

Sanace a dekontaminace životního prostředí po průmyslových haváriích

Radim Karnůfek

Bakalářská práce
2017

 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: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radim Karnůfek**
Osobní číslo: **L13062**
Studijní program: **B2825 Ochrana obyvatelstva**
Studijní obor: **Ochrana obyvatelstva**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Sanace a dekontaminace životního prostředí po průmyslových haváriích**

Zásady pro vypracování:

1. Vymezení základní terminologie a právní úprava řešené problematiky.
2. Analýza dopadů významných havárií ve světě a v ČR.
3. Nejpoužívanější dekontaminační a sanační technologie.
4. Průběh dekontaminačních a sanačních opatření po ekologické havárii.



Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

[1] 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 978-80-7454-279-4.

[2] BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG. Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií I. 2. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, 191 s. ISBN 978-80-7385-005-0.

[3] KVARČÁK, Miloš, Jitka VAVREČKOVÁ a Zdeněk ŽEMLIČKA. Likvidace ropných havárií. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2000, 106 s. ISBN 80-86111-61-x.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.

Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání bakalářské práce: 3. února 2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. května 2017

V Uherském Hradišti dne 10. února 2017

doc. RNDr. Jiří Dostál, CSc.
děkan



prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou 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. 3²⁾;
- podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou 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 bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se bakalářská práce skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

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

V Uherském Hradišti 12. 5. 2017

.....
podpis studenta

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací.

⁽¹⁾ Vysoká škola nevydělčně zveřejňuje bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy. Vysoká škola disertační práce nezveřejňuje, byla-li již zveřejněna jiným způsobem.

(2) Bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.
 (3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

(4) Vysoká škola může odložit zveřejnění bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce nebo jejich části, a to po dobu trvání překážky pro zveřejnění, nejdéle však na dobu 3 let. Informace o odložení zveřejnění musí být spolu s odůvodněním zveřejněna na stejném místě, kde jsou zveřejňovány bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, jíž se týká odklad zveřejnění podle věty první, jeden výstisk práce k uchování v ministerstvu.

2) 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užitje-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

3) 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užití či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložil, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

podle § 60 – odst. 2 a 3 autorského zákona mohou užit své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode dne poskytnutí písemného souhlasu na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejího skutečné výše).

• pokud bylo k vytvoření bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčním využitím), nete výsledky bakalářské práce využijí ke komerčním účelům.

• pokud je výtiskem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se bakalářská práce skládá. Nedejzádní tato součást může být důvodem k neobhajení práce.

Přihlašuji:

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a používal literaturu jsem citoval.
- V případě duplikace výsledků budu uveden jako spolupracovník.
- že odevzdání práce bakalářské práce a textu elektronická nahradí do IS/STAG jsou totožné.

V Ústředním úřadě Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně

podpis studenta

(1) Pokud žák nebo student školy nebo školského či vzdělávacího zařízení zveřejní své dílo, může být jeho právo autorské nebo právo související s tímto právem omezeno. V tomto případě může být omezení práva autorského nebo práva souvisejícího s tímto právem provedeno, pokud je to nezbytné pro účely výuky nebo pro vlastní vnitřní potřebu školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá problémem sanace a dekontaminace životního prostředí po průmyslových haváriích. Úvodní část je věnovaná legislativě, jež se vztahuje k dané problematice. Dále jsou zde uvedeny případy nejvýznamnějších havárií, které výrazně ovlivnili životní prostředí i člověka. V závěru teoretické části jsou detailně popsány nejdůležitější sanační a dekontaminační metody, jež se používají u nás i ve světě. Praktická část nás seznamuje s ropnými látkami, s postupy při likvidaci těchto látek a s jednotlivými složkami integrovaného záchranného systému. Další část je zaměřena na metody čištění vody a na využití norných stěn a sorbentů.

Klíčová slova: Dekontaminace, ropné látky, životní prostředí, dekontaminační metody, procesy, havárie, sanace, směsi.

ABSTRACT

My thesis is focused on the problem of remediation and decontamination of the environment after industrial accidents. The foreword deals with the legislation, related to mentioned problem. Next, examples of the most serious accidents are given. All of them affected the environment and human lives. The conclusion describes the most important methods of remediation and decontamination used in our country and abroad. The practical part introduces oil products and the procedures of their elimination and it also introduces the bodies of integrated salvage system. The last part is focused on the methods of water purification, the use of submersible divers.

Keywords: Decontamination, oil products, environment, decontamination methods, remediation, process, compounds.

Tímto bych chtěl velmi poděkovat svému vedoucímu práce panu prof. Ing. Dušanu Vičarovi, CSc., za jeho odborné rady, připomínky a hlavně za trpělivost, kterou se mnou měl při zpracovávání mé bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval veliteli požární stanice Veselí nad Moravou panu Bc. Stanislavovi Stonawskému, který si na mě udělal čas a probral se mnou problémy dané problematiky.

V poslední řadě nesmím zapomenout na svou rodinu a přátele, kteří mě podporovali ve studiu.

