpadů. Zbytky produktu včetně oplachové vody obsahující tuto látku nesmějí být vypouštěny do kanalizací, vodotečí ani do blízkosti vodních zdrojů (KM PLUS spol. s r.o., 2011).

4.2.4. Příklady havárií perchlorethylenu v České republice

V minulosti se setkáváme s mnoha případy úniku perchlorethylenu. První z větších kauz kontaminací pitné vody touto látkou se odehrává v roce 1999 v obci Bor u Skutče. Zhruba od roku 1989 končily odpady včetně perchlorethylenu na skládce obce. Skládka byla součástí rezervace Touloucovy Maštale a podle odhadů zde skončilo 16–20 tun PCE. Před rokem 1989 sem místní firmy zabývající se kovovýrobou vyvážely a vylévaly PCE přímo na skály. Černá skládka se přestala využívat v roce 1993 a až kolem roku 1999 zjistili hygienici, že obecní vodovod je znečištěn perchlorethylenem. Vyčištění této ekologické zátěže stálo ČR 9 milionů korun a vyčištění zdroje pitné vody trvalo tři roky. Pro srovnání: stačí pouze 4 litry nesprávně použitého perchlorethylenu ke kontaminaci zdroje pitné vody. A právě to se stalo v roce 2000 v Novém Malíně na Šumpersku. Dva roky nato byl perchlorethylen zjištěn po povodních v Labi pod Spolanou Neratovice (Petrлік, Válek 2014).

V roce 2003 byla na Kolínsku zjištěna další velká kontaminace pitné vody touto nebezpečnou látkou. Pochází z areálu podniku Strojbal v obci Molitorov. Použitá chemikálie se tady až do zprísnění ekologických norem na začátku 90. let vylévala do podzemních prostor areálu. Nyní se musí celé území sanovat. Bylo zjištěno, že v jednom ze tří zdrojů pitné vody pro městský vodovod v Kouřimi, které se mísí, byla několikrát překročena povolená hodnota PCE. Kouřimský městský úřad nechal udělat analýzy vody a začal hledat zdroj kontaminace. Zdroj kontaminace byl zjištěn v obci Molitorov, který patří pod správu Kouřimi. V jedné z tamějších soukromých studní dosáhla kontaminace 415 miligramů perchlorethylenu na litr, povolený limit je přitom deset miligramů PCE na litr (Petrлік, Válek 2014).

Dnes se setkáváme se znečištěním z rychločistíren a klasických čistíren oděvů. Jedná se především o znečištění ovzduší. Měření bylo provedeno v různých super- a hypermarketech a výsledky u některých provozovatelů čistíren byly vysoce nadlimitní. Například v jednom případě byla zjištěna koncentrace perchlorethylenu

s neuvěřitelným číslem 7 485 mikrogramů na metr krychlový. V této situaci je v okolí nepříjemný zápach. V jiné rychločistírně byla naměřena koncentrace 362 mikrogramů na metr krychlový. A již v tomto případě se jedná o více než dvojnásobek limitu pro ovzduší, který je 150 mikrogramů na metr krychlový (Petrлік, Válek 2014).

4.2.5. Degradace perchlorethylenu v prostředí

Odhady uvádějí, že 85 % produkovaného perchlorethylenu je uvolňováno do ovzduší; zatímco modely od OECD předpokládaly, že 90 % se uvolní do ovzduší a 10 % do vody. Na základě těchto modelů se odhaduje, že jejich distribuce v prostředí je: ve vzduchu 76,39–99,69 %, ve vodě 0,23–23,2 %, v půdě 0,06–7 % a zbytek se nachází v sedimentu a biotě (Zálešák 2014).

Odhady životnosti v atmosféře se liší, ale průzkum z roku 1987 odhaduje, že životnost ve vzduchu je asi 2 měsíce na jižní polokouli a 5–6 měsíců na severní polokouli. Produkty degradace pozorované v laboratoři zahrnují fosgen (při teplotách nad 315 °C (599 °F), např. při svařování může být PCE oxidován na fosgen – extrémně jedovatý plyn), trichloracetylchlorid, chlorovodík, oxid uhličitý a oxid uhelnatý. Perchlorethylen degraduje hydrolyzou a je také perzistentní při aerobních podmínkách. Tato sloučenina degraduje redukční dechlorací za přítomnosti anaerobních podmínek s degradačními produkty, jako je trichlorethylen, dichlorethylen, vinylchlorid, ethylen a ethan (Tiehm, Schmidt, 2011).

Mezi primární dceřiné produkty se řadí trichlorethylen (TCE), cis-1,2-dichlorethylen (cDCE), trans-1,2-dichlorethylen (tDCE) a vinylchlorid (VC). Dceřiné produkty mohou být stejně nebezpečné pro lidské zdraví a životní prostředí jako PCE (v některých případech i nebezpečnější). (Pepper et al., 2006)

V bezpečnostních listech této látky se uvádí, že biodegradace za aerobních podmínek je pod hranicí zjistitelnosti. Za anaerobních podmínek (bez přítomnosti kyslíku) dochází k biodegradaci jen pomalu. Očekává se, že v troposféře má tato látka poločas rozkladu 140–150 dnů (KM PLUS spol. s r.o., bezpečnostní list, 2011).

Degradace perchlorethylenu ve vodě hydrolyzou je velmi pomalá a vykazuje poločasy rozpadu v řádu let. PCE může být odstraněn z vodních systémů fotochemickými reakcemi zahrnujícími volné radikály nebo elektricky excitované

molekulární druhy. Redukční cesty zahrnující přechodné kovy nebo jejich organické komplexy mohou být významné za přítomnosti půd nebo sedimentů (Zálešák, 2014).

4.3. Degradální produkty perchlorethylenu

Jak již bylo zmíněno, mezi degradační produkty perchlorethylenu konkrétně patří vinylchlorid, 1,1-dichlorethylen, trans-1,2-dichlorethylen, cis-1,2-dichlorethylen a trichlorethylen.

4.3.1. Vinylchlorid

Systematický název vinylchloridu je chlorethen, ale můžeme se setkávat i s názvy ethylenchlorid a chlorethylen. Jedná se o bezbarvý plyn nasládlé vůně s lehce narkotickými účinky. Dle IACR je zařazen do kategorie 1 a je tedy prokázaný lidský karcinogen. Polymerací vinylchloridu se vyrábí PVC, který se využívá především v průmyslu a stavebnictví. Do prostředí je uvolňován při výrobě plastů v chemickém průmyslu nebo z nebezpečných skládek odpadů. Vzhledem k jeho těkavosti se většina vinylchloridu vyskytuje v atmosféře, a to hlavně v plynné formě. Podílí se na vzniku přízemního ozonu a fotochemického smogu (Kleger, Válek, 2014). Vinylchlorid z půdy a vody snadno odtéká do atmosféry. V půdě může docházet také k mikrobiální degradaci nebo vyluhování do podzemních vod. K biodegradaci ve vodách nedochází. K akumulaci v tělech organismů dochází jen v omezené míře (IRZ, 2019d).

Hlavní cestou vstupu do těla je inhalace, méně významným vstupem je průnik kůží. Akutní inhalační expozice ovlivňuje centrální nervovou soustavu (závratě, únava, bolesti hlavy, zvracení). Vyšší dávky vinylchloridu způsobují podráždění plic a ledvin, inhibici srážení krve, ztrátu vědomí až smrt. U některých lidí se při expozici vysokým koncentracím vinylchloridu ve vzduchu objevují příznaky tzv. „vinyl chloride disease“. Dochází ke změnám na kostech v konečcích prstů, k bolestem kloubů a svalů a ke kožním změnám. Při kontaktu s kůží dochází v důsledku rychlého odpařování kapaliny k omrzlinám, ke snížení citlivosti prstů, k bolestem a svědění postižených oblastí, ve vážných případech vznikají puchýře. Rychlé odpařování ohrožuje i oči a může způsobit i trvalou slepotu. Chronická inhalační expozice způsobuje poškození jater a centrální nervové soustavy. Podle klasifikace EPA je vinylchlorid zařazen mezi lidské karcinogeny, může způsobovat rakovinu

jater (případně plic, mozku, lymfatického a krevního systému a centrální nervové soustavy) a je mutagenní (IRZ 2019d, US EPA, ©2000).

4.3.2. 1,1-Dichlorethylen

1,1-Dichlorethylen obecně nazývaný jako 1,1-dichlorethen, vinylidenchlorid nebo vinyliden, je bezbarvá až lehce nažloutlá kapalina s ostrým zápachem. Látka je hořlavá a nerozpustná ve vodě, ale dobře rozpustná v organických rozpouštědlech. Tato synteticky vyráběná látka slouží jako výchozí materiál pro výrobu plastického polyvinylidenchloridu. 1,1-Dichlorethylen je dle IARC považován za potenciální karcinogen (CFPUB, 2019).

Primární akutní účinky u lidí při expozici vinylidenchloridu jsou na centrálním nervovém systému (CNS), zahrnují depresi s příznaky opilství doprovázené křečemi, záchvaty a bezvědomím. Mohou se projevit účinky na dýchací systém v podobě zánětu sliznic. Akutní testy na zvířatech u potkanů prokázaly, že vinylidenchlorid vykazuje vysokou toxicitu při orálním vystavení a mírnou toxicitu při inhalační expozici. Chronická dlouhodobá inhalační expozice vinylidenchloridu u lidí může mít vliv na játra. Studie na zvířatech naznačují, že chronická expozice vinylidenchlorid může ovlivnit játra, ledviny, nervový systém a plíce. Účinky na reprodukční/vývojový systém vinylidenchloridu nejsou u lidí známy (US HHS, 2019).

4.3.3. 1,2-Dichlorethylen

1,2-Dichlorethylen, jinak nazývaný jako 1,2-dichlorethen, dichloroethen nebo ve zkratce DCE, je chemická sloučenina, která se vyskytuje ve formě dvou izomerů cis- a trans-. 1,2-Dichlorethylen je těkavá vysoce hořlavá kapalina s velmi silným zápachem, a proto ji lze detekovat i ve velmi malých dávkách. Používá se jako rozpouštědlo pro vosky, pryskyřice, maziva, laky, atd. Je zdraví škodlivý a představuje riziko pro vodní organismy (ATSDR, 2019).

Inhalace vysokých koncentrací 1,2-dichlorethylenu může způsobit nevolnost, ospalost a únavu. Chronická inhalace vysokých koncentrací může zapříčinit poškození jater, plic a při delších extrémně vysokých dávkách cis- nebo trans-1,2-dichlorethylenu může způsobovat až smrt. Ve studiích, kde byla zvířata vystavována vysokým koncentracím trans-1,2-dichlorethylenu měla respirační onemocnění včetně

poškození srdce. Již při nižších dávkách cis-1,2-dichlorethylenu jsou známy účinky na krev, kde dochází ke snížení počtu červených krvinek. Dlouhodobé účinky na lidské zdraví při expozici nízkým koncentracím této látky nejsou známy. Také nebyly prokázány účinky 1,2-dichlorethylenu na plodnost u lidí i zvířat (ATSDR, 2019).

- trans-1,2-dichlorethylen
- cis-1,2-dichlorethylen

4.3.4. Trichlorethylen

Trichlorethylen, systematickým názvem trichlorethen, je bezbarvá kapalina s nasládlým zápachem. Tato bezbarvá viskózní kapalina je mírně hořlavá (ne však snadno zápalná). Běžně se používá jako průmyslové rozpouštědlo pro různé organické materiály. Trichlorethylen se ve světovém měřítku využívá již několik desetiletí. Využíval se v medicíně jako anestetikum nebo jako extrakční činidlo pro rostlinné oleje. Trichlorethylen je nebezpečný polutant a je zařazen, díky své těkavosti, do skupiny těkavých organických látek. Díky nižším koncentracím této látky v prostředí není tak závažná, avšak i přes to je rozšířena na mnoha územích. Při vyšších koncentracích přispívá k tvorbě fotochemického smogu a hrozí zde riziko rakoviny a mutagenity (IRZ, 2019c).

Trichlorethylen je látka nebezpečná nejen pro životní prostředí, ale také pro člověka. Do organismu může vstupovat především inhalací. Expozice ovlivňuje centrální nervový systém, jeho dopady mají podobné projevy jako u alkoholu – bolest hlavy, závratě, zmatenost. Při pokračující expozici následuje bezvědomí i smrt. Nebezpečnost je umocněna tím, že jeho zápach rychle desenzibilizuje čich, a proto může inhalace nevědomky pokračovat až k množstvím toxickým, či dokonce smrtelným. Dráždí a poškozuje pokožku (až kožní alergie) a oči s možností nevratného poškození zraku (IRZ, 2019c).

Na základě několika studií bylo pozorováno, že trichlorethylen má nežádoucí účinky na centrální nervový systém, ledviny, játra, imunitní systém, dýchací trakt, reprodukční systém a vývoj embrya/plodu. V některých studiích jsou experimenty prováděny na experimentálních zvířatech (myši, morčata). Celková shoda studií s lidmi a laboratorními zvířaty a spektrum účinků (od biomarkerů až po přímé projevy

onemocnění) silně podporují závěr, že perchlorethylen způsobuje imunotoxicitu, zejména ve formě autoimunitního onemocnění a specifického typu závažné hypersenzitivní kožní poruchy, s omezeným důkazem imunoprese (Chiu et al., 2013).

Je nutné zdůraznit, že běžně se vyskytující koncentrace trichlorethylenu v životním prostředí jsou tak nízké, že nehrozí bezprostřední akutní ohrožení lidského zdraví (IRZ, 2019c).

4.4. Limity perchlorethylenu a jeho degradačních produktů pro jednotlivé složky životního prostředí

Pro perchlorethylen a jeho degradační produkty jsou stanoveny imisní limity a to k jednotlivým složkám životního prostředí (voda, ovzduší, půda) a v pracovním prostředí.

4.4.1. Voda

Limity stanovené pro vodu jsou rozděleny na limity pro pitnou vodu, povrchovou vodu, podzemní vodu a odpadní (průmyslovou) vodu (Petrlík et al., 2014).

- **Pitná voda:**

V Tabulce 3 jsou uvedeny limitní koncentrace pro pitnou vodu podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění.

Tabulka 3: Limity pitné vody pro perchlorethylen a jeho degradační produkty (Vyhláška č. 252/2004 Sb.)

Registrační číslo CAS	Látka	Pitná voda	
		Nejvyšší mezní hodnota	
		µg/l	
75-01-4	Vinylchlorid	0,5*	
75-35-4	1,1-dichlorethylen	--	
107-06-2	1,2-dichlorethylen	3	
79-01-6	Trichlorethylen	10**	
127-18-4	Perchlorethylen	10**	

*Hodnota platí pro zbytkovou koncentraci monomeru vypočtenou podle údajů o obsahu a možném uvolňování z materiálů a předmětů sloužících k úpravě, výrobě a distribuci pitné vody, které jsou ve styku s pitnou vodou. (Vyhláška č. 252/2004 Sb.)

**Součet koncentrací perchlorethylenu a trichlorethylenu nesmí překročit 10 µg/l. (Vyhláška č. 252/2004 Sb.)

- **Povrchová voda:**

V Tabulce 4 jsou uvedeny limitní koncentrace pro povrchovou vodu podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v platném znění.

Tabulka 4: Limity povrchové vody pro perchlorethylen a jeho degradační produkty (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.)

Registrační číslo CAS	Látka	Povrchová voda	
		Norma environmentální kvality	
		µg/l	
		NEK-RP	NEK-NPK
75-01-4	Vinylchlorid	1	--
75-35-4	1,1-dichlorethylen	--	--
156-59-2	cis-1,2-dichlorethylen	1	--
156-60-5	trans-1,2-dichlorethylen	6,8	--
79-01-6	Trichlorethylen	10	nepoužije se
127-18-4	Perchlorethylen	10	nepoužije se

NEK-RP: norma environmentální kvality vyjádřená jako celoroční průměrná hodnota. Není-li uvedeno jinak, použije se na celkovou koncentraci všech izomerů. Pro každý daný útvar povrchových vod se použitím NEK-RP rozumí, že aritmetický průměr koncentrací naměřených v různých časech průběhu roku v žádném reprezentativním monitorovacím místě ve vodním útvaru nepřekračuje dotyčnou normu. (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.)

NEK-NPK: norma environmentální kvality vyjádřená jako nejvyšší přípustná hodnota je nepřekročitelná. Je-li NEK-NPK označena výrazem "nepoužije se", pak se hodnoty NEK-RP považují za hodnoty, které v případě trvalého vypouštění chrání

proti krátkodobým maximům znečištění, neboť jsou výrazně nižší než hodnoty odvozené na základě akutní toxicity. (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.)

- **Podzemní voda:**

Tabulka 5 uvádí limitní koncentrace pro podzemní vodu podle Věstníku MŽP ročník XIV – leden 2014 – částka 1.

Tabulka 5: Limity podzemní vody pro perchlorethylen a jeho degradační produkty (MŽP, ©2014)

Registrační číslo CAS	Látka	Podzemní voda
		µg/l
75-01-4	Vinylchlorid	0,015
75-35-4	1,1-dichlorethylen	260
156-59-2	cis-1,2-dichlorethylen	28
156-60-5	trans-1,2-dichlorethylen	86
79-01-6	Trichlorethylen	0,44
127-18-4	Perchlorethylen	9,7

- **Odpadní voda:**

V Tabulce 6 jsou uvedeny limitní koncentrace perchlorethylenu v odpadních vodách. Emisní standardy jsou převzaty ze Směrnice Rady č. 90/415/EHS pro jednotlivé druhy výroby do nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v platném znění. Toto nařízení stanovuje měsíční a denní limity v odpadních vodách.

Tabulka 6: Měsíční a denní limitní koncentrace perchlorethylenu v odpadních vodách (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.)

Látka, průmyslové odvětví a druh výroby	Přípustné hodnoty	
	Měsíční průměr	Denní průměr
Výroba trichlorethylenu a perchlorethylenu (technologie TRI-PER) ²	2,5 g/t, 0,5 mg/l*	5 g/t, 1 mg/l*
Výroba tetrachlormethanu a perchlorethylenu (technologie TETRA-PER) ³	2,5 g/t, 1,25 mg/l*	5 g/t, 2,5 mg/l*

Látka, průmyslové odvětví a druh výroby	Přípustné hodnoty	
	Měsíční průměr	Denní průměr
Perchlorethylen		
Užití perchlorethylenu k odmašťování kovů, s vypouštěním nad 30 kg/rok	0,1 mg/l*	0,2 mg/l*
Výroba fluorchloruhlovodíků (freonů) ^{4,5}	2 g/t, 10 mg/l*	4 g/t, 20 mg/l*
Ostatní průmyslová odvětví, výroby a neprůmyslové zdroje, s vypouštěním nad 30 kg/rok ^{4,6}	0,2 mg/l*	0,4 mg/l*
Užití perchlorethylenu jako rozpouštědla s vypouštěním pod 30 kg/rok ^{4,6,7}	přípustná hodnota „p“ 0,5 mg/l*	

*V povolení stanovené limitní koncentrace nesmějí být větší než hodnoty vyjádřené v g/t dělené spotřebou vody v m³/t parametru charakterizujícího výrobu. Mezní hodnoty vyjádřené v g/t musejí být v každém případě dodrženy (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.).

2) Přípustné hodnoty poměrného množství perchlorethylenu jsou uvedeny v g/t celkové výrobní kapacity trichlorethylenu a perchlorethylenu. Přípustné hodnoty koncentrací jsou vztaženy k referenčnímu objemu odpadních vod 5 m³/t výrobní kapacity trichlorethylenu + perchlorethylenu (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.).

3) Přípustné hodnoty poměrného množství perchlorethylenu jsou uvedeny v g/t celkové výrobní kapacity trichlorethylenu a perchlorethylenu. Přípustné hodnoty koncentrací jsou vztaženy k referenčnímu objemu odpadních vod 2 m³/t výrobní kapacity trichlorethylenu + perchlorethylenu (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.).

4) Vodoprávní úřad je při stanovení emisních limitů povinen přihlížet k nejlepším dostupným technikám ve výrobě a nejlepším dostupným technologiím v oblasti zneškodňování odpadních vod (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.).

5) Přípustné hodnoty koncentrace a poměrného množství jsou uvedeny jako AOX² v mg/l resp. v g/t celkové výrobní kapacity fluorchloruhlovodíků (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.).

²AOX - halogenové organické sloučeniny.

⁶⁾ Přípustné hodnoty koncentrace jsou uvedeny jako AOX v mg/l (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.).

⁷⁾ Užití perchlorethylenu zejména jako rozpouštědla pro chemické čištění, pro extrakci tuků nebo aromatických látek, k odmašťování kovů a podobně (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.).

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., stanovuje prahová množství vypouštěných uvedených zvláště nebezpečných látek obsažených v průmyslových odpadních vodách, při jejichž nedosažení není nutné vyžadovat denní 24hodinové sledování. Pro 1,2-dichlorethylen, trichlorethylen a perchlorethylen je prahové množství stanovené na hodnotě 30 kg/rok.

4.4.2. Ovzduší

V Tabulce 7 jsou uvedené limitní koncentrace perchlorethylenu a některých z degradačních produktů ve venkovním ovzduší. Podle § 27, odstavec 6 b, zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění, vydává Státní zdravotní ústav tzv. referenční koncentrace (v $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabulka 7: Referenční koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů ve venkovním ovzduší (Zákon č. 201/2012 Sb.)

Registrační číslo CAS	Látka	Referenční koncentrace ve vzduchu
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
75-01-4	Vinylchlorid	1
75-35-4	1,1-dichlorethylen	--
107-06-2	1,2-dichlorethylen	1
79-01-6	Trichlorethylen	2,3
127-18-4	Perchlorethylen	250

Pro vinylchlorid, 1,2-dichlorethylen a trichlorethylen jsou stanovené referenční koncentrace jakožto pro látky karcinogenní, odpovídající úrovni rizika $1 \cdot 10^{-6}$ a pro perchlorethylen jsou stanovené referenční koncentrace pro látky s prahovými účinky (Zákon č. 201/2012 Sb.).

Pro vnitřní ovzduší jsou podle Vyhlášky č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb, v platném znění, stanoveny limitní hodinové koncentrace. Pro perchlorethylen a trichlorethylen jsou tyto limitní

hodinové koncentrace stanovené na hodnotě 150 µg/m³. Pro ostatní degradační produkty perchlorethylenu nejsou stanoveny limitní hodinové koncentrace.

4.4.3. Půda

Věstník MŽP ročník XIV – leden 2014 – částka 1 stanovuje hodnoty indikátorů znečištění zemin a půdního vzduchu. V Tabulce 8 jsou uvedeny hodnoty znečištění zemin a půdního vzduchu perchlorethylenem a jeho degradačními produkty.

Tabulka 8: Půdní limity perchlorethylenu a jeho degradačních produktů (MŽP, ©2014)

Registrační číslo CAS	Látka	Zemina		Půdní vzduch	
		Průmyslově využívané území	Ostatní plochy	Průmyslově využívané území	Ostatní plochy
		mg/kg sušiny		mg/m ³	
75-01-4	Vinylchlorid	1,7	0,06	2,8	0,16
75-35-4	1,1-dichlorethylen	1100	240	880	210
156-59-2	cis-1,2-dichlorethylen	2000	160	--	--
156-60-5	trans-1,2-dichlorethylen	690	150	260	63
79-01-6	Trichlorethylen	6,4	0,91	3	0,43
127-18-4	Perchlorethylen	110	22	47	9,4

4.4.4. Pracovní prostředí

V Tabulce 9 jsou uvedeny limitní koncentrace v pracovním prostředí podle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanovují podmínky ochrany zdraví při práci, v platném znění, jsou stanoveny hodnoty PEL a NPK-P (Přípustné expoziční limity a Nejvyšší přípustná koncentrace).

Tabulka 9: Přípustné expoziční limity a nejvyšší přípustné koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů (Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.)

číslo CAS	Látka	PEL	NPK-P
		(mg/m ³)	
75-01-4	Vinylchlorid	7,5	15

číslo CAS	Látka	PEL	NPK-P
		(mg/m ³)	
75-35-4	1,1-dichlorethylen	8	16
156-59-2	cis-1,2-dichlorethylen	800	1600
156-60-5	trans-1,2-dichlorethylen	800	1600
79-01-6	Trichlorethylen	250	750
127-18-4	Perchlorethylen	250	750

4.5. Ohlašovací prahy perchlorethylenu a jeho degradačních produktů do integrovaného registru znečišťování

Perchlorethylen a jeho degradační produkty patří do Integrovaného registru znečišťování. V případě překročení stanoveného limitu má znečišťovatel povinnost tuto událost ohlásit. Tuto povinnost stanovuje zákon č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí a o změně některých zákonů, v platném znění (IRZ, 2019b). V Tabulce 10 jsou uvedeny ohlašovací prahy perchlorethylenu a jeho degradačních produktů.

Tabulka 10: Ohlašovací prahy perchlorethylenu a jeho degradačních produktů pro úniky a přenosy pro ohlašování do IRZ (IZR, 2019c, d, e)

číslo CAS	ohlašovací látka	ohlašovací prahy v kg/rok					
		Úniky			Přenosy		Rizikové složky životního prostředí
		ovzduší	voda	půda	v odpadních vodách	v odpadech	
75-01-4	Vinylchlorid	1000	10	10	10	--	ovzduší, voda, půda
75-35-4	1,1-dichlorethylen	----					
107-06-2	1,2-dichlorethylen	1000	10	10	10	--	ovzduší, voda, půda
79-01-6	Trichlorethylen	2000	10	--	10	--	ovzduší
127-18-4	Perchlorethylen	2000	10	--	10	1000	ovzduší, voda, půda

4.6. Hodnocení zdravotních rizik

Hodnocení zdravotních rizik (HRA - Health Risk Assessment) vychází ze zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění. Tento zákon definuje hodnocení zdravotních rizik jako „*Posouzení míry závažnosti zátěže populace vystavené rizikovým faktorům životních a pracovních podmínek a způsobu života. Podkladem pro hodnocení zdravotního rizika je kvalitativní a kvantitativní odhad rizika. Výsledek hodnocení zdravotního rizika je podkladem pro řízení zdravotních rizik, čímž se rozumí rozhodovací proces s cílem snížit zdravotní rizika.*“ (Frouz et al., 2015).

Zdravotní rizika se posuzují v životním prostředí, v pracovním prostředí a v potravinách či ve výživě (Havel B. 2004). Jak již definice napovídá, hodnocení zdravotních rizik slouží ke zjištění jádra a rozsahu zdravotního rizika. Díky tomu jsou stanoveny úřední limity škodlivých látek nebo slouží k dalšímu rozhodování a zkoumání u látek, pro které nejsou úřední limity stanoveny. Výsledky mají podobu čísla, která dále určují významnost zdravotního rizika (Komárek et al., 2008).

Hodnocení zdravotních rizik mohou provádět pouze autorizované osoby, Státní zdravotní ústav v Praze a krajské hygienické stanice jako ostatní orgány. Autorizované osoby jsou zveřejňovány na internetových stránkách Státního zdravotního ústavu a jsou definovány v zákoně č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění (Havel, 2004).

Hodnocení zdravotních rizik je vyžadováno nebo doporučeno provádět při odstávce pitné vody, která nesplňuje hygienické limity, posuzování územně plánovací dokumentace, posuzování vlivů záměru na životní prostředí, pokud by stavba mohla mít nepříznivý účinek na lidské zdraví, posuzování rizikových faktorů pracovních podmínek nebo může být součástí analýzy rizika při plánování sanací následků havárií (MŽP, ©2011).

S procesem hodnocení zdravotních rizik souvisí posuzování vlivů na veřejné zdraví. Posuzování vlivů na veřejné zdraví (HIA) je součástí procesů posuzování vlivů na životní prostředí (EIA, SEA) dle zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění, nebo projektů pro územní a stavební řízení. Posuzování mohou provádět jen autorizované

osoby, které jsou k tomu oprávněné na základě Osvědčení vydaného Ministerstvem zdravotnictví ČR (ZUUSTI, 2019).

4.6.1. Riziko

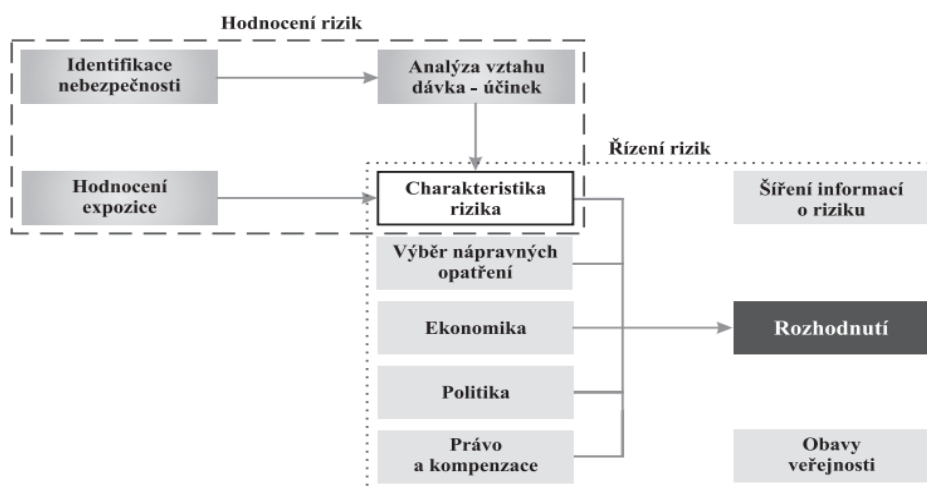
Pojem riziko se v dnešní době používá v mnoha souvislostech a oborech, kde může mít různý význam. Z globálního hlediska se jedná o pojem značné negace. Setkáváme se s mnoha definicemi, jako je například: „*Riziko je pravděpodobnost, že za dané situace dojde ke škodlivému (negativnímu) působení na hodnocený systém.*“ S pojmem riziko můžeme vnímat nebezpečí v různém rozsahu. Proto tedy pravděpodobnostní charakter vztahu mezi expozicí a účinkem má při nebezpečí negativní vliv. V číselném vyjádření se tato pravděpodobnost může pohybovat od 0 (k poškození vůbec nedojde) do 1 (k poškození dojde ve všech případech). (Provazník et al., 2000)

Konkrétně se zaměříme na zdravotní riziko. Jakékoliv zdravotní riziko vzniká účinkem expozice člověka konkrétní nebezpečné látky či látkám a právě proto zde vzniká pravděpodobnost poškození lidského zdraví. V širším rozsahu vzniká ekologické riziko, které může mít pravděpodobně vliv na poškození celého ekosystému, konkrétně živočišného nebo rostlinného druhu, nebo společenstev na různých úrovních.

