

Dekontaminace a sanace životního prostředí po průmyslových a ekologických haváriích

Bc. Dominik Orság

Diplomová práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav ochrany obyvatelstva
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Dominik Orság**
Osobní číslo: **L17113**
Studijní program: **N3953 Bezpečnost společnosti**
Studijní obor: **Bezpečnost společnosti**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Dekontaminace a sanace životního prostředí po průmyslových a ekologických haváriích**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární rešerši předmětné odborné literatury.
2. Zpracujte teoretickou část diplomové práce.
3. Analyzujte a zhodnoťte vybranou ekologickou havárii z hlediska dekontaminace a sanace.
4. Navrhněte opatření pro zdokonalení dekontaminace a sanace.



Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] MAŠEK, Ivan, Otakar J MIKA a Miloš ZEMAN. Prevence závažných průmyslových havárií. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2006. ISBN 80-214-3336-1.

[2] DVORÁK, Josef a Vladimír MELKES. Ekologické havárie a dekontaminace znečištění. 2. díl. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska, 1997. ISBN 80-7231-002-X.

[3] VIČAR, Dušan a Radim VIČAR. Vybrané aspekty práva bezpečnosti a obrany České republiky. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. 103 s. ISBN 9788074542794.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.**

Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání diplomové práce: **30. listopadu 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2019**

V Uherském Hradišti dne 30. listopadu 2018

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka



prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 15.5.2019

Jméno a příjmení studenta: Bc. Dominik Orság

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá problematikou dekontaminace a sanace životního prostředí po průmyslových haváriích. V teoretické části je popsán legislativní rámec prevence závažných průmyslových havárií. Dále obsahuje výčet nejvýznamnějších světových a českých havárií. Závěrem teoretické části jsou uvedeny jednotlivé dekontaminační metody a sanační technologie. Praktická část je založena na analýze a vyhodnocení modelové situace ropné havárie. Z této modelové situace také vyplývají návrhy opatření.

Klíčová slova: dekontaminace, průmyslová havárie, ropná havárie, sanace

ABSTRACT

The thesis deals with the issue of decontamination and remediation of the environment after industrial disasters. The theoretical part describes the legislative framework for the prevention of industrial disasters. It also contains a list of the most important world and Czech industrial disasters. At the end of the theoretical part are presented individual decontamination methods and remediation technologies. The practical part is based on the analysis and evaluation of the model oil disaster. From this model situation also implies proposals for measures.

Keywords: decontamination, industrial disaster, oil disaster, remediation

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu prof. Ing. Dušanu Vičarovi, CSc. za jeho cenné rady, ochotu, trpělivost, čas a pomoc při vypracování této diplomové práce.

Mé poděkování patří také členu HZS ČR, který nechtěl být jmenován, za poskytnutí informací potřebných pro vypracovávání mé diplomové práce.

V neposlední řadě patří mé velké dík celé mé rodině a přítelkyni, za jejich toleranci a podporu po celou dobu mého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 ZÁKLADNÍ POJMY	11
2 PRÁVNÍ NORMY	12
3 PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE.....	14
3.1 PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE VE SVĚTĚ	14
3.1.1 Seveso	14
3.1.2 Bhopál	15
3.1.3 Černobyl.....	16
3.1.4 Deepwater horizon	17
3.2 PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE V ČESKÉ REPUBLICE	18
3.2.1 Záluží.....	18
3.2.2 SPOLANA Neratovice.....	19
3.3 PŘÍČINY PRŮMYSLOVÝCH HAVÁRIÍ.....	20
3.3.1 Technické příčiny.....	20
3.3.2 Technologické příčiny.....	21
3.3.3 Lidský faktor	21
3.4 HAVARIJNÍ PROJEVY	22
4 KONTAMINANTY	23
4.1 NEBEZPEČNÉ LÁTKY A SMĚSI	23
4.1.1 Klasifikace NCHL.....	23
4.1.2 Bezpečnostní listy	25
4.1.3 Přeprava nebezpečných látek	26
4.2 RADIOAKTIVNÍ LÁTKY	27
4.2.1 Zdroje ionizujícího záření	27
4.2.2 Biologické účinky ionizujícího záření	28
4.3 BOJOVÉ CHEMICKÉ LÁTKY	28
4.3.1 Nervově paralytické látky	29
4.3.2 Zpuchýřující látky	29
4.3.3 Všeobecně jedovaté látky.....	29
4.3.4 Dusivé látky	30
4.3.5 Dráždivé látky	30
4.3.6 Psychoaktivní látky	30
5 DEKONTAMINACE	31
5.1 ZPŮSOBY DEKONTAMINACE	31
5.2 METODY DEKONTAMINACE	32
6 SANACE.....	34
6.1 SANAČNÍ TECHNOLOGIE	34
6.1.1 Venting.....	35
6.1.2 Sanační čerpání	38

6.1.3	Bioremediace.....	39
6.1.4	Promývání (praní) zemin.....	40
7	DÍLČÍ ZÁVĚR	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST	43
8	CÍLE A METODY PRÁCE.....	44
9	ROPNÁ HAVÁRIE	45
9.1	ROPNÉ LÁTKY	45
9.1.1	Automobilový benzín.....	46
9.1.2	Motorová nafta	46
9.1.3	Vliv na životní prostředí.....	47
9.2	SORBENTY	48
9.2.1	Sypké sorbenty	48
9.2.2	Textilní sorbenty	48
9.3	NORNÉ STĚNY	49
9.4	OBCENÝ POSTUP LIKVIDACE ROPNÉ HAVÁRIE	50
9.4.1	Taktické zásady	50
9.4.2	Zastavení úniku a zamezení šíření ropných látek.....	50
9.4.3	Zvláštnosti zásahu	51
10	MODELOVÁ SITUACE	52
10.1	HAVÁRIE AUTOMOBILU S CISTERNOVÝM NÁVĚSEM.....	52
10.1.1	Vyhodnocení dopadů	52
10.1.2	Činnost jednotek IZS.....	55
10.1.3	Zhodnocení.....	57
10.1.4	Návrh opatření.....	57
	ZÁVĚR	59
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	60
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	64
	SEZNAM OBRÁZKŮ	65
	SEZNAM TABULEK.....	66

ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá problematikou průmyslových havárií a následnou dekontaminací a sanací.

Z historického hlediska je známo, že dopady průmyslových havárií na obyvatelstvo a životní prostředí mohou být katastrofální. Právě proto je nutné těmto haváriím zamezit pomocí legislativního rámce nebo zajistit co nejmenší dopady vhodným postupem zásahu dostupných sil a prostředků.

Teoretická část popisuje právní aspekty prevence závažných průmyslových havárií, příčiny a důsledky havárií a nejznámější průmyslové havárie ve světě i v České republice. Dále se zabývá možnými kontaminanty a způsoby jejich dekontaminace, a také sanačními technologiemi, jako jsou například venting, bioremediace a další.

Praktická část je speciálně zaměřena na likvidaci ropných havárií, definuje ropné látky, užití sorbentů a normých stěn. Cílem práce je analýza a vyhodnocení modelové situace havárie a návrh opatření. Pro tuto diplomovou práci byla vybrána havárie, při níž došlo k úniku ropné látky.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ POJMY

Dekontaminace je soubor metod, postupů, prostředků a organizačního zabezpečení sloužících k likvidaci nebezpečné látky. Z praktického hlediska se spíše jedná o snížení obsahu nebezpečné látky na co nejnižší, nebo alespoň bezpečnou úroveň.

Havárie je mimořádná událost, která může nastat v souvislosti s provozem technického zařízení a budov, při nakládání s nebezpečnými látkami a při jejich přepravě nebo při nakládání s nebezpečnými odpady. [1]

Integrovaný záchranný systém představuje koordinovaný postup jeho složek při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací. [2]

Nebezpečná látka je vybraná nebezpečná chemická látka nebo přípravek, který má jednu nebo více nebezpečných vlastností klasifikovaných podle použitelného předpisu Evropské unie upravujícího klasifikaci, označování a balení látek a směsí, nebo splňující kritéria stanovená v příloze zákona č. 224/2015 Sb. [3]

Radioaktivní látky jsou tvořeny radioaktivními prvky, které podléhají, nezávisle na vnějších podmínkách, radioaktivní přeměně. Atomy těchto prvků se samovolně přeměňují na jiné atomy, tento jev je doprovázen emisí radioaktivního záření (alfa, beta a gama), štěpných produktů, protonů nebo zachytem elektronů. [4]

Sanace slouží k odstranění ekologické zátěže v postiženém území, tj. odstranění znečišťujících látek z vodního, půdního a horninového prostředí. Cílem sanace je odstranění rizika dalšího šíření kontaminantů v prostředí a plnohodnotná obnova postiženého území. [5]

Závažná havárie je mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu zahrnující jednu nebo více nebezpečných látek. Jedná se zejména o závažný únik nebezpečné látky, požár nebo výbuch vedoucí k vážnému ohrožení nebo k vážným následkům na životech a zdraví lidí a zvířat, životním prostředí nebo majetku. [3]

Životní prostředí je vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie. [6]

2 PRÁVNÍ NORMY

Základním právním rámcem v oblasti prevence chemických havárií je zákon č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů. Předmětem úpravy tohoto zákona je stanovení systému prevence závažných havárií pro objekty, ve kterých je umístěna nebezpečná látka, s cílem snížit pravděpodobnost vzniku a omezit následky závažných havárií na životy a zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetek v těchto objektech a v jejich okolí. Zákon dále stanovuje povinnosti právnických nebo podnikajících fyzických osob, které užívají nebo budou užívat objekt, ve kterém je umístěna nebezpečná látka a působnost orgánů veřejné správy na úseku prevence závažných havárií způsobených nebezpečnými látkami. [3]

Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů vymezuje integrovaný záchranný systém jako systém, který zajišťuje zvládnutí závažné havárie, mimo jiné koordinací záchranných složek, orgánů státní správy, fyzických a právnických osob zabezpečujících likvidaci havárie. [7] [2]

Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a změně některých zákonů stanovuje působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků a práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na krizové situace a jejich řešení, nebo ochranně kritické infrastruktury. Zákon dále uvádí možnost vyhlásit stav nebezpečí jako bezodkladné opatření v případě ohrožení, které není možné odvrátit pomocí běžné činnosti složek integrovaného záchranného systému. [7] [8]

Hasičský záchranný sbor České republiky, jehož základním posláním je chránit životy a zdraví obyvatel, majetek před požáry a poskytovat účinnou pomoc při mimořádných událostech, tedy i závažných haváriích, je zřízován zákonem č. 238/2000 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky. Hasičský záchranný sbor při plnění svých úkolů spolupracuje se správními úřady a jinými státními orgány, orgány samosprávy, právnickými a fyzickými osobami, s mezinárodními organizacemi a zahraničními subjekty. [7]

Oblast identifikace, klasifikace, označování velkého množství nebezpečných látek a povinností výrobců, dovozců a distributorů upravuje zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). Zákon se také zabývá zkoušením nebezpečných vlastností, správnou laboratorní praxí a působnos-

tí správních orgánů při zajištění ochrany před škodlivými účinky nebezpečných látek a směsí. [7]

Další zákony, které se dotýkají oblasti prevence závažných chemických havárií, jsou např.: zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, který umožňuje předcházet haváriím ve fázi územního plánování, a dále při výstavbě. Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, který se zabývá negativními dopady na životní prostředí před zahájením aktivit, které by mohly vést k jeho ohrožení, je tudíž významným prostředkem prevence před haváriemi. Oblast nakládání s nebezpečnými látkami (identifikaci, klasifikaci, označování, povinnosti výrobců dovozců a distributorů) upravuje zákon č. 350/2011 Sb. [7]

Nejvýznamnějším pramenem práva v oblasti radiačních nehod a radiační ochrany je zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, který upravuje mimo jiné podmínky mírového využívání jaderné energie, zvládání jaderné mimořádné události, nakládání s jaderným odpadem nebo zabezpečení jaderného zařízení. [9]

Nejdůležitějším pramenem evropského práva v oblasti prevence závažných havárií je směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU (Seveso III), o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek a o změně a následném zrušení směrnice Rady 96/82/ES, která vstoupila v platnost 13. srpna 2012. Česká republika vydala v návaznosti na tuto směrnici výše zmíněný zákon č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů. Oproti předešlé směrnici 96/82/ES (Seveso II) obsahuje nová směrnice pouze pár nových změn. Jedná se o aktualizaci některých ustanovení směrnice a zlepšení provádění a prosazování směrnice při současném zachování nebo mírném zlepšení úrovně ochrany zdraví a životního prostředí. [10]

3 PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE

3.1 Průmyslové havárie ve světě

3.1.1 Seveso

V chemickém závodě ICMESA, který ležel u města Seveso nedaleko Milána, došlo 10. července 1976, vinou přehřátí reaktoru, k úniku 500 kg trichlorfenolu s obsahem 2 kg vysoce stálého a nebezpečného dioxinu. Oblak chemikálií byl unášen větrem směrem na jih a kontaminoval oblast 6 km dlouhou a 1 km širokou. [11]

Společnost informovala místní úřady o úniku, nepředpokládal se však únik dioxinu, a tak byl vyhlášen pouze zákaz konzumace ovoce a zeleniny z okolí. Po několika dnech docházelo k hromadnému úhynu místních zvířat, viditelnému poškození vegetace a zejména u dětí se objevovaly kožní příznaky kontaktu s chlorovanými uhlovodíky tzv. chlor akné. Teprve po dvou týdnech od havárie, poté co byl prokázán únik dioxinu, bylo evakuováno až 700 obyvatel, žijících v bezprostřední blízkosti chemického závodu. Až 2000 lidí bylo léčeno pro otravu dioxinem, 80 000 zvířat muselo být usmrceno, protože dioxin se kumuluje v potravním řetězci. [12]

Kontaminovaná oblast byla rozdělena na několik zón. Nejhůře postižená oblast byla sanována, kdy bylo odstraněno 40 cm zeminy a zdemolováno několik budov. Tato oblast byla posléze přeměněna na park. Po dekontaminaci zbývajících zón zde doposud platí zákaz pěstování plodin a produkce masa. Havárie v Sevesu měla závažný dopad na životní prostředí. Epidemiologické studie ukazují, že i po 25 letech stále v oblasti přetrvává zvýšený výskyt dioxinu v těle obyvatel. [12]

Reakcí Evropského společenství bylo vydání směrnice 82/501/EEC (Seveso I). Tato směrnice stanovuje povinnosti a postupy provozovatelů i správních orgánů pro oblast závažných průmyslových havárií. Provozovatelé měli nyní oznamovací povinnost, povinnost vypracovat havarijní plány, poskytovat informace a provádět kontroly. Směrnice Seveso I prošla modernizací v podobě, vydání nové směrnice 96/82/EC (Seveso II), která mimo jiné zavádí nový prvek, bezpečnostní management. [7]



Obrázek 1 Likvidační práce v Sevesu [13]

3.1.2 Bhopál

Havárie v indickém Bhopálu se řadí mezi největší chemické havárie v dějinách. Odehrála se v noci z 2. na 3. prosince 1984 v chemickém závodě Union Carbide Corporation USA vyrábějící insekticid SEVIN. Příčinou nehody bylo vniknutí zhruba 900 litrů vody do zásobníku obsahující metylisokynát, zejména kvůli nízkým bezpečnostním opatřením. Tím byla nastartována silná exotermická reakce, která vedla ke zvýšení tlaku v zásobníku. Následně došlo k prasknutí bezpečnostního ventilu a betonového opouzdrnění zásobníku a oblak nebezpečného plynu, který mimo metylisokynátu obsahoval také fosgen, začal unikat do okolí chemického závodu. [11]