OBSAH

ÚVOD	10
1 ZÁKLADNÍ POJMY	12
2 PRÁVNÍ NORMY	14
3 PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE	15
3.1 NEJVĚTŠÍ PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE VE SVĚTĚ	15
3.1.1 ČERNOBYL (UKRAJINA)	15
3.1.2 BHÓPÁL (INDIE)	16
3.1.3 SEVESO (ITÁLIE).....	17
3.1.4 SAN CARLOS (ŠPANĚLSKO)	17
3.1.5 ENSCHEDE (NIZOZEMSKO)	18
3.1.6 TOULOUSE (FRANCIE)	18
3.1.7 DEEPWATER HORIZON (MEXICKÝ ZÁLIV)	18
3.2 NEJVĚTŠÍ PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE V ČR	19
3.2.1 SPOLANA A.S., NERATOVICE 2002.....	19
3.2.2 VÍTKOV 2009	20
3.2.3 SYNTHESIA – VÝBUCH ZÁSOBNÍKU 21. 8. 2012	20
3.2.4 OSTRAVA – VÝBUCH HAVARIJNÍHO ZÁSOBNÍKU 2002	21
4 PŘÍČINY PRŮMYSLOVÝCH HAVÁRIÍ	22
4.1 PORUCHY NA ZAŘÍZENÍ	22
4.2 ODCHYLKY OD NORMÁLNÍCH PROVOZNÍCH PODMÍNEK	22
4.3 CHYBY ČLOVĚKA A ORGANIZAČNÍ CHYBY	23
5 DEKONTAMINACE	24
5.1 OKAMŽITÁ OPATŘENÍ PO HAVÁRII	24
5.2 NÁSLEDNÁ OPATŘENÍ	24
5.3 TECHNOLOGIE POUŽÍVANÉ V ČR	24
5.3.1 VENTING	25
5.3.2 SANAČNÍ ČERPÁNÍ	29
5.3.3 BIOREMENDIACE	30
5.4 DÍLČÍ ZÁVĚR	37
6 CÍL A METODY PRÁCE	38
7 LIKVIDACE MOTOROVÉ NAFTY Z VODNÍ HLADINY PO VYTEČENÍ Z HAVAROVANÉ CISTERNY	40
7.1 CHARAKTERISTIKA MOTOROVÝCH PALIV	40
7.1.1 MOTOROVÁ NAFTA	40
7.1.2 BENZÍN.....	40
7.2 POČET MOTOROVÝCH VOZIDEL V ČR	41
7.2.1 VÝVOJ OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ	42
7.2.2 POČET NOVÝCH NÁKLADNÍCH AUTOMOBILŮ	43
7.2.3 POČET MOTOREK	43

7.3	STATISTIKA OJETÝCH AUT A MOTOCYKLŮ	44
7.3.1	POČET OJETÝCH MOTOREK	45
8	PŘÍPADOVÁ STUDIE	46
8.1	LOKALIZACE MÍSTA DOPRAVNÍ NEHODY A VYROZUMĚNÍ ZÁCHRANNÝCH SLOŽEK	47
8.2	JEDNOTKY IZS	47
8.3	VYROZUMĚNÍ O NEHODĚ	47
8.4	POSTUP PŘI LIKVIDACI ROPNÝCH LÁTEK	48
8.4.1	NÁVRH LIKVIDACE HAVÁRIE	48
8.4.2	OCHRANA POVRCHOVÝCH VOD	48
8.4.3	SANACE ZEMINY A PODZEMNÍCH VOD	50
8.5	METODY ČIŠTĚNÍ VODY	51
8.5.1	GRAVITAČNÍ METODA	51
8.5.2	ADSORPCE.....	51
8.5.3	DEEMULGAČNÍ, FLOTAČNÍ A FLOKULAČNÍ ČISTÍRNY	51
8.5.4	STRIPOVÁNÍ.....	51
8.6	NORNÉ STĚNY	51
8.7	SORBENTY	52
8.7.1	HYDROFOBNI SORBENTY	53
8.7.2	HYDROFILNÍ SORBENT	53
8.7.3	DRUHY SORBENTŮ.....	53
8.8	LIKVIDACE HAVÁRIE	55
8.8.1	ŘEŠENÍ ÚNIKŮ POHONNÝCH HMOT PŘI DOPRAVNÍCH NEHODÁCH.....	55
8.9	NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ	56
	ZÁVĚR	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	62
	SEZNAM OBRÁZKŮ	63
	SEZNAM TABULEK	64

ÚVOD

Předložená bakalářská práce se zabývá hrozbami v oblasti průmyslových havárií. Mezi nejzávažnější nehody se řadí chemické havárie, a to z důvodu jejich vysoké pravděpodobnosti. Chemické látky i v nízké koncentraci mohou napáchat výrazné škody na zdraví osob i životním prostředí. Oproti tomu havárie spojené s radiací, jsou sice vážnější, ale méně časté. Na základě historických faktů jsou pro člověka nejnebezpečnější havárie spojené s chemickým průmyslem. Proto by lidstvo mělo usilovat o eliminaci těchto nehod. Chemické látky nemusí zabít člověka okamžitě, ale mohou způsobit řadu zdravotních komplikací, které mohou ovlivnit jejich další potomstvo.

Tato práce je zaměřena na havárie spojené s únikem ropné látky do životního prostředí, ke kterým dochází poměrně často. K těmto únikům dochází především při dopravních nehodách, kdy je narušena palivová nádrž a palivo uniká. Takové nehody jsou sice menší v porovnání např. s havárií, která se stala na plošině Deepwater Horizon, přesto nejsou zanedbatelné.

V úvodu teoretické části je objasněna základní terminologie a právní normy týkající se dané tematiky. Dále jsou uvedeny největší průmyslové havárie, které se staly ve světě a v České republice. Jsou popsány příčiny jejich vzniku a následky, které za sebou zanechaly na člověku a životním prostředím. Následující kapitola uvádí možné příčiny vzniku havárií. Poslední část rozebírá dekontaminaci, okamžitá opatření po nehodě a dekontaminační technologie.

Praktická část je zaměřena na likvidaci ropných látek při dopravní nehodě. V úvodu jsou charakterizovány benzin a nafta, a v grafech zachycen nárůst počtu motorových dopravních vozidel registrovaných v České republice. Dále je popsán postup při likvidaci ropné látky a metody pro čištění vody znečištěné ropnou látkou. V poslední kapitole je popsán postup při umísťování norných stěn, jejich princip a rozebrány sorbenty, které se využívají pro likvidaci.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ POJMY

Dekontaminace je soubor metod, postupů, organizačního zabezpečení a prostředků sloužících ke snížení škodlivého účinku kontaminantu na bezpečnou úroveň, která neohrožuje životy a zdraví osob, zvířat a životního prostředí. Podle druhu kontaminace lze dekontaminaci rozdělit na odmořování (detoxikaci), dezinfekci a dezaktivaci. Podle časové náročnosti ji rozdělujeme na okamžitou, částečnou a úplnou. Dřívější název dekontaminace byl speciální očista. Hlavními cíli dekontaminace je snížení zdravotních problémů po kontaminaci, zkrátit dobu nezbytného používání individuálních pomůcek ochrany a vytvoření podmínek pro obnovu života v zasažených prostorech. [1]

Odmořování (detoxikace) je způsob ničení chemického kontaminantu z různých objektů a terénu s cílem snížení jejich škodlivosti na co nejmenší stupeň. Odmořování se provádí částečné nebo úplné.