4.6.2. Hodnocení a řízení rizik

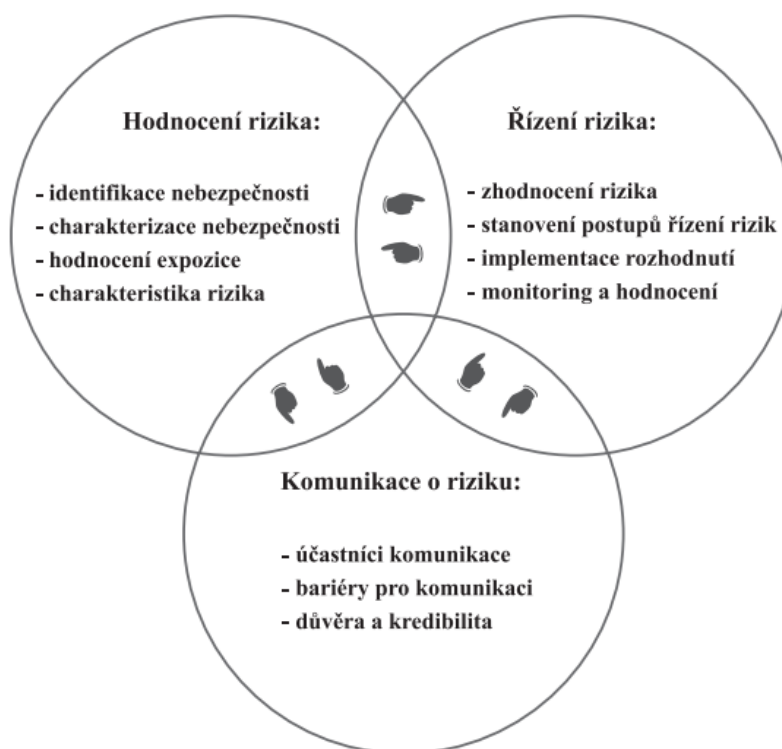
Cílem hodnocení a řízení rizika je optimalizace rizika. Celý proces se skládá z několika částí, první část se zabývá identifikací a charakterizací, popřípadě srovnáním rizika. Výstupy těchto procesů přináší podklady pro druhou část, ve které jsou přijímána opatření pro jejich snížení na únosnou míru (udržení na únosné míře). Součástí řízení rizika je komunikace a vnímání rizika. Komunikací se rozumí intenzivní a nepřetržitý tok informací o průběhu a výsledcích hodnocení a řízení rizika mezi všemi složkami společnosti. Naopak vnímání rizika představuje již názor složek společnosti včetně jejich výsledků. Právě tyto dva procesy mohou rozhodujícím způsobem ovlivnit výsledky řízení rizika. Na následujícím obrázku (Obrázek 3) jsou přehledně vysvětleny fáze hodnocení rizik, které přechází na řízení rizik. Mezi tímto je vzájemné propojení, které končí rozhodnutím (Provazník et al., 2000).

Obrázek 3: Hodnocení a řízení rizik (Komárek et al., 2008)



V praxi se můžeme setkat i s propojením hodnocení rizika, řízení rizika a komunikaci o riziku, jako samostatnou částí. Podle Světové zdravotnické organizace je komunikace o riziku stejně důležitá a neoddělitelná od těchto dvou základních částí. Jednotlivé fáze a propojení jsou zobrazeny na Obrázku 4 (Provazník et al., 2000).

Obrázek 4: Struktura analýzy rizika se vzájemnými vztahy mezi hodnocením rizika, řízením rizika a komunikací o riziku (Komárek et al., 2008)



4.6.3. Metody hodnocení zdravotních rizik

Primární metodické postupy hodnocení zdravotních rizik byly vypracovány Americkou agenturou pro ochranu životního prostředí (US EPA) a Světovou zdravotnickou organizací (WHO). Globálně jsou využívány jako podklad ke zhodnocení závažnosti zdravotního rizika v konkrétních situacích kontaminace prostředí a expozice lidí, s následným řízením rizika, tedy rozhodováním o nápravných opatřeních a jejich prioritě. Důležitou součástí tohoto procesu je i komunikace o riziku v podobě poskytnutí adekvátních a srozumitelných informací veřejnosti. Zpočátku byly metodické postupy hodnocení zdravotních rizik určeny k hodnocení rizika chemických látek z prostředí, ale v zásadě jsou dnes používány i v případě hodnocení rizika fyzikálních nebo biologických faktorů prostředí (MZ ČR, ©2005).

V České republice patří mezi základní metodické podklady pro hodnocení zdravotních rizik tzv. Manuál prevence v lékařské praxi díl VIII. Základy hodnocení zdravotních rizik, vydaný v roce 2000 Státním zdravotním ústavem v Praze, a další literatura doporučená ke kurzu a zkoušce odborné způsobilosti v rámci autorizace k hodnocení zdravotních rizik, včetně autorizačních návodů vydaných SZÚ Praha (MZ ČR, ©2005).

Metoda hodnocení zdravotních rizik bývá používána nejen pro formulaci odborných stanovisek, ale i jako podklad pro správní rozhodnutí. Jednou z oblastí uplatnění je hodnocení rizika z expozice chemickým látkám v životním prostředí, včetně pitné vody. Metoda je dobře standardizována a oprávnění provádět hodnocení zdravotních rizik podle zákona o ochraně veřejného zdraví mají pouze pracovníci krajských hygienických stanic a autorizované osoby. Vzhledem k množství používaných proměnných při výpočtu (kvantifikaci) rizika mohou teoreticky nastat případy, že stejná nebo obdobná expoziční situace bude různými osobami rozdílně posouzena (Kazmarová, 2018).

Na metody hodnotící zdravotní a ekologická rizika se aplikují poměrně podobné postupy. Buď se ekologické riziko zjišťuje na základě obdobné metody, nebo se riziko testuje pomocí ekotoxikologických testů, hodnocení výluhů atd. Přesto je více rozšířené hodnocení zdravotních rizik. Předkládaná diplomová práce je

zaměřena na metody hodnocení rizik z hlediska zdraví lidské populace (Zimová et al., 2010a).

Standardní postup hodnocení zdravotních rizik (MŽP, ©2011):

1. identifikace nebezpečí (hazard identification),
2. určení vztahu dávka – účinek (evaluation of dose – response relationship),
3. hodnocení expozice (Exposure characterisation),
4. charakterizace rizika (risk characterisation),
5. řízení rizika (risk management),
6. komunikace rizika (risk communication).

• IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ

Prvním krokem je nutné identifikovat nebezpečí. Jedná se o identifikaci rizika nebo škodliviny. Jde o posouzení závažnosti, zda škodlivina má negativní dopad na člověka a jeho zdraví na základě dostupných zjištění o jeho působnosti. Nejvíce parametrů a údajů je k dispozici u chemických látek. Tyto zjištěné údaje od lidí, zvířat či jiných živých organismů určují, zda expozice škodliviny může způsobit vzestup výskytu nějaké poruchy zdraví (klinický projev). (Provazník et al., 2004)

Při identifikaci rizika je třeba posoudit, zda a za jakých skutečností může být chemická látka nebezpečná pro lidské zdraví (MŽP, 2014). Provádí se to na základě hodnocení dat pořízených z pozorování u lidí, z experimentálních studií na zvířatech, na izolovaných orgánech, tkáních, buněčných systémech nebo dat získaných ze studií vztahů mezi chemickou strukturou a biologickou účinností (Provazník et al., 2004).

Identifikace zdravotních rizik zahrnuje určení a zdůvodnění prioritních škodlivin a dalších rizikových faktorů (například pro vybranou lokalitu), základní charakteristiku příjemců rizik (ohrožitelných subjektů) a shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice (MŽP, ©2011).

• URČENÍ VZTAHU DÁVKA – ÚČINEK

Základem pro hodnocení zdravotních rizik pro populaci je znalost vztahu mezi dávkou a účinkem. Vztah dávky a účinku obsahuje rozbor o toxických účincích látky při různé dávce (MŽP, ©2011). Empirická pozorování prokázala, že pokud se

zvyšuje dávka škodliviny, zvyšuje se i její škodlivý (toxický) účinek a projevuje se zvyšováním závažnosti odpovědi. Tato skutečnost je základem pro hodnocení zdravotních rizik, kde však musíme rozlišovat mezi posuzováním látek s prahovým a bezprahovým účinkem. Mechanismy působení těchto dvou typů škodlivin jsou odlišné (Provazník et al., 2000).

○ **Látky s prahovými účinky**

Prahový účinek se projevuje až po překročení kapacity fyziologických detoxikačních a reparačních obranných mechanismů. Lze tedy identifikovat míru expozice, která je pro organismus člověka ještě bezpečná a za normálních okolností nevyvolá nepříznivý efekt. Míru ještě bezpečné expozice udávají prahové hodnoty (Provazník et al., 2000).

Prahová hodnota, označovaná jako NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) je úroveň expozice, při které není pozorován nepříznivý účinek, může být určena na pokusu na zvířeti. Alternativně jsou používány i hodnoty LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level) - nejnižší dávka, při které je pozorován nepříznivý účinek na lidské zdraví (Komárek et al., 2008). Důležitá je referenční dávka (RfD), což je limit sekundární od NOAEL popř. LOAEL, přiřazováním faktorů nejistoty (Uncertainty Factors UF), případně upravujících faktorů. Faktor nejistoty má vyrovnávat všechny nejistoty a variabilitu při stanovování hodnoty NOAEL. Kromě faktorů nejistot jsou při výpočtech aplikovány také modifikující faktory MF (modified factors). Referenční koncentrace RfC (Reference concentration) a RfD (Reference Dose) se používají jako míra potenciální systémové toxicity a rizika, který vyplývá z expozice chemické látky. Dalším důležitým krokem je zjistit, zda látky nebo jejich směsi mají tzv. kritický účinek, tj. takový účinek, který je pozorován při nejnižších expozičních úrovních. Pokud se neprojeví kritický účinek, znamená to, že dávka je tak nízká, že se nedostaví žádné další účinky, které by vyžadovaly dávku větší než je kritický účinek (MŽP, ©2011).

○ **Látky s bezprahovými účinky**

Tento účinek se předpokládá u látek a jejich směsí podezřelých z genotoxických, mutagenních a karcinogenních vlastností. Nelze stanovit bezpečnou dávku, neexistuje tedy práh účinku. To znamená, že teoreticky jedna

molekula látky s karcinogenní vlastností může přejít v maligní nádorové onemocnění. Stanovují se jednotky karcinogenního rizika, které jsou vztažené přímo ke koncentraci karcinogenní látky. Pro hodnocení dávky a účinku látek s bezprahovým účinkem se nejčastěji používá pojem faktor směrnice (SF – Slope Factor), někdy bývá také zmiňován jako směrnice rakovinového rizika (CSF – Cancer Slope Factor). Faktor směrnice určuje biologicky možný horní okraj odhadu pravděpodobnosti, kdy vznikne nádorové onemocnění. Je vztažený na jednotku průměrné denní dávky přijímané po celý život a následně je možné jej použít k odhadu celoživotního rizika, jež je výsledkem celoživotní expozice (MŽP, ©2011).

- **HODNOCENÍ EXPOZICE**

Hodnocení expozice je proces měření nebo odhadování velikosti, frekvence a trvání expozice člověka chemické látce a jejích směsí v prostředí. Dalším krokem při hodnocení expozice je odhadnout velikost, povahu a typ populace, která je dané látce vystavena. Součástí dobře provedeného hodnocení expozice je také popis všech pochybností a nejistot, které jsou obsaženy v odhadech. Výsledkem hodnocení je identifikovat a kvantifikovat chemické, fyzikální a biologické agens, které mohou mít významný negativní dopad na lidské zdraví. Hodnocení expozice může být přímé (dotazník, expoziční scénář, monitorování prostředí) nebo nepřímé (osobní monitoring, biologický monitoring). (MŽP, ©2011)

Rizikové skupiny osob

V populaci existují velké rozdíly v riziku mezi jednotlivci, kteří jsou vystaveni stejné úrovni expozice. Rozdíly vznikají na základě vnímavosti a důsledku rozdílů v expozičních faktorech (frekvence dýchání, dietární zvyky, zaměstnání, aj.) Existují tzv. rizikovější skupiny populace, jsou to lidé, u nichž je vyšší pravděpodobnost expozice (děti, pracovníci) nebo jsou to lidé vnímavější vůči noxe (děti, těhotné ženy, nemocní lidé). V rámci hodnocení zdravotních rizik je důležité tuto populaci identifikovat (Komárek et al., 2008).

Expozice kontaminantem může přímo záviset i na individuálním chování jedince (Boyd et al., 1999). Citlivou populaci představují především děti, a to díky jejich fyziologické rozdílnosti, nevyvinutému imunitnímu a metabolickému systému, vyššímu bujení buněk a tkání kvůli růstu a vývoji apod. Vyšší expoziční dávka u dětí

vychází rovněž z jejich nízké tělesné hmotnosti. Díky vyšší fyzické aktivitě a celkovému způsobu života u dětí je zde předpoklad pro vyšší expozici škodlivým látkám z prostředí (MŽP, ©2011).

Odhad expozice a expoziční scénáře

Pro kteroukoliv chemickou látku i pro kterýkoliv zdroj existuje určitý rozsah expozice, kterému jsou jedinci při styku s kontaminovanými složkami ŽP vystaveni. Expozice může být větší nebo menší. Závisí to na délce styku s kontaminovanou složkou nebo na velikosti znečištění mikroprostředí, ve kterém se jedinci převážně pohybují. Odhad rizika by měl obsahovat informace o rozsahu expozice, které jsou odvozeny z expozičních scénářů. Hodnocení expozice má důležitou roli při posuzování významnosti zdrojů kontaminace, transportu, rozvoje a konečného výsledku efektu škodlivé látky (Komárek et al., 2008). Expoziční scénář lze definovat jako povinnou část hodnocení expozice, při které je nutné určit a vyhodnotit zdravotní rizika v důsledku působení škodlivé látky na lidský organismus.

Kategorizace expozičních scénářů (MŽP, ©2011):

- podle expozičního média (půda, voda, potraviny, atd.),
- podle typu expozice (ingesce, inhalace, dermální kontakt, atd.),
- podle využití území (rekreační, rezidenční, zemědělské, průmyslové, atd.),
- podle exponované populace (dospělí, děti, muži, ženy, těhotné ženy, atd.),
- podle typu kontaminantů i podle typu jejich vzájemné interakce (organické, anorganické, těkavé, rozpustné, atd.).

• CHARAKTERISTIKA RIZIKA

Účelem charakterizace rizika je sumarizovat všechny předešlé kroky hodnocení zdravotních rizik, tedy seskupit všechny zjištěné informace a údaje. Charakterizace rizika je výchozím bodem pro proces řízení rizika. Jedná se především o (Zimová et al., 2010a):

- kvalitativní závěry o nebezpečnosti konkrétní látky na lidské zdraví,

- rozborů údajů o vztahu dávka – odpověď, které byly aplikovány pro odvození RfD (včetně všech faktorů nejistoty a modifikujících faktorů, které byly použity),
- odhady (typu, frekvence, délky a míry expozice, včetně cest vstupu škodlivé látky do organismu, atd.),
- posouzení celkového stupně nejistoty a pochybností v analýze včetně posouzení hlavních předpokladů, použitých vědeckých postupů a odhadu stupně konzervativního přístupu k hodnocení.

Charakterizace nekarcinogenního rizika

Základem charakterizace rizika je srovnání výsledku hodnocení expozice (expoziční dávky) s expozičním limitem (toxikologicky akceptovatelným přívodem toxické látky). Měřitko nekarcinogenního rizika nebezpečné látky na lidské zdraví je index nebezpečnosti (hazard index – HI). Vypočítává se z chronického denního příjmu a referenční dávky (Komárek et al., 2008).

Charakterizace karcinogenního rizika

Pro charakterizaci karcinogenního rizika je nutné znát velikosti expoziční dávky a faktoru směrnice pro chemickou látku. Velikost karcinogenního rizika je vypočítávána pomocí faktoru směrnice (SF) a expoziční dávky přepočítané na celoživotní průměrné denní expoziční dávky (Komárek et al., 2008).

- **ŘÍZENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK**

Řízení zdravotních rizik představuje proces, při kterém je nutné najít optimální způsob, jak vyhodnocená rizika snížit na přijatelnou úroveň a držet tuto úroveň tak, aby byly přijatelné i vynaložené náklady (Havel, 2004).

Zhodnocení rizika (Komárek et al., 2008):

- identifikace zdravotního problému,
- stanovení profilu rizika,
- stanovení prioritních nebezpečí pro hodnocení a řízení rizika,
- stanovení politiky hodnocení rizika pro jeho provedení v praxi,
- organizace aktivit spojených s hodnocením zdravotního rizika,
- zvážení výsledků hodnocení zdravotních rizik.

Řízení zdravotního rizika v praxi (Komárek et al., 2008):

- zhodnocení výsledků charakterizace rizika,
- rozhodnutí o přijatelnosti či nepřijatelnosti rizika,
- návrh variant řízení rizika a způsobu efektivní realizace v praxi,
- konzultace variant řešení se všemi zainteresovanými stranami,
- rozhodnutí o provedení opatření omezujících zdravotní riziko v praxi,
- určení komunikační strategie.

• **KOMUNIKACE RIZIKA**

Komunikace neboli jakákoliv výměna informací o riziku je neodmyslitelnou částí hodnocení zdravotních rizik. Sdělování informací mezi zainteresovanými stranami (státní organizace, média, vědecká komunita aj.) o úrovni zdravotního rizika, politice, aktivitách a rozhodnutích. S veřejností komunikují odborníci o zdravotních rizicích tak, aby nebyli frustrováni. V předávání informací veřejnosti hrají důležitou roli média, někdy však dochází k nežádoucí přeměně informací, což může způsobit podceňování nebo přeceňování zdravotních rizik. Při komunikaci mohou vzniknout komunikační problémy spojené s formulací informace, informačními zdroji, s přenosem informací a příjemci informací (Komárek et al., 2008).

4.6.4. Způsoby modelového hodnocení zdravotních rizik

K hodnocení zdravotních rizik existuje několik metodik a nástrojů, jak posoudit expozici chemické látky ze životního prostředí. V našem prostředí je nejčastěji používán Metodický pokyn MŽP pro analýzu rizik kontaminovaných území a Manuál prevence v lékařské praxi, které přejímají metody z US EPA a WHO. Uspořádání a koncepce je u většiny těchto metodických pokynů vytvořena na obdobném principu.

Deterministický způsob hodnocení zdravotních rizik

Deterministický způsob přenáší hodnotu koncentrace ve složkách životního prostředí na kvantitativní odhad expoziční dávky pronikající do lidského organismu (Zimová et al., 2010a). Hodnocení zdravotních rizik deterministickým způsobem bývá často kritizováno kvůli svému konzervatismu. Při výpočtech expozice bývají totiž opakovaně používány horní odhady expozičních parametrů, což vede k odhadu

expozice hypoteticky nejvíce exponovaného jedince spíše než typických zástupců populace. Nedostatkem tohoto způsobu hodnocení je pouze jediná hodnota odhadu rizika. Z toho vyplývá, že celá populace je vystavena této úrovni rizika. Deterministický způsob hodnocení rovněž nenabízí příliš velký prostor pro posouzení závažnosti v případě, kdy se vypočtené riziko pohybuje na hranici, případně převyšuje hodnotu přijatelného rizika (Finley et al., 1994).

Pravděpodobnostní způsob hodnocení zdravotních rizik

Pravděpodobnostní hodnocení rizik využívá analýzu pravděpodobnosti k vyjádření kvantitativní analýzy variability rizika v hodnocené populaci (US EPA, 1997). Výsledkem pravděpodobnostního hodnocení rizik tak není jediná hodnota, ale pravděpodobnostní distribuční funkce rizika daná přirozenými odlišnostmi jedinců v hodnocené populaci. Metoda pravděpodobnostního hodnocení rizik se ukázala jako velmi užitečný doplněk deterministického způsobu hodnocení zdravotních rizik (Bonomo et al., 2000, Paustenbach, 2000).

5. Charakteristika studijního území

Studijní území, ze kterého pocházejí naměřené koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů, se nachází v Libereckém kraji (Obrázek 5) a jedná se o asanační podnik SAP Mimoň spol. s.r.o. V areálu závodu SAP Mimoň (zabývajícího se likvidací živočišného odpadu a bioodpadu) vzniklo v důsledku činnosti bývalého Veterinárního asanačního ústavu (VAÚ) Mimoň v letech 1963–1989 rozsáhlé ohnisko znečištění podzemní vody a nenasurované zóny chlorovanými uhlovodíky (dále jen CIU). Jedná se tedy o starou ekologickou zátěž z minulosti (SEKM, 2019a).

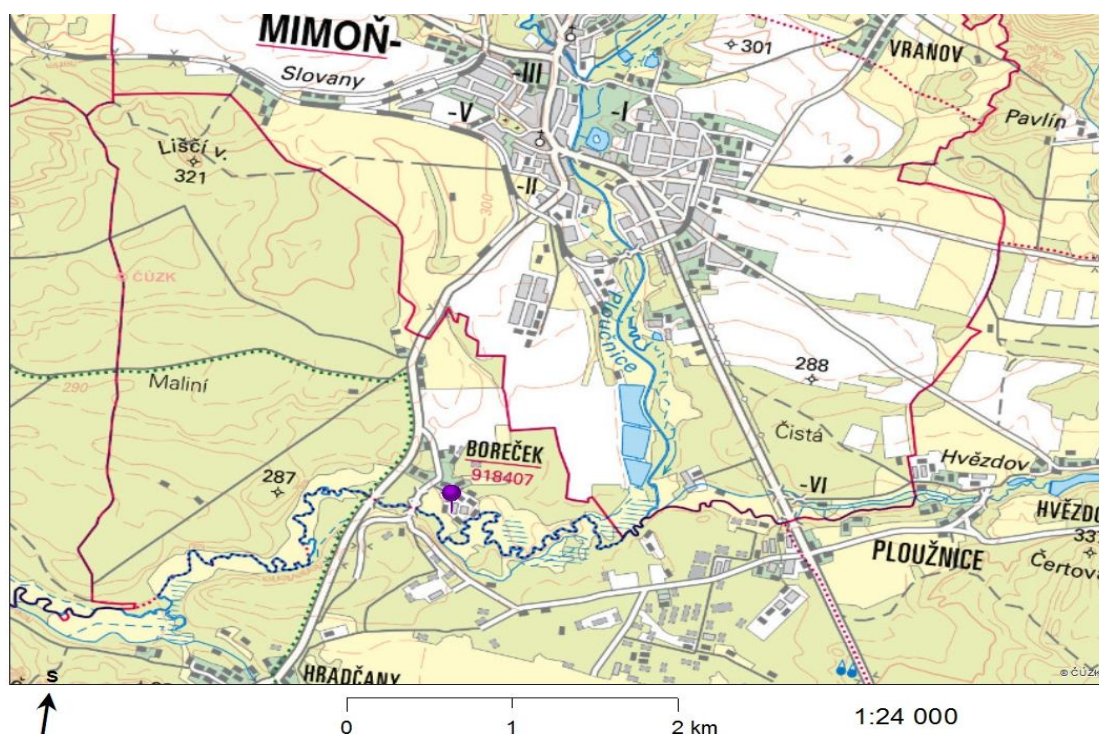
Obrázek 5: Orientační umístění SAP Mimoň v České republice



Zdroj dat: www.mapy.cz

Výrobní areál SAP Mimoň je situován na okraji obce Boreček, v plochém údolí tvořeném říční nivou, na pravém břehu řeky Ploučnice (Obrázek 6). Částečně zasahuje do inundačního pásma Ploučnice, které není zemědělsky využíváno. Území dnešního výrobního areálu SAP je od poloviny minulého století využíváno k průmyslové činnosti (zpracování živočišného odpadu). Součástí lokality je samotný areál SAP, dále bývalá vodárna Boreček a niva Ploučnice. Vzhledem k tomu, že znečištění bylo způsobeno provozem státního podniku, tento závazek přešel pod gesci Ministerstva financí ČR (SEKM, 2019a).

Obrázek 6: Konkrétní umístění SAP Mimoň



Prvním projevem kontaminace v závodě SAP Mimoň bylo v roce 1989 zjištění obsahu CIU v jímacích vrtech vodárny Boreček, vzdálených od závodu SAP Mimoň 350 m. Nyní probíhá havarijní sanační čerpání, jehož cílem je zamezit dalšímu šíření kontaminace podzemními vodami (SEKM, 2019a).

Sanace znečištění byla založena na intenzivním čerpání podzemní vody, doplněném ventingem, air spargingem a aplikací ozónu. V místě úniku byla kontaminována i nesaturovaná zóna (SEKM, 2019b). Cílem sanace je odstranění úniku chlorovaných uhlovodíků a navrácení místa do původního „neznečištěného“ stavu.

Navrhovaná sanace: Sanace podzemní vody čerpáním s následným stripováním nesmí být z důvodu ochrany Ploučnice přerušena. Čerpání podzemní vody bude probíhat 6 let. V prvních dvou letech bude čerpáno průměrně 9 vrtů, v dalších 4 letech se bude počet čerpaných vrtů snižovat na 4 v závislosti snižování úrovně kontaminace podzemní vody. Aplikace ozónu je projektované také na 6 let, první 4 roky je plánována intenzivnější sanace. Ve zbývajících 2 letech bude počet aplikačních vrtů snižován. Současně bude v 5. a 6. roce sanace hodnoceno plnění sanačních limitů. Pokud budou výsledky pozitivní, aktivní sanační zásah se ukončí

a v 7. a 8. roce proběhne dvouletý posadační monitoring. Na 9. rok od zahájení je plánována likvidace vrtů (SEKM, 2019).

6. VÝSLEDKY PRÁCE

6.1. Analýza starých ekologických zátěží České republiky

Tabulka 11 uvádí obecnou statistiku kontaminovaných míst z databáze Systému evidence kontaminovaných míst (dále jen SEKM) ke dni 31. 1. 2019 v České republice (dále jen ČR). V tabulce jsou uvedené celkové počty zaznamenaných lokalit, látek, vzorků, atd.

Tabulka 11: Obecné informace k databázi SEKM

Celkový počet evidovaných lokalit	4971
Celkový počet evidovaných látek	309
Celkový počet evidovaných vzorků	1149865
Celkový počet lokalit kde stav není uveden	2338
Celkový počet lokalit kde stav je ke schválení	77
Celkový počet lokalit kde stav je schváleno	2543
Celkový počet lokalit kde stav je nepřijato	13

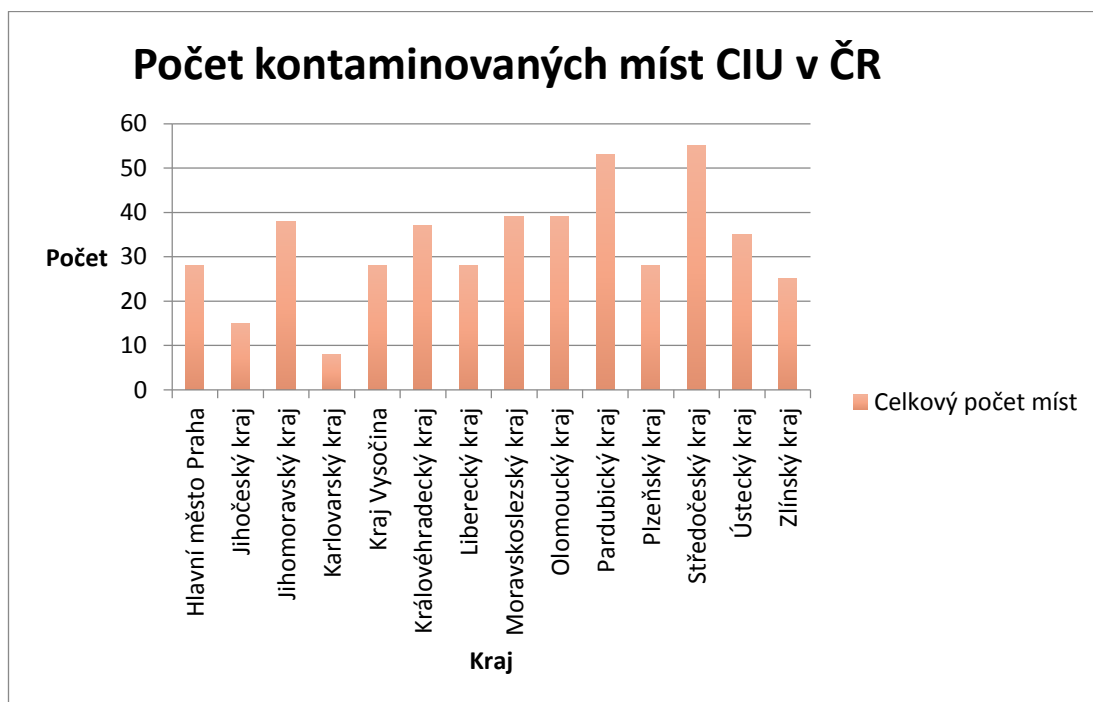
Zdroj dat sekm.cz, zpracování vlastní.