Počty obětí této tragické havárie se značně liší. Odhaduje se, že při havárii zemřelo až 3 800 lidí, v následujících dnech oběti na životech narostly až na 10 000. Počty obětí s těžkými následky se vyšplhaly až na 80 tisíc. 15 až 20 tisíc bhopálských obyvatel předčasně zemřelo na následky úniku v následujících dvou desetiletích. [14]

Vysoký počet obětí souvisel především s opožděným varováním obyvatelstva a jeho nedostatečnou připraveností. I po více jak dvaceti letech po havárii je bezprostřední okolí bývalého chemického závodu silně kontaminováno, a to zejména těžkými kovy a perzistentními organickými látkami. [14]



Obrázek 2 Následky havárie v Bhopálu [15]

3.1.3 Černobyl

V 1 hodinu 23 minut dne 26. dubna 1986 byl zahájen experiment ve 4. reaktorovém bloku černobylské jaderné elektrárny, který měl zjistit bezpečnost toho reaktoru v případě poruch přívodu elektrické energie do elektrárny. Kvůli tomuto pokusu obsluha reaktoru vypnula většinu automatických bezpečnostních systémů, které by v tomto případě havárii zabránily. Takřka okamžitě po zahájení experimentu došlo vinou vysunutí regulačních tyčí k explozi vodíku redukovaného z vodní páry. Výbuch rozerval betonový blok reaktoru a vymrštil jeho víko, což vedlo k největšímu uvolnění radioaktivity do životního prostředí v historii jaderné energetiky. Následujících 10 dní docházelo k velkým únikům radioaktivity do atmosféry, dokud nedošlo k zasypání zbytků reaktoru. Vlivem proudění vzduchu se radioaktivní látky šířily severozápadně nad Finsko a Švédsko, postupně však došlo ke změně směru proudění a radioaktivní látky se dostaly také nad území střední Evropy, tedy i tehdejšího Československa. [16] [17]

Při záchranných a likvidačních pracích zemřelo 31 osob a dalších 237 utrpělo akutní nemoc z ozáření. Skutečný počet obětí této katastrofy lze však pouze odhadovat, s ohledem na vysoký výskyt rakoviny v důsledku obdržené dávky radiace. Mezi 27. dubnem byla evakuována 30 km oblast v okolí elektrárny, jednalo se přibližně o 116 000 obyvatel. V roce 2000 se celkový počet evakuovaných osob z oblastí Ukrajiny, Běloruska a Ruska zastavil na 350 000. [16] [17]

Z ekologického hlediska je černobylská jaderná havárie tou největší katastrofou, jaké lidstvo pamatuje. Skutečnost, že dopad na životní prostředí a lidské životy byl enormní, můžeme pozorovat do jisté míry i dnes.



Obrázek 3 Zničený reaktor jaderné elektrárny Černobyl [18]

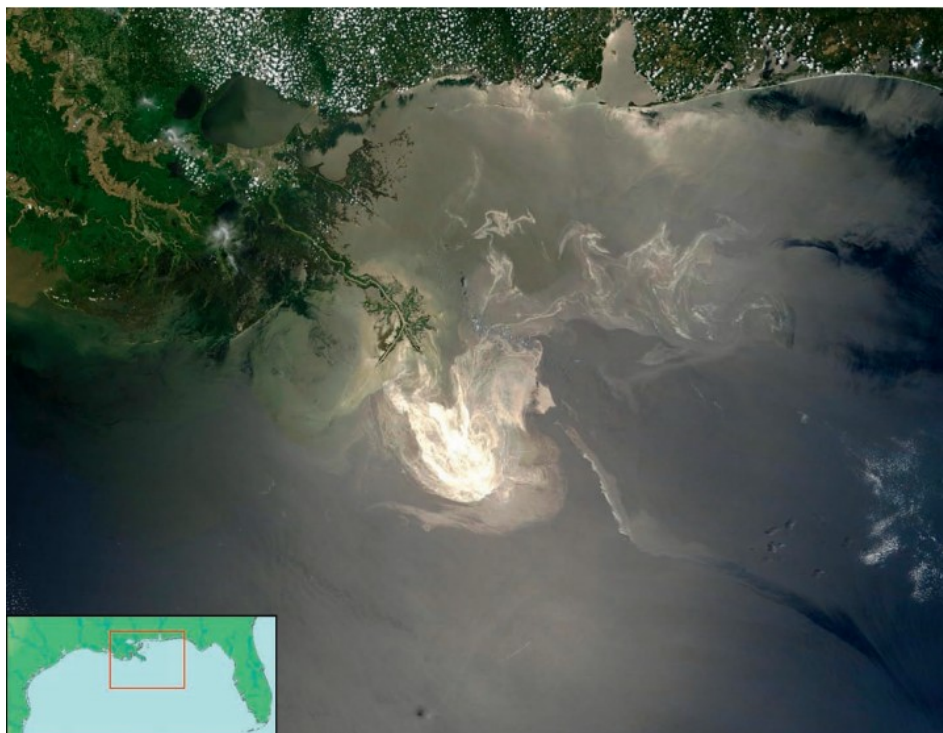
3.1.4 Deepwater horizon

Největší ekologickou katastrofou v dějinách Spojených států amerických je havárie, spojená s únikem obrovského množství ropy, na vrtné plošině Deepwater Horizon v Mexickém zálivu. Dne 20. dubna 2010 došlo k výbuchu, při hloubení vrtu 61 km od pobřeží Louisiany. Výbuch si vyžádal 11 obětí z řad pracovníků vrtné společnosti, o dva dny později došlo k potopení plošiny. Po několika neúspěšných pokusech byl vrt uzavřen 15. července. Do okolního moře uniklo více jak 4 milionů barelů ropy. Velikost vzniklé ropné skvrny se v průběhu týdnů měnila, např. 25. května dosahovala 60 tisíc kilometrů čtverečních. [19]

Důsledkem této ekologické katastrofy bylo uhynutí téměř 6 000 mořských želv, 26 000 delfínů a velryb, 82 000 ptáků a nespočetné množství ryb a bezobratlých živočichů. Kromě ekologických dopadů měla tato havárie, také významný vliv na ekonomiku pobřežních států ležících na severu Mexického zálivu. Ekonomická ztráta byla vyčíslena americkou vládou na 36,9 miliard dolarů. [20] [21]

Tato havárie měla také značný vliv na veřejné mínění. Americká společnost byla nespokojena s vládou prezidenta Obamy, která neměla situaci plně pod kontrolou. V důsledku ha-

várie byly vydány nové bezpečnostní regulace pro těžbu v pobřežních vodách, tyto regulace však byly zmírněny vládou prezidenta Trumpa. [22]

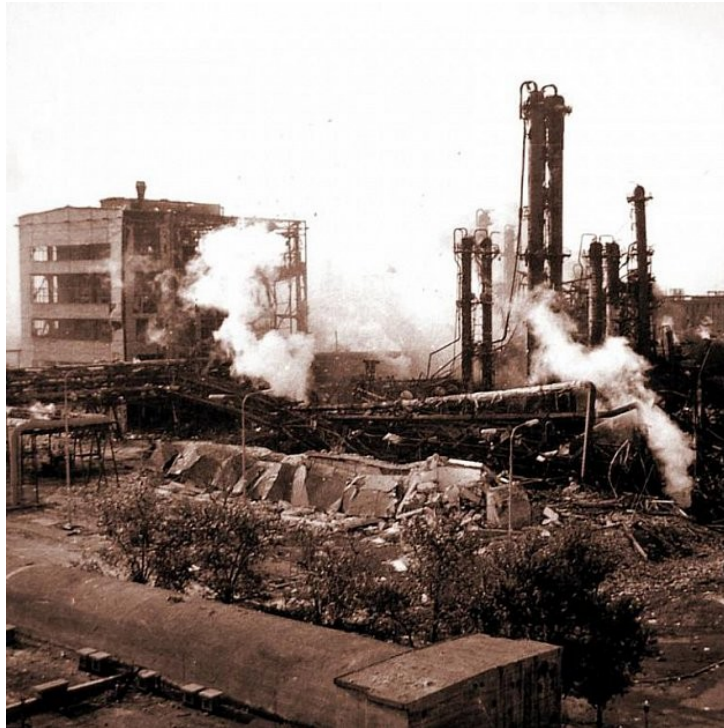


Obrázek 4 Ropná skvrna zachycena NASA 24. května [23]

3.2 Průmyslové havárie v České republice

3.2.1 Záluží

Snad k nejtragičtější průmyslové havárii v České republice došlo 19. července 1974 ve výrobně lihu v Záluží. Při večerní směně začala ze zrezivělého potrubí unikat vysoce hořlavá směs etanu a etylénu. Únik plynu byl zpozorován výrobními dispečery, kteří na místo povolali podnikové hasiče, než však hasiči stačili dorazit na místo, došlo k mohutnému výbuchu. Následný požár zachvátil více než tři hektary rozlehlého areálu chemičky a na jeho likvidaci se podílelo více než 200 hasičů. Požár se podařilo dostat pod kontrolu až za čtyři dny. Síla výbuchu byla odhadnuta na 20 až 30 tun TNT, poškozeno bylo téměř 300 budov do vzdálenosti až 8 km. V důsledku této havárie zahynulo 17 osob a 124 jich muselo být ošetřeno. Velká část ošetřených pocházela z tramvaje, která zrovna projížděla v okolí chemického závodu. Celkové škody dosáhly v té době astronomických 160 milionů korun. [24]



Obrázek 5 Následky výbuchu v Záluží [25]

3.2.2 SPOLANA Neratovice

Chemický závod Spolana ležící v Neratovicích na břehu řeky Labe vyrábí PVC, hydroxid sodný kyselinu chlorovodíkovou a další chemické látky potenciálně nebezpečné pro životní prostředí. Ve své historii se však tato společnost zabývala také nakládáním s látkami jako např. dioxiny, rtuť, či DDT. Právě tyto vysoce nebezpečné látky užívané v minulosti stojí za kontaminací řeky Labe a dalšího okolí závodu. [26]

V minulosti tato společnost zaznamenala celou řadu havárií spojených s únikem nebezpečné látky, a to především chlóru. Nejvýznamnější havárie se odehrála v roce 2002, kdy chemička zaplavila povodeň na Labi. Při zaplavení došlo k opakovanému vyhlášení chemického poplachu kvůli úniku chlóru. Došlo také k zaplavení objektů zamořených dioxiny a vyplavení stovek tun chemikálií do Labe. Chemické rozbory provedené koncem roku 2002 prokázaly vysoké koncentrace dioxinů a polychlorovaných bifenyly v půdě a potravinách v okolí závodu. Další výzkum, který proběhl u obyvatel Neratovic a dvou okolních obcí, prokázal až dvojnásobnou hladinu dioxinových látek v krvi v porovnání s obyvateli Benešovska. Spolana se tak stala příkladem nezodpovědnosti chemického průmyslu. Důležitou roli při ochraně životního prostředí sehrály ekologické nevládní organizace v čele s Greenpeace Česká republika. [26]

Situace v chemickém závodě Spolany se však zlepšila. Od roku 2008 probíhá monitoring podzemních a povrchových vod. Současně také probíhá sanace podzemních vod, která by měla pokračovat až do roku 2022. V lednu 2014 byl ukončen projekt sanace dioxinové zátěže, v současné době by tak již nemělo hrozit žádné riziko spojené s působením dioxinů v areálu chemičky, ani v jeho okolí. [27]



Obrázek 6 Zatopený areál Spolany Neratovice [28]

3.3 Příčiny průmyslových havárií

Průmyslové havárie mohou mít celou řadu příčin, ty nejčastější lze však rozdělit do následujících tří skupin.

3.3.1 Technické příčiny

Bezchybný technický stav všech strojů, prostředků a zařízení podílejících se na provozu průmyslových závodů by měl být samozřejmostí. Ukazuje se však, že hlavními příčinami poruch jsou:

- nedostatečné zabezpečení proti přetlaku, vnějším vlivům, korozivním látkám, vibracím a teplotě,
- mechanické porušení nádob a potrubí,
- poruchy pomocných zařízení, např. čerpadel, ventilátorů,

- poruchy řídicích systémů, např. různých čidel, řídicích jednotek,
- poruchy bezpečnostních systémů, např. bezpečnostních a pojistných ventilů,
- poruchy svárů a přírub.

Každá z uvedených příčin může v konečném důsledku vést k závažné průmyslové havárii, proto je nutné dbát na zvolení vhodného technického zabezpečení a důslednou údržbu. [11]

3.3.2 Technologické příčiny

Technologické příčiny havárii souvisí s odchylkami od stanovených provozních podmínek. Tyto odchylky mohou být:

- poruchy měření důležitých parametrů procesu, např. teploty a tlaku,
- poruchy v manuální dodávce chemických látek,
- poruchy pomocných zařízení, např. chlazení přívodu elektrické energie,
- poruchy při spouštění a odstavování procesu,
- tvorba vedlejších produktů, které mohou vést k vedlejším reakcím.

Aby se zabránilo výskytu těchto odchylek, měl by výrobní proces projít ověřením a zkouškou pracovních postupů. Měla by být také nastavena co možná nejvyšší úroveň řízení procesu, provozních předpisů, kontrol a revizí. [11]

3.3.3 Lidský faktor

Při bližším zkoumání průmyslových havárií se ukázalo, že právě lidský faktor je často jednou z hlavních příčin jejího vzniku. K chybě na straně člověka může dojít nejen při procesech, které vyžadují značný počet manuálních operací, ale i při procesech, které jsou vysoce automatizované. K nejčastějším příčinám selhání člověka patří:

- chyby operátora,
- vypnutí bezpečnostního systému kvůli častým planým poplachům,
- záměna látek vstupujících do procesu,
- chyby v komunikaci,
- organizační nedostatky,
- špatně provedená údržba nebo oprava zařízení,
- nedodržování pracovních postupů, zásad bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, bezpečnosti silničního provozu zásad přepravy nebezpečného materiálu apod.,
- únava.

Uvedené příčiny mohou být minimalizovány především účinnými organizačními opatřeními, důsledným proškolením zaměstnanců a jejich nepřetěžováním. [11]

3.4 Havarijní projevy

Havárie mohou mít různé projevy. K těm nejčastějším patří výbuch, požár a únik nebezpečné látky nebo radioaktivní látky. Tyto projevy mohou nastat současně, ale také každý zvlášť.