Částečné odmoření je odmoření jednotlivých částí zasažených škodlivinou a provádí se, proto aby byla dosažena bezpečnost při kontaktu na kůži.

Úplné odmoření chápeme jako odmoření celého objektu či zařízení kvůli bezpečnosti z hlediska kontaktního i inhalačního působení na člověka.

Dezaktivace je metoda odstraňování radioaktivních látek pod maximálně přípustné meze aktivity. Neexistuje totiž žádný způsob jak bychom je mohli zničit. Každý radionuklid má svůj vlastní specifický poločas rozpadu.

Částečná dezaktivace je snížení radioaktivního zamoření a provádí se po odchodu ze zamořeného prostoru nebo po dlouhodobém pobytu v něm.

Úplná dezaktivace nastupuje na scénu v případě, kdy částečná dezaktivace nedosáhla účinnosti, kterou jsme požadovali. Účelem je snížit radioaktivitu pro určený materiál na přípustnou normu. Proveďte se předem speciálními technickými prostředky na stanoveném místě, mimo areál zamoření.

Dezinfekce je metoda zničení či zneškodnění patogenních mikroorganismů na neživých předmětech, ve vnějším prostředí (ve vodě, ve vzduchu, v půdě) a v infekčním materiálu. Hlavním cílem je zničení všech choroboplodných zárodků a zamezení jejich dalšímu šíření. Dezinfekce se provádí metodami fyzikálními, chemickými, mechanickými nebo případně jejich kombinací. Volba správné metody závisí na dezinfikovaném povrchu, druhu mikroorganismu a dalších okolnostech.

Sterilizace je proces zničení všech mikroorganismů včetně nepatogenních na určitém předmětu nebo v prostředí.

Antisepse je ošetření kontaminovaných ran (pokožky) látkami, které brání množení mikroorganismů v ráně.

Ohnisková desinfekce se provede v případě, kdy známe místo nákazy. Desinfekci provádějí speciální složky ve spolupráci se zdravotnickou službou. Při ohniskové desinfekci vycházejí záchranné složky ze znalostí epidemického procesu a jeho přenosu, účinnosti různých desinfekčních prostředků, vedlejších (nepříznivých) účinků dezinfekčního způsobu na dezinfikovaný povrch.

Ochranná (profylaktická) desinfekce aplikujeme ji tehdy, kdy se ještě onemocnění nevyskytuje (tam kde budou umístění lidé, aby ne onemocněli např. společné ubytovny, úkryty) nebo kdy neznáme místo nákazy. Provádí se z důvodu ochrany, abychom zvýšili šanci odolat infekci.

Sanace je technologický proces spočívající v odstranění ekologické zátěže v zasaženém místě. Látky, které chceme sanací odstranit, se mohou vyskytovat ve vodě, v půdě nebo v horninovém prostředí. Díky této metodě dochází jednak k odstranění rizika dalšího nekontrolovatelného šíření znečišťující látky (polutantu) v prostředí (zabezpečení zdrojů pitné vody), a také k odpovídajícímu obnovení funkčnosti postižených ekosystémů. Sanace se nasazuje buď to ihned po dekontaminačních pracích nebo zcela samostatně. [2]

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. [3]

Havárii můžeme definovat jako mimořádnou, částečně nebo zcela neovladatelnou, časově a prostorově ohraničenou událost, která vznikla nebo hrozí v souvislosti s užíváním objektu nebo zařízení a která vede k poškození či ohrožení zdraví a životů lidí, zvířat, životního prostředí nebo majetku. [4]

Mimořádná událost je škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka nebo přírodními vlivy. Dále se jedná o havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací. [3]

2 PRÁVNÍ NORMY

Základním zákonem 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, (zákon o prevenci závažných havárií). Tento zákon začíná platit od 1. 10. 2015 a nahrazuje tak zákon č. 59/2006 Sb. [5]

„Před vznikem radiační havárie je významným zdrojem práva zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využití jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon). Z prováděcích předpisů k tomuto zákonu pak především nařízení vlády č. 11/1999 Sb., o zóně havarijního plánování, vyhláška č. 195/1999 Sb., o požadavcích na jaderná zařízení k zajištění jaderné bezpečnosti, radiační ochrany a havarijní připravenosti a vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně.“ [3]

Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon) stanovuje působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávních celků a práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na krizové situace a při jejich řešení. Tento zákon také umožňuje vyhlášení stavu nebezpečí jako bezodkladného opatření v případě, kdy jsou ohroženy životy, zdraví a majetek osob nebo životního prostředí určitou živelnou pohromou či průmyslovou havárií. A pokud není možné odvrátit ohrožení pomocí běžné činnosti složek integrovaného záchranného systému (dále jen IZS). [3, 6]

Zákon 238/2000 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky, jehož základním posláním je chránit životy a zdraví obyvatel a majetek před požáry a poskytovat účinnou pomoc při mimořádných událostech. Hasičský záchranný sbor při plnění svých úkolů spolupracuje jak se správními orgány, tak také s orgány samosprávy, s právnickými a fyzickými osobami a dále s mezinárodními organizacemi a zahraničními subjekty. Předmětem spolupráce je stanovení práv a povinností při vzájemném poskytování pomoci a informací při mimořádných událostí. [7]

Zákon 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému, určuje složky IZS a jejich působnost. Dále upravuje pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávních celků, práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na mimořádné události a při záchranných a likvidačních pracích a při ochraně obyvatelstva před dobou krizového stavu a po ní (nebezpečí, nouzového, ohrožení státu a válečného stavu).[8]

3 PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE

3.1 Největší průmyslové havárie ve světě

V minulosti se stala řada významných havárií, které měli vliv nejen na člověka, ale také na životní prostředí. Mezi největší nehody patří výbuch jaderné elektrárny Černobyl, havárie v indickém Bhópálu nebo únik dioxinu ve městě Seveso.