6.1.1. Kontaminovaná místa chlorovanými uhlovodíky

K 31. 1. 2019 evidujeme v ČR celkem 454 míst kontaminovaných chlorovanými uhlovodíky (dále jen CIU) z celkového počtu 4 971 evidovaných kontaminovaných míst v databázi SEKM. Na Obrázku 7 jsou zobrazena kontaminovaná místa, která jsou rozdělena podle krajů ČR. Nejvyšší počet zaznamenaných kontaminovaných míst CIU je ve Středočeském kraji – 55 kontaminovaných míst. Naopak nejméně zaznamenaných kontaminovaných míst CIU je v Karlovarském kraji – 8 kontaminovaných míst. V Karlovarském kraji je oproti všem ostatním krajům rapidně nejnižší počet kontaminovaných míst chlorovanými uhlovodíky.

V celkovém počtu jsou zařazena všechna kontaminovaná místa, ať už je návrh ve formě rozpracování, přijetí, schválení nebo je již návrh schválen.

Obrázek 7: Přehled jednotlivých kontaminovaných míst CIU v ČR rozdělena podle krajů

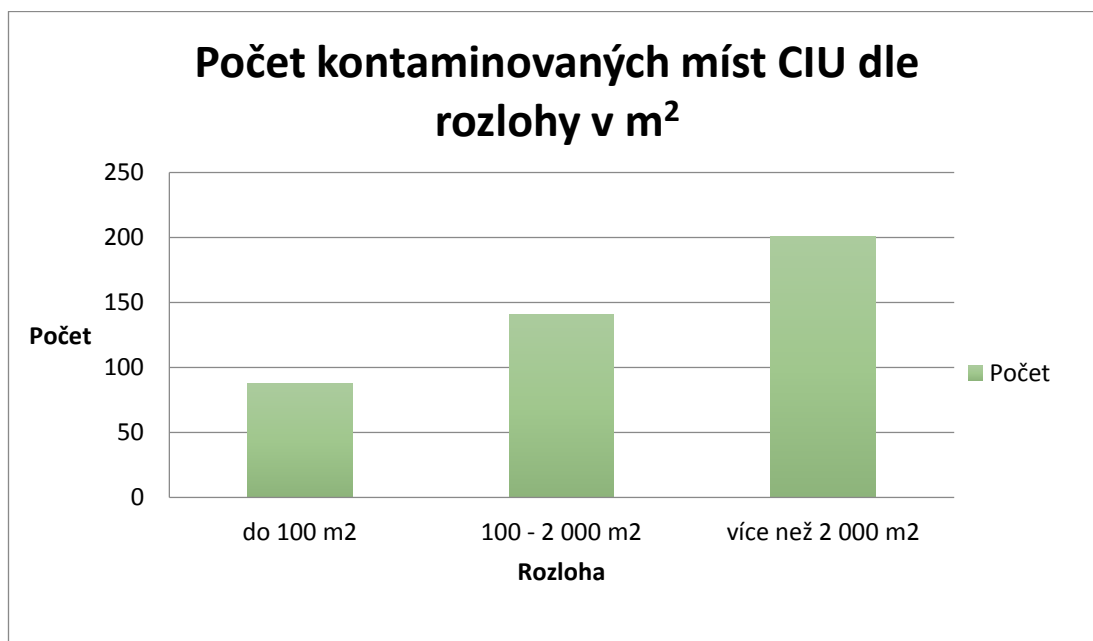


Zdroj dat sekm.cz, zpracování vlastní

- **Rozloha kontaminovaných míst chlorovanými uhlovodíky**

V databázi SEKM jsou kontaminovaná místa chlorovanými uhlovodíky rozdělena do tří velikostních kategorií, a to do 100 m², 100–2000 m² a nad 2000 m². Obrázek 8 vyobrazuje zastoupení kontaminovaných míst CIU v jednotlivých velikostních skupinách. Nejvíce zastoupenou kategorií jsou kontaminovaná místa nad 2000 m², a to v počtu 201 lokalit. V prostřední kategorii 100–2000 m² je 141 kontaminovaných lokalit. Nejmenších kontaminovaných míst do 100 m² je zaevidováno 88. U zbytku lokalit je velikost nespecifikována.

Obrázek 8: Rozdělení kontaminovaných míst CIU podle rozlohy



Zdroj dat sekm.cz, zpracování vlastní

- **Typ lokality kontaminované chlorovanými uhlovodíky**

V Tabulce 12 jsou rozdělena místa kontaminovaná chlorovanými uhlovodíky podle typu lokality. V nejvyšším počtu, a to 176 lokalit, jsou zastoupeny průmyslové či komerční lokality. Druhý nejpočetnější typ lokality je lokalita určená pro výrobu/skladování/manipulaci s nebezpečnými látkami kromě ropných v počtu 82 zaznamenaných lokalit. Dalšími typy lokalit jsou skládky komunálního odpadu, průmyslové skládky, střelnice, atd.

Tabulka 12: Přehled typu lokality z databáze SEKM

Typ lokality	Počet
kontaminovaný areál - průmyslová či komerční lokalita	176
výroba/skladování/manipulace s nebezpečnými látkami (mimo ropných)	82
skládka TKO	56
průmyslová skládka	37
střelnice/vojenské výcvikové prostory	30
Neznámo	23
výroba/skladování/manipulace s ropnými látkami	15
obchodní/logistický areál	10
havárie jiných nebezpečných látek (mimo ropných)	6
ukončený hlubinný důl	5
Odkaliště	5

kontaminace dnových sedimentů	3
skladování živočišných odpadů v zemědělství	2
havárie ropných látek	2
ukončený povrchový důl	1

Zdroj dat sekm.cz, zpracování vlastní

- **Typ původce znečištění**

Dalším rozdělením kontaminovaných míst CIU v ČR je podle typu původce znečištění. V Tabulce 13 jsou uvedena jednotlivá odvětví, ze kterých pochází znečištění chlorovanými uhlovodíky. Jedná se převážně o znečištění ze strojírenství, komunálního odpadu, chemického průmyslu, armády atd. Právě ze strojírenství pochází nejvíce kontaminovaných míst, a to 166 evidovaných míst v ČR.

Tabulka 13: Přehled typu původce znečištění z databáze SEKM v ČR

Typ původce znečištění	Počet
strojírenství	166
jiné	52
komunální odpady	48
chemický průmysl	38
armáda	31
výroba a distribuce elektrické energie	19
elektrotechnika	16
hutnictví a slévárnictví	14
textilní průmysl	8
hornictví	7
sběrné suroviny, autovrakoviště	7
plynárenství	6
zpracování ropy	6
sklářství, keramika, cihelny, zpracování minerálních nekovových hmot	6
dřevozpracující a papírenský průmysl	5
doprava a distribuce	5
kožedělní průmysl	3
zemědělství, lesnictví	3
čerpací stanice PHM	3

Zdroj dat sekm.cz, zpracování vlastní

6.2. Hodnocení zdravotních rizik pro jednotlivé expoziční scénáře

Hodnocení zdravotních rizik deterministickou metodou bylo provedeno u 6 látek, pro které bylo vypočítáno nekarcinogenní a karcinogenní riziko.

6.2.1. Hodnocení nekarcinogenního rizika u rezidenčních obyvatel

Následující kapitola hodnotí nekarcinogenní riziko u dospělé a dětské populace, tedy u rezidenčních obyvatel. Koncentrace vstupující do rovnic u vybraných expozičních scénářů pocházejí z povrchové a podzemní vody a tkání ryb z řeky v rámci studijního území. Hodnoty, které překročily stanovený limit (1) a znamenají riziko pro lidské zdraví, jsou zvýrazněny červeně.

- **Ingesce vody při pití**

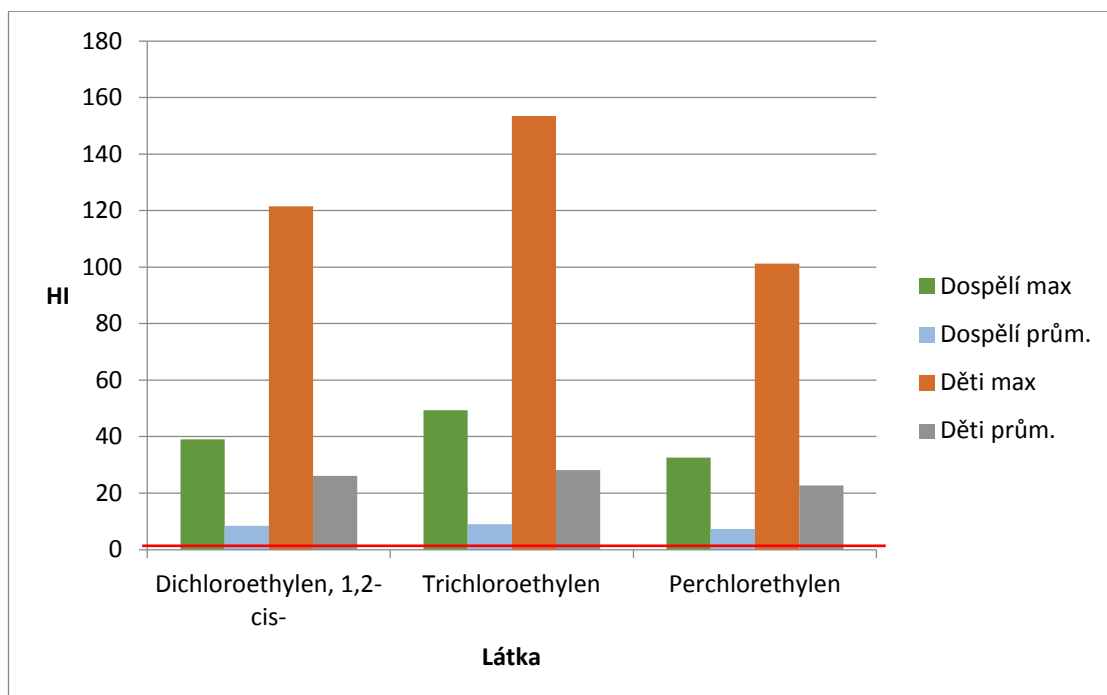
Tabulka 14 shrnuje výpočet HI expozičního scénáře ingesce vody při pití u rezidenčních obyvatel. U dětské populace bylo nekarcinogenní riziko prokázáno u maximálních hodnot vinylchloridu (při koncentraci 0,22 mg/l), a také maximálních a průměrných hodnot cis-1,2-dichlorethylenu, trichlorethylenu a perchlorethylenu. Pouze u 1,1-dichlorethylenu a trans-1,2-dichlorethylenu nebylo toto riziko prokázáno, jelikož zde nebyla překročena limitní hodnota. U cis-1,2-dichlorethylenu bylo nekarcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 3,8 mg/l) překročeno 121x, u trichlorethylenu bylo nekarcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 1,2 mg/l) překročeno 153x a u perchlorethylenu bylo nekarcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 9,5 mg/l) překročeno 101x. U dospělé populace bylo obdobně zjištěno nekarcinogenní riziko u 4 ze 6 látek, pouze u 1,1-dichlorethylenu a trans-1,2-dichlorethylenu nebyla překročena limitní hodnota 1. Stejně jako u dětské populace jsou nejrizikovějšími látkami vinylchlorid, cis-1,2-dichlorethylen, trichlorethylen a perchlorethylen. U cis-1,2-dichlorethylenu bylo nekarcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 3,8 mg/l) překročeno 39x, u trichlorethylenu bylo nekarcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 1,2 mg/l) překročeno 49x a u perchlorethylenu bylo nekarcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 9,5 mg/l) překročeno 32x.

Tabulka 14: Výpočet HI pro orální expozici pitnou vodou – obyvatelé (děti a dospělí)

Obyvatelé	Děti			Dospělí		
	Látka	min	max	průměr	min	max
VC	0,0107	4,6880	0,3105	0,0034	1,5068	0,0998
1,1-DCE	0,0003	0,0068	0,0022	0,0001	0,0022	0,0007
cis-1,2-DCE	0,0307	121,4612	26,1114	0,0099	39,0411	8,3929
trans-1,2-DCE	0,0011	0,0511	0,0167	0,0004	0,0164	0,0054
TCE	0,0294	153,4247	28,1163	0,0095	49,3151	9,0374
PCE	0,0245	101,2177	22,7686	0,0079	32,5342	7,3185

Obrázek 9 ilustruje výsledky expozičního scénáře ingesce vody při pití u rezidenčních obyvatel (děti i dospělí) pro cis-1,2-dichlorethylen, trichlorethylen a perchlorethylen. Z grafu je zřejmé, že nekarcinogenní riziko je mnohem vyšší u dětské populace, zřejmě kvůli citlivosti dětí. Nekarcinogenní riziko bylo zjištěno u 4 ze 6 látek, nejvíce byla hodnota HI překročena u cis-1,2-dichlorethylenu, trichlorethylenu a perchlorethylenu.

Obrázek 9: Výpočet HI pro orální expozici pitnou vodou u cis-1,2-dichlorethylenu, trichlorethylenu a perchlorethylenu – obyvatelé (děti i dospělí)



- **Náhodná ingesce vody při koupání/sprchování**

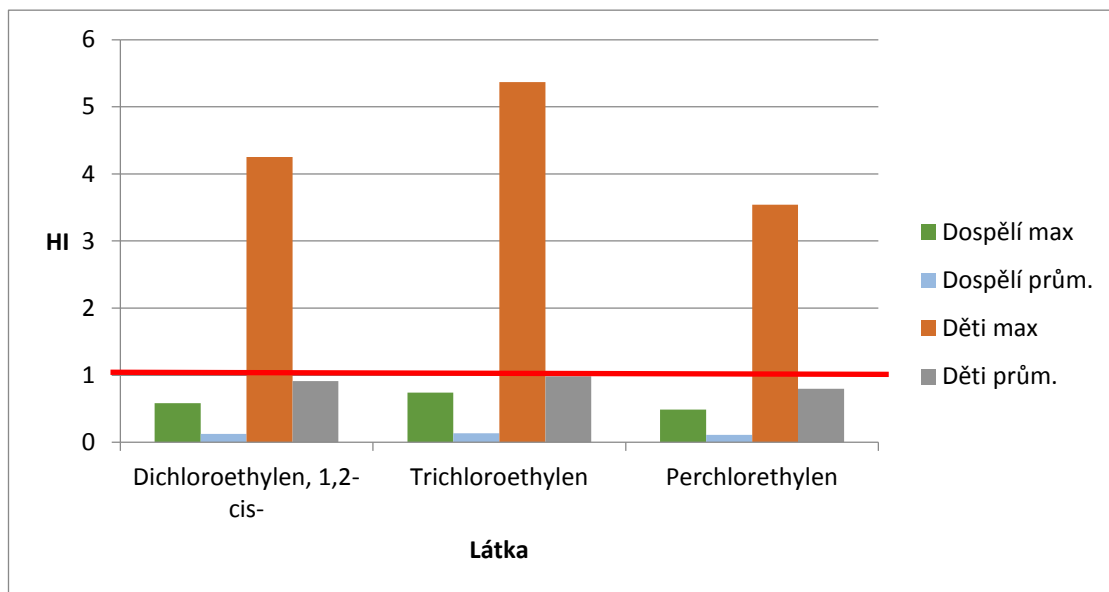
Tabulka 15 shrnuje výpočet HI u expozičního scénáře ingesce kontaminované vody při koupání/sprchování u dětské a dospělé populace. U dětské populace bylo nekarcinogenní riziko zjištěno u maximálních hodnot cis-1,2-dichlorethylenu, trichlorethylenu a perchlorethylenu. U cis-1,2-dichlorethylenu bylo nekarcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 3,8 mg/l) překročeno 4x, u trichlorethylenu bylo nekarcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 1,2 mg/l) překročeno 5x a u perchlorethylenu bylo nekarcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 9,5 mg/l) překročeno 3x. U dospělých obyvatel nebylo nekarcinogenní riziko prokázáno u žádné ze zkoumaných látek.

Tabulka 15: Výpočet HI pro náhodnou ingesci vody při koupání/sprchování – obyvatelé (dospělí a děti)

Obyvatelé	Děti			Dospělí		
	min	max	průměr	min	max	průměr
VC	0,000373	0,164079	0,010867	5,14E-05	0,022603	0,001497
1,1-DCE	9,84E-06	0,000237	7,85E-05	1,36E-06	3,27E-05	1,08E-05
cis-1,2-DCE	0,001074	4,251142	0,913898	0,000148	0,585616	0,125894
trans-1,2-DCE	3,92E-05	0,00179	0,000585	5,39E-06	0,000247	8,06E-05
TCE	0,001029	5,369863	0,984072	0,000142	0,739726	0,135561
PCE	0,000858	3,542618	0,796903	0,000118	0,488014	0,109777

Obrázek 10 ilustruje HI při náhodné ingesci kontaminované vody při koupání/sprchování u rezidenčních obyvatel. Jak je vidět na obrázku, největší nekarcinogenní riziko představují perchlorethylen, trichlorethylen a cis-1,2-dichlorethylen u dětské populace při maximálních hodnotách. Je zde vidět poměr rizika mezi dospělou a dětskou populací a lze konstatovat, že i u tohoto scénáře jsou citlivější děti.

Obrázek 10: Výpočet HI pro náhodnou ingestci vody při koupání/sprchování u cis-1,2-dichlorethylenu, trichlorethylenu a perchlorethylenu – obyvatelé (dospělí a děti)



- **Náhodná ingestce při plavání**

V Tabulce 16 je vypočítaný HI při náhodné ingestci kontaminované povrchové vody při plavání u rezidenčních obyvatel. U dětské ani dospělé populace nebylo nekarcinogenní riziko prokázáno, a to ani při maximálních koncentracích jednotlivých látek. Žádná z vypočítaných hodnot nepřekračuje stanovenou limitní hodnotu 1.

Tabulka 16: Výpočet HI pro náhodnou ingestci vody při plavání – obyvatelé (dospělí a děti)

Obyvatelé	Děti			Dospělí		
	Látka	min	max	průměr	min	max
VC	0,000046	0,000365	0,000054	0,0000098	0,0000783	0,0000116
1,1-DCE	0,000001	0,000005	0,000001	0,0000002	0,0000012	0,0000003
cis-1,2-DCE	0,000027	0,000151	0,000064	0,0000059	0,0000323	0,0000138
trans-1,2-DCE	0,000003	0,000014	0,000003	0,0000006	0,0000029	0,0000006
TCE	0,000110	0,000548	0,000132	0,0000235	0,0001174	0,0000282
PCE	0,000009	0,000822	0,000137	0,0000020	0,0001761	0,0000294

- **Dermální kontakt s vodou při koupání/sprchování**

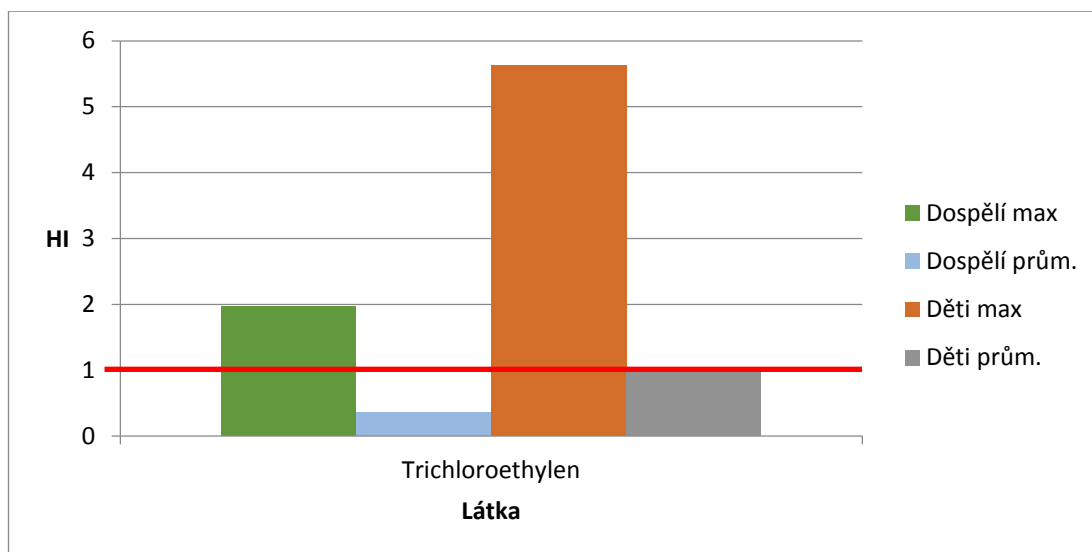
Tabulka 17 shrnuje HI u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání a sprchování u rezidenčních obyvatel. Z tabulky je zřejmé, že nekarcinogenní riziko bylo jednoznačně prokázáno u trichlorethylenu. U dětské populace byly maximální hodnoty trichlorethylenu (při maximální koncentraci 1,2 mg/l) překročeny 5x a u dospělé populace téměř 2x. Nejméně rizikové látky jsou 1,1-dichlorethylen a trans-1,2-dichlorethylen.

Tabulka 17: Výpočet HI pro dermální expozici při sprchování/koupání – obyvatelé (děti a dospělí)

Obyvatelé	Děti			Dospělí		
	min	max	průměr	min	max	průměr
VC	3,52E-05	0,01547	0,001025	1,23E-05	0,005425	0,000359
1,1-DCE	9,28E-07	2,24E-05	7,4E-06	3,25E-07	7,84E-06	2,6E-06
cis-1,2-DCE	2,03E-05	0,080164	0,017234	7,1E-06	0,02811	0,006043
trans-1,2-DCE	3,69E-06	0,000169	5,52E-05	1,29E-06	5,92E-05	1,93E-05
TCE	0,001078	5,625571	1,030933	0,000378	1,972603	0,361496
PCE	4,85E-05	0,200411	0,045082	1,7E-05	0,070274	0,015808

Na Obrázku 11 je znázorněn HI pro expoziční scénář dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání a sprchování u dětské a dospělé populace. Na obrázku vidíme minimální a maximální hodnoty trichlorethylenu, protože právě trichlorethylen představuje u tohoto expozičního scénáře největší riziko. Je zde také vidět poměr toxicity mezi dospělou a dětskou populací, a můžeme konstatovat, že maximální hodnoty trichlorethylenu jsou u dětské populace téměř trojnásobně vyšší než u dospělé populace.

Obrázek 11: Výpočet HI pro dermální expozici při sprchování/koupání pro maximální a průměrné koncentrace trichlorethylen – obyvatelé (dospělí a děti)



- Dermální kontakt s vodou při plavání**

V Tabulce 18 je vypočítaný HI při dermálním kontaktu s kontaminovanou povrchovou vodou při plavání u rezidenčních obyvatel. U dětské i dospělé populace nebylo prokázáno nekarcinogenní riziko, a to ani při maximálních hodnotách koncentrací vybraných látek.

Tabulka 18: Výpočet HI pro dermální expozici při plavání – obyvatelé (dospělí a děti)

Obyvatelé	Děti			Dospělí		
	Látka	min	max	průměr	min	max
VC	6,0274E-06	4,82E-05	7,17E-06	3,5225E-06	2,82E-05	4,19E-06
1,1-DCE	1,44658E-07	7,23E-07	1,59E-07	8,45401E-08	4,23E-07	9,3E-08
cis-1,2-DCE	7,23288E-07	3,98E-06	1,7E-06	4,22701E-07	2,32E-06	9,93E-07
trans-1,2-DCE	3,61644E-07	1,81E-06	3,98E-07	2,1135E-07	1,06E-06	2,32E-07
TCE	0,000160731	0,000804	0,000193	9,39335E-05	0,00047	0,000113
PCE	7,23288E-07	6,51E-05	1,08E-05	4,22701E-07	3,8E-05	6,34E-06

- **Ingesce kontaminovaných potravin**

Tabulka 19 shrnuje výsledky výpočtu HI pro expoziční scénář ingesce kontaminovaných potravin (ryb) u dětské a dospělé populace. Koncentrace vstupující do výpočtu byly naměřeny ze svaloviny ryb vyskytujících se v řece Ploučnici. U dětské ani dospělé populace nebylo zjištěno nekarcinogenní riziko, a to u žádné ze zkoumaných látek. Nejvyšší riziko bylo vypočítáno u trichlorethylenu, avšak ani při maximálních koncentracích nebyla limitní hodnota (1) překročena.

Tabulka 19: Výpočet HI pro náhodnou ingesci kontaminovaných potravin – obyvatelé (dospělí a děti)

Obyvatelé	Děti			Dospělí		
	min	max	průměr	min	max	průměr
VC	0,010521	0,010521	0,010521	0,003757	0,003757	0,003757
1,1-DCE	6,31E-05	0,000631	0,000265	2,25E-05	0,000225	9,45E-05
cis-1,2-DCE	0,001578	0,015781	0,006618	0,000564	0,005636	0,002363
trans-1,-DCE	0,000158	0,001578	0,000662	5,64E-05	0,000564	0,000236
TCE	0,006312	0,063123	0,026471	0,002254	0,022544	0,009454
PCE	0,000526	0,00526	0,003059	0,000188	0,001879	0,001092

6.2.2. Hodnocení karcinogenního rizika u rezidenčních obyvatel

Karcinogenní riziko bylo zjišťováno pro jednotlivé expoziční scénáře u dospělé a dětské populace. Odhad rizika byl proveden z koncentrací naměřených z povrchové a podzemní vody a tkání ryb z řeky Ploučnice. Hodnoty, které překročily stanovený limit ($1.00E-05$) a znamenají riziko pro lidské zdraví, jsou zvýrazněny červeně.

- **Ingesce vody při pití**

V Tabulce 20 je vypočítáno ILCR při ingesci kontaminované vody při pití u dětské a dospělé populace. U tohoto scénáře bylo karcinogenní riziko zjištěno u téměř všech látek. U dospělé populace bylo karcinogenní riziko zjištěno

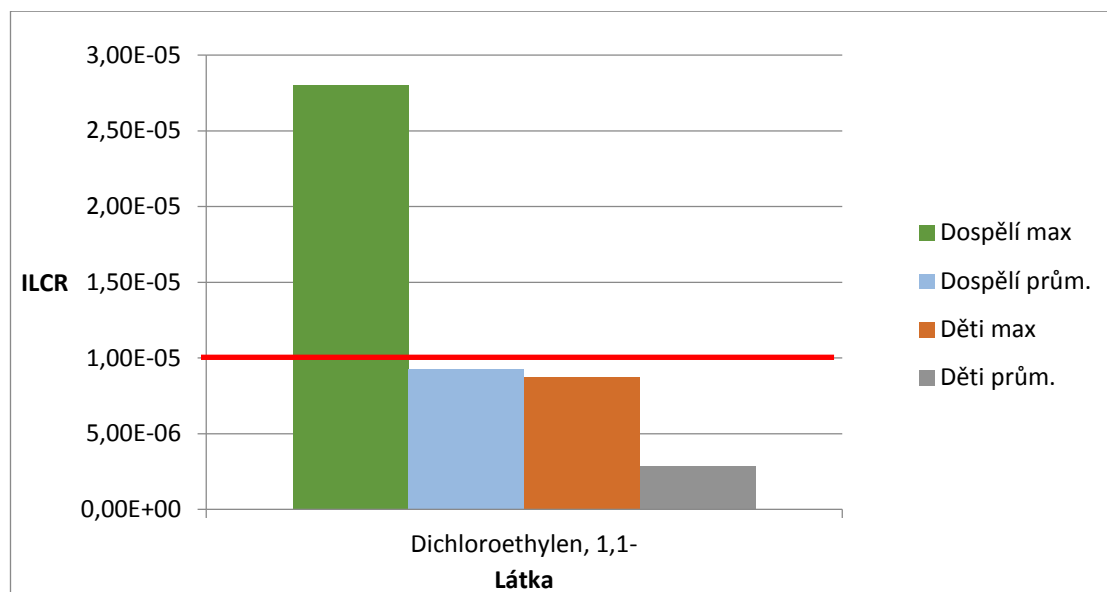
u maximálních a průměrných hodnot vinylchloridu, 1,1-dichlorethylenu, trichlorethylenu a perchlorethylenu. U vinylchloridu bylo karcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 3,8 mg/l) překročeno o více než 2 řády, u 1,1-dichlorethylenu bylo karcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 0,00530 mg/l) překročeno jen nepatrně, u trichlorethylenu bylo karcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 1,2 mg/l) překročeno o více než 2 řády, a u perchlorethylenu bylo karcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 9,5 mg/l) překročeno také o více než 2 řády. U dětské populace bylo karcinogenní zjištěno u vinylchloridu, trichlorethylenu a perchlorethylenu. Stejně jako u dospělé populace byly maximální hodnoty trichlorethylenu a perchlorethylenu překročeny o více než 2 řády. U maximálních hodnot vinylchloridu bylo karcinogenní riziko překročeno o 1 řád. U dospělé populace byly vypočítány paradoxně vyšší hodnoty než u dětské populace, a to u všech zkoumaných látek.