Při výbuchu vzniká tlaková vlna a množství letících fragmentů, to může vést k celé řadě traumatických poranění. Požár ohrožuje bezprostřední okolí tepelnou radiací způsobující popáleniny. Při požáru také vznikají zplodiny hoření, které mohou způsobit zdravotní komplikace, až smrt udušením. Účinky na organismus uniklých nebezpečných látek vyjadřují třídy nebezpečnosti pro zdraví dle CLP, které jsou uvedeny níže. Nebezpečné látky uniklé do životního prostředí ohrožují především povrchové vody, půdní prostředí a podzemní vody. Některé nebezpečné látky se mohou kumulovat v potravinovém řetězci, konzumace některých potravin pak může mít negativní vliv na lidské zdraví. Uniklé radioaktivní látky v případě radiační havárie mohou taktéž ohrozit zdraví a životy obyvatel a způsobit zamoření životního prostředí. [29]

4 KONTAMINANTY

4.1 Nebezpečné látky a směsi

Nebezpečná látka ve smyslu zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií), je vybraná nebezpečná chemická látka nebo přípravek, který má jednu nebo více nebezpečných vlastností klasifikovaných podle použitelného předpisu Evropské unie upravujícího klasifikaci, označování a balení látek a směsí, nebo splňující kritéria stanovená v příloze tohoto zákona. [3]

Mezi nebezpečné chemické látky můžeme zařadit řadu průmyslových látek. Nejvíce rozšířené NCHL v České republice jsou chlór a amoniak. Vyskytují se v úpravnách vod, zimních stadionech, zařízeních zpracovávající maso a masné výrobky, mlékárnách, nemocnicích apod. Dalšími hojně se vyskytujícími NCHL jsou např. oxid siřičitý, oxid dusičitý, kyanovodík, formaldehyd, sirovodík, fosgen, fluorovodík, chlorovodík. [30]

4.1.1 Klasifikace NCHL

Nebezpečné chemické látky lze klasifikovat podle různých hledisek. V souladu s nařízením (ES) č. 1272/2008, o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (CLP) jsou NCHL rozděleny do tříd nebezpečnosti, podle fyzikální nebezpečnosti, nebezpečnosti pro zdraví, či životní prostředí. Každá třída je dále rozdělena na kategorie nebezpečnosti.

Třídy nebezpečnosti fyzikální:

- výbušniny,
- hořlavé plyny,
- aerosoly,
- oxidující plyny,
- plyny pod tlakem,
- hořlavé kapaliny,
- hořlavé tuhé látky,
- samovolně se rozkládající látky a směsi
- samozápalné kapaliny,

- samozápalné tuhé látky,
- samozahřívající se látky a směsi,
- látky, které při kontaktu s vodou uvolňují hořlavé plyny,
- oxidující kapaliny,
- oxidující tuhé látky,
- organické peroxidy,
- látky a směsi korozivní pro kovy.

Třídy nebezpečnosti pro zdraví:

- akutní toxicita,
- žíravost / dráždivost pro kůži,
- vážné poškození očí / podráždění očí,
- senzibilizace kůže nebo dýchacích cest,
- mutagenita v zárodečných buňkách,
- karcinogenita,
- toxicita pro reprodukci,
- specifická toxicita pro cílové orgány - jednorázová expozice,
- specifická toxicita pro cílové orgány - opakovaná expozice,
- nebezpečnost při vdechnutí

Třídy nebezpečnosti pro životní prostředí:

- nebezpečnosti pro vodní prostředí.

Doplňková třída:

- nebezpečnost pro ozonovou vrstvu [31]

Součástí nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008, o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (CLP) je také nová grafická úprava výstražných symbolů. Věty nebezpečnosti H-věty nahrazují R-věty, pokyny pro bezpečné zacházení P-věty nahrazují S-věty. [29]



Obrázek 7 Výstražné symboly podle CLP [29]

4.1.2 Bezpečnostní listy

Bezpečnostní list je dokument o nebezpečné chemické látce, který poskytuje informace příjemcům látek a směsí v Evropské unii. Jedná se o nedílnou součást nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006, o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, (nařízení REACH Registration, Evaluation, Authorization and Chemicals Restrictions). Bezpečnostní listy také vyhovují podmínkám GHS (Globální harmonizovaný systém klasifikace a označování chemických látek) a jsou v souladu s Nařízením (ES) č. 1272/2008 (CLP). Bezpečnostní listy obsahují údaje nezbytné k zajištění ochrany zdraví, bezpečnosti při práci a životního prostředí. [30]

Obsah bezpečnostního listu:

- identifikace látky nebo směsi, výrobce nebo dovozce,
- informace o složení směsi,
- údaje o nebezpečnosti,
- pokyny pro první pomoc,
- opatření pro hasební zásah,
- opatření v případě náhodného úniku,
- pokyny pro zacházení a skladování,
- omezování expozice,
- informace o fyzikálních a chemických vlastnostech,
- informace o stabilitě a reaktivitě,

- informace o toxikologických vlastnostech,
- ekologické informace,
- informace pro přepravu,
- informace o právních předpisech,
- další informace. [30]

4.1.3 Přeprava nebezpečných látek

Nebezpečné látky a směsi jsou přepravovány jako suroviny v průmyslu, nebo jako hotové produkty určené k distribuci. Jejich přeprava představuje značné riziko, zejména kvůli možnosti protržení nádrže při havárii, únikům při přečerpávání a dalším neočekávaným situacím, které mohou nastat. Problematika přepravy nebezpečných látek a směsí je ošetřena řadou národních právních předpisů. Mezi ty nejvýznamnější patří:

- zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích,
- zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných haváriích,
- zákon č. 12/1997 Sb., o bezpečnosti a provozu na pozemních komunikacích,
- zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon,
- a další [30]

Důležitou roli v této oblasti zastávají mezinárodní dohody. Pro železniční přepravu to je Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí RID a pro silniční dopravu Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí ADR. Obě dohody zavádí pojem nebezpečná věc, který je totožný s pojmem nebezpečná látka. Nebezpečné věci jsou oběma dohodami rozděleny do 9 tříd nebezpečnosti, každá třída má svou specifickou bezpečnostní značku. Jedna z tříd nebezpečnosti zahrnuje i radioaktivní látky, které budou podrobněji popsány v další kapitole. Dohoda ADR obsahuje podrobné požadavky na balení a označování látek. Dopravní prostředky převážející nebezpečné látky musí být označeny dvěma pravoúhlými oranžovými výstražnými tabulemi, umístěnými na obou stranách dopravního prostředku a pouze v předepsaných případech také velkými bezpečnostními značkami. Výstražné tabule slouží k získání informací o převážených nebezpečných věcech. V horní části obsahuje Identifikační číslo nebezpečnosti, tzv. Kemlerův kód, který se skládá ze dvou a více číslic. Ve spodní části je pak UN kód, což je unikátní čtyřčíslí přiřazené pro danou látku nebo směs. [30] [29]



Obrázek 8 Označení dopravního prostředku podle ADR [29]

4.2 Radioaktivní látky

Radioaktivní látky jsou tvořeny radioaktivními prvky, které podléhají, nezávisle na vnějších podmínkách, radioaktivní přeměně. Atomy těchto prvků se samovolně přeměňují na jiné atomy, tento jev je doprovázen emisí ionizujícího záření. [4]

Ionizující záření může být tvořeno fotony (záření gama), elektrony (záření beta), pozitrony (záření beta+), jádru helia (záření alfa), neutrony (neutronové záření). Energie ionizujícího záření je dostatečně vysoká na to, aby ionizovala atomy nebo molekuly ozářené látky. Podle schopnosti ionizace může být záření rozděleno na přímo ionizující a nepřímo ionizující. Dále může být rozděleno na záření nepronikavé, které je možno odstínit vrstvou materiálu, jež ho zcela pohltí a záření pronikavé, které se nedá odstínit a vrstvy materiálu ho mohou pouze zachytávat. [29]

4.2.1 Zdroje ionizujícího záření

Ionizující záření mohou emitovat nejen radioaktivní látky, ale také další zdroje ionizujícího záření jako např. rentgeny, urychlovače částic nebo jaderné elektrárny. Zdroje ionizujícího záření mohou být děleny podle určitých kritérií na zdroje otevřené a uzavřené, na radionuklidové a elektrické, na nevýznamné, drobné, jednoduché, významné a velmi významné. [29]

Z hlediska možnosti radioaktivní kontaminace jsou nejvýznamnějším zdrojem ionizujícího záření jaderné elektrárny, sklady radioaktivních odpadů a závody na výrobu jaderných paliv. Podmínky pro, využívání a nakládání se zdroji ionizujícího záření jsou dány platnou legislativou. Zejména zákonem č. 263/2016 Sb., atomový zákon, a vyhláškami Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, který také vede registr zdrojů ionizujícího záření a jejich vlastníků. [4]

4.2.2 Biologické účinky ionizujícího záření

Ionizující účinek záření mění strukturu a funkci důležitých molekul v buňce, jako je např. DNA., což vede ke změně stavby a vývoje buňky. Při nižších dávkách může tyto změny organismus opravit. Jestliže se však změny opravit nepodaří, může dojít ke ztrátě schopnosti dělení buňky a následnému úbytku buněk v tkáni, odumření buňky, nebo mutaci. Mutace může vést k vytvoření nádoru, v případě zárodečných buněk se může mutace přenést na plod a dojít k jeho poškození. [30]

Účinky záření lze také rozdělit na deterministické (zákonité) a stochastické (nahodilé). Deterministické poškození vzniká při vysokých dávkách a nastávají do několika hodin, dnů, týdnů, max. měsíců po ozáření. Nejznámějším zástupcem deterministického poškození je akutní nemoc z ozáření. Stochastické poškození se projevují později a jen u části zasažených osob. Nelze s jistotou určit, zda se jedná o přímý důsledek ozáření. Typickým stochastickým poškozením mohou být různé druhy rakoviny. [29]

4.3 Bojové chemické látky

Bojové chemické látky jsou organické nebo anorganické sloučeniny, které působí dráždivě až toxicky na organismus, s cílem vyřadit z boje vojsko. Bojové chemické látky mohou být také zneužity proti civilnímu obyvatelstvu.

Poprvé byly v masovém měřítku BCHL použity v první světové válce, 12. července 1917 byl německou stranou poprvé použit yperit. Podle údajů amerického plukovníka A. M. Prentisse bylo v první světové válce zasaženo chemickými látkami 1 296 853 osob a 91 200 osob v důsledku použití chemických látek zemřelo. [32]

BCHL lze rozdělit podle různých kritérií. Nejběžnější je dělení podle jejich toxikologických vlastností na:

- nervově paralytické,
- zpuchýřující,
- všeobecně jedovaté,
- dusivé,
- dráždivé,
- psychoaktivní. [33]

4.3.1 Nervově paralytické látky

Nervově paralytické látky jsou organické sloučeniny odvozené od kyseliny fosforečné, jedná se o tzv. organofosfáty. Tyto látky způsobují inhibici enzymu acetylcholinesterázy, čímž způsobují paralýzu centrálního nervového systému, která může vést až ke smrti. První pomocí v případě zasažení nervově paralytickou látkou je podání antidota v podobě atropinu. Nervově paralytické látky vykazují rychlý účinek a vysokou letalitu. Mezi tyto látky můžeme zařadit tabun, sarin, soman a látky typu V. [33]

4.3.2 Zpuchýřující látky

Zpuchýřující látky se vyznačují stálostí a vysokou perzistencí v terénu. Mechanismem účinku je poškození genetické informace buněk. Typickými příznaky otravy zpuchýřujícími látkami jsou puchýře na kůži, mléčný zákal rohovky, poškození očních víček, chronická bronchitida, fibróza plic a poruchy trávení. Zástupci těchto látek jsou yperit, jeho deriváty a lewisit. [33]

4.3.3 Všeobecně jedovaté látky

Všeobecně jedovaté látky se vyznačují vysokou těkavostí a nízkou perzistencí v terénu. Blokují přenos kyslíku z krve do tkání, tím dochází k udušení. Mezi nejznámější všeobecně jedovaté látky patří, kyanovodík a chlorkyan. [33]

4.3.4 Dusivé látky

Dusivé látky jsou plyny nebo těkavé kapaliny, které jsou v terénu perzistentní. Do těla pronikají inhalačně a způsobují plicní edém, který vzniká v důsledku porušení alveolů a plicních kapilár. Je narušen přenos kyslíku mezi plícemi a krví, což může vést až ke smrti zadušením. První pomocí v případě zasažení dusivými látkami je oxygenoterapie. Typickým zástupcem dusivých látek je fosgen. [33]

4.3.5 Dráždivé látky

Dráždivé látky nezpůsobují usmrcení, ani těžké poškození zdraví, způsobují pouze dočasné zneschopnění. Využívají se jako látky cvičné, pro testy těsnosti ochranných pomůcek, pro potlačení nepokojů nebo osobní ochranu. Podstatou účinku těchto látek je dráždění receptorů senzitivních nervů v rohovce a spojivkách, což způsobuje silné pálení, slzení a křečovitě sevření očních víček. Může dojít také podráždění horních cest dýchacích. Po opuštění kontaminovaného prostoru tyto symptomy samy odezní. Mezi dráždivé látky můžeme zařadit např. chloracetofenon, látku CS a CR. [33]

4.3.6 Psychoaktivní látky

Zneschopňující látky mohou dočasně psychicky nebo fyzicky zneschopnit zasaženou osobu. Psychicky zneškodňující látky mohou způsobit poruchy myšlení, emočního vnímání. Mezi tyto látky patří např. LSD a látka BZ. Fyzické zneškodňující látky mohou způsobit svalový třes a poruchy koordinace pohybů. [33]

5 DEKONTAMINACE

Dekontaminace je soubor metod, postupů, prostředků a organizačního zabezpečení sloužících k účinnému odstranění kontaminantu z povrchu nebo prostředí, případně snížení jeho škodlivého účinku na úroveň, která se dá pokládat za bezpečnou. [5]

Dekontaminaci můžeme dělit z hlediska kontaminantu na detoxikaci, dezaktivaci, dezinfekci.