3.1.1 Černobyl (Ukrajina)

Dne 26. dubna 1986 došlo v bývalém SSSR k radiální havárii jaderné elektrárny Černobyl. Nehodě předcházelo plánované odstavení 4. bloku, který začal dne 25. dubna. Tento experiment měl ověřit, zda bude elektrický generátor po rychlém uzavření přívodu páry do turbíny schopen při svém setrvačném doběhu ještě nějaký čas (zhruba 40 sekund) napájet čerpadla havarijního chlazení. Kvůli snížení výkonu reaktoru na 200 MW a následnému spuštění testu, došlo na 4. bloku k sérii výbuchů (nejednalo se o nukleární výbuchy). První výbuch vznikl kvůli přetlaku v reaktoru, ve kterém stoupla teplota kvůli nekontrolované štěpné reakci. Druhý výbuch byl způsoben iniciací vodíku vzniklého následkem reakce rozžhaveného grafitu se vzduchem, který vnikl po odvržení víka do reaktoru. Ihned po havárii zahynulo 31 lidí. 203 lidí bylo postiženo akutní nemocí z ozáření. Ze vzdálenosti 30 km muselo být evakuováno 116 000 obyvatel. Skutečný rozsah havárie byl zveřejněn až po několika dnech. Tato havárie přinesla v místě výbuchu trojnásobné zvýšení úmrtnosti. Přes 40 000 dětí mělo problémy se štítnou žlázou, dvanáctkrát stoupla onemocnění anémií, a také velmi stoupl výskyt leukémie. Na Ukrajině bylo postiženo 1,5 milionu lidí včetně 250 000 dětí. [9,10]



Obrázek 1 Letecký pohled na vybuchlý reaktor

3.1.2 Bhópál (Indie)

Jedná se o jednu z nejhorších průmyslových havárií, která se kdy stala. V noci z 2. na 3. prosince roku 1984 v indickém Bhópálu z chemické továrny patřící americké firmě Union Carbide (dnes součást koncernu DOW Chemicals) uniklo přes 40 tun metylisokyanátu, kyanovodíku a dalších smrtelně nebezpečných plynů. [11]

Továrna UCIL (Union Carbide India Ltd) vyráběla především pesticidy, nejvíce pak Sevin (dnes již zakázaný). Při obvyklé operaci vniklo velké množství vody do tanku, ve kterém se skladoval metylisokyanid. To vyvolalo bouřlivou reakci, která měla za následek velké zvýšení tlaku a teploty. Vše to vedlo až k prasknutí ventilu a opouzdření zásobníku. Vítr následně roznášel jedy do okolí. [12]

Mnoho lidí zemřelo ve svých postelích, protože nefungovalo poplašné zařízení. Další lidé, umírali slepí na ulicích nebo v centrech první pomoci. První příznaky intoxikace se projevily zvracením a pocity pálení v očích, v nosu a krku. Takto infikovaní lidé často umírali na respirační selhání. Osoby, které přežily katastrofu, trápily bolesti hlavy, poruchy rovnováhy, deprese, únava a podrážděnost, ale také poškození pohybového aparátu, rozmnožovacího a imunitního systému. Tato havárie si vyžádala na 8000 obětí jenom v prvním týdnu a dalších asi 15 000 lidí zemřelo v následujících letech. Přes 100 000 lidí trpí následky otravy dodnes a další nemoci přibývají, protože místo dřívější továrny není

vyčištěno, takže z něj i nadále unikají jedy do půdy a podzemní vody.

[11,13]

3.1.3 Seveso (Itálie)

Nedaleko od Milána ve městě Seveso se dne 10. Července 1976 stala jedna z nejzávažnějších chemických havárií. Do ovzduší se dostala jedna z nejjedovatějších látek a to 2,3,7,8-tetrachlordibenzoparadioxin (dále jen dioxin). Za havárii může chyba v chemickém reaktoru, ve kterém proběhla nekontrolovatelná exotermická reakce. Tlak spolu s teplotou v reaktoru postupně narůstal, až na hodnotu, při které vznikl dioxin. Pojistný ventil tento tlak nevydržel a uvolnil se. Kvůli tomu se obsah reaktoru vypustil do odvodušňovacího potrubí a jím ven. Švýcarská firma Hoffmann-La Roche, která vlastnila továrnu Icmesso, dlouhou dobu před úřady tajila, že uniklé plyny obsahovaly dioxin. Po několika dnech, se však objevily příznaky postižení kůže (chlórakné) a trávicího traktu, a to hlavně u dětí. V okolí současně umírali ptáci, domácí zvířata a v okolí továrny půda zčernala a uschla. Až dva týdny po havárii, byli obyvatelé informováni, že z továrny unikl dioxin. Okamžitě se začalo s evakuací z nejvíce postiženého území a s lékařským vyšetřením u obyvatel. Také se začalo s mapováním zasaženého území, s jeho rozdělením do jednotlivých zón a s potřebnými opatřeními. U lidí, postižených touto havárií se objevovala řada nemocí a to hlavně chórakné, jaterní a ledvinové onemocnění, rakovina a další. Matky postupovaly potraty z důvodu postiženého plodu. Tato havárie se často označuje jako „chemická Hirošima“, kvůli jejímu důsledku a závažnosti. V důsledku této havárie vznikla právní norma, která vede ke zvýšení bezpečnosti v chemických zařízeních (Seveso I, II a III).