Tabulka 20: Výpočet ILCR pro orální expozici pitnou vodou – obyvatelé (děti a dospělí)

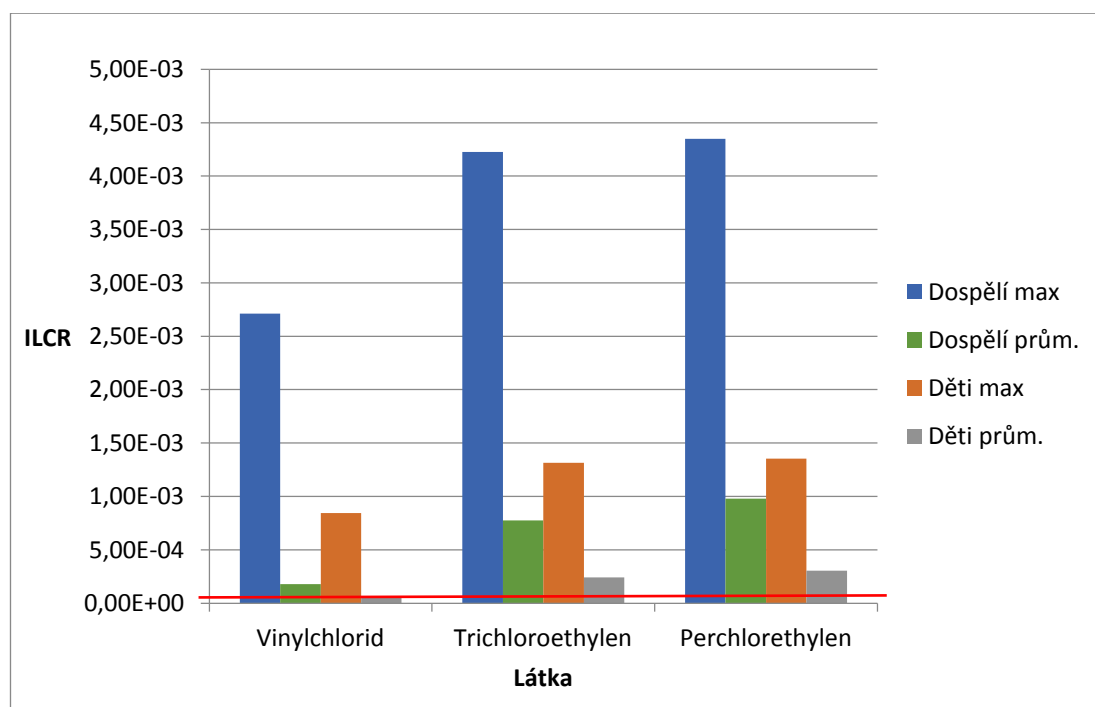
Obyvatelé	Děti			Dospělí		
	Min	max	průměr	min	max	průměr
VC	1,92E-06	8,44E-04	5,59E-05	6,16E-06	2,71E-03	1,80E-04
1,1-DCE	3,62E-07	8,71E-06	2,88E-06	1,16E-06	2,80E-05	9,27E-06
cis-1,2-DCE	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
trans-1,2-DCE	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
TCE	2,52E-07	1,32E-03	2,41E-04	8,10E-07	4,23E-03	7,75E-04
PCE	3,28E-07	1,35E-03	3,04E-04	1,05E-06	4,35E-03	9,79E-04

Obrázky 12 a 13 ilustrují ILCR při ingesci kontaminované vody při pití u rezidenčních obyvatel. Jak již bylo zmíněno, větší karcinogenní riziko bylo zjištěno u dospělé populace. Z obrázku můžeme vyčíst, že při maximálních hodnotách vinylchloridu, trichlorethylenu a perchlorethylenu je karcinogenní riziko u dospělých obyvatel překročeno o více než 2 řády.

Obrázek 12: Výpočet ILCR pro orální expozici pitnou vodou u 1,1 dichlorethylenu – obyvatelé (děti a dospělí)



Obrázek 13: Výpočet ILCR pro orální expozici pitnou vodou pro vinylchlorid, trichlorethylen a perchlorethylen – obyvatelé (dospělí a děti)



- **Náhodná ingesce vody při koupání/sprchování**

V Tabulce 21 jsou uvedené vypočítané hodnoty ILCR při náhodné ingestci kontaminované vody při sprchování a koupání u dospělé a dětské populace. Vinylchlorid, trichlorethylen a perchlorethylen přesáhly limit pro stanovení

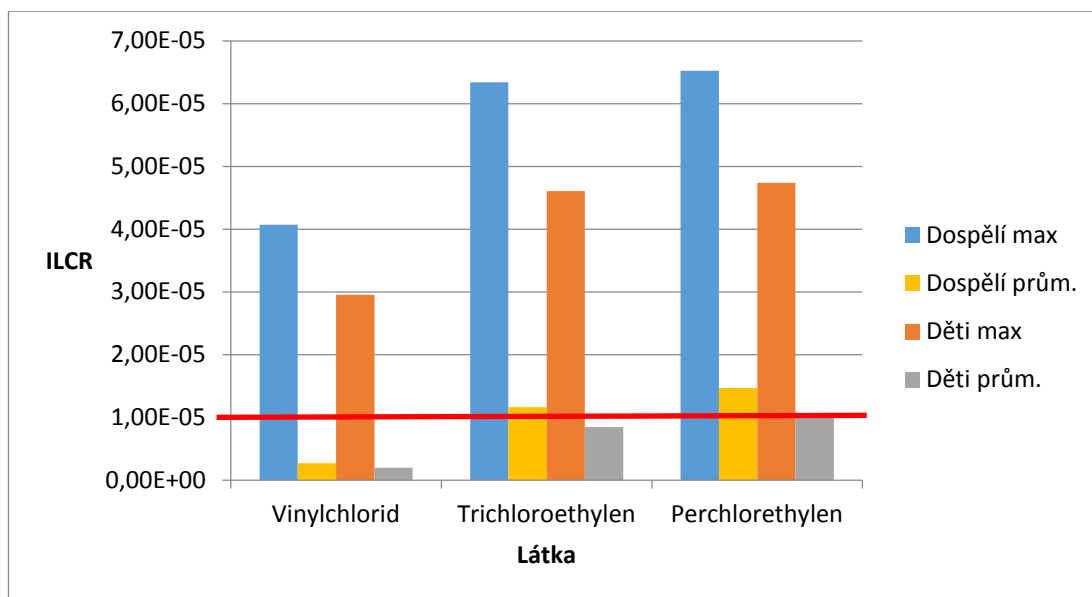
karcinogenního rizika a lze tak konstatovat, že tyto látky v maximálních koncentracích představují riziko pro lidský organismus.

Tabulka 21: Výpočet ILCR pro náhodnou ingesci vody při koupání/sprchování – obyvatelé (dospělí a děti)

Obyvatelé	Děti			Dospělí		
	min	max	průměr	min	max	průměr
VC	6,71E-08	2,95E-05	1,96E-06	9,25E-08	4,07E-05	2,69E-06
1,1-DCE	1,27E-08	3,05E-07	1,01E-07	1,74E-08	4,20E-07	1,39E-07
cis-1,2-DCE	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
trans-1,2-DCE	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
TCE	8,82E-09	4,60E-05	8,43E-06	1,22E-08	6,34E-05	1,16E-05
PCE	1,15E-08	4,74E-05	1,07E-05	1,58E-08	6,53E-05	1,47E-05

Obrázek 14 ilustruje karcinogenní riziko při náhodné ingesci kontaminované vody při sprchování a koupání u rezidenčních obyvatel. U dospělé populace byly naměřeny vyšší hodnoty než u dětské populace. Karcinogenní riziko bylo jednoznačně prokázáno u vinylchloridu, trichlorethylenu a perchlorethylenu. Z grafu je zřejmé, že nejvyšší hodnoty (přesahující hodnotu 1E-05) byly vypočítány u perchlorethylenu a trichlorethylenu při maximálních a průměrných koncentracích.

Obrázek 14: Výpočet ILCR pro náhodnou ingestci vody při sprchování – obyvatelé (dospělí a děti)



- **Náhodná ingestce při plavání**

V Tabulce 22 jsou uvedeny vypočítané hodnoty ILCR pro náhodnou ingestci kontaminované povrchové vody při plavání. Náhodná ingestce při plavání byla počítána pro dětskou a dospělou populaci. U dětské ani dospělé populace nebylo zjištěno karcinogenní riziko, protože u žádné ze zkoumaných látek nebyla překročena limitní hodnota 1E-05.

Tabulka 22: Výpočet ILCR pro náhodnou ingestci vody při plavání – obyvatelé (dospělí a děti)

Obyvatelé	Děti			Dospělí			
	Látka	min	Max	průměr	min	max	průměr
VC		8,22E-09	6,58E-08	9,77E-09	1,76E-08	1,41E-07	2,09E-08
1,1-DCE		1,41E-09	7,05E-09	1,55E-09	3,02E-09	1,51E-08	3,32E-09
cis-1,2-DCE		xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
trans-1,2-DCE		xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
TCE		9,39E-10	4,70E-09	1,13E-09	2,01E-09	1,01E-08	2,42E-09
PCE		1,22E-10	1,10E-08	1,83E-09	2,62E-10	2,36E-08	3,93E-09

- **Dermální kontakt s vodou při koupání/sprchování**

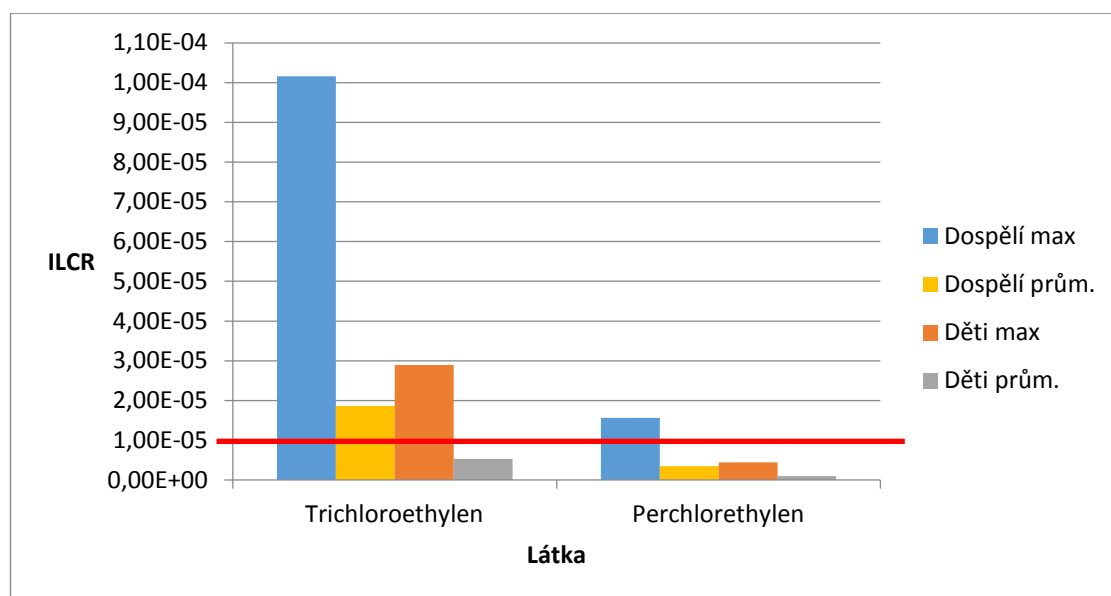
Tabulka 23 shrnuje hodnoty ILCR pro expoziční scénář dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání a sprchování u dětské a dospělé populace. Z tabulky vidíme, že nejrizikovější látkou u dětské populace je trichlorethylen, a to při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 0,018 mg/l). U dospělé populace bylo karcinogenní riziko zjištěno stejně jako u dětí u trichlorethylenu a ještě navíc u perchlorethylenu. U trichlorethylenu bylo karcinogenní riziko u maximálních hodnot (při maximální koncentraci mg/l) překročeno o více než 1 řád. Naopak nejméně rizikovou látkou pro dětskou a dospělou populaci je 1,1-dichlorethylen a vinylchlorid.

Tabulka 23: Výpočet ILCR pro dermální kontakt při koupání/ sprchování – obyvatelé (dospělí a děti)

Obyvatelé	Děti			Dospělí		
	min	max	průměr	min	max	průměr
VC	6,33E-09	2,78E-06	1,84E-07	2,22E-08	9,76E-06	6,47E-07
1,1-DCE	1,19E-09	2,88E-08	9,52E-09	4,18E-09	1,01E-07	3,34E-08
cis-1,2-DCE	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
trans-1,2-DCE	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
TCE	5,55E-09	2,90E-05	5,31E-06	1,95E-08	1,02E-04	1,86E-05
PCE	1,08E-09	4,47E-06	1,00E-06	3,79E-09	1,57E-05	3,52E-06

Obrázek 15 ilustruje karcinogenní riziko u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání a sprchování u dětí a dospělých. Jak již bylo zmíněno, nejrizikovější látkou je trichlorethylen, což ilustruje následující obrázek. Hodnoty u dospělé populace jsou několikanásobně větší než u dětské populace.

Obrázek 15: Výpočet ILCR pro dermální kontakt při koupání/sprchování – obyvatelé (dospělí a děti)



- Dermální kontakt s vodou při plavání**

Následující expoziční scénář hodnotí ILCR při dermálním kontaktu s povrchovou kontaminovanou vodou při plavání u dospělé a dětské populace. Tabulka 24 shrnuje výpočty tohoto rizika a lze konstatovat, že u dětské ani dospělé populace nebylo zjištěno karcinogenní riziko u žádné ze zkoumaných látek.

Tabulka 24: Výpočet ILCR pro dermální kontakt při plavání – obyvatelé (dospělí a děti)

Obyvatelé	Děti			Dospělí		
	min	max	průměr	min	max	průměr
VC	1,08E-09	8,68E-09	1,29E-09	6,34E-09	5,07E-08	7,54E-09
1,1-DCE	1,86E-10	9,3E-10	2,05E-10	1,09E-09	5,43E-09	1,2E-09
cis-1,2-DCE	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
trans-1,2-DCE	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
TCE	8,28E-10	4,14E-09	9,93E-10	4,84E-09	2,42E-08	5,8E-09
PCE	1,61E-11	1,45E-09	2,42E-10	9,42E-11	8,48E-09	1,41E-09

- **Ingesce kontaminovaných potravin**

Tabulka 25 představuje souhrn výpočtů ILCR pro expoziční scénář ingesce kontaminovaných potravin (ryb) u dětské a dospělé populace. U dětí ani dospělých rezidenčních obyvatel nebylo zjištěno karcinogenní riziko, a to ani při maximálních koncentracích měřených látek.

Tabulka 25: Výpočet ILCR pro náhodnou ingesci kontaminovaných potravin – obyvatelé (dospělí a děti)

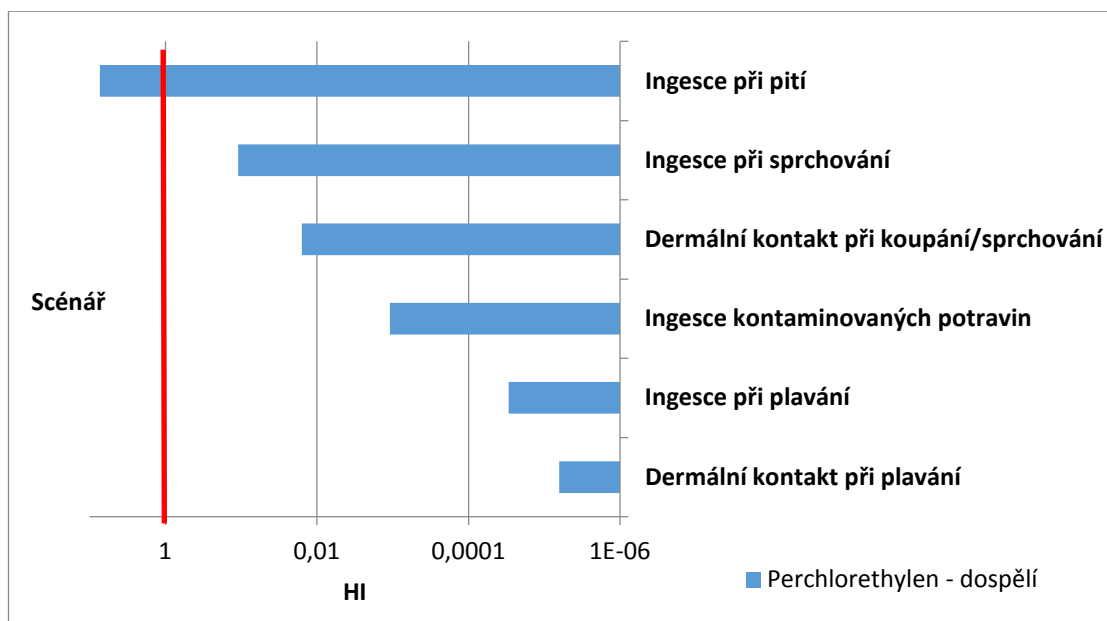
Obyvatelé	Děti			Dospělí		
	min	max	průměr	min	max	průměr
VC	1,89E-06	1,89E-06	1,89E-06	4,51E-06	4,51E-06	4,51E-06
1,1-DCE	8,12E-08	8,12E-07	3,40E-07	1,93E-07	1,93E-06	8,10E-07
cis-1,2-DCE	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
trans-1,2-DCE	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
TCE	5,41E-08	5,41E-07	2,27E-07	1,29E-07	1,29E-06	5,40E-07
PCE	7,03E-09	7,03E-08	4,09E-08	1,67E-08	1,67E-07	9,74E-08

6.2.3. Souhrn hodnocení zdravotních rizik expozičních scénářů u rezidenčních obyvatel

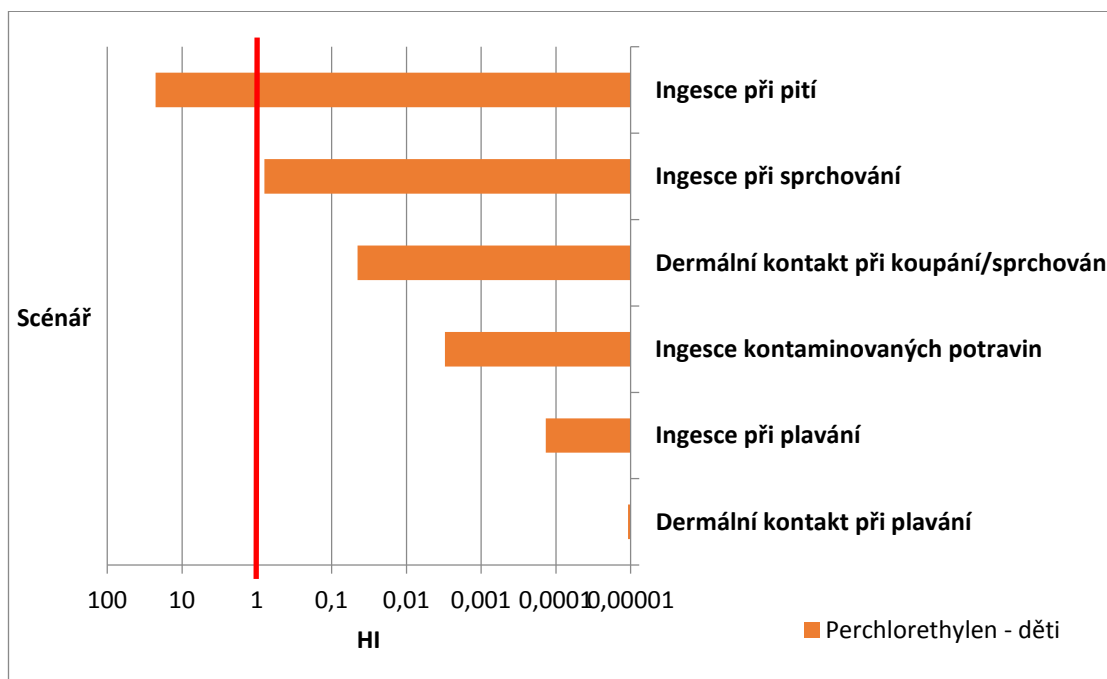
- **Nekarcinogenní riziko**

Obrázky 16 a 17 sumarizují vybrané expoziční scénáře, které byly použity při hodnocení nekarcinogenních rizik u dospělé a dětské populace. Byly vybrány průměrné hodnoty perchlorethylenu, které byly vypočítány u stanovených expozičních scénářů. Limitní hodnota pro nekarcinogenní riziko byla stanovena na hodnotu 1. Na obrázku je tato limitní hodnota znázorněna červenou svislou čarou a lze konstatovat, že nekarcinogenní riziko bylo zjištěno, jak u dětské tak u dospělé populace pouze u 1 expozičního scénáře (ingesce vody při pití).

Obrázek 16: Přehled karcinogenního rizika u dospělých obyvatel (vypočteno pro průměrné hodnoty perchlorethylenu)



Obrázek 17: Přehled nekarcinogenního rizika u dětské populace (vypočteno pro průměrné hodnoty perchlorethylenu)

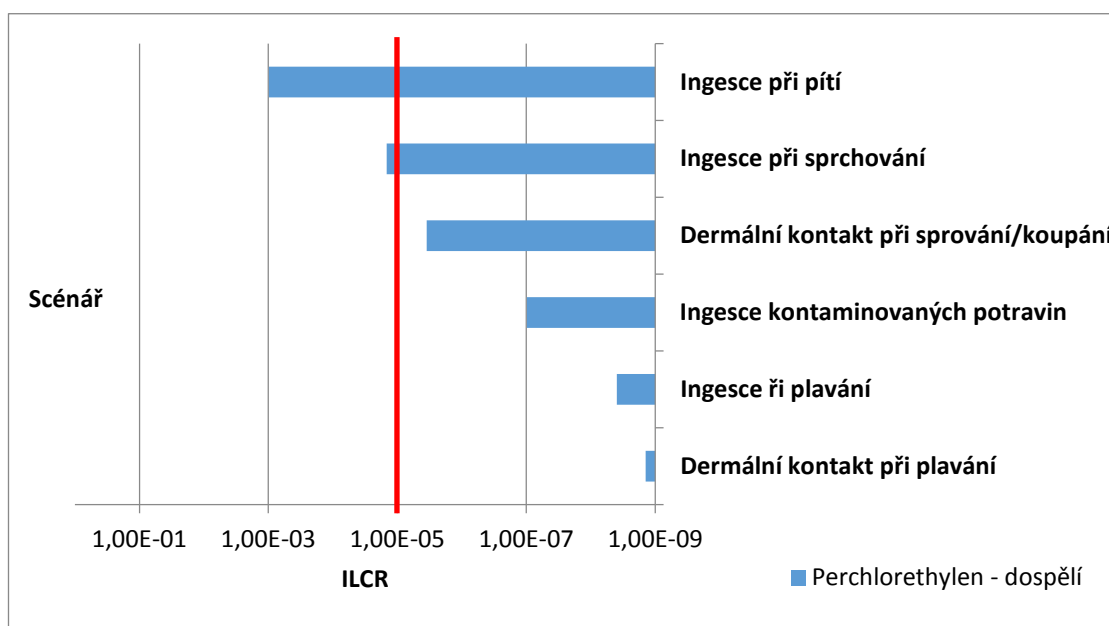


- Karcinogenní riziko**

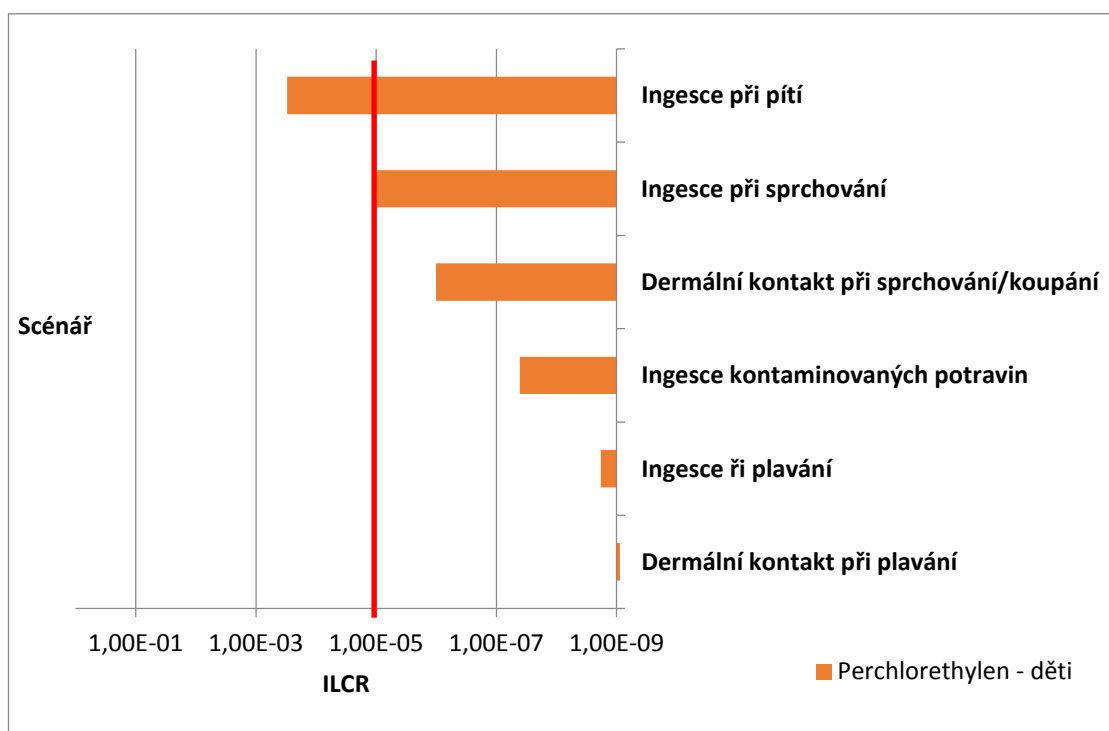
Obrázky 18 a 19 shrnují vybrané expoziční scénáře, které byly aplikovány na dětskou a dospělou populaci při výpočtu karcinogenního rizika. Byly použity průměrné hodnoty perchlorethylenu ze všech expozičních scénářů. Pro karcinogenní riziko je stanovena limitní hodnota 1E-05, na obrázku je znázorněna červenou

svislou čarou. Lze tak říci, že „pouze“ 2 expoziční scénáře překračují tuto limitní hodnotu a představují tak karcinogenní riziko. Jedná se o expoziční scénáře ingesce vody při pití a ingesce vody při sprchování/koupání. U ostatních scénářů nebyla limitní hodnota překročena.

Obrázek 18: Přehled karcinogenního rizika u dospělých obyvatel (vypočteno pro průměrné hodnoty perchlorethylenu)



Obrázek 19: Přehled karcinogenního rizika u dětské populace (vypočteno pro průměrné hodnoty perchlorethylenu)



6.2.4. Hodnocení nekarcinogenního rizika u zaměstnanců

Nekarcinogenní riziko bylo počítáno pro vybrané expoziční scénáře u zaměstnanců. Hodnoty, které překročily stanovený limit (1), znamenají riziko pro lidské zdraví a jsou zvýrazněny červeně.

- **Ingesce při pití**

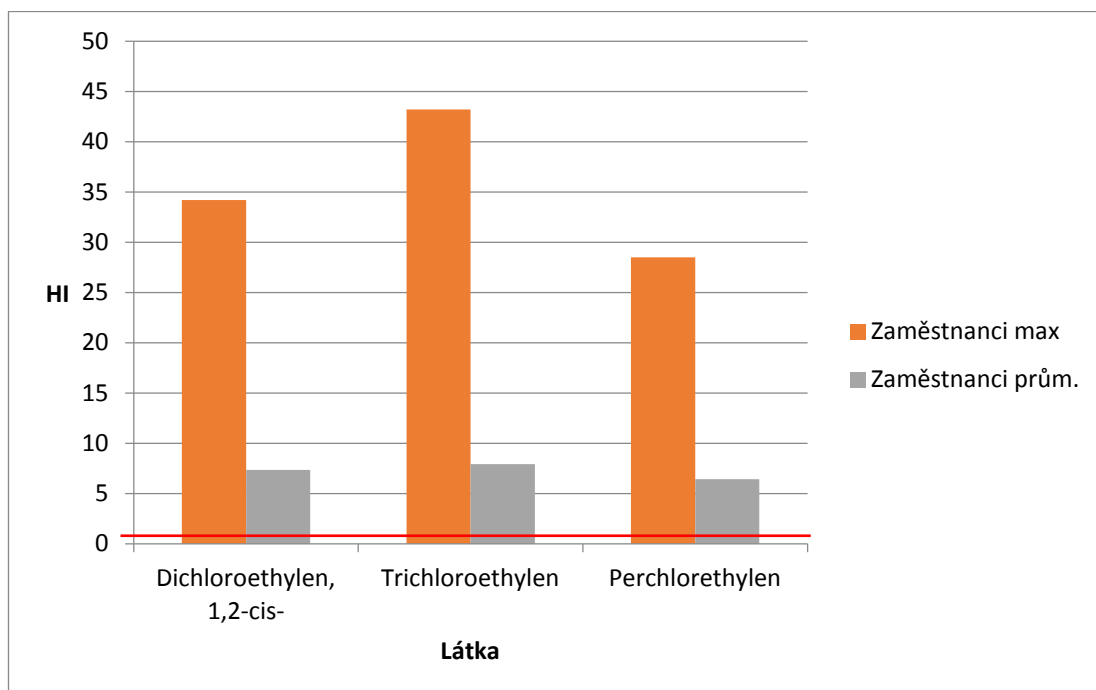
Tabulka 26 hodnotí HI při ingesci kontaminované vody při pití u zaměstnanců průmyslového areálu. Z tabulky lze vyčíst, že limit pro stanovení nekarcinogenního rizika byl překročen u vinylchloridu, cis-1,2-dichlorethylenu, trichlorethylenu a perchlorethylenu. U vinylchloridu bylo nekarcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 0,004 mg/l) překročeno pouze nepatrně. Naproti tomu u cis-1,2-dichlorethylenu bylo nekarcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 3,8 mg/l) překročeno 34x, u trichlorethylenu bylo nekarcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 1,2 mg/l) překročeno 43x a u perchlorethylenu bylo nekarcinogenní riziko při maximálních hodnotách (při maximální koncentraci 9,5 mg/l) překročeno 28x. Pouze u 1,1-dichlorethylenu a trans-1,2-dichlorethylenu nebylo zjištěno karcinogenní riziko.