Detoxikace (odmořování) je rozklad chemických látek nebo jejich odstranění z povrchů a terénu s cílem snížit jejich úroveň na přípustnou normu. Detoxikace může být částečná, nebo úplná. Při částečné je odstraněna kontaminace z části povrchů s cílem zabezpečit bezpečnost z hlediska kontaktního působení na kůži. Při úplné je odstraněna kontaminace z celého objektu s cílem zabezpečit bezpečnost z hlediska inhalačního působení. [5]

Dezaktivace je termín užívaný pro odstranění radioaktivních látek. Radioaktivní látky však nemohou být zlikvidovány, mohou být pouze z kontaminovaných materiálu, či terénu odstraněny. Dezaktivace může být dále dělena na částečnou a úplnou. Částečná dezaktivace snižuje radioaktivní zamoření všemi dostupnými (většinou improvizovanými) prostředky. Provádí se po vyjití ze zamořeného prostoru, nebo i v něm po dlouhodobém pobytu. Úplná dezaktivace se provádí mimo zamořený prostor na určeném místě v případě, když částečná dezaktivace nebyla dostatečně účinná. Obvykle se provádí speciálními technickými prostředky. [5]

Dezinfekce je definována jako zničení nebo zneškodnění patogenních mikroorganismů na předmětech, v infekčním materiálu nebo v prostředí a učinit je neinfekčním. Účinná dezinfekce by měla zabránit dalšímu šíření nákazy. [5]

5.1 Způsoby dekontaminace

Suchý způsob dekontaminace je většinou vhodný a účinný při odstraňování kontaminantu ze suchých povrchů. Jeho výhodou je jednoduchost a snadná proveditelnost i v složitějších podmínkách. Nevýhodou je nižší účinnost, obzvláště při dekontaminaci vlhkých nebo zamořených povrchů. Mezi suchý způsob dekontaminace můžeme zařadit:

- ometání a otírání kontaminovaných povrchů,
- kartáčování, vytřepávání nebo vyklepávání textilním materiálem,
- vysávání nebo ofukování,

- odstranění kontaminované povrchové vrstvy např. zeminy,
- izolace kontaminovaného povrchu jeho překrytím např. hlínou,
- použití práškových dekontaminačních činidel [5, 33]

Mokrý způsob dekontaminace zahrnuje fyzikální a fyzikálně chemické děje probíhající ve vodném prostředí. Účinnost mokrého způsobu bývá vyšší, nevýhodou však může být značné množství vody, které tento způsob vyžaduje. Dalším limitujícím faktorem použití mokrého způsobu dekontaminace může být okolní teplota. Navzdory všem skutečnostem je mokrý způsob dekontaminace upřednostňován. Mokrý způsob dekontaminace zahrnuje:

- smývání kontaminantů z povrchů vodou nebo organickými rozpouštědly,
- mytí a praní ve vodných roztocích mýdla, saponátů apod.,
- chemické čištění oděvů,
- použití dekontaminačních směsí, roztoků, těžkých pěn, vodní páry. [5, 33]

Polosuchý způsob dekontaminace kombinuje výše zmíněné postupy zejména ve formě suché pěny. [29]

5.2 Metody dekontaminace

Přírodní dekontaminaci lze chápat jako samovolné procesy, které probíhají na základě určitých podmínek v místech kontaminace (např. teplota vzduchu, povětrnostní podmínky), fyzikálně chemických vlastností kontaminantu (např. bod varu, tenze par) nebo jeho reaktivity (např. reakce se vzdušnou vlhkostí). Rozhodující je čas takového samovolného procesu, aby nedošlo k ohrožení osob nebo životního prostředí, proto je přírodní dekontaminace brána pouze jako doplňková metoda. Příkladem přírodní dekontaminace může být:

- přirozené odbourání radionuklidů závislé na poločase rozpadu,
- odpařování kapaliny a její následné zředění ve vzduchu,
- odbourání kontaminantu UV zářením,
- ředění vodou. [33]

Fyzikální metody spočívají v odstranění kontaminantu za pomoci některých fyzikálních jevů. Mezi tyto metody patří:

- adsorpce – molekuly kontaminantu jsou zachycovány na povrchu sorpčního materiálu,
- rozpouštění – kontaminant je rozpuštěn v látkách s podobnou chemickou strukturou nebo za pomoci tenzidů (látek snižující povrchové napětí). Rozlišujeme látky hyd-

rofilní (ve vodě dobře rozpustné), jako např. anorganické soli a kyseliny, a látky lipofilní (dobře rozpustné v tucích), jako např. benzín, nafta oleje,

- odpařování – změna skupenství z kapalného na plynné,
- sublimace – změna skupenství z pevného na plynné,
- mechanické odstraňování – odstranění nečistot z povrchů jako např. bláto nebo mastnota. [33]

Chemické metody spočívají v odstranění kontaminantu z povrchu chemickým odbouráváním nebo rozložením. Kontaminant reaguje s dekontaminačním činidlem za vzniku produktu, který není nebezpečný. Takovými chemickými reakcemi jsou:

- oxidace – jsou využívána silná oxidační činidla např. chlornan sodný nebo peroxidové sloučeniny,
- hydrolýza – rozkladná reakce za přítomnosti vody,
- neutralizace – reakce kyseliny se zásadou za vzniku soli a vody. [33]

6 SANACE

Sanace slouží k odstranění ekologické zátěže v postiženém území, tj. odstranění znečišťujících látek z vodního, půdního a horninového prostředí. Účelem je eliminovat nebo redukovat negativní vlivy kontaminantů na lidské zdraví a životní prostředí. [5] [34]

6.1 Sanační technologie

Sanační technologie mohou být třízeny podle různých kritérií.

Podle sanované složky životního prostředí můžeme technologie dělit na určené pro:

- zeminy, sedimenty a kaly,
- podzemní, povrchové vody a průsaky,
- vzdušné emise. [35]

Podle charakteru působení můžeme technologie dělit na:

- chemické,
- fyzikální,
- fyzikálně-chemické,
- biologické.

Tabulka 1 Výhody a nevýhody druhů technologií [34]

Působení	Výhody a nevýhody	
biologické	+	nízké náklady
		flexibilita
		účinné na množství organických kontaminantů
		žádné nebo málo reziduí
	-	pomalé
		musí být splněny určité přírodní podmínky nejsou použitelné v zimě
chemické	+	rychlé
		lze najít řešení pro všechny kontaminanty a složky živ. prostředí
	-	vznik reziduí
		musí být splněny určité přírodní podmínky
fyzikální	+	rychlé
		lze najít řešení pro všechny kontaminanty a složky živ. prostředí
		nejsou citlivé na přírodní podmínky
	-	vznik reziduí

Podle místa realizace můžeme technologie dělit na:

- in situ (technologie jsou realizovány v místě působení kontaminantu),
- ex situ (kontaminované složky jsou nejprve odtěženy, následně dopraveny do zabezpečené lokality a až zde je aplikována sanační technologie).

Podle statusu zavedenosti můžeme technologie dělit na:

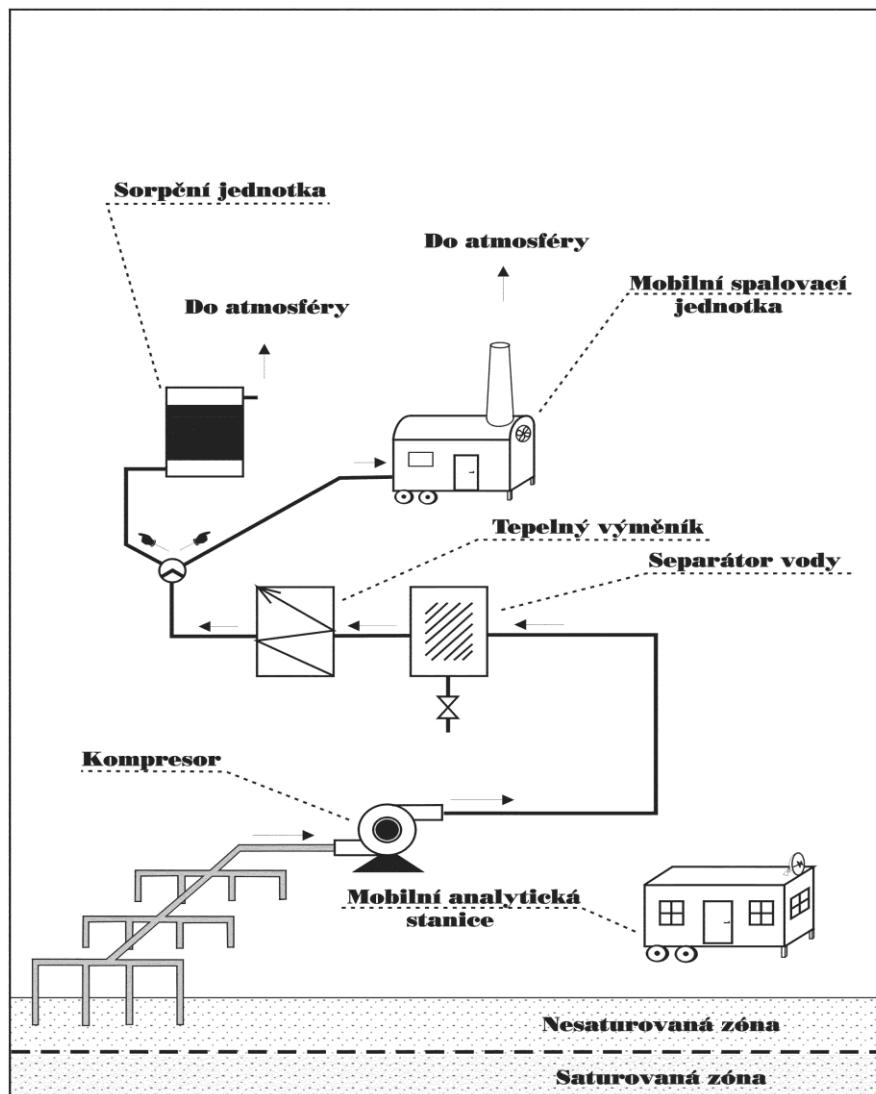
- ověřené,
- inovační,
- experimentální.

V této kapitole jsou uvedeny nejběžnější sanační technologie využívané v České republice.

6.1.1 Venting

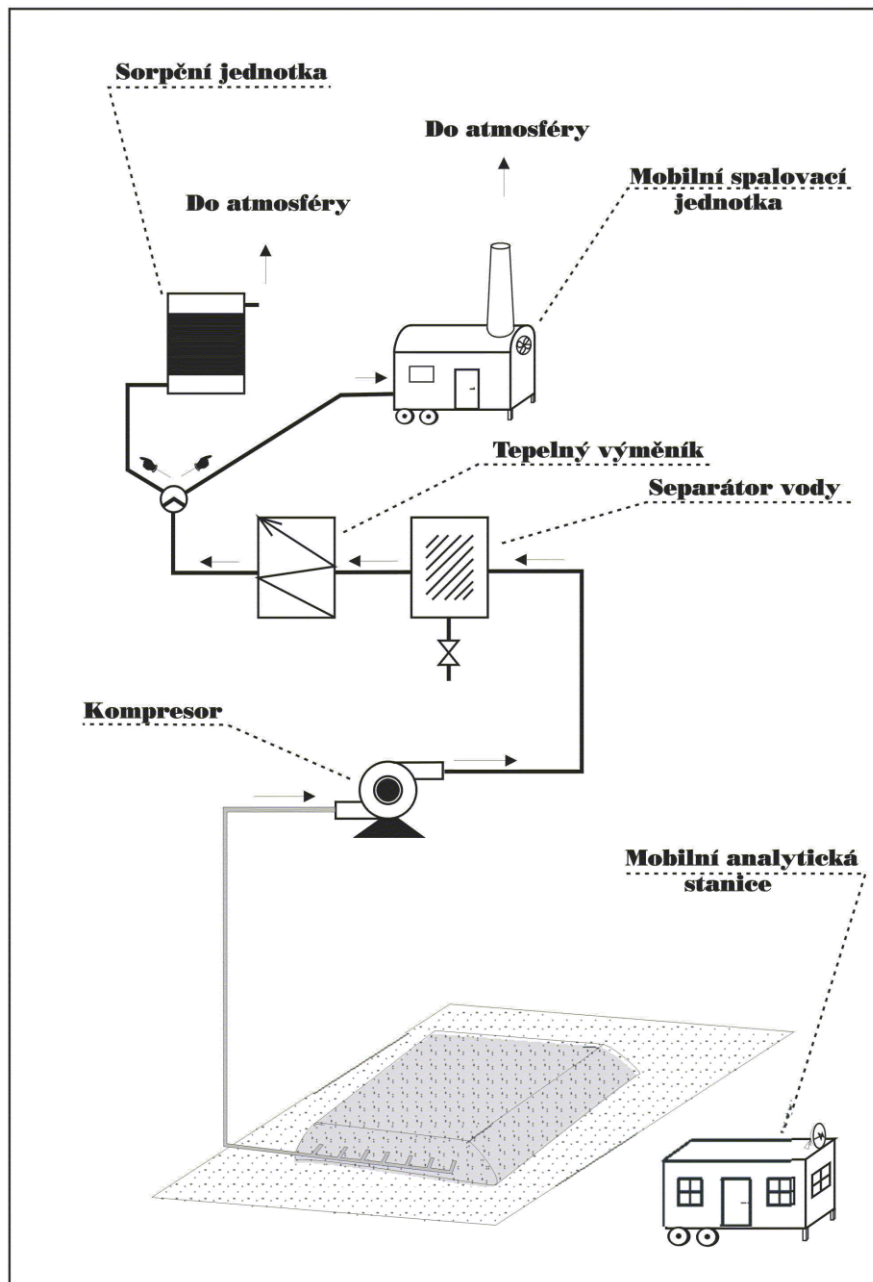
Venting je sanační technologie založená na odsávání vzduchu z kontaminované zeminy nebo horninového materiálu. Tato technologie se uplatňuje při odstraňování těkavých a semitěkavých látek. Využitelnost ventingu závisí na vlastnostech půdního materiálu (propustnost, porosita, apod.) a fyzikálních a chemických vlastnostech kontaminantu. Venting lze aplikovat in situ i ex situ. [35]

In situ venting spočívá v odčerpávání kontaminovaného půdního vzduchu z nenasycené zóny nejčastěji za pomoci vertikálních odsávacích vrtů. Odsátý vzduch je následně na povrchu čištěn, tak aby hodnoty znečištění vypouštěného vzduchu nepřekračovaly předepsané normy. Kvalita vypouštěného vzduchu je periodicky kontrolována. Nejčastější metodou čištění vzduchu je jeho sorpce na aktivním uhlí nebo jeho katalytické spalování. Součástí tohoto technologického procesu mohou být také separátor vody a tepelný výměník, sloužící k optimalizaci celého procesu. Hlavními výhodami in situ ventingu jsou nižší finanční náklady v porovnání s ex situ technologií. [35]



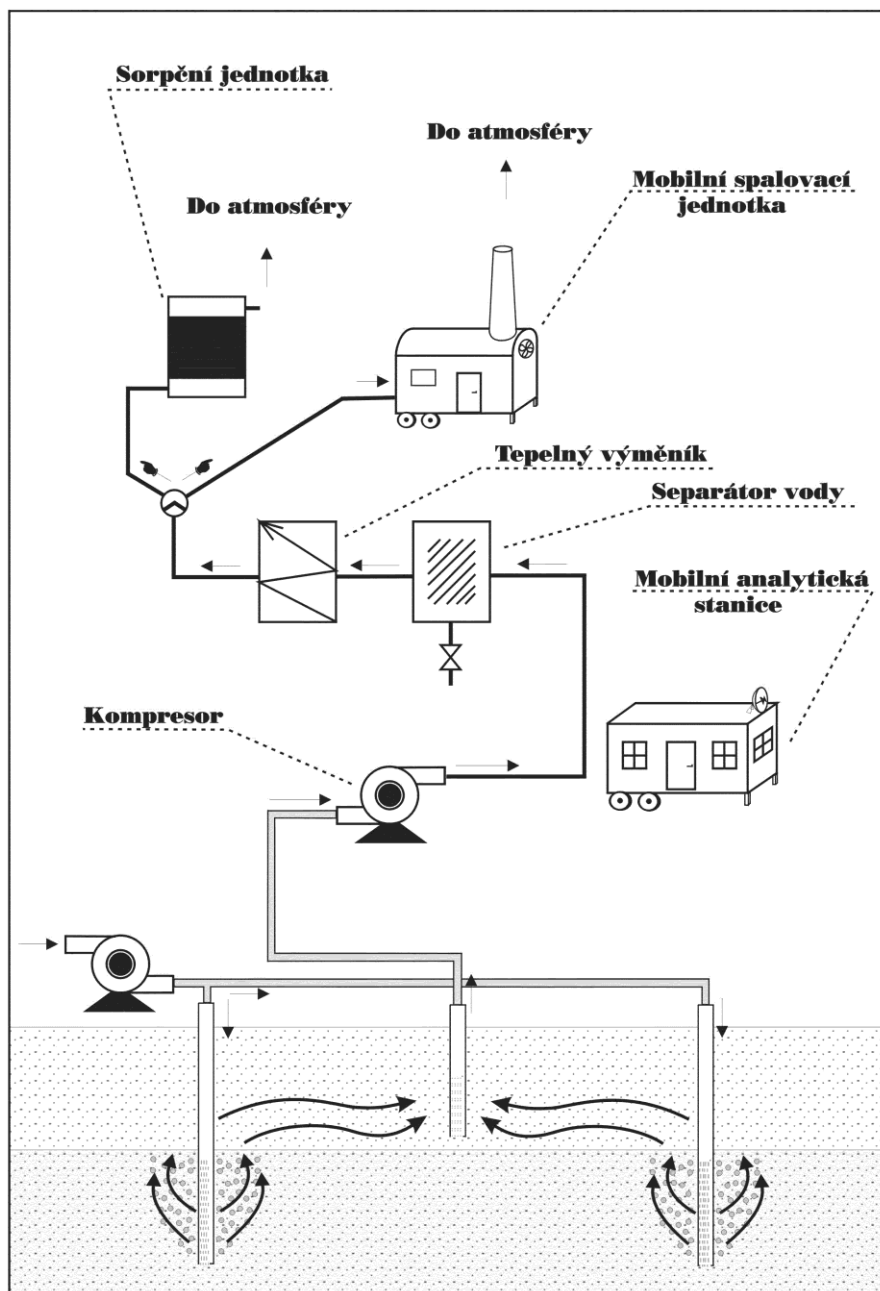
Obrázek 9 Schéma in situ ventingu [35]