[14,15]

3.1.4 San Carlos (Španělsko)

Dne 11. Července 1978 se v městečku San Carlos de la Rapita, nacházející se v turistické oblasti Los-Alfakes stala havárie automobilové cisterny převážející 23,5 tuny zkapalněného propenu. Příčinou havárie bylo přeplnění cisterny přes bezpečnou normu, a tím zamezení možnosti expanze zahřátého objemu zkapalněného propenu. Cisterna měla celkový obsah 45 m³, čemuž odpovídá při teplotě 4⁰C 24 930 kg zkapalněného plynu. Podle španělských norem bylo dovolené plnit cisternu do 80 % celkového obsahu (19 350 kg). Podle údajů společnosti ENPETROL S.A se cisterna naplnila na 96 % celkového objemu (23 470 kg). Tato nehoda způsobila smrt 215 lidí a

dalších 67 bylo popáleno. Kromě ztrát na životě měla tato katastrofa za následek zničení plochy o rozloze 5000 m². [14]

3.1.5 Enschede (Nizozemsko)

Společnost Fireworks ve městě Enschede v Holandsku podnikala s pyrotechnikou. Dne 13. května 2000 v ní došlo k řadě výbuchů. Při nehodě zemřelo 22 osob a dalších 1000 bylo zraněno. V okolí podniku se nacházela obytná čtvrť a pivovar Grolsch, které byly danou havárií také poškozeny. Vyšetřovací komise, kterou jmenovala holandská vláda, navrhla zařazovat firmy typu Fireworks do nové direktivy SEVESO II, aby přispívala ke snižování následků po takto závažných typech havárií. [14]

3.1.6 Toulouse (Francie)

Dne 21. září 2001 dopoledne, došlo ve výrobním závodě AZF společnosti Grande Paroisse Copany, TotalFinaElf Group, ve městě Toulouse k největší průmyslové katastrofě ve Francii. Došlo totiž k explozi dusičnanu amonného, který se v závodě skladoval. Při nehodě zemřelo 30 lidí, více než 2200 jich bylo zraněno. Škoda na majetku byla vyčíslena na 1,5 miliardy euro. Výbuch začal ve skladišti, které se nacházelo mezi výrobní částí, skladem a plochami pro balení dusičnanu amonného (dále jen AN podle „amoniu nitrate“). Podle původních domněnek se ve skladišti mělo nacházet 300-400 tun této látky. Pozdější vyšetřování dospělo k hodnotám 390-450 tun AN. Ihned po havárii se k místu nehody začali sjíždět hasiči. V průběhu dvaceti hodin tam zasahovalo již 900 hasičů s 300 automobily. Jelikož pevné linky byly částečně zničeny a mobilní sítě přetíženy, hasiči přijížděli bez jakéhokoliv plánu či domluvy. V dalších dnech se počet lidí pracujících na záchranných pracích zvýšil na 1570 hasičů a vojáků a 950 policistů. Problémem byl také nepřipravený vnitřní a vnější havarijní plán. Zasahující hasiči nebyli zpočátku chráněni proti toxickým účinkům AN a neměli ani vybavení na jeho detekci. Další problém spočíval v tom, že nefungovaly sirény a rádia, proto nebyli varováni obyvatelé města. Tato katastrofa byla hodnocena 6. stupněm závažnosti podle stupnice EU. [16]

3.1.7 Deepwater Horizon (Mexický záliv)

Deepwater Horizon byla plovoucí ropná plošina, kterou využívala britská společnost British Petroleum. Dne 20. dubna 2010 došlo na této plošině k výbuchu, jenž měl za následek 11 mrtvých dělníků a rozsáhlé ekologické škody. [17]

Výbuch byl tak silný, že narušil statiku plošiny, která se po dvou dnech potopila do oceánu. Pro případ havárie má být každá plošina vybavena dálkově ovládaným ventilem. Na plošině Deepwater Horizon však bezpečnostní mechanismus selhal. [18]

Krátkodobým opatřením pro zastavení úniku ropy bylo spuštění obřího kontejneru na ústí poškozeného vrtu. Z tohoto kontejneru se poté přečerpávala ropa do tankerů na hladině. Konečné ucpaní vrtu (Macondo) spočívalo v napumpování speciální těsnicí směsi přímo do poškozeného vrtu. Na žádost americké vlády byl vrt pro větší bezpečnost ucpan i zdola pomocnými šachtami. [18]

Než se podařilo vrt utěsnit, tak do moře uniklo zhruba 800 milionů litrů suroviny. Tato havárie měla za následek smrt skoro 6000 mořských želv, 26 000 delfínů a velryb, 82 000 ptáků a značné množství ryb a dalších živočichů. Rybáři kvůli tomu přicházeli o práci. Jako kompenzaci jim společnost British Petroleum slíbila 20 miliard dolarů, zatím dostali jen 4 miliardy. [17, 18]



Obrázek 2 Hořící plošina Deepwater Horizon

3.2 Největší průmyslové havárie v ČR

3.2.1 Spolana a.s., Neratovice 2002

Spolana Neratovice je chemickou továrnou v České republice, která se zabývá výrobou hydroxidu sodného, chloru a produktů z něj, přestože měla řadu havárií firma funguje dál. [19]

Srpnové povodně roku 2002 vyplavily továrnu, což způsobilo únik nebezpečných látek do Labe a do ovzduší. 15. srpna se během poledne zvedl žlutý oblak toxického chlóru a Spolana vyhlásila chemický poplach třetího stupně (nejvyšší stupeň). Další úniky chlóru hlásí Spolana 17. a 23. srpna. Záchranáři pracovali do konce na odsávání chlóru a uklízeli poškozený areál firmy. Chemický poplach byl odvolán 2. září. Firma tuto havárii vyčísila na více než miliardu korun. Po této havárii Spolana investovala peníze do kvalitnějšího zabezpečení a do rekonstrukce skladů. [19, 20]

Greenpeace v listopadu 2002 udělala chemické rozbory, které potvrdily vysoké koncentrace dioxinů a polychlorovaných bifenyly (PCB) v půdě a potravinách (vejce, kachní maso) v blízkosti Spolany. U skupiny obyvatel Neratovic a dvou okolních vesnic proběhl výzkum dioxinů v krvi, který prokázal skoro dvojnásobnou hladinu látky v krvi. [21]