Tabulka 26: Výpočet HI pro orální expozici pitnou vodou - zaměstnanci

Zaměstnanci			
Látka	min.	max.	průměr
Vinylchlorid	0,0030	1,3203	0,0874
Dichloroethylen, 1,1-	0,0001	0,0019	0,0006
Dichloroethylen, 1,2-cis-	0,0086	34,2074	7,3538
Dichloroethylen, 1,2-trans-	0,0003	0,0144	0,0047
Trichlorethylen	0,0083	43,2094	7,9185
Perchlorethylen	0,0069	28,5062	6,4124

Obrázek 20 ilustruje HI při ingesci kontaminované vody při pití u zaměstnanců v průmyslovém areálu. Graf značí, že nejvíce rizikové látky jsou trichlorethylen, cis-1,2-dichlorethylen a perchlorethylen. Maximální i průměrné hodnoty těchto látek přesahují stanovenou limitní hodnotu 1.

Obrázek 20: Výpočet HI při ingestci vody při pití u vybraných látek - zaměstnanci



- **Dermální kontakt při mytí**

Dermální kontakt s kontaminovanou vodou může vzniknout také v zaměstnání. V následující Tabulce 27 je vypočítáno nekarcinogenní riziko při dermální expozici u zaměstnanců v průmyslovém areálu. Jedná se o mytí rukou kontaminovanou vodou v zaměstnání. Nekarcinogenní riziko nebylo překročeno u žádné ze zkoumaných látek.

Tabulka 27: Výpočet HI pro dermální expozici při mytí u vybraných látek – zaměstnanci

Zaměstnanci			
Látka	min.	max.	průměr
Vinylchlorid	1,2E-06	0,000528	3,5E-05
Dichloroethylen, 1,1-	3,17E-08	7,63E-07	2,53E-07
Dichloroethylen, 1,2-cis-	6,91E-07	0,002737	0,000588
Dichloroethylen, 1,2-trans-	1,26E-07	5,76E-06	1,88E-06
Trichlorethylen	3,68E-05	0,192042	0,035193
Perchlorethylen	1,66E-06	0,006841	0,001539

- **Inhalace kontaminovaného vzduchu**

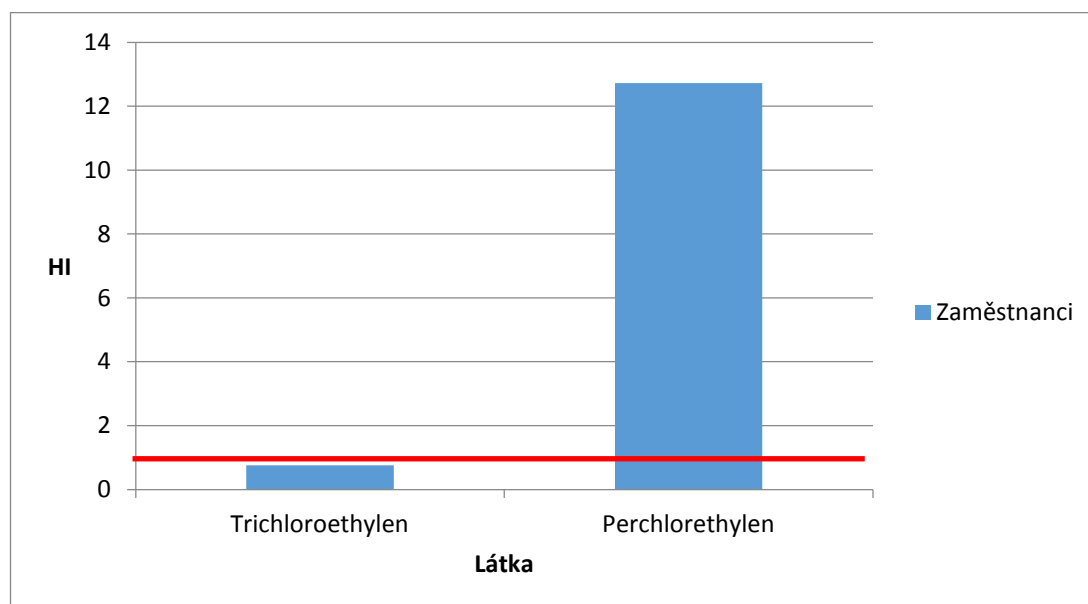
Rizikovou skupinou osob jsou při expozici kontaminovaného vzduchu zaměstnanci v průmyslovém areálu, kde se využívá perchlorethylen a jeho degradační produkty. Tabulka 28 ukazuje výpočet HI při inhalaci kontaminovaného vzduchu. Nekarcinogenní riziko bylo zjištěno pouze u perchlorethylenu (při koncentraci 3,364 mg/m³), kde byla limitní hodnota 12x překročena. Hodnoty ostatních látek nepřekročily stanovený limit.

Tabulka 28: Výpočet HI při expozici kontaminovaného vzduchu – zaměstnanci

Látka	Zaměstnanci
Vinylchlorid	0,003025
Dichloroethylen, 1,1-	0,001512
Dichloroethylen, 1,2-cis-	xxx
Dichloroethylen, 1,2-trans-	0,017644
Trichlorethylen	0,756164
Perchlorethylen	12,71868

Obrázek 21 ilustruje HI při inhalaci kontaminovaného vzduchu u zaměstnanců. Z grafu je zřejmé, že perchlorethylen je nejrizikovější látkou. Na rozdíl od ostatních látek je u něj stanovený limit mnohonásobně překročen.

Obrázek 21: Výpočet HI při expozici kontaminovaného vzduchu u trichlorethylenu a perchlorethylenu – zaměstnanci



6.2.5. Hodnocení karcinogenního rizika u zaměstnanců

Karcinogenní riziko bylo vypočítáno pro stanovené expoziční scénáře u zaměstnanců. Hodnoty, které překročily stanovený limit ($1.00E-05$), znamenají riziko pro lidské zdraví a jsou zvýrazněny červeně.

- **Ingesce při pití**

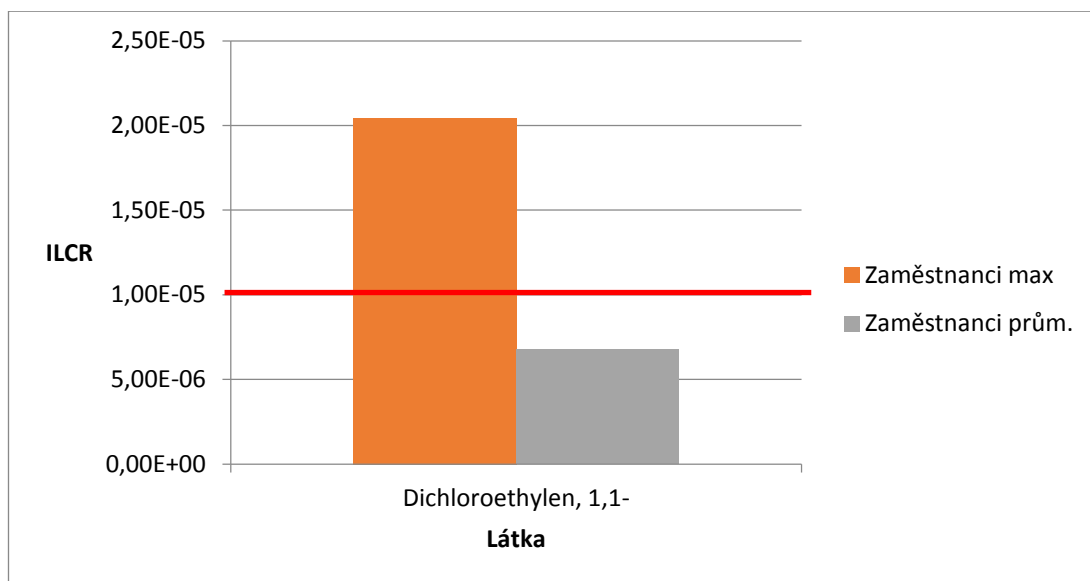
V následující Tabulce 29 je vypočítáno ILCR při ingesci kontaminované vody při pití u zaměstnanců. Stejně jako u obyvatel bylo u zaměstnanců zjištěno vysoké karcinogenní riziko při pití kontaminované vody. Karcinogenní riziko bylo zjištěno u všech zkoumaných látek. U vinylchloridu, trichlorethylenu a perchlorethylenu byly maximální hodnoty (při maximálních koncentracích) překročeny o více než 2 řády a průměrné hodnoty (při průměrných koncentracích) o více než 1 řád. Pouze při minimálních koncentracích všech látek nebylo prokázáno karcinogenní riziko.

Tabulka 29: Výpočet ILCR pro orální expozici pitnou vodou – zaměstnanci

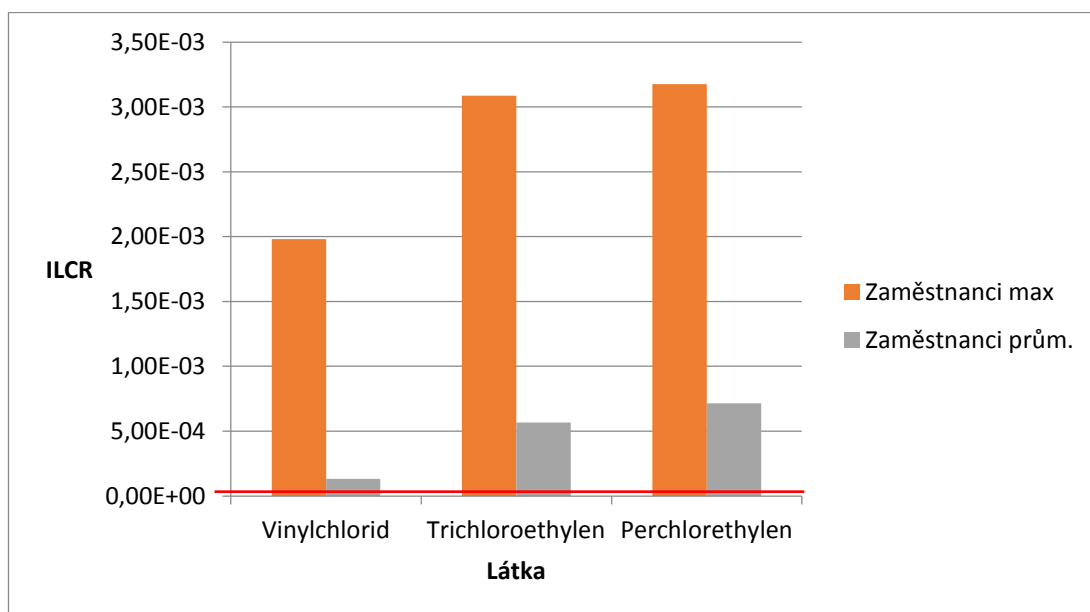
Zaměstnanci			
Látka	min.	max.	průměr
Vinylchlorid	4,50E-06	1,98E-03	1,31E-04
Dichloroethylen, 1,1-	8,49E-07	2,04E-05	6,77E-06
Dichloroethylen, 1,2-cis-	xxx	xxx	xxx
Dichloroethylen, 1,2-trans-	xxx	xxx	xxx
Trichlorethylen	5,92E-07	3,09E-03	5,66E-04
Perchlorethylen	7,69E-07	3,18E-03	7,15E-04

Obrázky 22 a 23 ilustrují výsledky ILCR expozičního scénáře ingesce vody při pití u zaměstnanců. Všechny látky v maximálních hodnotách (při maximálních koncentracích) překročily stanovený limit ($1E-05$) a představují tak vysoké karcinogenní riziko.

Obrázek 22: Výpočet ILCR pro orální expozici pitnou vodou u 1,1-dichlorethylenu - zaměstnanci



Obrázek 23: Výpočet ILCR pro orální expozici pitnou vodou u ostatních látek – zaměstnanci



- **Dermální kontakt při mytí**

U zaměstnanců byl dermální kontakt s kontaminovanou vodou hodnocen při mytí rukou v pracovním prostředí. Z následující Tabulky 30 je zřejmé, že karcinogenní riziko nebylo zjištěno u žádné ze zkoumaných látek. Nebyl zde překročen stanovený limit, a to znamená, že zkoumané látky nepředstavují pro zaměstnance riziko.

Tabulka 30: Výpočet ILCR pro dermální kontakt při mytí – zaměstnanci

Zaměstnanci			
Látka	min.	max.	průměr
Vinylchlorid	1,80E-09	7,92E-07	5,25E-08
Dichloroethylen, 1,1-	3,40E-10	8,18E-09	2,71E-09
Dichloroethylen, 1,2-cis-	xxx	xxx	xxx
Dichloroethylen, 1,2-trans-	xxx	xxx	xxx
Trichlorethylen	1,58E-09	8,24E-06	1,51E-06
Perchlorethylen	3,08E-10	1,27E-06	2,86E-07

- **Inhalace kontaminovaného vzduchu**

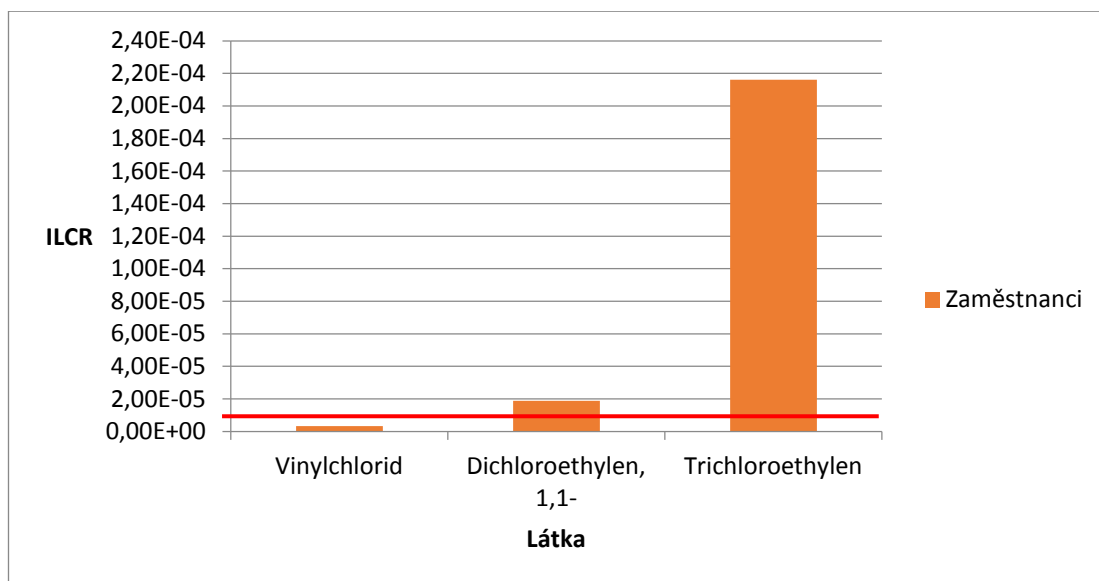
V následující Tabulce 31 jsou shrnuty výpočty ILCR při expozici kontaminovaného vzduchu u zaměstnanců pracujících v areálu, kde se využívá perchlorethylen a jeho degradační produkty. Karcinogenní riziko bylo zjištěno u 3 látek, konkrétně u 1,1-dichlorethylenu, trichlorethylenu a perchlorethylenu. Pouze u vinylchloridu nebylo zjištěno karcinogenní riziko. Nejrizikovější látkou při inhalaci kontaminovaného vzduchu u zaměstnanců je perchlorethylen, který při koncentraci 3,364 mg/m³ překročil stanovený limit o více než 3 řády.

Tabulka 31: Výpočet ILCR při expozici kontaminovaného vzduchu – zaměstnanci

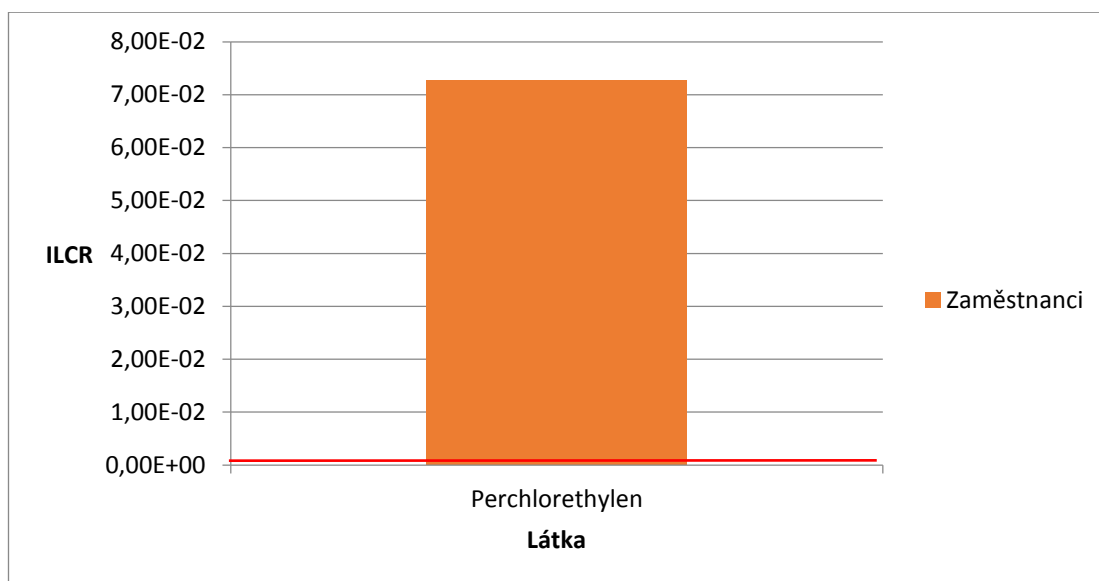
Látka	Zaměstnanci
Vinylchlorid	3,33E-06
Dichloroethylen, 1,1-	1,89E-05
Dichloroethylen, 1,2-cis-	xxx
Dichloroethylen, 1,2-trans-	xxx
Trichlorethylen	2,16E-04
Perchlorethylen	7,27E-02

Obrázky 24 a 25 ilustrují ILCR při expozici kontaminovaného vzduchu u zaměstnanců. Z grafu je zřejmé, že nejvyšší hodnoty byly naměřeny u perchlorethylenu, kde hodnoty dosahovaly k 7,27E-02, a to značí vysoké karcinogenní riziko.

Obrázek 24: Výpočet ILCR při expozici kontaminovaného vzduchu pro vybrané látky – zaměstnanci



Obrázek 25: Výpočet ILCR při expozici kontaminovaného vzduchu pro perchlorethylen – zaměstnanci



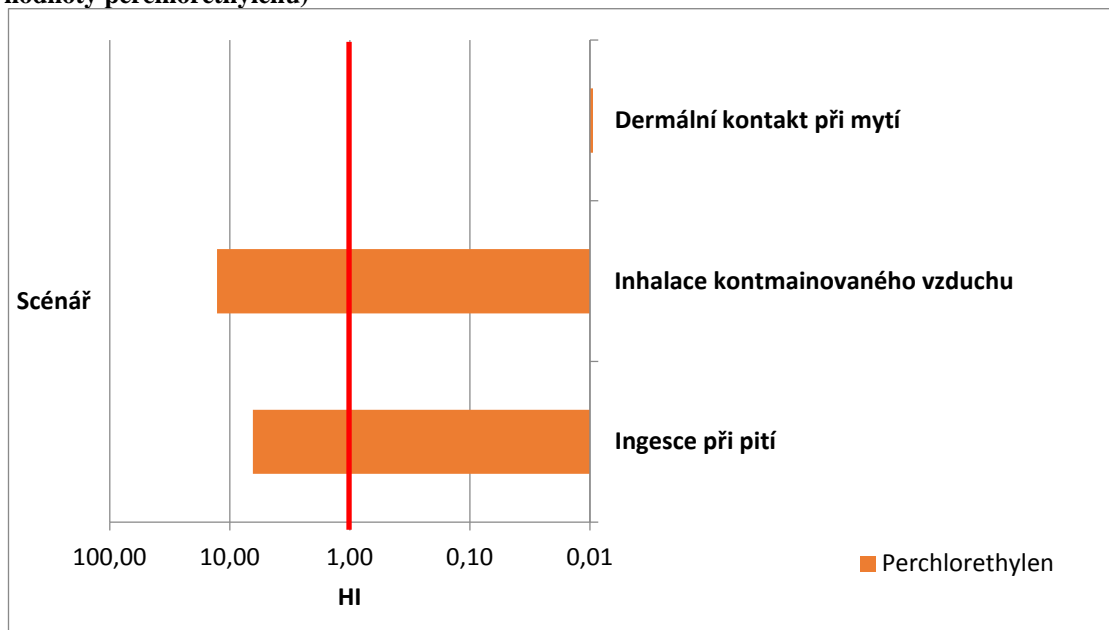
6.2.6. Souhrn hodnocení zdravotních rizik expozičních scénářů u zaměstnanců

- **Nekarcinogenní riziko**

Obrázek 26 shrnuje hodnocení nekarcinogenního rizika u vybraných expozičních scénářů aplikovaných u zaměstnanců. Byly vybrány tyto scénáře: ingesce při pití, dermální kontakt s kontaminovanou vodou při mytí rukou a inhalace kontaminovaného vzduchu v průmyslovém areálu. Obrázek sumarizuje

nekarcinogenní riziko při průměrných hodnotách perchlorethylenu. U inhalace kontaminovaného vzduchu a ingesce kontaminované vody při pití bylo zjištěno, že hodnoty perchlorethylenu přesahují stanovený limit pro určení nekarcinogenního rizika, a to znamená, že perchlorethylen představuje pro zaměstnance vysoké riziko.

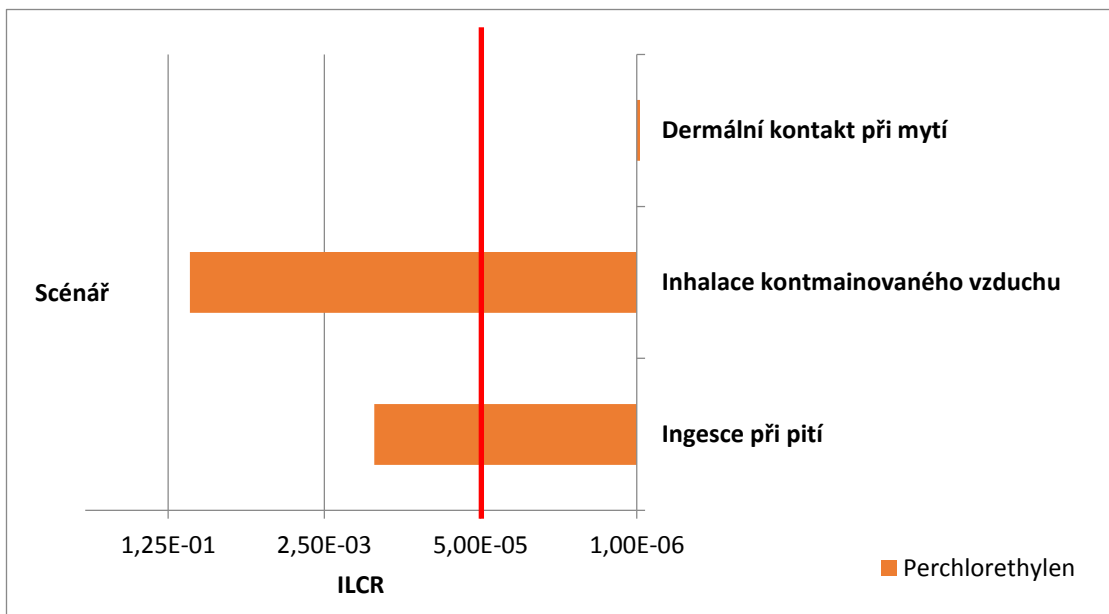
Obrázek 26: Přehled nekarcinogenního rizika u zaměstnanců (vypočteno pro průměrné hodnoty perchlorethylenu)



- **Karcinogenní riziko**

Obrázek 27 shrnuje hodnocení karcinogenního rizika u vybraných expozičních scénářů použitých u zaměstnanců. Byly vybrány průměrné hodnoty perchlorethylenu. Na obrázku je znázorněná limitní hodnota ($1E-05$) svislou červenou čarou a z obrázku je zřejmé, že expoziční scénáře inhalace kontaminovaného vzduchu a ingesce kontaminované vody při pití překročily stanovený limit a představují tak pro zaměstnance vysoké karcinogenní riziko.

Obrázek 27: Přehled karcinogenního rizika u zaměstnanců (vypočteno pro průměrné hodnoty perchlorethylenu)



7. Porovnání výsledků hodnocení zdravotních rizik s platnými limity pro vybrané složky

- **Pitná voda**

V tabulce 32 jsou porovnány výsledky hodnocení zdravotních rizik u expozičního scénáře ingesce vody při pití, vypočítané pro dospělou populaci, se současnými platnými limity pro pitnou vodu. V tabulce jsou vypočítány procentuální podíly průměrných koncentrací a stanovených limitů pro jednotlivé látky. Je však zřejmé, že naměřené koncentrace jsou výrazně vyšší než stanovené limity, a znamenají tak riziko pro lidské zdraví. Tuto skutečnost odráží i výpočty karcinogenního (ILCR) a nekarcinogenního (HI) rizika, kde výpočty překračují stanovené limity (pro karcinogenní riziko $1E-05$ a nekarcinogenní riziko 1). To znamená, že jsou jednotlivé látky (v dané koncentraci) rizikové pro danou populaci. Riziko bylo zjištěno u vinylchloridu, trichlorethylenu a perchlorethylenu. Hodnoty zvýrazněné červeně překračují stanovený limit při výpočtu karcinogenního/nekarcinogenního rizika.

Tabulka 32: Porovnání výsledků hodnocení zdravotních rizik s platnými limity pro pitnou vodu

Pitná voda	Limit (Vyhláška č. 252/2004 Sb.)	Průměrné koncentrace	% podíl	ILCR	HI
Ingesce vody při pití	v mg/l		%	Při průměrných koncentracích	
Vinylchlorid	0,0005	0,01457	2914	1,80E-04	0,0998
1,1 - dichlorethylen	---	0,00176	---	9,27E-06	0,0007
cis 1,2 - dichlorethylen	---	0,81691	---	---	0,0054
trans 1,2 - dichlorethylen	---	0,00523	---	---	0,0054
<i>Trichlorethylen*</i>	<i>0,001</i>	<i>0,21991</i>	<i>21991</i>	<i>7,75E-04</i>	<i>9,0374</i>
<i>Perchlorethylen*</i>	<i>0,001</i>	<i>2,13700</i>	<i>213700</i>	<i>9,79E-04</i>	<i>7,3185</i>

*Limit je společný pro součet trichlorethylenu a perchlorethylenu dle vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění. Procentuální podíl je vypočítán pro jednotlivé látky zvlášť.

- **Povrchová voda**

V tabulce 33 jsou porovnány výsledky hodnocení zdravotních rizik u expozičního scénáře ingesce vody při plavání, vypočítané pro dospělou populaci, se současnými platnými limity pro povrchovou vodu. Dále jsou v tabulce vyjádřené procentuální podíly průměrných koncentrací a platných limitů pro jednotlivé látky. Průměrné koncentrace byly naměřeny v nízkých hodnotách, proto nepřekračují stanovené limity pro jednotlivé látky (nepřesahují 100%) a neznamenaají tak riziko pro danou populaci. To bylo zjištěno také při výpočtu karcinogenního/nekarcinogenního rizika, kde u žádné z měřených látek nebyla překročena daná limitní hodnota.