Ex situ venting spočívá v rozmístění vytěžené kontaminované půdy na nadzemní síť potrubí, kterým je odsáván kontaminovaný vzduch. Následný proces čištění vzduchu je totožný jako u in situ uspořádání. Výhodou tohoto procesu v porovnání s in situ uspořádáním je, že proces probíhá na zabezpečené ploše a je lépe kontrolovatelný. Před rozmístěním půdy také dochází k její úpravě, a tím i zvýšení její poréznosti. Naproti tomu tato technologie je relativně drahá, a to z důvodu nutnosti zajištění zabezpečené plochy a vytěžení a transportu půdy. [35]



Obrázek 10 Schéma ex situ ventingu [35]

Air-sparging je modifikace ventingové technologie a taktéž slouží k odstranění těkavých nebo semitěkavých polutantů. Na rozdíl od ventingu lze však kontaminanty odstraňovat i ze saturované zóny zeminy. Proces air-spargingu spočívá v kombinaci vrtů vtačovacích a odsávacích. Vtačovacemi vrty je vháněn vzduch pod hladinu podzemní vody. Kontaminanty z vody jsou unášeny do nenasaturované vrstvy a odsávacími vrty jsou odváděny na povrch. Znečištěný vzduch je následně zpracován stejně, jako u techniky ventingu. [35]

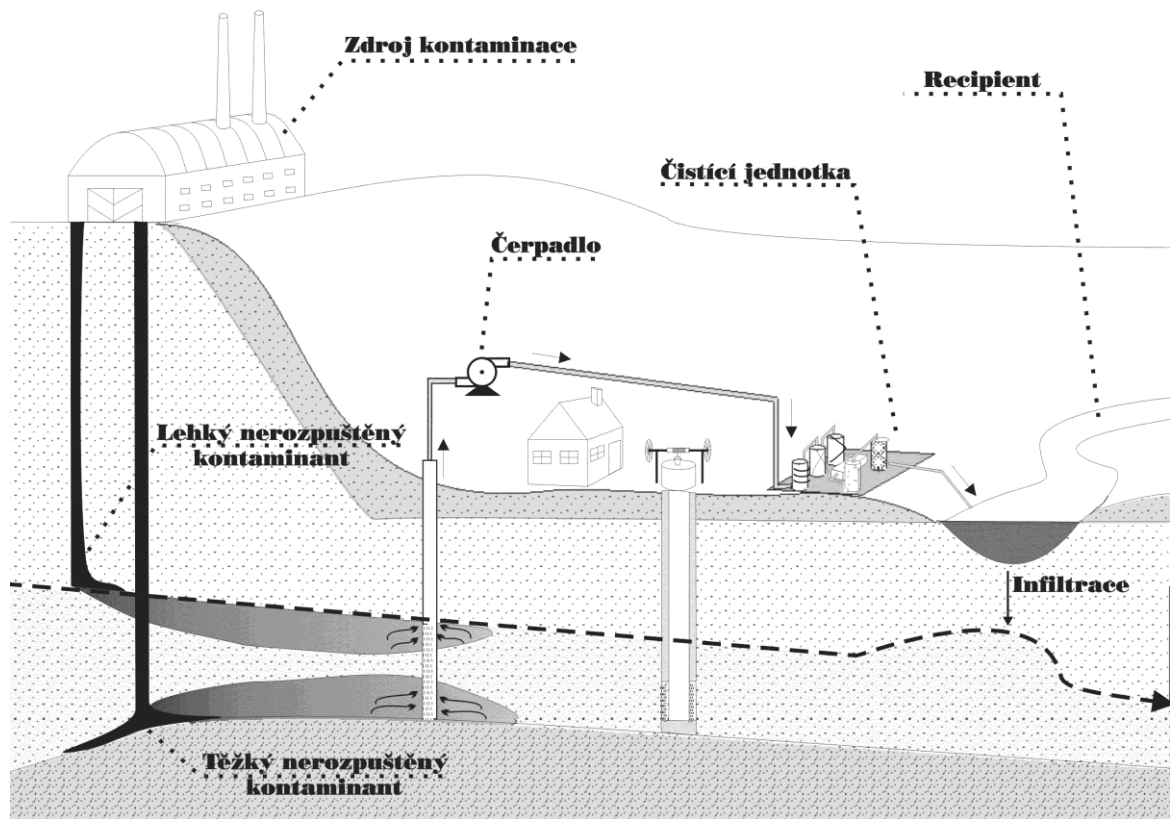


Obrázek 11 Schéma air-aspargingu [35]

6.1.2 Sanační čerpání

Sanační čerpání je in situ sanační technologie, která je založena na odčerpávání kontaminované podzemní vody a její následné čištění. Sanační čerpání je tedy proces, při kterém jsou odstraňovány volné produkty (ropné uhlovodíky na hladině podzemní vody) nebo odčerpávání vody obsahující vysoké koncentrace kontaminantů. Jestliže je kontaminant málo rozpustný a je vázán v půdě, je potřeba jej za pomoci vhodného prostředku nejprve do vody uvolnit a následně odčerpat. V tomto případě se však o sanační čerpání nejedná.

Dalším možným využitím sanačního čerpání může být odčerpání podzemní vody jako součást jiné sanační technologie např. ventingu. [35]



Obrázek 12 Schéma sanačního čerpání [35]

6.1.3 Bioremediace

Bioremediace je sanační technologie založená na biodegradaci neboli biologickém odbouření organických látek. Při bioremediaci jsou pak z kontaminantů, za pomoci mikroorganismů, vytvářeny látky méně zatěžující životní prostředí. V tomto procesu tak hrají klíčovou roli mikroorganismy, které jsou přítomné v povrchních i hlubokých vrstvách půdy. Existují dva základní přístupy bioremediace: fertilizace a seeding. Fertilizace spočívá v urychlení již probíhajících biodegradčních procesů přirozeně se vyskytující mikroflóry, přidáním zdrojů dusíku a fosforu. Seeding spočívá v obohacení kontaminovaného prostředí vhodným mikroorganismem. [35] [36]

In situ bioremediace spočívá v přivedení kyslíku při aerobní degradaci nebo vhodného organického substrátu při anaerobní degradaci do půdy společně s vhodnými živinami. Popřípadě jsou do půdy dodány také vhodné mikrobiální kmeny. Tím dochází k urychlení

růstu a nárůstu aktivity mikroorganismů, jež se podílejí na biodegradaci kontaminantů. [34]

Další možnou in situ bioremediační technologií je **bioventing**, spočívající ve vhánění a současném odsávání vzduchu z nenasycované půdní vrstvy. Účelem této technologie je vhánění kyslíku pro podporu bioremediace, nikoliv odsávání kontaminovaného vzduchu jako při ventingu. [34]

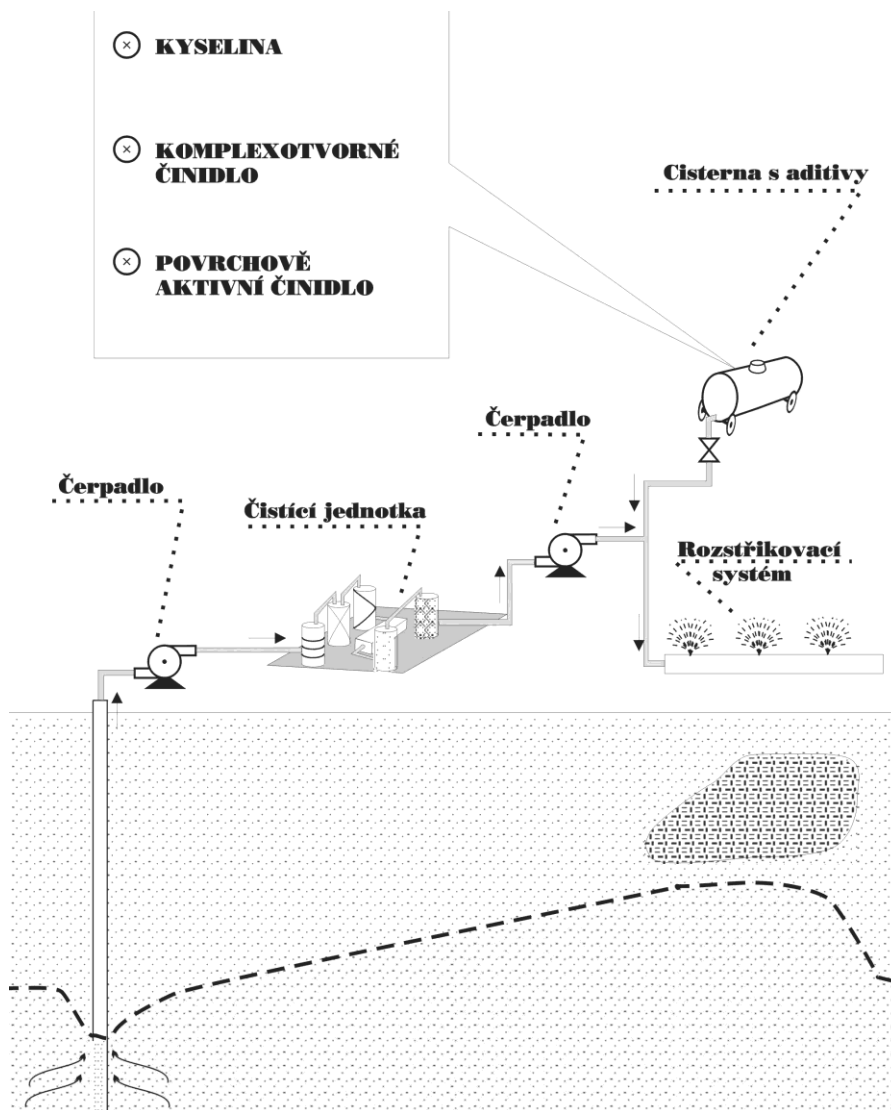
Mezi in situ bioremediační technologie je možné zařadit také **fytořemediaci**, což je cílné pěstování určitých rostlin, které jsou schopny v sobě akumulovat kontaminanty z půdy. Nevýhodou však může být relativně vysoká časová náročnost a omezená hloubka účinnosti. [34]

Ex situ bioremediace probíhá ve vytěžených zeminách mimo kontaminovanou lokalitu na zabezpečené ploše. Uplatňují se některé biodegradační postupy jako je kompostování, landfarmin (zpracování na zemědělskou půdu), biologické ošetření tuhé fáze apod. Před samotným zahájením bioremediace je půda upravena. Může se jednat o úpravu mechanických vlastností půdy, pH, dodání nutrientů nebo mikrobiálních kmenů. Zajištění optimální úrovně kyslíku v půdě je zjištěno orbou, obracením nebo kypřením. Při ex – situ bioremediaci lze taktéž využít bioreaktory. [34] [35]

6.1.4 Promývání (praní) zemin

Principem této technologie je převedení kontaminantu v tuhé fázi do fáze vodné, za použití vhodného extrakčního činidla. Je-li tato technologie použita v in situ uspořádání, hovoříme o promývání zemin, jestliže je použita v ex situ uspořádání, hovoříme o praní zemin. [35]

Promývání zemin je technologie, která využívá vlačovací vrty nebo vsakovací zářezy pro transport extrakčního činidla k místu kontaminace. Extrakčním činidlem může být voda, roztok vody s povrchově aktivní látkou, kyselý vodný roztok nebo alkalický vodný roztok. Jakmile je kontaminant uvolněn do kapalné fáze, je tato kapalina odčerpána na povrch k dalšímu čištění. [35]



Obrázek 13 Schéma promývání zemin [35]

Praní zemin spočívá v extrakci kontaminantu z vytěženého a předem upraveného půdního materiálu. Možná extrakční činidla jsou stejná jako při použití promývání zemin. V další fázi procesu je v usazovacím zařízení oddělena hrubší půdní frakce od extrakčního činidla obsahující jemnější frakci. Extrakční činidlo je následně zbaveno jemnější frakce v separačním zařízení a je možné jeho opětovné využití. [35]

7 DÍLČÍ ZÁVĚR

Problematika průmyslových havárií a s nimi blízce spojená dekontaminace a sanace životního prostředí je podstatně rozsáhlá. V minulosti došlo k celé řadě závažných havárií ve světě i v České republice, které ukázaly, že jejich dopad může nabývat katastrofálních rozměrů jak pro obyvatelstvo, tak pro životní prostředí. Zejména pomocí preventivních opatření je možné těmto dopadům předcházet, nebo je alespoň minimalizovat. V České republice jsou na vysoké úrovni jak preventivní opatření, tak samotná schopnost likvidace následků havárií, a to díky komplexnímu legislativnímu rámci a připravenosti jednotlivých složek IZS. V případě likvidace následků havárií se vzhledem k technologickému pokroku uplatňuje také celá řada dekontaminačních metod a sanačních procesů.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 CÍLE A METODY PRÁCE

Cílem diplomové práce je analyzovat ekologickou havárii. Pro tuto práci byla vybrána havárie spojená s únikem ropné látky. Následně bude tato havárie vyhodnocena a budou navržena opatření pro zdokonalení likvidace.

Ke zpracování budou využity následující metody:

- sběr dat a informací, které budou čerpány z odborných publikací a dostupných internetových zdrojů,
- analýza, jakožto proces reálného či myšlenkového rozkladu zkoumaného objektu na dílčí části, tato metoda doprovází celou práci,
- syntéza, což je proces myšlenkové spojení poznatků získaných analytickými metodami v celek, stejně jako analýza doprovází celou práci,
- modelování dopadů zkoumané havárie softwarem TerEx, což je nástroj pro rychlé vyhodnocení dopadů chemických havárií,
- konzultace s příslušníkem HZS ČR, a to zejména v souvislosti s analýzou a vyhodnocením havárie.