3.2.2 Vítkov 2009

K dalšímu úniku chlóru došlo ve Vítkově na Opavsku při sanační práci z předchozích dvou úniků. Unikající mrak chlóru byl výsledkem chemické reakce chloristanu draselného s jinou látkou při přečerpávání. Za únik může jeden ze zaměstnanců, který napojil cisternu se síranem železitým k přečerpávání do nádrže na chloristan sodný. Havárie si vyžádala hospitalizaci dvou osob a 250 osob z okolí muselo být evakuováno. [22]

3.2.3 Synthesia – výbuch zásobníku 21. 8. 2012

V areálu firmy Synthesia vybuchl hodinu po poledni zásobník, do kterého se ukládá kyselina. Do ovzduší se poté dostaly nitrózní plyny, které mohou poškodit zdraví člověka. Zasahující hasiči ihned ochlazovali zbylé zásobníky, aby nedošlo k dalším výbuchům. Příčinou havárie byly pravděpodobně vysoké okolní teploty, které vedly k přehřátí nádoby a její následné explozi. Obyvatelé Pardubic byli o nebezpečí informováni HZS kraje a poté také městským rozhlasem. Nehoda si nevyžádala žádné oběti na životech. Mezi zraněnými byl jeden zaměstnanec firmy, který utrpěl šok, patnáctiletý chlapec, kterému pomohl telefonicky dispečer, a posádka záchrany, která si v areálu stěžovala na bolest v krku. Vedení společnosti přijalo okamžitě opatření a přerušilo část výroby. [23,24]

3.2.4 Ostrava – výbuch havarijního zásobníku 2002

V areálu podniku BorsodChem-MCHZ s.r.o. došlo dne 26. prosince 2002 k havárii v jedné výrobně nitrobenzenu, a to výbuchem havarijního zásobníku. Výbuch způsobil poškození výrobního zařízení. Havarijní zásobník o objemu 25,65 m³ sloužil k odvodu směsi z drenáží při odstavení výroby a k zachycování nitrační směsi. V době výbuchu se uvnitř zásobníku nacházelo 15-20 m³ kyseliny sírové a nitrobenzenu. Odborná komise, která vedla vyšetřování této havárie, konstatovala, že postupy firmy byly v souladu s vnitřním havarijním plánem podniku. Operační středisko firmy ihned po výbuchu, přivolalo na místo hasičskou jednotku podniku a současně vyrozuměli o nehodě složky IZS. Základní kroky havarijní komise BorsodChem – MCHZ byly směřovány do:

- zabezpečení území proti únikům látek do vod (podzemních i povrchových),
- zahájení sanace ploch a zařízení mimo záchytné prostory,
- zahájení základních oprav,
- obnova provozu na adiabatické lince výroby nitrobenzenu.

Téměř veškerý kapalný obsah ze zásobníku byl zachycen v ochranné vaně, pouze cca 1 m³ se dostal na sních, kde zmrzl. Výbuchem bylo poškozeno strojní zařízení, doprovodné potrubí, elektrorozvody a zařízení měření a regulace. Výbuchem také došlo k odmrštění částí zařízení a vlivem tlakové vlny k rozbití oken a poškození oplechovaných fasád. Podle závěrů komise nehodu zavinilo zamrzlé drenážní potrubí sloužící k odvodu zkondenzované páry z paroproudé vývěvy. To způsobilo přehřívání zásobníku, které vedlo až k rozkladu nitrobenzenu. Nehoda si nevyžádala žádné oběti, ani zraněné osoby. Celková škoda na majetku se pohybovala kolem 177 milionů korun.

[14]

4 PŘÍČINY PRŮMYSLOVÝCH HAVÁRIÍ

Mezi základní důvody vzniku havárie v průmyslovém objektu či zařízení patří poruchy zařízení, odchylka od normálních provozních podmínek a chyba člověka (organizační chyba). Každá z těchto chyb může mít katastrofální následky, a proto je důležité mít to na paměti a chybám předcházet.

4.1 Poruchy na zařízení

Každé zařízení, ve kterém jsou jakékoliv nebezpečné látky, musí být vyrobeno tak, aby nedošlo k úniku této látky. Tudíž musí splňovat řadu kritérií. Příčinami poruch jsou:

- *špatné zajištění proti vnitřnímu přetlaku, vnějším vlivům, korozivním látkám a teplotě,*
- *mechanické porušení nádob a potrubí v důsledku koroze nebo vnějšího rázu,*
- *poruchy pomocných zařízení (čerpadel, kompresorů, dmýchadel),*
- *poruchy řídicích systému (tlakových a teplotních čidel, sledování hladiny, průtokoměrů, procesních počítačů),*
- *poruchy bezpečnostních systémů (bezpečnostních ventilů, pojistných ventilů a membrán, inertizačních systémů),*
- *poruchy svárů a přírub.*

[14]

Pokud již známe rizika nebezpečí na zařízení ve stádiu projektování, tak bychom se měli rozhodnout, které poruchy považujeme za nejnebezpečnější, a těm se budeme dále věnovat.

4.2 Odchylky od normálních provozních podmínek

Na rozdíl od první skupiny příčin havárie, kdy bylo možné se havárii vyhnout vhodnou volbou nebo údržbou zařízení, tahle skupina vyžaduje větší zkoumání a prozkoušení pracovních postupů. V zařízení se mohou vyskytnout následující problémy:

- *poruchy v monitorování rozhodujících - procesních parametrů (tlak, teplota, průtok, množství),*
- *poruchy v manuální dodávce chemických látek,*
- *poruchy pomocných zařízení:*
 - *nedostatečné chlazení při exotermických reakcích,*

- *nedostatečný přívod páry nebo teplotnosné látky,*
 - *přerušeni přívodu elektrické energie,*
 - *přerušeni přívodu dusíku,*
 - *přerušeni dodávky stlačeného vzduchu,*
 - *poruchy při najíždění a odstavování procesů, které mohou vést ke vzniku požáru či výbuchu v zařízení,*
 - *tvorba vedlejších produktů (zbytky, nečistoty), které mohou zapříčinit vedlejší reakce (polymerizaci).*
- [14]

Proto, aby nedošlo k havárii spojené s touto skupinou příčin, je důležité provádět řadu cvičení celého systému. Z výsledků pak můžeme zjistit chování, následky a celkový průběh havárii.