Tabulka 33: Porovnání výsledků hodnocení zdravotních rizik s platnými limity pro povrchovou vodu

Povrchová voda	Limit (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.)	Průměrné koncentrace	% podíl	ILCR	HI
Ingesce vody při plavání	v mg/l		%	při průměrných koncentracích	
Vinylchlorid	0,001	0,00059	59	2,09E-08	0,0000116
1,1 - dichlorethylen	---	0,00022	---	3,32E-09	0,0000003
cis 1,2 - dichlorethylen	0,001	0,00047	47	---	0,0000138
trans 1,2 - dichlorethylen	0,068	0,00022	0,32	---	0,0000006
Trichlorethylen	0,010	0,00024	2,4	2,42E-09	0,0000282
Perchlorethylen	0,010	0,00300	30	3,93E-09	0,0000294

- **Podzemní voda**

V tabulce 34 jsou porovnány výsledky hodnocení zdravotních rizik u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání/sprchování s platnými limity stanovené podle Věstníku MŽP ročník XIV – leden 2014 – částka 1 pro podzemní vodu. V tabulce jsou vypočítány procentuální podíly průměrných koncentrací a platných limitů pro jednotlivé látky. Z tabulky lze vidět, že průměrné koncentrace jsou mnohonásobně vyšší než platné limity (překračují 100%), to může znamenat riziko pro lidské zdraví. Avšak při výpočtu karcinogenního rizika bylo riziko zjištěno pouze u trichlorethylenu. U ostatních látek nebylo zjištěno žádné riziko pro lidské zdraví.

Tabulka 34: Porovnání výsledků hodnocení zdravotních rizik s platnými limity pro podzemní vodu

Podzemní voda	Limit (Věstník MŽP)	Průměrné koncentrace	% podíl	ILCR	HI
Dermální kontakt s vodou při koupání/sprchování	v mg/l		%	Při průměrných koncentracích	
Vinylchlorid	0,000015	0,01457	97133	6,47E-07	0,000359
1,1 - dichlorethylen	0,260	0,00176	0,68	3,34E-08	2,6E-06
cis 1,2 - dichlorethylen	0,028	0,81691	2918	---	0,006043
trans 1,2 - dichlorethylen	0,086	0,00523	6,1	---	1,93E-05
Trichlorethylen	0,00044	0,21991	49980	1,86E-05	0,361496
Perchlorethylen	0,0097	2,13700	22031	3,52E-06	0,015808

- **Pracovní ovzduší**

V tabulce 35 jsou porovnány výsledky hodnocení zdravotních rizik u expozičního scénáře inhalace kontaminovaného vzduchu u zaměstnanců s platnými limity pro pracovní prostředí (ovzduší). Vzhledem k tomu, že koncentrace, které

byly použity při hodnocení výše uvedeného expozičního scénáře, byly naměřeny v pracovním prostředí, platí zde tzv. přípustné expoziční limity (dle Nařízení vlády 361/2007 Sb.). V tabulce jsou vyjádřené procentuální podíly průměrných koncentrací a expozičních limitů pro jednotlivé látky. Koncentrace byly naměřeny ve velmi nízkých koncentracích a ve srovnání s limity lze predikovat, že nebudou představovat riziko pro lidské zdraví. Avšak při výpočtu karcinogenního/nekarcinogenního rizika překračovaly vypočítané hodnoty některých látek stanovené limity (pro karcinogenní riziko 1E-05 a pro nekarcinogenní riziko 1), a to znamená, že představují pro lidské zdraví vysoké riziko. Hodnoty překračující stanovené limity jsou v tabulce zvýrazněny červeně.

Tabulka 35: Porovnání výsledků hodnocení zdravotních rizik s platnými limity pro pracovní prostředí

Ovzduší	Přípustné expoziční limity (Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.)	Průměrné koncentrace	% podíl	ILCR	HI
Inhalace kontaminovaného vzduchu	v mg/m ³		%	Při průměrných koncentracích	
Vinylchlorid	7,5	0,002	0,027	3,33E-06	0,003
1,1 - dichlorethylen	8	0,002	0,025	1,89E-05	0,002
cis 1,2 - dichlorethylen	800	0,002	0,0025	---	---
trans 1,2 - dichlorethylen	800	0,007	0,0009	---	0,018
Trichlorethylen	250	0,01	0,004	2,16E-04	0,756
Perchlorethylen	250	3,364	1,35	7,27E-02	12,719

8. DISKUSE

Úvodem praktické části diplomové práce je analýza starých ekologických zátěží. Jedná se konkrétně o v minulosti kontaminovaná místa chlorovanými uhlovodíky (perchlorethylenem a jeho degradačními produkty). Rozbor těchto míst je rozdělený do několika kategorií dle dostupnosti dat. Prvním rozdělením je rozdělení kontaminovaných míst podle krajů. Nejvíce kontaminovaných míst se nachází ve Středočeském kraji, kde je celkem 55 kontaminovaných míst těmito toxickými látkami. Naproti tomu nejméně kontaminovaných míst je v Karlovarském kraji, a to pouze 8 kontaminovaných míst. Toto rozdělení odráží skutečnost, že Středočeský kraj je velikostně největší kraj v České republice, proto lze předpokládat, že v tomto kraji najdeme nejvíce kontaminovaných míst chlorovanými uhlovodíky. Naopak Karlovarský kraj je třetím nejmenším krajem České republiky, a proto můžeme předpokládat, že zde najdeme nejméně kontaminovaných míst chlorovanými uhlovodíky. Další rozdělení je dle velikosti kontaminovaných míst. Nejvíce míst (201) kontaminovaných chlorovanými uhlovodíky je větších než 2000 m². Konkrétnější rozdělení dle velikosti nebylo k dispozici. Lze předpokládat, že nejvíce kontaminovaných míst je ze strojírenství nebo z chemického průmyslu, kde jsou rozsáhlejší areály, to potvrzuje tuto domněnku, protože nejčastější původci znečištění pocházejí právě ze strojírenství nebo chemického průmyslu. Dalšími nejčastějšími původci znečištění jsou skládky komunálního odpadu a bývalé areály po armádě.

Druhou částí diplomové práce je hodnocení zdravotních rizik. Prioritními látkami diplomové práce jsou perchlorethylen a jeho degradační produkty, tedy vinylchlorid, 1,1-dichlorethylen, cis-a trans-1,2-dichlorethylen a trichlorethylen. Data použitá v diplomové práci byla získána v rámci projektu č. TH02030761 jehož název je „Zatížení vybraných složek životního prostředí perchlorethylenem a jeho degradačními produkty“. Cílem tohoto projektu je vytvořit v rámci České republiky ucelenou metodiku hodnocení osudu a rizikovosti jednoho z častých kontaminantů podzemní vody perchlorethylenu a produktů jeho rozkladu (degradačních produktů) v životním prostředí.

Naměřené koncentrace vstupující do rovnic pocházejí z jednotlivých odběrných míst, které se nacházejí v areálu SAP Mimoň, s.r.o. Jedná se

o koncentrace naměřené z podzemní a povrchové vody, ovzduší a tkání ryb vyskytujících se v přilehlé řece Ploučnici. Na základě těchto koncentrací byly vybrány následující modelové expoziční scénáře: ingesce vody při pití, ingesce vody při koupání/sprchování, ingesce vody při plavání, dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání/sprchování, dermální kontakt s kontaminovanou vodou při plavání, dermální kontakt s kontaminovanou vodou při mytí, inhalace kontaminovaného vzduchu a ingesce kontaminovaných potravin. Tyto expoziční scénáře byly aplikovány jak na dospělou populaci, tak na dětskou populaci. Vzhledem k tomu, že se jedná o průmyslový areál, byly některé expoziční scénáře aplikovány na zaměstnance. Jde konkrétně o tyto expoziční scénáře: ingesce vody při pití, dermální kontakt při mytí rukou a inhalace kontaminovaného vzduchu.

Pro zjištění míry karcinogenního i nekarcinogenního rizika bylo nutné nejdříve vypočítat CDI a případně LADD. Karcinogenní i nekarcinogenní riziko bylo vypočítáno pro minimální, maximální a průměrné koncentrace zkoumaných látek. Proto je důležité zmínit, že výpočty při maximálních koncentracích budou nadhodnocené a nemusí odrážet realitu. Naopak výpočty s minimálními koncentracemi budou podhodnoceny a ve většině případů nebudou znamenat riziko pro lidský organismus. Proto byly vypočítány i průměrné koncentrace, které již mohou odrážet realitu a být pravděpodobnější pro daný expoziční scénář.

U dospělých rezidenčních obyvatel bylo nekarcinogenní riziko zjištěno u expozičních scénářů: ingesce vody při pití a dermální kontakt s vodou při sprchování/koupání. U dětské populace bylo nekarcinogenní riziko zjištěno u expozičních scénářů: ingesce vody při pití, ingesce vody při sprchování/koupání a dermální kontakt s vodou při sprchování/koupání. U zaměstnanců bylo nekarcinogenní riziko zjištěno u ingesce vody při pití a inhalaci kontaminovaného vzduchu. Pro rezidenční obyvatele i zaměstnance představují největší riziko cis-1,2-dichlorethylen, trichlorethylen a perchlorethylen. Naopak nejméně rizikové látky jsou 1,1-dichlorethylen a trans-1,2-dichlorethylen.

Karcinogenní riziko bylo u dospělé i dětské populace prokázáno u expozičních scénářů: ingesce vody při pití, ingesce vody při koupání/sprchování a dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání/sprchování. Bylo zjištěno, že nejrizikovější látky jsou vinylchlorid, trichlorethylen a perchlorethylen. Naopak

nejméně rizikovou látkou je 1,1-dichlorethylen. Paradoxně u dospělé populace bylo karcinogenní riziko výrazně vyšší a zjištěno u více látek než u dětské populace. Například u expozičního scénáře dermální kontakt s vodou při plavání/sprchování bylo u dětské populace zjištěno riziko pouze u trichlorethylenu, u dospělé populace bylo karcinogenní riziko zjištěno také u perchlorethylenu. U zaměstnanců bylo karcinogenní riziko zjištěno u expozičních scénářů: ingesce vody při pití a inhalace kontaminovaného vzduchu, obdobně jako u nekarcinogenního rizika.

Expoziční scénáře ingesce kontaminované vody při plavání a dermální kontakt s kontaminovanou vodou při plavání nejvíce odráží realitu a jsou nejpravděpodobnější vzhledem k rekreačnímu využití přilehlé řeky Ploučnice. Naopak u expozičního scénáře ingesce kontaminované vody při pití je velmi malá pravděpodobnost, že k ingesci dojde. Výsledky tohoto scénáře mohou být nadhodnocené vzhledem k tomu, že nelze určit, k jak velké kontaminaci by mohlo dojít v případě kontaminace zdroje pitné vody. Jedná se o kontaminovanou podzemní vodu a v případě, že by tato situace nastala, musel by být kontaminovaný zdroj pitné vody v blízkém okolí této podzemní vody.

Předkládaná diplomová práce se zabývá především hodnocením zdravotních rizik. V praxi se můžeme setkat také s hodnocením ekologických rizik. V případě kontaminace povrchové vody vzniká riziko pro živočichy žijící v těchto vodách. V rámci studijního území byla kontaminace perchlorethylenem a jeho degradačními produkty zjištěna u ryb z řeky Ploučnice. U expozičního scénáře ingesce kontaminovaných potravin vstupují do výpočtu koncentrace, které byly naměřeny ze svaloviny ryb žijících právě v této řece. To značí, že toxické látky jsou nebezpečné především pro predátory a mohou kolovat v potravním řetězci. Pro lidský organismus nebylo při ingesci kontaminovaných potravin prokázáno ani karcinogenní ani nekarcinogenní riziko. To mohlo být ovlivněno tím, že do výpočtu bylo zvažováno pouze 48 jídel za rok. To ovšem neodráží skutečnost, protože se jedná o ryby z řeky Ploučnice, přičemž asi žádný jedinec nesní tolik ryb právě z této řeky. Také nebyl brán zřetel na tepelné opracování ryb. Pokud by došlo k tepelné úpravě, byly by koncentrace v jiných mírách a pro člověka jinak rizikové.

Každý expoziční scénář (obyvatelé – dětská a dospělá populace, zaměstnanci) má své důležité parametry. Expoziční scénáře pro hodnocení zdravotních rizik

zahrnují jeden společný znak, a tím jsou naměřené koncentrace chemických látek v jednotlivých složkách životního prostředí. Pokud jsou koncentrace toxických prvků nízké, potom je nízký i chronický denní příjem, ze kterého vychází karcinogenní i nekarcinogenní riziko. Pokud jsou u látek naměřené nízké, ale i velmi vysoké koncentrace, výsledná denní dávka a riziko s tím spojené pak vykazuje značné rozdíly mezi spodním a horním odhadem. Problém vzniká v případě, pokud je nedostatek dat. V této situaci je těžké správně odhadnout potenciální riziko. Lze jednoznačně konstatovat, že čím více je dat, tím je větší pravděpodobnost, že odhad rizika bude odpovídat realitě.

Do rovnic také vstupují různé parametry, které významně ovlivňují celý výpočet. Parametry, které byly použity, vyplývají z metodiky americké agentury EPA, tzn., že údaje vycházejí z amerických požadavků. Neexistují žádné české studie, které by sjednotily a stanovily parametry vstupující do rovnic, například není přesně stanovená průměrná hmotnost českého dospělého člověka nebo českého dítěte. Pokud by existovala databáze parametrů přesně odpovídajících českému prostředí, výsledné odhady rizik by byly bezesporu přesnější (Cidlinová, 2011).

U některých látek, konkrétně u cis- a trans-1,2-dichlorethylenu, nejsou stanovené hodnoty směrnice rakovinového rizika (CSF) pro výpočet rizika vzniku nádorových onemocnění, proto nelze celkově zhodnotit karcinogenní riziko pro tyto látky. Vzhledem k neustálé obnově a nesjednocení referenčních dávek (RfD) a směrnic rakovinového rizika (CSF) mohou být výpočty různé, a tím tak mohou ovlivnit celý výpočet karcinogenního i nekarcinogenního rizika.

Roli v hodnocení zdravotních rizik hraje také přijatelná míra rizika z expozice karcinogenním látkám. Limitní hodnoty mohou být v rozsahu od $1,00E-06$ do $1,00E-04$. Pro jednotlivce je brán přísný limit $1,00E-04$, naopak pro velké populace je vhodný limit $1,00E-06$. V České republice je pro pitnou vodu využívána limitní hodnota $1,00E-05$. Podle US EPA bývá často používán pro hodnocení karcinogenního rizika limit $1,00E-05$. To byly důvody pro zvolení limitu $1,00E-05$ i pro tuto práci, jelikož hodnocení zdravotních rizik v této diplomové práci je vztažené k obyvatelstvu a zaměstnancům. Je tedy nutné podotknout, že v případě použití přísnějšího nebo ne příliš přísného limitu by byly výsledky této práce jinak vyhodnoceny a interpretovány (Cidlinová, 2011).

Pomocí výpočtů a hodnocení míry rizika bylo jednoznačně prokázáno, že perchlorethylen a jeho degradační produkty, hlavně cis-1,2-dichlorethylen a trichlorethylen jsou nositeli rizik pro lidské zdraví. Velmi důležitou roli v intenzitě škodlivého účinku dané látky na lidský organismus hraje nejen celkové množství přijaté látky do organismu (po dobu trvání expozice), ale i způsob vstupu této formy do organismu. Při ingesci nebo inhalaci může být riziko daleko závažnější než při dermálním kontaktu, což bylo v diplomové práci prokázáno.

Závěrem praktické části jsou porovnány výsledky hodnocení zdravotních rizik s platnými limity pro vybrané složky životního prostředí. Byly vybrány 4 expoziční scénáře. U pitné vody byl zvolen expoziční scénář ingesce vody při pití, u povrchové vody byl zvolen expoziční scénář ingesce vody při plavání, u podzemní vody byl zvolen expoziční scénář dermální kontakt s vodou při koupání/sprchování a u ovzduší byl zvolen expoziční scénář inhalace kontaminovaného vzduchu v pracovním prostředí u zaměstnanců. Limity byly stanoveny dle příslušného právního nařízení. U 2 expozičních scénářů byly naměřeny výrazně nižší koncentrace než jsou stanovené limitní hodnoty. To může znamenat, že u těchto expozičních scénářů není předpokládáno žádné riziko. Avšak u expozičního scénáře inhalace kontaminovaného vzduchu byly naměřeny nízké koncentrace, a i přes to zde bylo zjištěno vysoké karcinogenní i nekarcinogenní riziko. U expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání/sprchování byly zase naopak naměřeny vyšší koncentrace, než jsou stanovené limity, ale karcinogenní riziko bylo zjištěno pouze u trichlorethylenu a nekarcinogenní riziko nebylo zjištěno u žádné z měřených látek. Nejvíce odráží skutečnost expoziční scénář ingesce vody při pití. U tohoto scénáře byly naměřeny daleko vyšší koncentrace, než jsou platné limity, z toho lze predikovat vysoké riziko pro lidskou populaci. To potvrdily také výpočty hodnocení karcinogenního/nekarcinogenního rizika tohoto scénáře. Bylo zjištěno, že měřené látky, především trichlorethylen a perchlorethylen, představují vysoké riziko pro lidské zdraví.

9. ZÁVĚR

Téma diplomové práce bylo cíleno na chlorované ethyleny a s nimi spojené hodnocení zdravotních rizik. Prioritními látkami jsou perchlorethylen a jeho dceřiné produkty, kterými jsou vinylchlorid, 1,1-dichlorethylen, izomery cis- a trans-1,2-dichlorethylen a trichlorethylen. Přítomnost dichlorethylenů v životním prostředí je důsledkem aplikací perchlorethylenu a trichlorethylenu v různých oblastech průmyslu. Dichlorethyleny vznikají jako jejich dceřiné produkty v procesu zvaném přírodní atenuace. Cis-1,2-dichlorethylen je nejčastěji vznikající dceřiný meziprodukt tohoto procesu. Perchlorethylen je podle IACR zařazen do skupiny 2A a je tedy pravděpodobně karcinogenní pro lidi a lze konstatovat, že je jednak toxický pro lidský organismus, ale také nebezpečný pro životní prostředí. Stejně tak jako perchlorethylen jsou i jeho degradační produkty nebezpečné až toxické pro lidské zdraví a životní prostředí.

Perchlorethylen byl v minulosti nadměrně používanou látkou a v dobách minulých nikdo znečištění touto chemikálií neřešil. Dnes proto představuje obrovskou zátěž a místa kontaminovaná nejen perchlorethylenem jsou označována jako staré ekologické zátěže. Studijní území, které bylo použito v předkládané diplomové práci, je jedním z mnoha míst kontaminovaných chlorovanými uhlovodíky (perchlorethylen + degradační produkty). Jedná se o bývalý areál státního Veterinárního asanačního ústavu Mimoň, nedaleko bývalého vojenského prostoru Ralsko. Dnes se v areálu nachází firma SAP Mimoň spol. s r.o., která provozuje asanaci a zpracování živočišného odpadu a kompostárnu. Areál byl zprivatizovaný v první vlně, kdy ještě nebyl povinný ekologický audit, a proto znečištění chlorovanými uhlovodíky nebylo zřejmé. Mimoňská kafilerie se ovšem brzy zařadila na seznam nejzávažnějších ekologických zátěží, které zbyly z dob komunismu a po sovětské armádě. Na konci 80. let se v nedaleké obci Hradčany vyšetřovalo zasažení zdroje pitné vody touto rakovinou tvornou látkou, podezření ale padlo na sovětskou armádu, která s ní ve vojenském prostoru Ralsko čistila motory. Veterinární ústav ji ale používal také a ve velkém. Že s ní manipuloval zřejmě velmi neopatrně, vyšlo najevo až po revoluci. Geologický průzkum v Mimoně v roce 1995 zjistil, že nebezpečná látka zamořila půdu až do hloubky 30 metrů a unikala i do blízké řeky Ploučnice. Ohrozila tak podzemní vody na několika kilometrech čtverečních v oblasti Severočeské křídly.

Praktická část je rozdělena na dvě kapitoly. První část se zabývá analýzou starých ekologických zátěží, tedy kontaminovanými místy, kde se dříve využívaly chlorované uhlovodíky (do skupiny chlorovaných uhlovodíků patří zkoumané látky perchlorethylen a jeho degradační produkty). Analýza je vytvořena z veřejně dostupných dat Systému evidence kontaminovaných míst. Analýzu tvoří rozdělení dle rozložení kontaminovaných míst v rámci krajů ČR, dle typu lokality kontaminované chlorovanými uhlovodíky, dle rozlohy a dle původce znečištění. V České republice se nachází celkem 454 míst kontaminovaných chlorovanými uhlovodíky. Nejvíce kontaminovaných míst (55) je ve Středočeském kraji. Naopak výrazně nejnižší počet (8) míst kontaminovaných chlorovanými uhlovodíky je v Karlovarském kraji.

Druhá kapitola praktické části představuje hodnocení zdravotních rizik. Pro výpočet karcinogenního a nekarcinogenního rizika bylo na základě naměřených koncentrací vybráno šest expozičních scénářů pro rezidenční obyvatele (dospělí i děti) a tři expoziční scénáře pro zaměstnance. Hodnocení bylo provedeno prostřednictvím konvenčního deterministického způsobu hodnocení rizik.

K deterministickému hodnocení zdravotních rizik lze říci, že bylo prokázáno riziko pro téměř všechny hodnocené látky. Index nebezpečnosti (HI) a individuální celoživotní riziko rakoviny (ILCR) bylo prokázáno u expozičních scénářů: ingesce vody při pití, ingesce vody při sprchování/koupání a dermální kontakt s vodou při sprchování/koupání. Rizika byla prokázána u dětské i dospělé populace. Povrchová voda se ukázala být téměř bez rizika vzhledem k vybraným toxickým látkám. Expoziční scénáře dermální kontakt při plavání a náhodná ingesce při plavání nevykazují žádná rizika, a to jak u dětské, tak i u dospělé populace. U nekarcinogenního rizika byly rizikovými látkami vinylchlorid, cis-1,2-dichlorethylen, trichlorethylen a perchlorethylen. Pouze u 1,1-dichlorethylenu a trans-1,2-dichlorethylenu nebyl index nebezpečnosti prokázán. Karcinogenní riziko bylo zjištěno u expozičních scénářů: ingesce vody při pití, ingesce vody při sprchování/koupání a dermální kontakt s vodou při sprchování/koupání. Nejrizikovějšími látkami jsou u tohoto rizika perchlorethylen, trichlorethylen a vinylchlorid.

Deterministické hodnocení zdravotních rizik bylo provedeno také u zaměstnanců v průmyslovém areálu, kteří mohou přijít do kontaktu s perchlorethylenem a jeho degradačními produkty. Nekarcinogenní riziko bylo zjištěno především u perchlorethylenu a trichlorethylenu. Při orální expozici pitnou vodou u zaměstnanců bylo karcinogenní i nekarcinogenní riziko zjištěno u téměř poloviny zkoumaných látek při průměrných koncentracích a všech látek při maximálních koncentracích. U expozičního scénáře inhalace kontaminovaného vzduchu bylo zjištěno nekarcinogenní riziko pouze u perchlorethylenu. Avšak při hodnocení karcinogenního rizika u tohoto scénáře bylo riziko zjištěno u téměř všech látek kromě vinylchloridu, u kterého nebyla limitní hodnota pro určení karcinogenního rizika překročena. Lze konstatovat, že karcinogenní riziko u zaměstnanců představuje větší nebezpečí u více látek než u nekarcinogenního rizika. U dermálního kontaktu s kontaminovanou vodou při mytí u zaměstnanců nebylo zjištěno ani karcinogenní ani nekarcinogenní riziko.

Potenciálně, ale i fakticky jsou chlorované ethyleny nositeli rizik, které mohou v případě nevhodného nakládání s nimi mít negativní dopad na zdraví lidí a životní prostředí. To si musí uvědomit a přijmout každý, kdo chce s těmito látkami nakládat. Při nevhodném použití perchlorethylenu a také jeho degradačních produktů mohou vznikat nové ekologické zátěže, které budou zdrojem rizika pro zdraví obyvatel a zaměstnanců.

Vzhledem ke skutečnostem, které vyplývají z této diplomové práce, je nutné, aby byla zmapována všechna kontaminovaná místa, která dnes představují staré ekologické zátěže, a byla včasné a efektivně řešena. S tím souvisí i právní prostředí a finanční plány na uskutečnění tohoto mappingu a následných nápravných opatření. Druhou skutečností vyplývající z diplomové práce je zajistit v ČR ucelenou metodiku pro hodnocení osudu a rizikovosti perchlorethylenu a jeho degradačních produktů tak, aby nedocházelo k uvolňování toxických látek do prostředí a tím k poškozování životního prostředí a zdraví lidí.

10. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

- Abrahamsson K., Ekdahl A., Collen J., Pedersen M., 1995: Marine algae – A source of trichloroethylene and perchloroethylene. *Limnology and oceanography*, Vol. 40, November 1995, p. 1321–1326.
- Anděl P., 2011: *Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring*. Liberec: Evernia, 2011. ISBN 978-80-903787-9-7, 265 s.
- ATSDR, 1993a: Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1993. Toxicological Profile for Tetrachloroethylene. ATSDR/U.S. Public Health Service
- ATSDR, 1993b: Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1993. Toxicological Profile for Vinyl Chloride. ATSDR/U.S. Public Health Service
- ATSDR, 2019: 1,2-dichloroethylene: 1. publish health statement [online]. [Cit. 28. 1. 2019]. Dostupný z: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp87-c1.pdf>
- Bartoň J., 2007: Kontaminace podzemních vod chlorovanými uhlovodíky na lokalitě DKV Břeclav. Brno, 2007. 67str. Diplomová práce na přírodovědecké fakultně university Masarykovy na ústavu geologických věd. Vedoucí práce Mgr. Tomáš Kuchovský, Ph.D.
- Bonomo L., Caserini S., Pozzi C., Uguccioni D.A., 2000: Target Cleanup Levels at the Site of a Former Manufactured Gas Plant in Northern Italy: Deterministic versus Probabilistic Results. *Environmental Science and Technology* 34: s. 3843–3848.
- Boyd H. B., Pedersen F., Cohr K. H., Damborg A., Jakobsen B. M., Kristensen P., Samsøe-Petersen L., 1999: *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 30, 197 s.
- Bláha, K., Cikrt, M., 1996: *Základy hodnocení zdravotních rizik*. Státní zdravotní ústav Praha.
- Burmester D.E. et Von Stackelberg K., 1991: Using Monte Carlo Simulations in Public Health Risk Assessments: Estimating and Presenting Full Distributions

of Risk. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 1(4): s. 491–512.

CFPUB, 2019: Toxicological review of 1,1-dichlorethylene [online]. [Cit. 28. 1.

2019]. Dostupný z:

https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0039tr.pdf

Daniel J. W., 1963: The metabolism of ³⁶Cl-labelled trichloroethylene and tetrachlorethylene in the rat. *Biochemical Pharmacology* 12: s. 795–802

Dashöfer V., 2012: Staré ekologické zátěže. *Enviprofi.cz* [online]. 23. 5. 2012, [cit. 18. 2. 2019]. Dostupné z: https://www.enviprofi.cz/33/stare-ekologicke-zateze-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox_ZzARyW32CDYyf3lIXS_TvYo/?query=star%E9%20ekologick%E9%20z%E1t%EC%BEE&serp=1.

Fečko P., Kušnierová M., Čáblík V., Pečtová I., 2004: Environmentální biotechnologie, VŠB Ostrava - Ostrava 2004.

Frouz J. a Moldan B., ed., 2015: Příležitosti a výzvy environmentálního výzkumu. V Praze: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2667-3.

Finley B. L., Proctor D., Scott P., Harrington N., Paustenbach D., Price P., 1994: Recommended Distributions for Exposure Factors Frequently Used in Health Risk Assessment. *Risk Analysis* Vol. 14(4): s. 533–553.

Gaskill K. M., 2011: Fate Of Spilled Perc In The Subsurface. *The Environmental Corner*. Juli 2011, 2.

Gruntorád J., 2006: Systém evidence kontaminovaných míst, *Odpadové fórum*, č. 2.

Guyton et al., 2014 Human Health Effects of Tetrachloroethylene: Key Findings and Scientific Issues. *Environmental Health Perspectives* [online]. April 2014, 4(122), 325-334 [cit. 5. 3. 2019]. Dostupné z: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/pdf/10.1289/ehp.1307359>

Havel B., 2004: HODNOCENÍ A ŘÍZENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK. Publikace byla vydána za finanční podpory dotačního programu MZ ČR „Národní program

zdraví - Projekty podpory zdraví“ 2004, projekt č. 9090 - Zdraví 21 v Libereckém regionu.

Havel B., 2011: Hodnocení zdravotních rizik není prázdný pojem. *Hygiena*. 2011;56(3):75.

Chiu et al., 2013: Human Health Effects of Trichloroethylene: Key Findings and Scientific Issues. *Environmental Health Perspectives* [online]. 2013, March 2013, 3(121), 303-311 [cit. 5. 3. 2019]. Dostupné z: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/pdf/10.1289/ehp.1205879>

Cidlinová A., 2011. *Metody stanovení a hodnocení zdravotních a ekologických rizik pro využívání vedlejších energetických produktů*. Praha, 2011. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita - Fakulta životního prostředí. Vedoucí práce MUDr. Magdaléna Zimová, CSc.