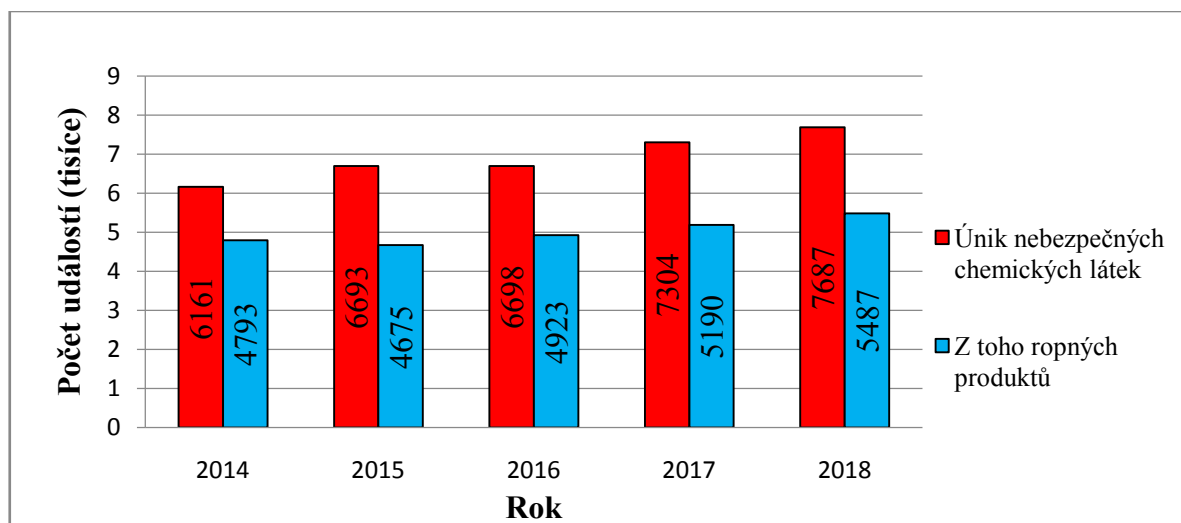
9 ROPNÁ HAVÁRIE

Ropná havárie je mimořádná událost, při které došlo k úniku ropných látek ohrožující životní prostředí, zejména pak povrchové a podzemní vody. [37]

Podle statistik HZS ČR vyjžděli příslušníci JPO k 7 687 výjezdům spojených s únikem nebezpečné chemické látky, z toho 5 487 výjezdů bylo spojeno s únikem ropných produktů. [38]

Tabulka 2 Zásahy JPO spojené s úniky NCHL a ropných produktů [38]

Rok	2014	2015	2016	2017	2018
Únik nebezpečných chemických látek	6 161	6 693	6 698	7 304	7 687
Z toho ropných produktů	4 793	4 675	4 923	5 190	5 487



Obrázek 14 Graf zásahů JPO spojené s úniky NCHL a ropných produktů [38]

Z tabulky i grafu jasně vyplývá, že narůstá počet zásahů spojených s únikem NCHL, stejně tak s únikem ropných produktů.

9.1 Ropné látky

Ropné látky jsou uhlovodíky a jejich směsi, které jsou za normálního tlaku a teploty vyšší jak 40 °C kapalné. Jedná se především o benzín, motorovou naftu, suroviny pro petrochemický průmysl, letecká paliva, surovou ropu, mazací oleje a topné oleje. [37]

9.1.1 Automobilový benzín

Automobilový benzín je extrémně hořlavá kapalina, využívající se jako motorové palivo zážehových spalovacích motorů. Jedná se o směs kapalných uhlovodíků s bodem varu cca 30 – 210 °C. [39]

Základní charakteristikou tohoto typu paliva je oktanové číslo, které může nabývat hodnot 0 – 100. Oktanové číslo určuje odolnost paliva ve směsi se vzduchem proti samozápalu, které je charakterizováno klepáním motoru. Je definováno pomocí dvou uhlovodíků se stejným bodem varu, ale odlišnou náchylností ke klepání při spalování. Jedná se o Izo-oktan s oktanovým číslem 100, který je málo náchylný ke klepání a n-Heptan s oktanovým číslem 0, který snadno vyvolává klepání motoru. Automobilový benzín s oktanovým číslem 95 je tedy stejně odolný ve směsi se vzduchem proti samozápalu jako směs Izo-oktanu a n-Heptanu v poměru 95 : 5. V dnešní době jsou běžně k dostání automobilové benzíny s oktanovým číslem 95 a 98. [39]

Složení benzínu se liší v závislosti na druhu benzínu, použitých surovinách a výrobních technologiích. Požadavky na kvalitu a složení benzínu musejí být v souladu se směrnicí ČSN EN 228, která splňuje požadavky vyplývající ze směrnice EU č. 2003/17/ES. Současné automobilové benzíny musí splňovat požadavky týkající se maximálního obsahu např. síry (10 mg/kg), aromatických uhlovodíků (35 % V/V), benzenu (1 % V/V) a dalších. [39]

Benzín je zdraví škodlivý, jeho páry mohou způsobit dráždění dýchacích cest, bolest hlavy, dráždění očí, také dráždí pokožku. Páry benzínu tvoří se vzduchem výbušnou směs a mohou akumulovat statickou elektřinu. Má také dlouhodobě nepříznivé účinky na životní prostředí. [40]

9.1.2 Motorová nafta

Motorová nafta je hořlavá kapalina, využívající se jako motorové palivo vznětových spalovacích motorů. Jedná se o směs kapalných uhlovodíků s bodem varu v rozmezí cca 150 – 370 °C. [39]

Veličina charakterizující vznětové vlastnosti nafty se nazývá cetanové číslo. Po vstřiku nafty do válce motoru musí neprodleně dojít k jejímu vznícení. Jestliže se tak nestane, dochází k hromadění nafty a jejímu pozdějšímu vznícení, což výrazně zvyšuje tlak na píst, snižuje účinnost vznětového motoru a následně zvyšuje jeho opotřebení. Obdobně jako u zážehového motoru je cetanové číslo definováno pomocí dvou uhlovodíků. N-hexadekan

neboli cetan, má cetanové číslo 100 a 1-Methylnaftalen má cetanové číslo 0. Výsledné cetanové číslo motorové nafty pak odpovídá poměru těchto dvou uhlovodíků v porovnávacím vzorku. [39]

Existuje několik tříd motorové nafty definovaných podle její filtrovatelnosti. Filtrovatelnost určuje kvalitu nafty v závislosti na její teplotě. V České republice je běžně k dostání nafta třídy B, D a F. [39]

Složení a kvalita nafty musí být v souladu s normou ČSN EN 590. Stejně jako u automobilových benzínů nesmí obsah síry přesáhnout 10 mg/kg. Maximální obsah polycyklických aromatických uhlovodíků je 11 % m/m. [39]

Páry motorové nafty mohou způsobit dráždění dýchacích cest, bolest hlavy, dráždění očí, také dráždí pokožku. Páry nafty tvoří se vzduchem výbušnou směs a mohou akumulovat statickou elektřinu. Má také dlouhodobě nepříznivé účinky na životní prostředí. [41]

9.1.3 Vliv na životní prostředí

I když se dbá na bezpečnou manipulaci s ropou a jejími produkty, i tak dochází, zejména vlivem lidského faktoru, k únikům a následnému znečištění životního prostředí. Může dojít ke znečištění půdy, vod i ovzduší. K nejčastějším únikům ropných látek dochází při dopravních nehodách motorových vozidel.

Znečišťování ovzduší je způsobeno odpařováním těkavých podílů ropných látek při jejich skladování a přečerpávání. Významný podíl na znečištění ovzduší má také spalování pohonných hmot. [39]

Na hladině vody často vytváří ropné látky charakteristický olejový film. Tato vrstva brání přístupu kyslíku do vody, a tím ohrožuje vodní organismy. Tento film se začíná tvořit při koncentracích 0,1 – 0,2 mg/l. Ropné látky mohou být v povrchových vodách přítomné jako látky sedimentující, rozpustné, nejčastěji však jako látky plovoucí. Ropné látky mohou také prosáknout do podzemních vod. V podzemních vodách probíhá jejich přírodní odbourávání za anaerobních podmínek, což prodlužuje délku přirozeného odbourání. Celková schopnost biodegradovatelnosti ropných látek je velmi malá. [39]

Regenerace půdy kontaminované ropnými látkami závisí především na těkavosti těchto látek. Půda kontaminovaná benzínem má vyšší schopnost regenerace než půda kontaminovaná motorovým olejem. [39]

Metody sanace podzemních vod a kontaminovaných zemin jsou popsány v kapitole Sanační technologie.

9.2 Sorbenty

Sorbenty jsou látky schopné sorbovat nebezpečnou látku, např. v případě ropných havárií a zabránit tak dalšímu šíření této látky do životního prostředí. Sorpci lze rozdělit na absorpci (nebezpečná látka je pohlcována dovnitř objemu sorbentu) a adsorpci (nebezpečná látka je pohlcována na povrch sorbentu).

9.2.1 Sypké sorbenty

Sypké sorbenty jsou látky různého chemického složení, které se vyznačují velkým aktivním povrchem. Při práci s těmito sorbenty je potřeba počítat s jejich relativně vysokou prašností a s tím spojenou špinavostí. Sypké sorbenty mohou být dále rozděleny na:

- Hydrofilní – jsou určeny pro sorpci látek rozpuštěných ve vodném prostředí, ale i ropných látek. Vzhledem ke své vysoké afinitě k vodě nejsou určeny pro záchyt látek na vodní hladině, ale pouze na pevném povrchu.
- Hydrofobní – jsou určeny pro sorpci ropných produktů. Nejsou využitelné pro látky rozpuštěné ve vodě. Hlavním příkladem použití je sorpce ropných látek na vodní hladině.

Příkladem sypkých sorbentů může být Vapex, který se díky své schopnosti vázat na svůj povrch přednostně nepolární látky využívá pro sorpci ropných látek z vodní hladiny. [37]

9.2.2 Textilní sorbenty

Textilní sorbenty jsou vyráběny ve formě rohoží, hadů, kobereců, norných stěn, polštářů, apod. V porovnání se sypkými sorbenty nejsou ty textilní prašné a mají vyšší sorpční schopnost. Manipulace je s nimi snadnější a mají relativně vysokou životnost. Příkladem textilního sorbentu je sorpční had, který lze využít jako nornou stěnu při záchytu ropných látek na vodní hladině, nebo pro ohraničení nebezpečné látky na pevném povrchu. [37]



Obrázek 15 Sorpční had [42]

9.3 Norné stěny

V případě znečištění povrchových vod ropnou látkou je standardním postupem pro její zachycení využití norné stěny. U klidnějších a menších toků může být norná stěna instalována kolmo k tomuto toku. U rychleji tekoucích vod se norná stěna umísťuje šikmo v úhlu 60° , tak aby se ropná látka shromažďovala u jednoho z břehů. U břehu je také možné vytvořit tzv. kapsu, která usnadní záchyt a sběr ropné látky. Optimální hloubka ponoření norné stěny je polovina až třetina hloubky vodního toku, aby nedošlo ke strhávání ropné látky víry pod nornou stěnu. Je možné umístit i více norných stěn na vodním toku za sebou pro zvýšení účinnosti záchytu. Zachycená ropná látka je následně sesbírána z vodní hladiny za pomoci sorbentu, odlučovače oleje tzv. skimmeru, popřípadě ručního sběrače. [37]



Obrázek 16 Norná stěna s kapsou a skimmerem [37]

9.4 Obecný postup likvidace ropné havárie

Průvodce havárie je také povinen vykonat bezprostřední opatření k odstranění příčiny a následků havárie. Průvodce havárie, popřípadě ten, kdo ji zjistí, je povinen ji hlásit HZS ČR nebo JPO nebo Policii ČR, eventuálně správci povodí. Tyto orgány pak neprodleň informují o nahlášené havárii příslušný vodoprávní úřad a Českou inspekci životního prostředí. Průvodce havárie je také povinen se na výzvu podílet na odstranění příčin a následků havárie. Jednotky účastníci se zásahu nejsou povinny likvidovat ropnou havárii v celém rozsahu, jejich úkolem je především provádět činnosti k omezení rizik vyvolaných havárií a odstranění jejich příčin. [37]

9.4.1 Taktické zásady

Příjezd k místu havárie by měl být uskutečněn z návětrné strany. Technika zasahujících jednotek musí být odstavena v bezpečné vzdálenosti, kvůli nebezpečí výbuchu. S nebezpečím výbuchu je spojeno i uzavření místa nehody, stanovení nebezpečné zóny a vyloučení iniciačních zdrojů. Po příjezdu na místo havárie provede velitel zásahu průzkum tohoto místa. Jedná se o stanovení rozsahu havárie, meteorologických podmínek, identifikaci uniklé látky a zdroje úniku. Velitel zásahu taktéž zvaží ohrožení životního prostředí, osob, zvířat nebo majetku v místě havárie. V návaznosti na průzkum místa havárie jsou stanovená opatření k ochraně zdraví a života zasahujících jednotek, ke kterým patří ochranné prostředky, postup z návětrné strany a zajištění místa havárie proti vzniku požáru. [37]

9.4.2 Zastavení úniku a zamezení šíření ropných látek

Zastavení úniku ropné látky může být provedeno např. pomocí dřevěných nebo plastových klínů, speciálních tmelů, těsnících vaků nebo bandáží. [37]



Obrázek 17 Klíny určené k utěsnění porušené nádoby [43]

Zamezení šíření již uniklé ropné látky může být docíleno použitím kanálových ucpávek, nepropustných folií nebo různých druhů sorbentů. Jestliže látka pořád uniká, je nutné ji jímat do vhodných nádob, je vhodné také zvážit možnost tuto látku do vhodné nádoby za pomoci čerpadel přečerpat. [37]

K zamezení šíření ropné látky na vodní hladině může být dosaženo instalováním normé stěny. Nahromaděná ropná látka u normé stěny je sesbírána a později zlikvidována. Při těchto činnostech jednotky spolupracují se správcem vodního toku. [37]

9.4.3 Zvláštnosti zásahu

Při celém zásahu je nutné brát na vědomí nebezpečí výbuchu, proto je potřeba dbát na použití správných technických prostředků. V případě úniku lehce vznětlivých látek může být využita například střední pěna, k jejich pokrytí a zabránění výparu. V případě ropných havárií není vhodné využívat odmašťující a emulgační přípravky. Tyto látky pouze zvýší průnik ropných látek do spodních vod. V případě havárie uvnitř průmyslového provozu probíhá likvidace této havárie podle havarijního plánu. [37]

10 MODELOVÁ SITUACE

V této kapitole bude popsána havárie cisterny převážející automobilový benzín a následný únik tohoto benzínu. Pro místo havárie byla zvolena obec Osíčko ve Zlínském kraji, která se nachází nedaleko obce Loukov, kde sídlí sklad společnosti ČEPRO, a.s., odkud jsou distribuovány pohonné hmoty.

10.1 Havárie automobilu s cisternovým návěsem

Dne 8. 8. 2018 v 9 hodin dopoledne došlo na silnici II/150 v obci Osíčko ve Zlínském kraji k dopravní nehodě automobilu s cisternovým návěsem převážející automobilový benzín o celkovém objemu 23 000 litrů. K nehodě došlo v důsledku nezvládnutí řízení vozidla v zatáčce. Při havárii nastalo převrácení vozidla a porušení pláště jedné z komor cisternového návěsu. Následkem byl únik benzínu, který vytvořil louži na silniční komunikaci a kontaminoval blízko se nacházející potok Mostěnka. Místo havárie je zobrazeno na *Obrázku 18*.