4.3 Chyby člověka a organizační chyby

V této skupině nelze přesně definovat příčiny, které zavini člověk svou hloupostí či neopatrností, protože každý člověk je jiný. Ale i přesto zde vyjmenuji ty nejběžnější:

- *chyby operátora (jiné tlačítko, jiný ventil),*
 - *vypnutý bezpečnostní systém,*
 - *záměna nebezpečných látek,*
 - *komunikační chyby,*
 - *špatná oprava nebo údržba,*
 - *neodborné svařování.*
- [14]

Tyto chyby se mohou projevit z třech různých důvodů. Prvním důvodem bývá to, že personál si není vědom nebezpečí. Může to být spojeno s tím, že dělá stejnou práci již po několikáté a domnívá se, že už ho nemůže nic překvapit. Druhým důvodem je nedostatečné proškolení personálu pro daný druh práce. Zaměstnavatel zanedbá vyškolení z důvodu finanční náročnosti, aniž by si uvědomoval to, že v případě havárií zaplatí víc. Posledním důvodem je přílišné očekávání od personálu.

V této skupině lze celkem levně a efektivně zabránit vzniku neplánované události. Stačí jenom dbát na správný výběr personálu a jeho pravidelný výcvik. Nepřetěžování personálu v tom smyslu, aby jedinec dělal přesčasy či práci, na kterou nebyl vyškolen.

[14]

5 DEKONTAMINACE

Dekontaminace neboli dříve používaný pojem speciální očista je soubor metod, prostředků a postupů k účinnému odstranění kontaminantů z příslušného povrchu nebo prostředí, případně snížení jejich škodlivých účinků na určitou bezpečnou úroveň. Jejím cílem je snížit zdravotnické a nenávratné ztráty, zkrácení doby pro používání prostředků individuální ochrany, vytvářet podmínky pro obnovu normálního života v kontaminovaných oblastech a pro zabezpečení záchranných a neodkladných prací.

5.1 Okamžitá opatření po havárii

Havárie je nutné okamžitě ohlásit. Poté musíme zabezpečit, aby již nedocházelo k úniku nebezpečných látek do životního prostředí. A to tak, že zjistíme zdroj kontaminace a pokusíme se ho zastavit. V případě, že znečištění probíhá (únik ropné látky ze zásobníku nebo dopravní cisterny), stáčí toto místo utěsnit nebo přečerpat kapalinu do náhradních nádob. Pro případy, kdy nevidíme znečištění unikát, se používají zvláštní druhy určení. Činnosti vedoucí k minimalizaci následků:

- odhad rizika situace na zasažené životní prostředí,
- zajištění ochrany povrchových a podzemních vod,
- monitoring znečištění povrchových a podzemních vod,
- zahájení sanace podzemní vody a zemin.

[25]

5.2 Následná opatření

Tento druh práce je spojený s likvidací všech nepotřebných látek a materiálů. Práci vykonávají pouze firmy, které mají zvláštní oprávnění a pouze v zařízeních a objektech k tomu určených. Před ukončením zásahu a opuštěním místa havárie musí být prostor uveden do původního stavu. To znamená, že po vytěžení kontaminované půdy se místo zasype jinou nekontaminovanou půdou. Stejně tak, pokud došlo k úhynu ryb, je nutné uhynulé ryby sesbírat a odvézt na likvidaci.

[25]

5.3 Technologie používané v ČR

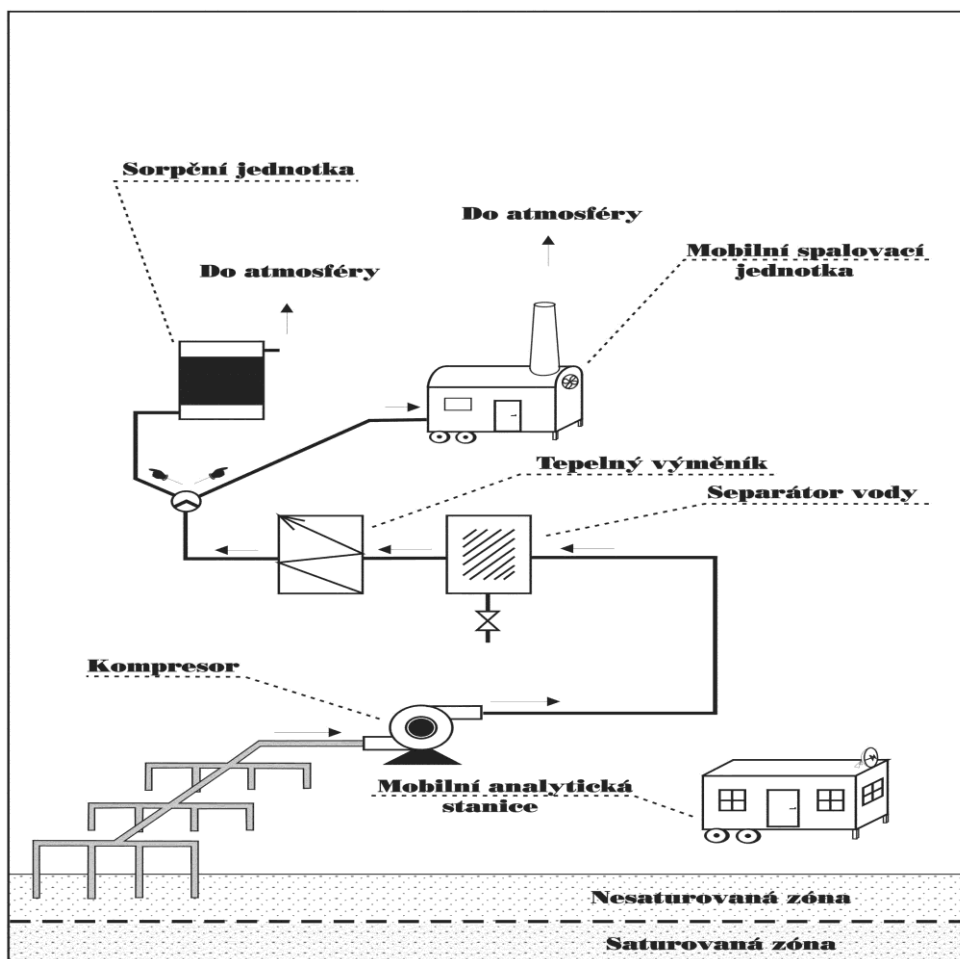
V této kapitole popíši nejpoužívanější metody dekontaminace, které jsou nejpoužívanější nejen u nás, ale také v zahraničí. Zmíním především venting, sanační čerpání, bioremediaci a promývání (praní) zemin.