IRZ, 2019a: Tetrachlorethylen (PER). In: Integrovaný registr znečišťování: Karta látky [online]. MŽP, 2019 [cit. 18. 2. 2019]. Dostupné z: https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Tetrachlorethylen_Karta_latky_11012019.pdf

IRZ, 2019b: Účinné právní předpisy k IRZ. Integrovaný registr znečišťování [online]. Cenia a MŽP [cit. 18. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/node/108>

IRZ, 2019c: Trichlorethylen, Základní charakteristika IRZ [online]. [Cit. 28. 1. 2019]. Dostupný z: <http://www.irz.cz/repository/latky/trichlorethylen.pdf>

IRZ, 2019d: Vinylchlorid. In: Integrovaný registr znečišťování: Karta látky [online]. MŽP, 2019 [cit. 18. 2. 2019]. Dostupné z: https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Vinylchlorid_Karta_latky_11012019.pdf

IRZ, 2019e: 1,2 dichlorethylen In: Integrovaný registr znečišťování: Karta látky [online]. MŽP, 2019 [cit. 18. 2. 2019]. Dostupné z: https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Dichlorethan_Karta_latky_11012019.pdf

- Kačabová P., Zima J., 2005: Staré ekologické zátěže v České republice, *Enviromagazín*, 2005, č. 2.
- Kazmarová H., 2018: AUTORIZAČNÍ NÁVOD K HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍHO RIZIKA EXPOZICE CHEMICKÝM LÁTKÁM V PITNÉ VODĚ [online]. In: 2018, s. 9 [cit. 19. 2. 2019]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/ska/autorizace/AN16_04_voda.pdf
- Kleger L., Válek P., 2014: Vinylchlorid. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 18. 2. 2019]. Dostupné z: <https://arnika.org/vinylchlorid>.
- KM PLUS spol. s r.o., 2011: Bezpečnostní list perchlorethylenu [online]. 2011 [cit. 18. 2. 2019]. Dostupné z: https://images.obl.cz/PROD/CZ/document/367/367876_safety_1.pdf
- Komárek, L., Provazník, K., 2008: Manuál prevence v lékařské praxi, VII: Základy hodnocení zdravotních rizik. [online].[cit. 8. 5. 2013]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/czpz/manual/Manual%20souhrn7.pdf>
- Mattes T. E., Alexander A. K., Coleman N. V., 2010: Aerobic biodegradation of the chloroethenes: pathways, enzymes, ecology, and evolution. *FEMS Micro-biol Rev*, Vol. 34, Issue 4, July 2010, p. 445–475.
- Maxa M. a kol., 2002: Nebezpečné látky v odpadních vodách z chemického průmyslu České republiky (Odvětvová situační studie). *TECHEM*, Praha, prosinec 2002.
- MZ ČR, 2005: Zásady a postupy hodnocení a řízení zdravotních rizik v činnostech odboru hygieny obecné a komunální, HEM-300-19.9.05/31639, 2005.
- MŽP, 2019a: Staré ekologické zátěže, resp. kontaminovaná místa. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 18. 2. 2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/stare_ekologicke_zateze
- MŽP, 2019b: Ekologická újma. Ministerstvo životního prostředí [online]. Praha, 2019 [cit. 18. 2. 2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/ekologicka_ujma
- Paustenbach D.J., 2000: The practice of exposure assessment: a state-of-the-art review. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B* 3: s. 179–291.

- Pepper, I. L., Gerba Ch. P. a Brusseau M. L., 2006: Environmental and Pollution Science. 2nd ed. Boston: Elsevier/Academic Press, c2006. ISBN 978-012-5515-030.
- Petrlík J., Válek P., 2014: Tetrachlorethylen (perchlor). Arnika [online]. Praha, [cit. 18. 1. 2019]. Dostupné z: <https://arnika.org/tetrachlorethylen-perchlor>.
- Prokeš J., 2005: Základy toxikologie: obecná toxikologie a ekotoxikologie. Praha: Galén, c2005. ISBN 80-7262-301-x.
- Provazník K., Cikrt M., Komárek L., 2000: Manuál prevence v lékařské praxi: VIII. Základy hodnocení zdravotních rizik. Fortuna, Praha.
- REGISTRPOVINNOSTI, 2009: TETRACHLORETYLEN (PERCHLORETYLEN) In: Program na snížení znečištění povrchových vod nebezpečnými závadnými látkami a zvláště nebezpečnými závadnými látkami 2010–2013 [online]. MŽP, 2009, s. 34 [cit. 18. 2. 2019]. Dostupné z: <http://www.registrpovinnosti.com/df23h54/voda/registrlegislativy/Tetrachloret en.pdf>
- Rieder, M. a kol., 2003: Výskyt a pohyb nebezpečných látek v hydrosféře ČR. Závěrečná zpráva projektu VaV/650/3/00. ČHMÚ Praha, únor 2003.
- SEKM, 2019a: Detail lokality - SAP Mimoň spol. s r.o. - souhrn. Systém evidence kontaminovaných míst [online]. 2019 [cit. 6. 3. 2019]. Dostupné z: <http://info.sekm.cz/lokality/lokalita/18407001>
- SEKM, 2019b: Detail lokality - SAP Mimoň spol. s r.o. - sanace. Systém evidence kontaminovaných míst [online]. 2019 [cit. 6. 3. 2019]. Dostupné z: <http://info.sekm.cz/lokality/sanace/18407001>
- Staré ekologické zátěže. *Elektro* [online]. 2010, 2010(10), 12 [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/42025.pdf>
- Suchánek Z., 2018: NÁRODNÍ INVENTARIZACE KONTAMINOVANÝCH MÍST. Cenia [online_prezentace]. Praha: Česká informační agentura ŽP, 2012, [cit. 18. 2. 2019]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/Prezentace%20na%20vyhodnoce>

[n%C3%AD%20akce%20Ukli%C4%8Fme%20%C4%8Cesko_Brno_NIKM%20II.pdf](#).

Tiehm A., Schmidt K. R., 2011: Sequential anaerobic/aerobic biodegradation of chloroethenes – aspects of field application. *Current Opinion in Biotechnology*, Vol. 22, pages, March 2011, p. 415–421.

US EPA, 1980: Ambient Water Quality Criteria for Dichloroethylenes. Environmental Criteria and Assessment Office, Cincinnati, OH. EPA 440/5-80-041. NTIS PB 81-117525.

US EPA, 1997: Guiding Principles for Monte Carlo Analysis. Office of Research and Development, EPA/630/R-97/001.

US EPA, 1990: Integrated Risk Information System (IRIS). Health Risk Assessment for Manganese. (Verification date 6/21/90). Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office, Cincinnati, OH.

US EPA, 2000: TOXICOLOGICAL REVIEW OF VINYL CHLORIDE. In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS). U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC. EPA/635R-00/004

US EPA, 2012: TOXICOLOGICAL REVIEW OF Tetrachloroethylene (Perchloroethylene). In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS). U. S. Environmental Protection Agency Washington, DC. EPA/635/R-08/011F

US EPA, 2018: Regional Screening Levels(RSLs) - Generic Tables. United States Environmental Protection Agency [online]. 2018 [cit. 13. 3. 2019]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables>

US HHS, 2019: U. S. Department of Health and Human Services. Hazardous Substances Data Bank (HSDB, online database). National Library of Medicine, National Toxicology Information Program, Bethesda, MD.

Veveřková M., Veverka Z., Zimová M., Kubal M., Beneš B., Cidlinová A., Matějů L., Melicherčík J., Seger J., Kohout P., Kuraš M. 2010: Výzkum skutečných vlastností odpadů považovaných za vhodný zdroj nestandardních surovin

(zejména vedlejších energetických produktů) ve smyslu současných právních požadavků na ochranu zdraví lidí, životní prostředí a vyhodnocení získaných informací pro stanovení bezpečných postupů a požadavků pro jejich používání, závěrečná písemná zpráva o řešení projektu, projekt MŽP č. VaV SP/2f3/118/08, Univerza-Středisko odpadů Praha, s.r.o., Praha.

Vlaanderen J. et al, 2014: Tetrachloroethylene exposure and bladder cancer risk: a meta-analysis of dry-cleaning-worker studies. *Environmental Health Perspectives* [online]. July 2014, 7(122), 661-666, [cit. 5. 3. 2019]. Dostupné z: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/pdf/10.1289/ehp.1307055>

Vlčková V., Koblížková E., 2017: STARÉ EKOLOGICKÉ ZÁTĚŽE V ČR. In: ZNEČISTĚNÉ ÚZEMIA 2017. Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, s. 103–104. ISBN 978-80-89503-73-5.

VŠCHT, 2002: Obr.: Rozdíl v míře průniku LNAPL (např. ropných produktů) a DNAPL (např. chlorovaných rozpouštědel) do saturované zóny (vyznačen rozptyl DNAPL na čočkách izolátoru). In: Dekontaminační technologie[online]. Praha: VŠCHT, 2002 [cit. 18. 2. 2019]. Dostupné z: <https://old.vscht.cz/uchop/CDmartin/8-nejcasteji/2-3.html>

Vučka P., 2005: Staré ekologické zátěže – minulost, současnost a budoucnost, In: Konference životního prostředí České republiky – stav a perspektiva, PLANETA, Ministerstvo životního prostředí, Praha, ročník XII, č. 10/2005, ISSN 1213- 3393.

Zogorski J. S., Carter J. M., Ivahnenko T., Lapham W. W., Moran M. J., Rowe B. L., Squillace P. J., Toccalino P. L., 2006: Volatile organic compounds in the nation's ground water and drinking-water supply wells. Reston, VA: U. S. Geological Survey, c2006. Quality of our nation's waters, 1292. ISBN 14-113-0836-0.

Zálešák M., 2014: Kometabolická degradace dichloroethylenů bakterií Comamonas testosteroni RF2. Zlín, 2014. Diplomová práce. UTB. Vedoucí práce Doc. RNDr. Jan Růžička, Ph.D.

Zimová M. et al., 2007: Zdravotní rizika kontaminace půdy městských aglomerací. Odborná zpráva za rok 2006. Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí. SZÚ Praha.

Zimová M., et al., 2010a: Výzkum skutečných vlastností odpadů považovaných za vhodný zdroj nestandardních surovin (zejména vedlejších energetických produktů) ve smyslu současných právních požadavků na ochranu zdraví lidí, životní prostředí a vyhodnocení získaných informací pro stanovení bezpečných postupů a požadavků pro jejich používání, podklady pro zprávu o řešení projektu, projekt MŽP č. VaV SP/2f3/118/08, Státní zdravotní ústav, Praha.

ZUUSTI, 2019: HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK. Zdravotní ústav se sídlem v Ústí na Labe, [online]. 2019 [cit. 20. 2. 2019]. Dostupné z: <http://www.zuusti.cz/sluzby/hygienicke-laboratore/hodnoceni-zdravotnich-rizik/>

PŘEHLED POUŽITÝCH ZÁKONŮ A PŘEDPISŮ

ČSN EN ISO 8230-2, Bezpečnostní požadavky na chemicky čisticí stroje - Část 2:

Stroje používající perchlorethylen.

MŽP, ©2011. Metodický pokyn MŽP pro analýzu rizik kontaminovaného území.

Věstník MŽP, ročník XXI. částka 3.

MŽP, ©2014: Metodické pokyny MŽP pro indikátory znečištění, Věstník MŽP

ročník XIV, leden 2014, částka 1.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006, v platném znění.

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v platném znění.

Nařízení vlády č. 145/2008 Sb., kterým se stanoví seznam znečišťujících látek a prahových hodnot a údaje požadované pro ohlašování do integrovaného registru znečišťování životního prostředí, v platném znění.

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, v platném znění.

Směrnice Rady 91/689/EHS ze dne 12. prosince 1991 o nebezpečných odpadech, v platném znění.

Směrnice Rady 96/61/ES ze dne 24. září 1996 o integrované prevenci a omezování znečištění, v platném znění.

Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb, v platném znění.

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění.

Zákon č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí a o změně některých zákonů, v platném znění.

Zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění.

Zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění

Zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Rozdíl v míře DNAPL (např. chlorovaných rozpouštědel z továren) a průniku LNAPL (např. ropných produktů, například z benzinových pump), (VŠCHT, 2002)	18
Obrázek 2: Anaerobní redukce a aerobní oxidace chlorovaných ethylenů, (Tiehm, Schmidt, 2011).....	19
Obrázek 3: Hodnocení a řízení rizik (Komárek et al., 2008)	40
Obrázek 4: Struktura analýzy rizika se vzájemnými vztahy mezi hodnocením rizika, řízením rizika a komunikací o riziku (Komárek et al., 2008)	40
Obrázek 5: Orientační umístění SAP Mimoň v České republice	49
Obrázek 6: Konkrétní umístění SAP Mimoň	50
Obrázek 7: Přehled jednotlivých kontaminovaných míst CIU v ČR rozdělena podle krajů	53
Obrázek 8: Rozdělení kontaminovaných míst CIU podle rozlohy	54
Obrázek 9: Výpočet HI pro orální expozici pitnou vodou u cis-1,2-dichlorethylenu, trichlorethylenu a perchlorethylenu – obyvatelé (děti i dospělí)	57
Obrázek 10: Výpočet HI pro náhodnou ingesci vody při koupání/sprchování u cis-1,2-dichlorethylenu, trichlorethylenu a perchlorethylenu – obyvatelé (dospělí a děti).....	59
Obrázek 11: Výpočet HI pro dermální expozici při sprchování/koupání pro maximální a průměrné koncentrace trichlorethylen – obyvatelé (dospělí a děti)	61
Obrázek 12: Výpočet ILCR pro orální expozici pitnou vodou u 1,1 dichlorethylenu – obyvatelé (děti a dospělí)	64
Obrázek 13: Výpočet ILCR pro orální expozici pitnou vodou pro vinylchlorid, trichlorethylen a perchlorethylen – obyvatelé (dospělí a děti).....	64
Obrázek 14: Výpočet ILCR pro náhodnou ingesci vody při sprchování – obyvatelé (dospělí a děti)	66
Obrázek 15: Výpočet ILCR pro dermální kontakt při koupání/sprchování – obyvatelé (dospělí a děti)	68
Obrázek 16: Přehled karcinogenního rizika u dospělých obyvatel (vypočteno pro průměrné hodnoty perchlorethylenu)	70

Obrázek 17: Přehled nekarcinogenního rizika u dětské populace (vypočteno pro průměrné hodnoty perchlorethylenu).....	70
Obrázek 18: Přehled karcinogenního rizika u dospělých obyvatel (vypočteno pro průměrné hodnoty perchlorethylenu).....	71
Obrázek 19: : Přehled karcinogenního rizika u dětské populace (vypočteno pro průměrné hodnoty perchlorethylenu).....	71
Obrázek 20: Výpočet HI při ingesci vody při pití u vybraných látek - zaměstnanci.....	73
Obrázek 21: Výpočet HI při expozici kontaminovaného vzduchu u trichlorethylenu a perchlorethylenu – zaměstnanci.....	74
Obrázek 22: Výpočet ILCR pro orální expozici pitnou vodou u 1,1-dichlorethylenu - zaměstnanci	76
Obrázek 23: Výpočet ILCR pro orální expozici pitnou vodou u ostatních látek – zaměstnanci.....	76
Obrázek 24: Výpočet ILCR při expozici kontaminovaného vzduchu pro vybrané látky – zaměstnanci.....	78
Obrázek 25: Výpočet ILCR při expozici kontaminovaného vzduchu pro perchlorethylen – zaměstnanci	78
Obrázek 26: Přehled nekarcinogenního rizika u zaměstnanců (vypočteno pro průměrné hodnoty perchlorethylenu).....	79
Obrázek 27: Přehled karcinogenního rizika u zaměstnanců (vypočteno pro průměrné hodnoty perchlorethylenu).....	80

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Přehledová tabulka vlastností a toxicity perchlorethylenu, (Petrlík, Válek, 2014), (IRZ, 2019a).....	20
Tabulka 2: Přehled nebezpečí, příznaků, prevence a první pomoci při expozici perchlorethylenu pro člověka, (KM PLUS spol. s r.o., 2011).....	23
Tabulka 3: Limity pitné vody pro perchlorethylen a jeho degradační produkty (Vyhláška č. 252/2004 Sb.).....	31
Tabulka 4: Limity povrchové vody pro perchlorethylen a jeho degradační produkty (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.).....	32
Tabulka 5: Limity podzemní vody pro perchlorethylen a jeho degradační produkty (MŽP ©2014).....	33
Tabulka 6: Měsíční a denní limitní koncentrace perchlorethylenu v odpadních vodách (Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.)	33
Tabulka 7: Referenční koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů ve venkovním ovzduší (Zákon č. 201/2012 Sb.).....	35
Tabulka 8: Půdní limity perchlorethylenu a jeho degradačních produktů (MŽP, ©2014).....	36
Tabulka 9: Přípustné expoziční limity a nejvyšší přípustné koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů (Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.).....	36
Tabulka 10: Ohlašovací prahy perchlorethylenu a jeho degradačních produktů pro úniky a přenosy pro ohlašování do IRZ (IZR, 2019c, d, e)	37
Tabulka 11: Obecné informace k databázi SEKM	52
Tabulka 12: Přehled typu lokality z databáze SEKM	54
Tabulka 13: Přehled typu původce znečištění z databáze SEKM v ČR	55
Tabulka 14: Výpočet HI pro orální expozici pitnou vodou – obyvatelé (děti a dospělí)	57
Tabulka 15: Výpočet HI pro náhodnou ingesci vody při koupání/sprchování – obyvatelé (dospělí a děti)	58
Tabulka 16: Výpočet HI pro náhodnou ingesci vody při plavání – obyvatelé (dospělí a děti).....	59
Tabulka 17: Výpočet HI pro dermální expozici při sprchování/koupání – obyvatelé (děti a dospělí)	60

Tabulka 18: Výpočet HI pro dermální expozici při plavání – obyvatelé (dospělí a děti).....	61
Tabulka 19: Výpočet HI pro náhodnou ingesci kontaminovaných potravin – obyvatelé (dospělí a děti)	62
Tabulka 20: Výpočet ILCR pro orální expozici pitnou vodou – obyvatelé (dětí a dospělí)	63
Tabulka 21: Výpočet ILCR pro náhodnou ingesci vody při koupání/sprchování – obyvatelé (dospělí a děti)	65
Tabulka 22: Výpočet ILCR pro náhodnou ingesci vody při plavání – obyvatelé (dospělí a děti).....	66
Tabulka 23: Výpočet ILCR pro dermální kontakt při koupání/ sprchování – obyvatelé (dospělí a děti)	67
Tabulka 24: Výpočet ILCR pro dermální kontakt při plavání – obyvatelé (dospělí a děti).....	68
Tabulka 25: Výpočet ILCR pro náhodnou ingesci kontaminovaných potravin – obyvatelé (dospělí a děti)	69
Tabulka 26: Výpočet HI pro orální expozici pitnou vodou - zaměstnanci	72
Tabulka 27: Výpočet HI pro dermální expozici při mytí u vybraných látek – zaměstnanci.....	73
Tabulka 28: Výpočet HI při expozici kontaminovaného vzduchu – zaměstnanci	74
Tabulka 29: Výpočet ILCR pro orální expozici pitnou vodou – zaměstnanci ...	75
Tabulka 30: Výpočet ILCR pro dermální kontakt při mytí – zaměstnanci.....	77
Tabulka 31: Výpočet ILCR při expozici kontaminovaného vzduchu – zaměstnanci.....	77
Tabulka 32: Porovnání výsledků hodnocení zdravotních rizik s platnými limity pro pitnou vodu	81
Tabulka 33: Porovnání výsledků hodnocení zdravotních rizik s platnými limity pro povrchovou vodu	82
Tabulka 34: Porovnání výsledků hodnocení zdravotních rizik s platnými limity pro podzemní vodu.....	83
Tabulka 35: Porovnání výsledků hodnocení zdravotních rizik s platnými limity pro pracovní prostředí.....	84

Tabulka 36: Přehled počtů kontaminovaných míst perchlorethylenem a jeho degradačními produkty v ČR	111
Tabulka 37: Rozdělení kontaminovaných míst perchlorethylenem a jeho degradačními produkty v ČR dle kontaminované plochy	111
Tabulka 38: Naměřené koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů z podzemní vody v mg/l	112
Tabulka 39: Naměřené koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů z povrchové vody v mg/l	112
Tabulka 40: Naměřené koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů pro expoziční scénář ingesce kontaminovaných potravin ze svaloviny ryb v mg/kg	113
Tabulka 41: Naměřené koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů pro inhalační expoziční scénář v mg/m³	113
Tabulka 42: Parametry pro expoziční scénář ingesce vody při pití	114
Tabulka 43: Parametry pro expoziční scénář dermální kontakt s vodou při koupání a sprchování	115
Tabulka 44: Parametry pro expoziční scénář dermální kontakt s vodou při plavání	116
Tabulka 45: Parametry pro expoziční scénář dermální kontakt s vodou při mytí (zaměstnanci)	117
Tabulka 46: Parametry pro expoziční scénář náhodná ingesce vody při plavání	118
Tabulka 47: Parametry pro expoziční scénář náhodná ingesce vody při sprchování	118
Tabulka 48: Parametry pro inhalaci kontaminovaného vzduchu	119
Tabulka 49: Parametry pro ingesci kontaminovaných potravin	120
Tabulka 50: Použité hodnoty RfD a CSF (Daniel, J.W. 1963, EPA 1980, ATSDR 1993a, ATSDR 1993b, EPA 2018)	121
Tabulka 51: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při pití u nekarcinogenního rizika - dospělí	122
Tabulka 52: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při pití u nekarcinogenního rizika - děti	122
Tabulka 53: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při pití u nekarcinogenního rizika - zaměstnanci	122

Tabulka 54: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při koupání/sprchování u nekarcinogenního rizika - dospělí	123
Tabulka 55: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při koupání/sprchování u nekarcinogenního rizika- děti.....	123
Tabulka 56: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při plavání u nekarcinogenního rizika- dospělí.....	123
Tabulka 57: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při plavání u nekarcinogenního rizika - děti	123
Tabulka 58: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání/sprchování u nekarcinogenního rizika - dospělí.....	124
Tabulka 59: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání/sprchování u nekarcinogenního rizika - děti	124
Tabulka 60: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při plavání u nekarcinogenního rizika - dospělí.....	124
Tabulka 61: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při plavání u nekarcinogenního rizika - děti	124
Tabulka 62: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s vodou při mytí u nekarcinogenního rizika - zaměstnanci	125
Tabulka 63: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce kontaminovaných potravin u nekarcinogenního rizika - dospělí.....	125
Tabulka 64: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce kontaminovaných potravin u nekarcinogenního rizika- děti	125
Tabulka 65: Výpočet CDI u expozičního scénáře inhalace kontaminovaného vzduchu u nekarcinogenního rizika - zaměstnanci.....	125
Tabulka 66: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při pití u karcinogenního rizika - dospělí.....	126
Tabulka 67: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při pití u karcinogenního rizika - děti	126
Tabulka 68: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při pití u karcinogenního rizika - zaměstnanci.....	126
Tabulka 69: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při koupání/sprchování u karcinogenního rizika - dospělí	126

Tabulka 70: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při koupání/sprchování u karcinogenního rizika - děti.....	127
Tabulka 71: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při plavání u karcinogenního rizika - dospělí.....	127
Tabulka 72: : Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při plavání u karcinogenního rizika - děti	127
Tabulka 73: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání/sprchování u karcinogenního rizika - dospělí.....	127
Tabulka 74: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání/sprchování u karcinogenního rizika - děti	128
Tabulka 75: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při plavání - dospělí.....	128
Tabulka 76: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při plavání - děti	128
Tabulka 77: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při mytí u karcinogenního rizika - zaměstnanci.....	128
Tabulka 78: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce kontaminovaných potravin u karcinogenního rizika - dospělí.....	129
Tabulka 79: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce kontaminovaných potravin u karcinogenního rizika - děti	129
Tabulka 80: Výpočet CDI u expozičního scénáře inhalace kontaminovaného vzduchu u karcinogenního rizika - zaměstnanci.....	129

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Data chlorovaných uhlovodíků z databáze SEKM	111
Příloha 2: Koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů	112
Příloha 3: Rovnice a parametry pro vybrané expoziční scénáře	114
Příloha 4: Rovnice a parametry pro výpočet karcinogenního/nekarcinogenního rizika.....	121
Příloha 5: Výpočty chronického denního příjmu a celoživotního denního průměrného příjmu pro jednotlivé expoziční scénáře.....	122

Příloha 1: Data chlorovaných uhlovodíků z databáze SEKM

Tabulka 36 shrnuje počty schválených kontaminovaných míst CIU v jednotlivých krajích České republiky. Tabulka obsahuje také údaje o letech, ve kterých byla schválena kontaminovaná místa a počtu kontaminovaných míst, které jsou předkládány zatím ke schválení.

Tabulka 36: Přehled počtů kontaminovaných míst perchlorethylenem a jeho degradačními produkty v ČR

Kraj	Počet schválených míst	rok	Ke schválení	celkem míst
Hlavní město Praha	20	2008-2018	4	28
Jihočeský kraj	14	2009-2017	1	15
Jihomoravský kraj	33	2006-2018	0	38
Karlovarský kraj	6	2009-2014	1	8
Kraj Vysočina	24	2006-2018	0	28
Královéhradecký kraj	34	2009-2019	1	37
Liberecký kraj	25	2008-2018	0	28
Moravskoslezský kraj	31	2009-2018	6	39
Olomoucký kraj	32	2009-2018	2	39
Pardubický kraj	47	2007-2018	4	53
Plzeňský kraj	25	2008-2018	0	28
Středočeský kraj	47	2006-2018	2	55
Ústecký kraj	33	2007-2018	1	35
Zlínský kraj	20	2009-2018	2	25
CELKEM CIU	391			454

Tabulka 37 představuje rozdělení kontaminovaných míst CIU dle plochy v m² v České republice.

Tabulka 37: Rozdělení kontaminovaných míst perchlorethylenem a jeho degradačními produkty v ČR dle kontaminované plochy

Kontaminovaná plocha	Počet
do 100 m ²	88
100–2 000 m ²	141
více než 2 000 m ²	201
bez kontaminace	2
Nespecifikováno	12

Příloha 2: Koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů

Koncentrace kontaminantů v podzemní vodě byly stanoveny z 35 měření v letech 2017 a 2018, konkrétně od 20. 6. 2017 do 26. 6. 2018. U povrchové vody byly koncentrace kontaminantů stanoveny ze 74 měření z řeky Ploučnice od 5. 5. 2017 do 25. 3. 2018. Měření povrchové i podzemní vody prováděla firma Monitoring s.r.o., analytická laboratoř Praha 6. Koncentrace kontaminantů v potravinách byly stanoveny ze svaloviny ryb z řeky Ploučnice. Konkrétně se jedná o svalovinu z ryb: Hrouzka obecného (*Gobio Gobio*), Mřenky mramorované (*Barbatula barbatula*) a Jelce tloušťě (*Squalius cephalus*). Bylo získáno celkem 31 vzorků ve 2 termínech odlovu 19. 9. 2017 a 24. 10. 2018. Analýzu prováděla laboratoř Monitoring s.r.o. Koncentrace kontaminantů ve vzduchu byly stanoveny z jednoho měření. Odběr vzorků se uskutečnil dne 26. 7. 2018. Analýzu zajistila laboratoř společnosti ALS Czech Republic s.r.o.