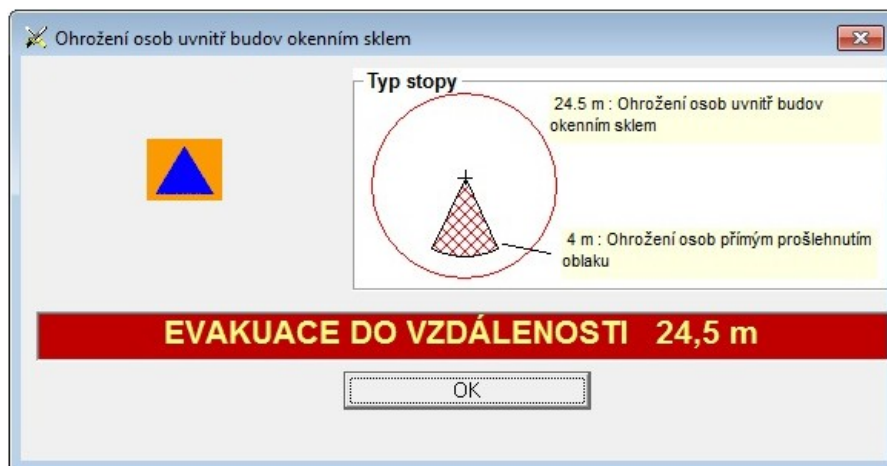
Obrázek 18 Mapa s označením místa havárie [Zdroj: maps.google.com]

10.1.1 Vyhodnocení dopadů

Vyhodnocení dopadů modelové situace bylo provedeno pomocí softwarového nástroje TerEx. Tento nástroj umožňuje provést rychlý odhad následků havárií s únikem nebezpečných chemických látek, popřípadě teroristických nebo vojenských útoků za použití ná-

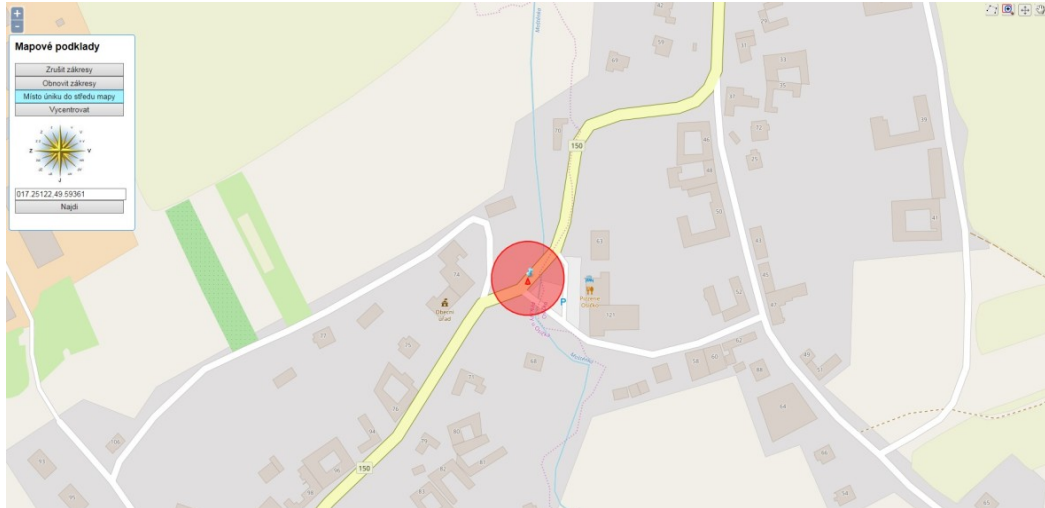
stražného výbušného systému nebo chemických zbraní. Vstupní údaje, které byly použity pro vyhodnocení dopadů, jsou uvedeny na *Obrázku 19*.

Obrázek 19 Vstupní údaje vyhodnocení dopadů [Zdroj sw TerEx]

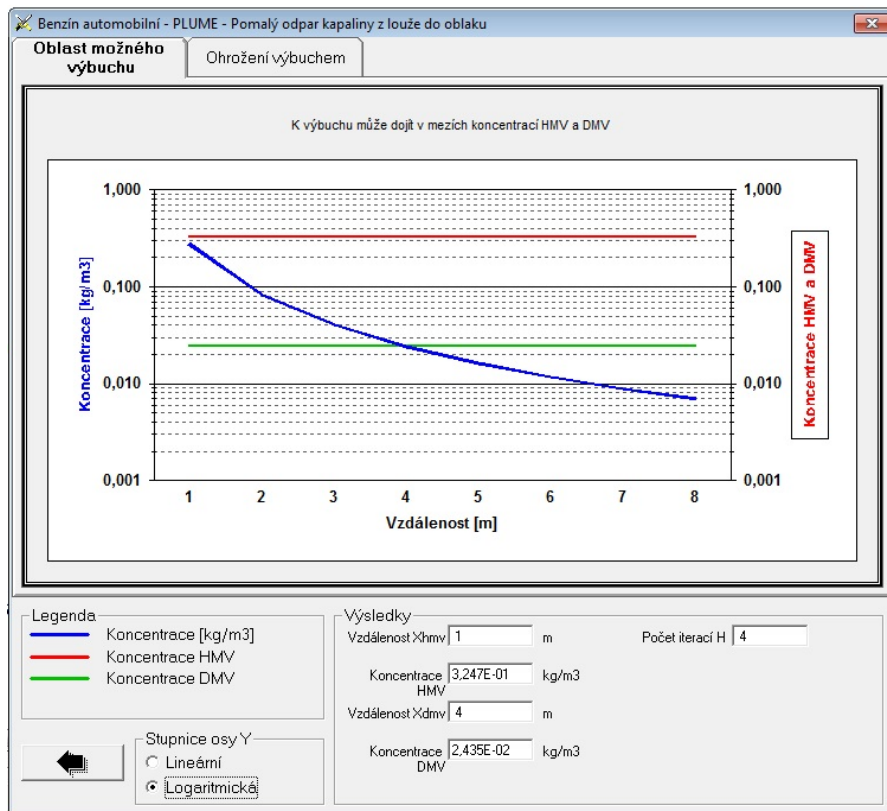


Obrázek 20 Ohrožení osob výbuchem [Zdroj: sw TerEx]

Obrázek 20 zobrazuje ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku par a ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem. Do vzdálenosti 24,5 metrů musí být provedena evakuace osob.

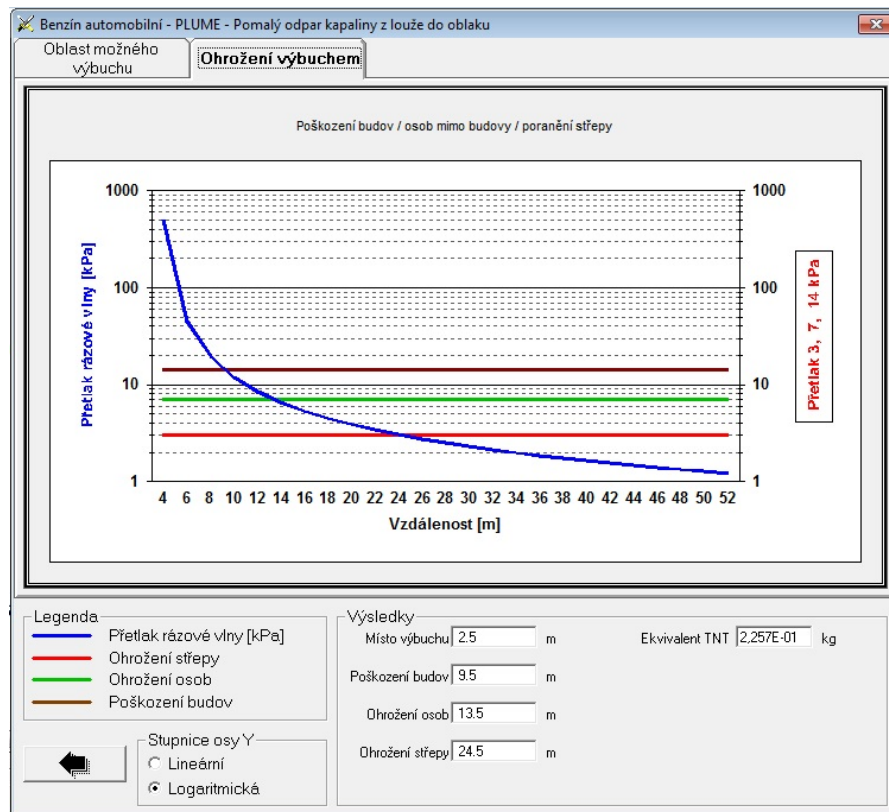


Obrázek 21 Zobrazení ohrožení osob v mapovém podkladu [Zdroj: sw TerEx]



Obrázek 22 Graf oblasti možného výbuchu [Zdroj: sw TerEx]

K výbuchu může dojít v mezích koncentrací horní meze výbušnosti (HMV) a dolní meze výbušnosti (DMV). Z Obrázku 22 vyplývá, že k výbuchu může dojít do vzdálenosti 4 metrů.



Obrázek 23 Graf ohrožení výbuchem [Zdroj: sw TerEx]

Obrázek 23 popisuje hodnotu přetlaku rázové vlny v závislosti na vzdálenosti od zdroje úniku.

10.1.2 Činnost jednotek IZS

Dopravní nehoda byla oznámena svědkem události na operační a informační středisko v 9 hodin. Svědek uvedl, že došlo k havárii cisterny. Po dotazech operátorky dále uvedl, že na místě havárie nevidí žádný kouř ani plamen. Svědek události byl také schopný uvést UN kód na cisterně, podle kterého dispečerka identifikovala převáženou nebezpečnou látku. Řidič vozidla byl lehce zraněn, svědek události mu však pomohl s vyproštěním před příjezdem jednotek. Na místo události byla vyslána JHZS JPO I ZLK ÚO KM stanice Bystřice pod Hostýnem s technikou CAS 20-4000-240-S2T.

Po příjezdu jednotek na místo byla průzkumem zjištěna dopravní nehoda vozidla s cisternovým návěsem převážející automobilový benzín, se zraněním řidiče, který byl z vozu vyproštěn před příjezdem jednotky z Bystřice pod Hostýnem. Velitel zásahu (dále jen VZ) požádal KOPIS HZS ZLK (dále jen KOPIS) o povolání ZZS. Dva příslušníci jednotky poskytli první pomoc zraněnému řidiči. Na místo zásahu se dostavila PČR, VZ jim vydal

příkaz k odklánění dopravy na přilehlých křižovatkách z toho důvodu, že komunikace byla v místě dopravní nehody neprůjezdná a hrozilo nebezpečí výbuchu. Pokračujícím průzkumem bylo zjištěno, že uniká benzín z poškozeného cisternového návěsu a tento benzín vytváří na komunikaci louži, a také v malém množství uniká do blízkého potoka. Neprodleně bylo zahájeno jímání tohoto úniku do záchytové vany. VZ ihned informoval o této skutečnosti KOPIS, který na místo události vyslal jednotku PO Kroměříž s technikou TA-CH-L1Z (Technický automobil chemický) a CAS 20/4000/240-S2T. VZ taktéž zažádal o povolání zástupce životního prostředí z obce Bystřice pod Hostýnem. Řidič automobilu uvedl, že v cisterně je cca 23000 litrů automobilového benzínu. Dalším průzkumem bylo zjištěno, že se jedná zřejmě o malou trhlinu pláště jedné z komor cisterny a uniklé množství benzínu bude v řádech jednotek litrů. Na místo nehody dorazila ZZS. Řidič havarovaného automobilu byl předán do její péče. Dva příslušníci jednotky vytvořili protipožární opatření na místě zásahu v podobě C proudu na těžkou pěnu. Dále dva příslušníci jednotky odpojili baterie na havarovaném vozidle. V blízkosti místa havárie se nachází restaurační zařízení, ve kterém se však v době havárie nikdo nenacházel. Evakuován by pouze obecní úřad, který se taktéž nachází v blízkosti místa havárie. Dle rozhodnutí VZ nebylo nutné nařídit evakuaci okolních domů, vzhledem k dostatečné vzdálenosti od místa havárie. Řidič havarovaného vozidla informoval VZ, že na místo havárie dorazí majitel vozidla, který zabezpečí přečerpání benzínu z cisterny do náhradní. Na místo havárie dorazili příslušníci jednotek Kroměříž, kteří ihned začali s instalací norné stěny a sorpčního hada na hladině potoka. Vzhledem k pomalému toku potoka tak bylo učiněno ve vzdálenosti cca 150 metrů po proudu od místa havárie. Zachycený benzín, před nornou stěnou, byl zasypán sorbentem Vapex. O celém průběhu činnosti na místě havárie byl informován přítomný zástupce Odboru životního prostředí Městského úřadu Bystřice pod Hostýnem. Poté co majitel cisterny dorazil na místo nehody, začal s přečerpáváním benzínu do náhradní cisterny, podařilo se však přečerpat pouze část z celkového objemu benzínu. Po domluvě s VZ majitel souhlasil s využitím speciálního zařízení CCS COBRA k vyřezání otvorů v cisterně k přečerpání zbylého benzínu. Při přečerpávání došlo k drobnému uniku benzínu, který byl však neprodleně jímán do záchytové vany. Po přečerpání zbylo v každé ze čtyř komor havarované cisterny malé nezměřitelné množství benzínu, který však nebránil vyproštění vozidla. Před převrácením vozidla byly utěsněny vyřezané otvory v plášti cisterny dřevěnými kolíky z výbavy TACH. Po převrácení automobilu byl zasypán uniklý benzín na vozovce sorbentem REOSORB v množství 40 kg. Po naložení havarovaného vozidla na odtahovou

službu a poodejetí mimo místo dopravní nehody rozhodl VZ o úklidu místa zásahu od nasáklého sorbentu a následků dopravní nehody. Byl taktéž sesbírán sorbent znečištěný Vapex z hladiny potoka. Sorpční had byl na hladině potoka ponechán pro zachycení reziduí benzínu. VZ oznámil KOPIS, že je silnice opět průjezdná a všechny zúčastněné jednotky se vrátily na základnu. Tato skutečnost byla také oznámena zástupci Odboru životního prostředí Městského úřadu Bystřice pod Hostýnem, který provede kontrolu znečištění životního prostředí.

10.1.3 Zhodnocení

Uvedený zákrok JPO při likvidaci havárie nákladního automobilu s cisternovým návěsem probíhal dle bojového řádu JPO, a to zejména v rychlém vyhodnocení situace, zabezpečení protipožárních opatření, ochraně před výbuchem, a tím i ochraně obyvatelstva a zasahujících jednotek, v neposlední řadě zamezení rozšíření kontaminace životního prostředí. Díky touto postupu JPO nebyl dopad na životní prostředí nijak vážný.

10.1.4 Návrh opatření

Díky statistikám, množství získaných informací a následném rozboru modelové situace havárie cisterny, je více než jasné, že je nutné tuto problematiku řešit a je třeba zavést opatření pro předcházení těmto haváriím. Dle sčítání dopravy každoročně vzrůstá počet vozidel na pozemních komunikacích, a s tím také roste počet dopravních nehod, se kterými bezprostředně souvisí i úniky ropných látek. [38]

Za vznikem dopravních nehod, tedy i havárií, stojí nejčastěji lidský faktor. Na jednu stranu mohou být následky enormní, ale na stranu druhou existuje spousta opatření, pomocí nichž by se mohlo haváriím předejít.

Jako první z problému je možné uvést fakt, že řidičem, který převáží nebezpečné látky, se může stát kdokoliv, kdo získá řidičské oprávnění sk. C+E, složí psychické testy a zúčastní se školení pro řidiče přepravující nebezpečné látky. Tudiž by bylo vhodné, kdyby k těmto požadavkům dále přibyla nutná pětiletá praxe a minimálně ujetých 10 000 km se zmíněným řidičským oprávněním. Také důkladné proškolení z hlediska postupů při těchto haváriích.

Další legislativní možností je zpřísnění sankcí, co se týče doby, kterou řidiči stráví bez přestávky za volantem. Policie by měla mít větší pravomoci na kontroly řidičů převážejí-

cích nebezpečné látky, jak z hlediska bezpečnostních přestávek, tak technického stavu vozidla a v neposlední řadě dodržování rychlosti a testů na alkohol a drogy.

ZÁVĚR

Ropa a ropné látky mají enormní dopad na životní prostředí, ať už při těžbě ropy, jejím zpracování nebo při haváriích, kdy dochází k úniku ropných látek. I když jsou v dnešní době technologie na vysoké úrovni, stále dochází k častým haváriím, a to zejména díky selhání lidského faktoru. Dojde-li při havárii k úniku ropných látek, či jiných nebezpečných chemických látek, hraje klíčovou roli rychlost samotné likvidace, aby byl dopad na životní prostředí a obyvatelstvo co nejmenší.

V teoretické části diplomové práce byly popsány právní aspekty prevence průmyslových havárií. V kapitole o samotných průmyslových haváriích byly uvedeny nejznámější světové a české události, příčiny a dopady. Dále byly definovány možné kontaminanty ohrožující obyvatelstvo nebo životní prostředí a způsoby dekontaminace a sanační technologie.

Praktická část byla zaměřena speciálně na ropné havárie. Byly definovány samotné ropné látky, popsán postup likvidace následků těchto havárií, mimo jiné za použití sorbentů a norných stěn. Cílem práce bylo popsat a zhodnotit modelovou situaci úniku ropných látek a navrhnout následná opatření. K modelování havárie byl využit software TerEx. Postup jednotek PO při řešení uvedené situace byl vyhodnocen jako profesionální a dostačující v souladu s bojovým řádem JPO. Vzhledem k tomu, že postup jednotek byl vhodný, z hlediska návrhu opatření bylo stanoveno zpřísnění potřebné kvalifikace řidičů vozidel převážejících nebezpečné látky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Terminologický slovník - krizové řízení a plánování obrany státu. *Ministerstvo vnitra České republiky* [online]. 2016 [vid. 2019-02-27]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovník-krizove-řízení-a-planování-obrany-statu.aspx>
- [2] *Zákon č. 239/2000 Sb. Zákon o integrovaném záchranném systému* [online]. [vid. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239>
- [3] *Zákon č. 224/2015 Sb. Zákon o prevenci závažných havárií* [online]. [vid. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-224>
- [4] MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie*. 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5.
- [5] DVOŘÁK, Josef a Vladimír MELKES. *Ekologické havárie a dekontaminace znečištění*. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska, 1997. ISBN 80-7231-002-X.
- [6] *Zákon č 17/1992 Sb. Zákon o životním prostředí* [online]. [vid. 2019-03-01]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-17>
- [7] VIČAR, Dušan, Radim VIČAR a Tomáše Bati ve Zlíně UNIVERZITA. *Vybrané aspekty práva bezpečnosti a obrany České republiky*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-279-4.
- [8] *Zákonč. 240/2000 Sb. Krizový zákon* [online]. [vid. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-240>
- [9] *Zákon č. 263/2016 Sb. Zákon atomový zákon* [online]. [vid. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-263>
- [10] SLUKA, Vilém. Implementace směrnice 2012/18/EU (Seveso III) a analýza a hodnocení rizik v České republice. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online]. 2013, 6(3–4) [vid. 2019-03-04]. ISSN 1803-3687. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/josra/implementace-smernice-201218eu-seveso-iii-analyza-hodnoceni-rizik-v-ceske-republice>
- [11] ČAPOUN, Tomáš, ed. *Chemické havárie*. Vyd. 1. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8.
- [12] HAKKINEN, Pertti J. Seveso Disaster, and the Seveso and Seveso II Directives. In: Philip WEXLER, ed. *Encyclopedia of Toxicology (Second Edition)* [online]. New York: Elsevier, 2005 [vid. 2019-02-15], s. 1–4. ISBN 978-0-12-369400-3. Dostupné z: [doi:10.1016/B0-12-369400-0/10011-0](https://doi.org/10.1016/B0-12-369400-0/10011-0)
- [13] A Timeline of the Seveso Disaster. *Clare Kenney blog* [online]. [vid. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://kenneycblog.wordpress.com/2017/02/06/a-timeline-of-the-seveso-disaster/>

- [14] BROUGHTON, Edward. The Bhopal disaster and its aftermath: a review. *Environmental Health* [online]. 2005, 4(1), 6. ISSN 1476-069X. Dostupné z: doi:10.1186/1476-069X-4-6
- [15] Bhopal gas tragedy: 15 shocking photos from 1984. *India Today* [online]. [vid. 2019-02-13]. Dostupné z: <https://www.indiatoday.in/india/photo/bhopal-gas-tragedy-30th-anniversary-warren-anderson-374007-2014-12-02>
- [16] BERESFORD, N. A., S. FESENKO, A. KONOPLEV, L. SKUTERUD, J. T. SMITH a G. VOIGT. Thirty years after the Chernobyl accident: What lessons have we learnt? *Journal of Environmental Radioactivity* [online]. 2016, 157, 77–89. ISSN 0265-931X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jenvrad.2016.02.003
- [17] MELKES, Vladimír a Otakar J. MIKA. *Prevence závažných průmyslových havárií*. Brno: Univerzita obrany, 2005. ISBN 978-80-7231-038-8.
- [18] Remembering the World's Worst Nuclear Disaster. *U.S. Department of State Official Blog* [online]. [vid. 2019-02-17]. Dostupné z: <https://blogs.state.gov/stories/2018/04/25/en/remembering-world-s-worst-nuclear-disaster>
- [19] NORSE, Elliott. *Impacts, Perception, and Policy Implications of the Deepwater Horizon Oil and Gas Disaster* [online]. [vid. 2019-02-23]. Dostupné z: <https://www.ourenergypolicy.org/impacts-perception-and-policy-implications-of-the-deepwater-horizon-oil-and-gas-disaster/>
- [20] Ropné havárie. *Greenpeace Česká republika* [online]. [vid. 2019-02-23]. Dostupné z: http://www.greenpeace.org/czech/cz/Kampan/klima_a_energetika/Arktida/honba-za-ropou/ropne-havarie/
- [21] SMITH, Lawrence C., Murphy SMITH a Paul ASHCROFT. *Analysis of Environmental and Economic Damages from British Petroleum's Deepwater Horizon Oil Spill* [online]. SSRN Scholarly Paper. ID 1653078. Rochester, NY: Social Science Research Network. 2010 [vid. 2019-02-23]. Dostupné z: <https://papers.ssrn.com/abstract=1653078>
- [22] DAVENPORT, Coral. Washington Rolls Back Safety Rules Inspired by Deepwater Horizon Disaster. *The New York Times* [online]. 2018 [vid. 2019-04-03]. ISSN 0362-4331. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2018/09/27/climate/offshore-drilling-safety-deepwater-horizon.html>
- [23] MACDONALD, Ian. Deepwater disaster: how the oil spill estimates got it wrong. *Significance* [online]. 2010, 7(4) [vid. 2019-05-09]. ISSN 1740-9705. Dostupné z: <https://rss.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1740-9713.2010.00449.x>
- [24] Tragickou nehodu v Záluží způsobil šlendrián při údržbě. *Mostecko online* [online]. [vid. 2019-02-23]. Dostupné z: <https://www.mosteckoonline.cz/aktuality/tragickou-nehodu-v-zaluzi-zpusobil-slendrian-pri-udrzbe/>

- [25] Rok 1974: Výbuch v chemičce poničil 300 domů a zabil 17 lidí! Šíp [online]. 22. březen 2010 [vid. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://sip.denik.cz/pribehy-a-udalosti/rok--vybuch-v-chemicce-ponicil--domu-20100322.html>
- [26] ŠUTA, Miroslav. Spolana - příběh plný jedů -. *Greenpeace Česká republika* [online]. [vid. 2019-02-18]. Dostupné z: <http://www.greenpeace.org/czech/cz/blogy/toxicke-znecistení/spolana-neratovice-pribeh-plny-jedu/blog/41798/>
- [27] Staré ekologické zátěže. *Spolana* [online]. [vid. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://www.spolana.cz/CZ/ONas/Zivotni-Prostredi/Stranky/Stare-ekologicke-zateze.aspx>
- [28] VAŠKŮ, Václav. Zatopený areál chemičky Spolana Neratovice v roce 2002. *Greenpeace Česká republika* [online]. [vid. 2019-05-11]. Dostupné z: <http://www.greenpeace.org/czech/cz/Multimedia1/Fotky/10-let-od-zaplaveni-Spolany-Neratovice/Zatopeny-areal-chemiky-Spolana-Neratovice-v-roce-20021/>
- [29] KOLEKTIV AUTORŮ. *OCHRANA OBYVATELSTVA A KRIZOVÉ ŘÍZENÍ*. Praha: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. ISBN 978-80-86466-62-0.
- [30] POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA, Jozef SABOL a akademie České republiky POLICEJNÍ. *Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie*. Vydání: první. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2017. ISBN 978-80-7251-467-0.
- [31] TRÁVNÍČKOVÁ, Zdeňka. *Narizení (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci a označování látek a směsí = narizení CLP, SZÚ* [online]. 2019 [vid. 2019-03-04]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/navrh-narizeni-ghs-o-klasifikaci-a-oznacovani-latek-a-smesi-1>
- [32] MIKA, Otakar J. a Ivan MAŠEK. Historie a současnost chemických zbraní. *Časopis I12* [online]. 2015, 14(4) [vid. 2019-04-05]. ISSN 1213-7057. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-xiv-cislo-4-2015.aspx?q=Y2hudW09NA%3d%3d>
- [33] MATĚJKA, Jiří a Jiří GELETA. *CHEMICKÁ SLUŽBA*. 1. vyd. B.m.: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, nedatováno.
- [34] ZAMARSKÝ, Vítězslav, Jiří TYLČER, Tomislav STŘELEČEK a škola báňská - Technická univerzita Ostrava VYSOKÁ. *Regenerace průmyslových ploch*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-2132-0.
- [35] KUBAL, M., J. BURKHARD a M. BŘEZINA. Dekontaminační technologie. *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. 2002 [vid. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://old.vscht.cz/uchop/CDmartin/>
- [36] VÍTĚZOVÁ, Monika. Bioremediační technologie. In: [online]. Mendelova univerzita v Brně. 2014. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_sklad/habilitacni_prednasky/habilitacni_prednaska_vitezova.pdf

- [37] *Bojový řád jednotek požární ochrany*. 1. vydání. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. ISBN 978-80-7385-026-5.
- [38] ŽURKOVÁ, Klára. *Statistická ročenka 2018* [online]. B.m.: MV-generální ředitelství HZS ČR. 2018 [vid. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/statisticke-rocenky-hasicskeho-zachranneho-sboru-cr.aspx>
- [39] BLAŽEK, Josef, Vratislav RÁBL a škola chemicko-technologická v Praze VYSOKÁ. *Základy zpracování a využití ropy*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 978-80-7080-619-7.
- [40] *Bezpečnostní list – autobenzín* [online]. 2018 [vid. 2019-05-02]. Dostupné z: [http://www.unipetrolrpa.cz/CS/NabidkaProduktu/rafinerske-produkty/PohonneHmoty/Benziny/Documents/Autobenziny_CZ_9\(0\).pdf](http://www.unipetrolrpa.cz/CS/NabidkaProduktu/rafinerske-produkty/PohonneHmoty/Benziny/Documents/Autobenziny_CZ_9(0).pdf)
- [41] *Bezpečnostní list – motorová nafta* [online]. 2018 [vid. 2019-05-02]. Dostupné z: [http://www.unipetrolrpa.cz/CS/NabidkaProduktu/rafinerske-produkty/PohonneHmoty/Nafty/Documents/Motorova_nafta_CZ_9\(0\).pdf](http://www.unipetrolrpa.cz/CS/NabidkaProduktu/rafinerske-produkty/PohonneHmoty/Nafty/Documents/Motorova_nafta_CZ_9(0).pdf)
- [42] Hydrofobní sorpční hady Ø 7,6 cm - Sorpční hady SPC. *udrzba.cz* [online]. [vid. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://www.udrzba.cz/sorbenty-a-havarijni-prostredky/sorpcni-hady-spc/env-150-v-sorpcni-koberec-hydrofobni-1853.html>
- [43] Únik nebezpečné látky a jeho likvidace. *Univerzitní informační systém Mendelovy univerzity v Brně* [online]. [vid. 2019-05-11]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=6444

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BCHL	Bojové chemické látky
CAS	Cisternová automobilová stříkačka
DDT	Dichlordifenyltrichloreten
DNA	Deoxyribonuleová kyselina.
HZS	Hasičský záchranný sbor
IZS	Integrovaný záchranný systém
JPO	Jednotka požární ochrany
LSD	Diethylamid kyseliny lysergové
NCHL	Nebezpečná chemická látka
PČR	Policie České republiky
PVC	Polyvinylchlorid
TACH	Technický automobil chemický
TNT	Trinitrotoluen
ZZS	Zdravotnická záchranná služba
BZ	3-chinuklidyl benzylát
CR	Dibenzo-1,4-oxazepin
CS	Chlorbenzalmalondinitril
VZ	Velitel zásahu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Likvidační práce v Sevesu [13].....	15
Obrázek 2 Následky havárie v Bhopálu [15].....	16
Obrázek 3 Zničený reaktor jaderné elektrárny Černobyl [18].....	17
Obrázek 4 Ropná skvrna zachycena NASA 24. května [23].....	18
Obrázek 5 Následky výbuchu v Záluží [25].....	19
Obrázek 6 Zatopený areál Spolany Neratovice [28].....	20
Obrázek 7 Výstražné symboly podle CLP [29].....	25
Obrázek 8 Označení dopravního prostředku podle ADR [29].....	27
Obrázek 9 Schéma in situ ventingu [35].....	36
Obrázek 10 Schéma ex situ ventingu [35].....	37
Obrázek 11 Schéma air-asparingu [35].....	38
Obrázek 12 Schéma sanačního čerpání [35].....	39
Obrázek 13 Schéma promývání zemin [35].....	41
Obrázek 14 Graf zásahů JPO spojené s úniky NCHL a ropných produktů [38].....	45
Obrázek 15 Sorpční had [42].....	49
Obrázek 16 Norná stěna s kapsou a skimmerem [37].....	49
Obrázek 17 Klíny určené k utěsnění porušené nádoby [43].....	51
Obrázek 18 Mapa s označením místa havárie [Zdroj: <i>maps.google.com</i>].....	52
Obrázek 19 Vstupní údaje vyhodnocení dopadů [Zdroj: <i>sw TerEx</i>].....	53
Obrázek 20 Ohrožení osob výbuchem [Zdroj: <i>sw TerEx</i>].....	53
Obrázek 21 Zobrazení ohrožení osob v mapovém podkladu [Zdroj: <i>sw TerEx</i>].....	54
Obrázek 22 Graf oblasti možného výbuchu [Zdroj: <i>sw TerEx</i>].....	54
Obrázek 23 Graf ohrožení výbuchem [Zdroj: <i>sw TerEx</i>].....	55

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Výhody a nevýhody druhů technologií [34]	34
Tabulka 2 Zásahy JPO spojené s úniky NCHL a ropných produktů [38]	45