Pro výpočet zdravotního rizika byly použity tyto naměřené koncentrace:

- **podzemní voda**

Tabulka 38: Naměřené koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů z podzemní vody v mg/l

Koncentrace kontaminantu v podzemní vodě (mg/l)			
Látka	min	max	průměr
Vinylchlorid	0,00050	0,22000	0,01457
Dichloroethylen, 1,1-	0,00022	0,00530	0,00176
Dichloroethylen, 1,2-cis-	0,00096	3,80000	0,81691
Dichloroethylen, 1,2-trans-	0,00035	0,01600	0,00523
Trichlorethylen	0,00023	1,20000	0,21991
Perchlorethylen	0,00230	9,50000	2,13700

- **povrchová voda**

Tabulka 39: Naměřené koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů z povrchové vody v mg/l

Koncentrace kontaminantu v povrchové vodě (mg/l)			
Látka	min	max	průměr
Vinylchlorid	0,00050	0,00400	0,00059
Dichloroethylen, 1,1-	0,00020	0,00100	0,00022
Dichloroethylen, 1,2-cis-	0,00020	0,00110	0,00047

Koncentrace kontaminantu v povrchové vodě (mg/l)			
Látka	min	max	průměr
Dichloroethylen, 1,2-trans-	0,00020	0,00100	0,00022
Trichlorethylen	0,00020	0,00100	0,00024
Perchlorethylen	0,00020	0,01800	0,00300

- **potraviny**

Tabulka 40: Naměřené koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů pro expoziční scénář ingesce kontaminovaných potravin ze svaloviny ryb v mg/kg

Koncentrace kontaminantu v potravinách (ryby) v mg/kg			
Látka	min	max	průměr
Vinylchlorid	0,20000	0,20000	0,20000
Dichloroethylen, 1,1-	0,02000	0,20000	0,08387
Dichloroethylen, 1,2-cis-	0,02000	0,20000	0,08387
Dichloroethylen, 1,2-trans-	0,02000	0,20000	0,08387
Trichlorethylen	0,02000	0,20000	0,08387
Perchlorethylen	0,02000	0,20000	0,11630

- **vzduch**

Tabulka 41: Naměřené koncentrace perchlorethylenu a jeho degradačních produktů pro inhalační expoziční scénář v mg/m³

Koncentrace kontaminantu ve vzduchu (mg/m³)	
Látka	Koncentrace
Vinylchlorid	0,002
Dichloroethylen, 1,1-	0,002
Dichloroethylen, 1,2-cis-	0,002
Dichloroethylen, 1,2-trans-	0,007
Trichlorethylen	0,01
Perchlorethylen	3,364

Příloha 3: Rovnice a parametry pro vybrané expoziční scénáře

Pro hodnocení zdravotních rizik deterministickou metodou byly použity jako vstupní parametry bodové hodnoty vycházející z nejpravděpodobnější expoziční cesty vybraným kontaminantům. Rovnice pro jednotlivé expoziční scénáře jsou vyjádřeny dále (MŽP, ©2014):

- **Ingesce vody při pití**

$$CDI = \frac{CW * IR * EF * ED}{BW * AT}$$

Tabulka 42: Parametry pro expoziční scénář ingesce vody při pití

Symbol	parametr	hodnota	jednotka
CDI	chronický denní příjem	x	[mg/kg/den]
CW	koncentrace prvků	X	[mg/l]
IR	množství konzumované vody (děti)	1	[l/den]
	množství konzumované vody (dospělí)	1,5	[l/den]
	množství konzumované vody (zaměstnanci)	2	[l/den]
EF	frekvence expozice	350	[den/rok]
	frekvence expozice (zaměstnanci)	230	[den/rok]
ED	doba trvání expozice (děti)	3	[rok]
	doba trvání expozice (dospělí)	30	[rok]
	doba trvání expozice (zaměstnanci)	25	[rok]
BW	tělesná hmotnost (děti)	15	[kg]
	tělesná hmotnost (dospělí)	70	[kg]

Symbol	parametr	hodnota	jednotka
AT	doba průměrování (nekarcinogeny)	ED x 365	[den]
	doba průměrování (karcinogeny)	70 x 365	[den]

- **Dermální kontakt s vodou při koupání či sprchování**

$$ADD / LADD = \frac{CW * SA * Kp * ET * EF * ED * CF}{BW * AT}$$

Tabulka 43: Parametry pro expoziční scénář dermální kontakt s vodou při koupání a sprchování

Symbol	Parametr	hodnota	jednotka
ADD/LADD	průměrná denní/celoživotní denní absorbovaná dávka	x	[mg/kg/den]
CW	koncentrace prvků	X	[mg/l]
SA	povrch kůže (děti)	6600	[l/den]
	povrch kůže (dospělí)	18 000	[l/den]
EF	frekvence expozice	350	[den/rok]
ED	doba trvání expozice (děti)	3	[rok]
	doba trvání expozice (dospělí)	30	[rok]
BW	tělesná hmotnost (děti)	15	[kg]
	tělesná hmotnost (dospělí)	70	[kg]
AT	doba průměrování (nekarcinogeny)	ED x 365	[den]
	doba průměrování (karcinogeny)	70 x 365	[den]
CF	konverzní faktor	0,001	[x]

Symbol	Parametr	hodnota	jednotka
Kp	koeficient permeability průniku kůží	0,001	[x]
ET	doba expozice (dospělí)	0,3	[hod./den]
	doba expozice (děti)	0,5	[hod./den]

- **Dermální kontakt s vodou při plavání**

$$ADD / LADD = \frac{CW * SA * Kp * ET * EF * ED * CF}{BW * AT}$$

Tabulka 44: Parametry pro expoziční scénář dermální kontakt s vodou při plavání

Symbol	parametr	hodnota	jednotka
ADD/LADD	průměrná denní/celoživotní denní absorbovaná dávka	x	[mg/kg/den]
CW	koncentrace prvků	X	[mg/l]
SA	povrch kůže (děti)	6600	[l/den]
	povrch kůže (dospělí)	18000	[l/den]
EF	frekvence expozice	15	[den/rok]
ED	trvání expozice (děti)	3	[rok]
	trvání expozice (dospělí)	30	[rok]
BW	tělesná hmotnost (děti)	15	[kg]
	tělesná hmotnost (dospělí)	70	[kg]
AT	doba průměrování (nekarcinogeny)	ED x 365	[den]
	doba průměrování (karcinogeny)	70 x 365	[den]
CF	konverzní faktor	0,001	[x]

Symbol	parametr	hodnota	jednotka
Kp	koeficient permeability průniku kůží	0,001	[x]
ET	doba expozice	2	[hod./den]

- **Dermální kontakt s vodou při mytí u zaměstnanců**

$$ADD / LADD = \frac{CW * SA * Kp * ET * EF * ED * CF}{BW * AT}$$

Tabulka 45: Parametry pro expoziční scénář dermální kontakt s vodou při mytí (zaměstnanci)

Symbol	parametr	hodnota	jednotka
ADD/LADD	průměrná denní/celoživotní denní absorbovaná dávka	x	[mg/kg/den]
CW	koncentrace prvků	X	[mg/l]
SA	povrch kůže (zaměstnanci) ruce a předloktí	2000	[l/den]
EF	frekvence expozice	230	[den/rok]
ED	trvání expozice (dospělí)	25	[rok]
BW	tělesná hmotnost (dospělí)	70	[kg]
AT	doba průměrování (nekarcinogeny)	ED x 365	[den]
	doba průměrování (karcinogeny)	70 x 365	[den]
CF	konverzní faktor	0,001	[x]
Kp	koeficient permeability průniku kůží	0,001	[x]
ET	doba expozice	0,4	[hod./den]

- **Náhodná ingesce při plavání**

$$CDI = \frac{CW * CR * ET * EF * ED}{BW * AT}$$

Tabulka 46: Parametry pro expoziční scénář náhodná ingesce vody při plavání

Symbol	parametr	hodnota	jednotka
CDI	chronický denní příjem	x	[mg/kg/den]
CW	koncentrace prvků	X	[mg/l]
EF	frekvence expozice	15	[den/rok]
ED	doba trvání expozice (děti)	3	[rok]
	doba trvání expozice (dospělí)	30	[rok]
BW	tělesná hmotnost (děti)	15	[kg]
	tělesná hmotnost (dospělí)	70	[kg]
AT	doba průměrování (nekarcinogeny)	ED x 365	[den]
	doba průměrování (karcinogeny)	70 x 365	[den]
ET	doba expozice	2,00	[hod./den]

- **Náhodná ingesce při sprchování**

$$CDI = \frac{CW * CR * ET * EF * ED}{BW * AT}$$

Tabulka 47: Parametry pro expoziční scénář náhodná ingesce vody při sprchování

Symbol	parametr	hodnota	jednotka
CDI	chronický denní příjem	x	[mg/kg/den]
CW	koncentrace kontaminantu ve vzduchu	X	[mg/l]
EF	frekvence expozice	350	[den/rok]
ED	doba trvání expozice (děti)	3	[rok]

Symbol	parametr	hodnota	jednotka
	doba trvání expozice (dospělí)	30	[rok]
BW	tělesná hmotnost (děti)	15	[kg]
	tělesná hmotnost (dospělí)	70	[kg]
AT	doba průměrování (nekarcinogeny)	ED x 365	[den]
	doba průměrování (karcinogeny)	70 x 365	[den]
ET	doba expozice (děti)	0,7	[hod./den]
	doba expozice (dospělí)	0,45	[hod./den]
CR	množství požití vody	0,05	[l/hod.]

- **Inhalace kontaminovaného vzduchu**

$$CDI = \frac{CA * IR * ET * EF * ED}{$$

$$BW * AT}$$

Tabulka 48: Parametry pro inhalaci kontaminovaného vzduchu

Symbol	parametr	hodnota	jednotka
CDI	chronický denní příjem	x	[mg/kg/den]
CA	koncentrace kontaminantu ve vzduchu	X	[mg/m ³]
IR	inhalované množství (zaměstnanci)	2,1	[m ³ /hod.]
EF	frekvence expozice (zaměstnanci)	230	[den/rok]
ED	doba trvání expozice (zaměstnanci)	25	[rok]
BW	tělesná hmotnost (dospělí)	70	[kg]
AT	doba průměrování (nekarcinogeny)	ED x 365	[den]
	doba průměrování (karcinogeny)	70 x 365	[den]

Symbol	parametr	hodnota	jednotka
ET	doba expozice (zaměstnanci)	8	[hod./den]

- **Ingesce kontaminovaných potravin**

$$CDI = \frac{C * IR * FI * EF * ED}{$$

$$BW * AT$$

Tabulka 49: Parametry pro ingesci kontaminovaných potravin

Symbol	parametr	hodnota	jednotka
CDI	chronický denní příjem	x	[mg/kg/den]
C	koncentrace kontaminantu v potravinách	X	[mg/kg]
IR	množství požitých potravin (dospělí)	0,05	[kg/jídlo]
	množství požitých potravin (děti)	0,03	[kg/jídlo]
FI	množství konzumovaných potravin z kontaminovaných zdrojů (dospělí, děti)	0,6	[0-1]
EF	frekvence expozice	48	[jídlo/rok]
ED	doba trvání expozice (děti)	3	[rok]
	doba trvání expozice (dospělí)	20	[rok]
BW	tělesná hmotnost (děti)	15	[kg]
	tělesná hmotnost (dospělí)	70	[kg]
AT	doba průměrování (nekarcinogeny)	ED x 365	[den]
	doba průměrování (karcinogeny)	70 x 365	[den]

Příloha 4: Rovnice a parametry pro výpočet karcinogenního/nekarcinogenního rizika

Pro měřítko rizika s nekarcinogenním účinkem byl odhad rizika stanoven na základě výpočtu indexu nebezpečnosti (HI), což je vyjádřeno jako poměr chronické denní dávky (CDI) případně průměrné denní absorbované dávky (ADD) a příslušné referenční dávky (RfD).

Rovnice pro výpočet indexu nebezpečnosti (MŽP 2014):

$$HI = \frac{CDI}{RfD} \text{ případně } HI = \frac{ADD}{RfD}$$

Jako měřítko rizika karcinogenního účinku u jednotlivce bývá používán celoživotní vzestup pravděpodobnosti vzniku nádorových onemocnění ILCR (Incremental Lifetime Cancer Risk), který je dán násobkem celoživotní průměrné dávky (LADD) a směrnici karcinogenního rizika (CSF) dle vztahu (MŽP 2014):

$$ILCR = CDI * CSF \text{ případně } ILCR = LADD * CSF$$

Tabulka 50: Použité hodnoty RfD a CSF (Daniel, J.W. 1963, EPA 1980, ATSDR 1993a, ATSDR 1993b, EPA 2018)

Látka	RfDo	RfDd	RfDi	CSFo	CSFd	CSFi
Vinylchlorid	3,00E-03	3,00E-03	1,00E-01	1,40E+00	1,40E+00	3,08E-02
Dichlorethylen, 1,1-	5,00E-02	5,00E-02	2,00E-01	6,00E-01	6,00E-01	1,75E-01
Dichlorethylen, 1,2-cis-	2,00E-03	1,00E-02	x	x	x	x
Dichlorethylen, 1,2-trans-	2,00E-02	2,00E-02	6,00E-02	x	x	x
Trichlorethylen	5,00E-04	4,50E-05	2,00E-03	4,00E-01	2,67E+00	4,00E-01
Perchlorethylen	6,00E-03	1,00E-02	4,00E-02	5,20E-02	5,20E-02	2,03E-03

Příloha 5: Výpočty chronického denního příjmu a celoživotního denního průměrného příjmu pro jednotlivé expoziční scénáře

V následujících tabulkách jsou uvedeny výpočty chronického denního příjmu (CDI) a celoživotního denního průměrného příjmu (LADD) pro jednotlivé expoziční scénáře, které byly použity při výpočtu nekarcinogenního/karcinogenního rizika. Výpočty vycházejí z koncentrací, které jsou uvedeny v Příloze 1. Vzorce pro výpočet CDI a LADD jsou uvedeny v Příloze 3. CDI a LADD pro povrchovou a podzemní vodu jsou v mg/l, pro ovzduší v mg/m³ a pro potraviny mg/kg.

- **Nekarcinogenní riziko**
 - **ingesce vody při pití**

Tabulka 51: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při pití u nekarcinogenního rizika - dospělí

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	1E-05	0,00452	0,0003
Dichloroethylen, 1,1-	4,5E-06	0,00011	3,6E-05
Dichloroethylen, 1,2-cis-	2E-05	0,07808	0,01679
Dichloroethylen, 1,2-trans-	7,2E-06	0,00033	0,00011
Trichloroethylen	4,7E-06	0,02466	0,00452
Perchlorethylen	4,7E-05	0,19521	0,04391

Tabulka 52: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při pití u nekarcinogenního rizika - děti

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	3,2E-05	0,01406	0,00093
Dichloroethylen, 1,1-	1,4E-05	0,00034	0,00011
Dichloroethylen, 1,2-cis-	6,1E-05	0,24292	0,05222
Dichloroethylen, 1,2-trans-	2,2E-05	0,00102	0,00033
Trichloroethylen	1,5E-05	0,07671	0,01406
Perchlorethylen	0,00015	0,60731	0,13661

Tabulka 53: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při pití u nekarcinogenního rizika - zaměstnanci

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	9E-06	0,00396	0,00026
Dichloroethylen, 1,1-	4E-06	9,5E-05	3,2E-05
Dichloroethylen, 1,2-cis-	1,7E-05	0,06841	0,01471
Dichloroethylen, 1,2-trans-	6,3E-06	0,00029	9,4E-05
Trichloroethylen	4,1E-06	0,0216	0,00396
Perchlorethylen	4,1E-05	0,17104	0,03847

○ **ingesce vody při koupání/sprchování**

Tabulka 54: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při koupání/sprchování u nekarcinogenního rizika - dospělí

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	1,54E-07	6,78E-05	4,49E-06
Dichloroethylen, 1,1-	6,78E-08	1,63E-06	5,41E-07
Dichloroethylen, 1,2-cis-	2,96E-07	1,17E-03	2,52E-04
Dichloroethylen, 1,2-trans-	1,08E-07	4,93E-06	1,61E-06
Trichloroethylen	7,09E-08	3,70E-04	6,78E-05
Perchlorethylen	7,09E-07	2,93E-03	6,59E-04

Tabulka 55: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při koupání/sprchování u nekarcinogenního rizika- děti

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	1,12E-06	4,92E-04	3,26E-05
Dichloroethylen, 1,1-	4,92E-07	1,19E-05	3,93E-06
Dichloroethylen, 1,2-cis-	2,15E-06	8,50E-03	1,83E-03
Dichloroethylen, 1,2-trans-	7,83E-07	3,58E-05	1,17E-05
Trichloroethylen	5,15E-07	2,68E-03	4,92E-04
Perchlorethylen	5,15E-06	2,13E-02	4,78E-03

○ **ingesce při plavání**

Tabulka 56: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při plavání u nekarcinogenního rizika- dospělí

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	2,94E-08	2,35E-07	3,49E-08
Dichloroethylen, 1,1-	1,17E-08	5,87E-08	1,29E-08
Dichloroethylen, 1,2-cis-	1,17E-08	6,46E-08	2,76E-08
Dichloroethylen, 1,2-trans-	1,17E-08	5,87E-08	1,29E-08
Trichloroethylen	1,17E-08	5,87E-08	1,41E-08
Perchlorethylen	1,17E-08	1,06E-06	1,76E-07

Tabulka 57: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při plavání u nekarcinogenního rizika - děti

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	1,37E-07	1,10E-06	1,63E-07
Dichloroethylen, 1,1-	5,48E-08	2,74E-07	6,03E-08
Dichloroethylen, 1,2-cis-	5,48E-08	3,01E-07	1,29E-07
Dichloroethylen, 1,2-trans-	5,48E-08	2,74E-07	6,03E-08
Trichloroethylen	5,48E-08	2,74E-07	6,58E-08
Perchlorethylen	5,48E-08	4,93E-06	8,22E-07

○ **dermální kontakt s vodou při koupání/sprchování**

Tabulka 58: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání/sprchování u nekarcinogenního rizika - dospělí

ADD/LADD	min	max	průměr
Vinylchlorid	3,69863E-08	1,6E-05	1,1E-06
Dichloroethylen, 1,1-	1,6274E-08	3,9E-07	1,3E-07
Dichloroethylen, 1,2-cis-	7,10137E-08	0,00028	6E-05
Dichloroethylen, 1,2-trans-	2,58904E-08	1,2E-06	3,9E-07
Trichloroethylen	1,70137E-08	8,9E-05	1,6E-05
Perchlorethylen	1,70137E-07	0,0007	0,00016

Tabulka 59: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání/sprchování u nekarcinogenního rizika - děti

ADD/LADD	min	max	průměr
Vinylchlorid	1,05479E-07	4,6E-05	3,1E-06
Dichloroethylen, 1,1-	4,6411E-08	1,1E-06	3,7E-07
Dichloroethylen, 1,2-cis-	2,02521E-07	0,0008	0,00017
Dichloroethylen, 1,2-trans-	7,38356E-08	3,4E-06	1,1E-06
Trichloroethylen	4,85205E-08	0,00025	4,6E-05
Perchlorethylen	4,85205E-07	0,002	0,00045

○ **dermální kontakt s vodou při plavání**

Tabulka 60: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při plavání u nekarcinogenního rizika - dospělí

ADD/LADD	min	max	průměr
Vinylchlorid	1,1E-08	8,5E-08	1,3E-08
Dichloroethylen, 1,1-	4,2E-09	2,1E-08	4,6E-09
Dichloroethylen, 1,2-cis-	4,2E-09	2,3E-08	9,9E-09
Dichloroethylen, 1,2-trans-	4,2E-09	2,1E-08	4,6E-09
Trichloroethylen	4,2E-09	2,1E-08	5,1E-09
Perchlorethylen	4,2E-09	3,8E-07	6,3E-08

Tabulka 61: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při plavání u nekarcinogenního rizika - děti

ADD/LADD	min	max	průměr
Vinylchlorid	1,8E-08	1,4E-07	2,15E-08
Dichloroethylen, 1,1-	7,2E-09	3,6E-08	7,956E-09
Dichloroethylen, 1,2-cis-	7,2E-09	4E-08	1,7E-08
Dichloroethylen, 1,2-trans-	7,2E-09	3,6E-08	7,956E-09
Trichloroethylen	7,2E-09	3,6E-08	8,679E-09
Perchlorethylen	7,2E-09	6,5E-07	1,085E-07

○ **dermální kontakt s vodou při mytí**

Tabulka 62: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s vodou při mytí u nekarcinogenního rizika - zaměstnanci

ADD/LADD	min	max	průměr
Vinylchlorid	3,60078E-09	1,58434E-06	1,04927E-07
Dichloroethylen, 1,1-	1,58434E-09	3,81683E-08	1,26387E-08
Dichloroethylen, 1,2-cis-	6,9135E-09	2,73659E-05	5,88305E-06
Dichloroethylen, 1,2-trans-	2,52055E-09	1,15225E-07	3,76642E-08
Trichloroethylen	1,65636E-09	8,64188E-06	1,5837E-06
Perchlorethylen	1,65636E-08	6,84149E-05	1,53897E-05

○ **ingesce kontaminovaných potravin**

Tabulka 63: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce kontaminovaných potravin u nekarcinogenního rizika - dospělí

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	1,1272E-05	1,13E-05	1,13E-05
Dichloroethylen, 1,1-	1,1272E-06	1,13E-05	4,73E-06
Dichloroethylen, 1,2-cis-	1,1272E-06	1,13E-05	4,73E-06
Dichloroethylen, 1,2-trans-	1,1272E-06	1,13E-05	4,73E-06
Trichloroethylen	1,1272E-06	1,13E-05	4,73E-06
Perchlorethylen	1,1272E-06	1,13E-05	6,55E-06

Tabulka 64: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce kontaminovaných potravin u nekarcinogenního rizika- děti

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	3,15616E-05	3,16E-05	3,16E-05
Dichloroethylen, 1,1-	3,15616E-06	3,16E-05	1,32E-05
Dichloroethylen, 1,2-cis-	3,15616E-06	3,16E-05	1,32E-05
Dichloroethylen, 1,2-trans-	3,15616E-06	3,16E-05	1,32E-05
Trichloroethylen	3,15616E-06	3,16E-05	1,32E-05
Perchlorethylen	3,15616E-06	3,16E-05	1,84E-05

○ **inhalace kontaminovaného vzduchu**

Tabulka 65: Výpočet CDI u expozičního scénáře inhalace kontaminovaného vzduchu u nekarcinogenního rizika - zaměstnanci

CDI	
Vinylchlorid	3,02E-04
Dichloroethylen, 1,1-	3,02E-04
Dichloroethylen, 1,2-cis-	3,02E-04
Dichloroethylen, 1,2-trans-	1,06E-03
Trichloroethylen	1,51E-03
Perchlorethylen	5,09E-01

- **Karcinogenní riziko**
 - **ingesce vody při pití**

Tabulka 66: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při pití u karcinogenního rizika - dospělí

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	4,4E-06	0,00194	0,00013
Dichloroethylen, 1,1-	1,9E-06	4,7E-05	1,5E-05
Dichloroethylen, 1,2-cis-	8,5E-06	0,03346	0,00719
Dichloroethylen, 1,2-trans-	3,1E-06	0,00014	4,6E-05
Trichloroethylen	2E-06	0,01057	0,00194
Perchlorethylen	2E-05	0,08366	0,01882

Tabulka 67: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při pití u karcinogenního rizika - děti

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	1,4E-06	0,0006	4E-05
Dichloroethylen, 1,1-	6E-07	1,5E-05	4,8E-06
Dichloroethylen, 1,2-cis-	2,6E-06	0,01041	0,00224
Dichloroethylen, 1,2-trans-	9,6E-07	4,4E-05	1,4E-05
Trichloroethylen	6,3E-07	0,00329	0,0006
Perchlorethylen	6,3E-06	0,02603	0,00585

Tabulka 68: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při pití u karcinogenního rizika - zaměstnanci

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	3,2E-06	0,00141	9,4E-05
Dichloroethylen, 1,1-	1,4E-06	3,4E-05	1,1E-05
Dichloroethylen, 1,2-cis-	6,2E-06	0,02443	0,00525
Dichloroethylen, 1,2-trans-	2,3E-06	0,0001	3,4E-05
Trichloroethylen	1,5E-06	0,00772	0,00141
Perchlorethylen	1,5E-05	0,06108	0,01374

- **ingesce vody při koupání/sprchování**

Tabulka 69: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při koupání/sprchování u karcinogenního rizika - dospělí

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	6,60E-08	2,91E-05	1,92E-06
Dichloroethylen, 1,1-	2,91E-08	7,00E-07	2,32E-07
Dichloroethylen, 1,2-cis-	1,27E-07	5,02E-04	1,08E-04
Dichloroethylen, 1,2-trans-	4,62E-08	2,11E-06	6,91E-07
Trichloroethylen	3,04E-08	1,59E-04	2,90E-05
Perchlorethylen	3,04E-07	1,25E-03	2,82E-04

Tabulka 70: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při koupání/sprchování u karcinogenního rizika - děti

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	4,79E-08	2,11E-05	1,40E-06
Dichloroethylen, 1,1-	2,11E-08	5,08E-07	1,68E-07
Dichloroethylen, 1,2-cis-	9,21E-08	3,64E-04	7,83E-05
Dichloroethylen, 1,2-trans-	3,36E-08	1,53E-06	5,02E-07
Trichloroethylen	2,21E-08	1,15E-04	2,11E-05
Perchlorethylen	2,21E-07	9,11E-04	2,05E-04

○ **ingesce při plavání**

Tabulka 71: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při plavání u karcinogenního rizika - dospělí

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	1,26E-08	1,01E-07	1,50E-08
Dichloroethylen, 1,1-	5,03E-09	2,52E-08	5,54E-09
Dichloroethylen, 1,2-cis-	5,03E-09	2,77E-08	1,18E-08
Dichloroethylen, 1,2-trans-	5,03E-09	2,52E-08	5,54E-09
Trichloroethylen	5,03E-09	2,52E-08	6,04E-09
Perchlorethylen	5,03E-09	4,53E-07	7,55E-08

Tabulka 72: : Výpočet CDI u expozičního scénáře ingesce vody při plavání u karcinogenního rizika - děti

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	5,87E-09	4,70E-08	6,98E-09
Dichloroethylen, 1,1-	2,35E-09	1,17E-08	2,58E-09
Dichloroethylen, 1,2-cis-	2,35E-09	1,29E-08	5,52E-09
Dichloroethylen, 1,2-trans-	2,35E-09	1,17E-08	2,58E-09
Trichloroethylen	2,35E-09	1,17E-08	2,82E-09
Perchlorethylen	2,35E-09	2,11E-07	3,52E-08

○ **dermální kontakt při koupání/sprchování**

Tabulka 73: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání/sprchování u karcinogenního rizika - dospělí

ADD/LADD	min	max	průměr
Vinylchlorid	1,585E-08	6,97456E-06	4,61906E-07
Dichloroethylen, 1,1-	6,975E-09	1,68023E-07	5,5638E-08
Dichloroethylen, 1,2-cis-	3,043E-08	0,00012047	2,58982E-05
Dichloroethylen, 1,2-trans-	1,11E-08	5,07241E-07	1,65804E-07
Trichloroethylen	7,292E-09	3,80431E-05	6,97171E-06
Perchlorethylen	7,292E-08	0,000301174	6,77483E-05

Tabulka 74: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při koupání/sprchování u karcinogenního rizika - děti

ADD/LADD	min	max	průměr
Vinylchlorid	4,52055E-09	1,98904E-06	1,31729E-07
Dichloroethylen, 1,1-	1,98904E-09	4,79178E-08	1,58671E-08
Dichloroethylen, 1,2-cis-	8,67945E-09	3,43562E-05	7,38579E-06
Dichloroethylen, 1,2-trans-	3,16438E-09	1,44658E-07	4,72849E-08
Trichloroethylen	2,07945E-09	1,08493E-05	1,98823E-06
Perchlorethylen	2,07945E-08	8,58904E-05	1,93208E-05

○ **dermální kontakt při plavání**

Tabulka 75: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při plavání - dospělí

ADD/LADD	min	max	průměr
Vinylchlorid	4,52893E-09	3,62315E-08	5,38576E-09
Dichloroethylen, 1,1-	1,81157E-09	9,05787E-09	1,99273E-09
Dichloroethylen, 1,2-cis-	1,81157E-09	9,96366E-09	4,2572E-09
Dichloroethylen, 1,2-trans-	1,81157E-09	9,05787E-09	1,99273E-09
Trichloroethylen	1,81157E-09	9,05787E-09	2,17389E-09
Perchlorethylen	1,81157E-09	1,63042E-07	2,71736E-08

Tabulka 76: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při plavání - děti

ADD/LADD	min	max	průměr
Vinylchlorid	7,7E-10	6,2E-09	9,2156E-10
Dichloroethylen, 1,1-	3,1E-10	1,5E-09	3,4098E-10
Dichloroethylen, 1,2-cis-	3,1E-10	1,7E-09	7,2845E-10
Dichloroethylen, 1,2-trans-	3,1E-10	1,5E-09	3,4098E-10
Trichloroethylen	3,1E-10	1,5E-09	3,7198E-10
Perchlorethylen	3,1E-10	2,8E-08	4,6497E-09

○ **dermální kontakt při mytí**

Tabulka 77: Výpočet ADD/LADD u expozičního scénáře dermální kontakt s kontaminovanou vodou při mytí u karcinogenního rizika - zaměstnanci

ADD/LADD	min	max	průměr
Vinylchlorid	1,28599E-09	5,65837E-07	3,74739E-08
Dichloroethylen, 1,1-	5,65837E-10	1,36315E-08	4,51384E-09
Dichloroethylen, 1,2-cis-	2,46911E-09	9,77355E-06	2,10109E-06
Dichloroethylen, 1,2-trans-	9,00196E-10	4,11518E-08	1,34515E-08
Trichloroethylen	5,91557E-10	3,08639E-06	5,65606E-07
Perchlorethylen	5,91557E-09	2,44339E-05	5,49634E-06

○ **ingescce kontaminovaných potravin**

Tabulka 78: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingescce kontaminovaných potravin u karcinogenního rizika - dospělí

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	3,22E-06	3,22E-06	3,22E-06
Dichloroethylen, 1,1-	3,22E-07	3,22E-06	1,35E-06
Dichloroethylen, 1,2-cis-	3,22E-07	3,22E-06	1,35E-06
Dichloroethylen, 1,2-trans-	3,22E-07	3,22E-06	1,35E-06
Trichloroethylen	3,22E-07	3,22E-06	1,35E-06
Perchlorethylen	3,22E-07	3,22E-06	1,87E-06

Tabulka 79: Výpočet CDI u expozičního scénáře ingescce kontaminovaných potravin u karcinogenního rizika - děti

CDI	min	max	průměr
Vinylchlorid	1,35264E-06	1,35E-06	1,35E-06
Dichloroethylen, 1,1-	1,35264E-07	1,35E-06	5,67E-07
Dichloroethylen, 1,2-cis-	1,35264E-07	1,35E-06	5,67E-07
Dichloroethylen, 1,2-trans-	1,35264E-07	1,35E-06	5,67E-07
Trichloroethylen	1,35264E-07	1,35E-06	5,67E-07
Perchlorethylen	1,35264E-07	1,35E-06	7,87E-07

○ **inhalace kontaminovaného vzduchu**

Tabulka 80: Výpočet CDI u expozičního scénáře inhalace kontaminovaného vzduchu u karcinogenního rizika - zaměstnanci

CDI	
Vinylchlorid	1,08E-04
Dichloroethylen, 1,1-	1,08E-04
Dichloroethylen, 1,2-cis-	1,08E-04
Dichloroethylen, 1,2-trans-	3,78E-04
Trichloroethylen	5,40E-04
Perchlorethylen	1,82E-01