5.3.1 Venting

Podstatou metody Venting je odsávání (odčerpávání, odvětrávání) vzduchu z kontaminované půdy či horninového materiálu. Použití této metody závisí na dvou proměnných. První je charakteristika zeminy a druhá charakteristika kontaminantu. Do charakteristiky zeminy patří propustnost vzduchu, porozita, textura, obsah vody a homogenita. Důležité vlastnosti kontaminantu jsou tlak nasycených par, rozpustnost ve vodě, sorpční a rozdělovací konstanty. Venting může být proveden způsobem in-situ nebo ex-situ. [26]

5.3.1.1 Venting in-situ

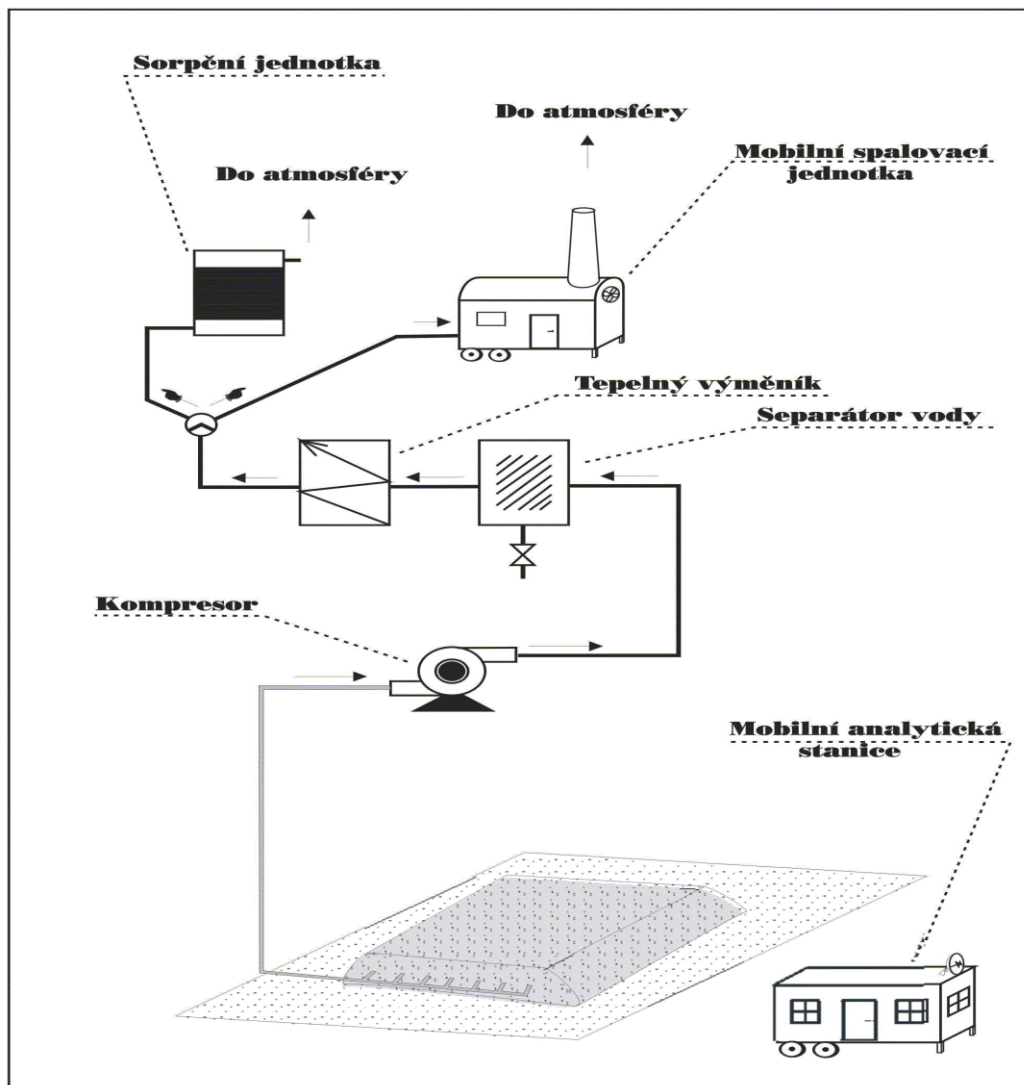
Toto provedení ventingu je nejčastější a provádí se tak, že se v kontaminovaném místě vyhloubí vrty, z kterých se poté odčerpává kontaminovaný vzduch. Na povrchu je tento vzduch čištěn, a poté co splní normy, je vypuštěn do atmosféry. Vzduch se čistí sorpcí na aktivní uhlí, ale to jen v případě nízkého obsahu kontaminantu nebo katalytickým spalování (při vysokém obsahu kontaminantu). [26]



Obrázek 3 Princip ventingu v uspořádání in-situ

5.3.1.2 Venting ex-situ

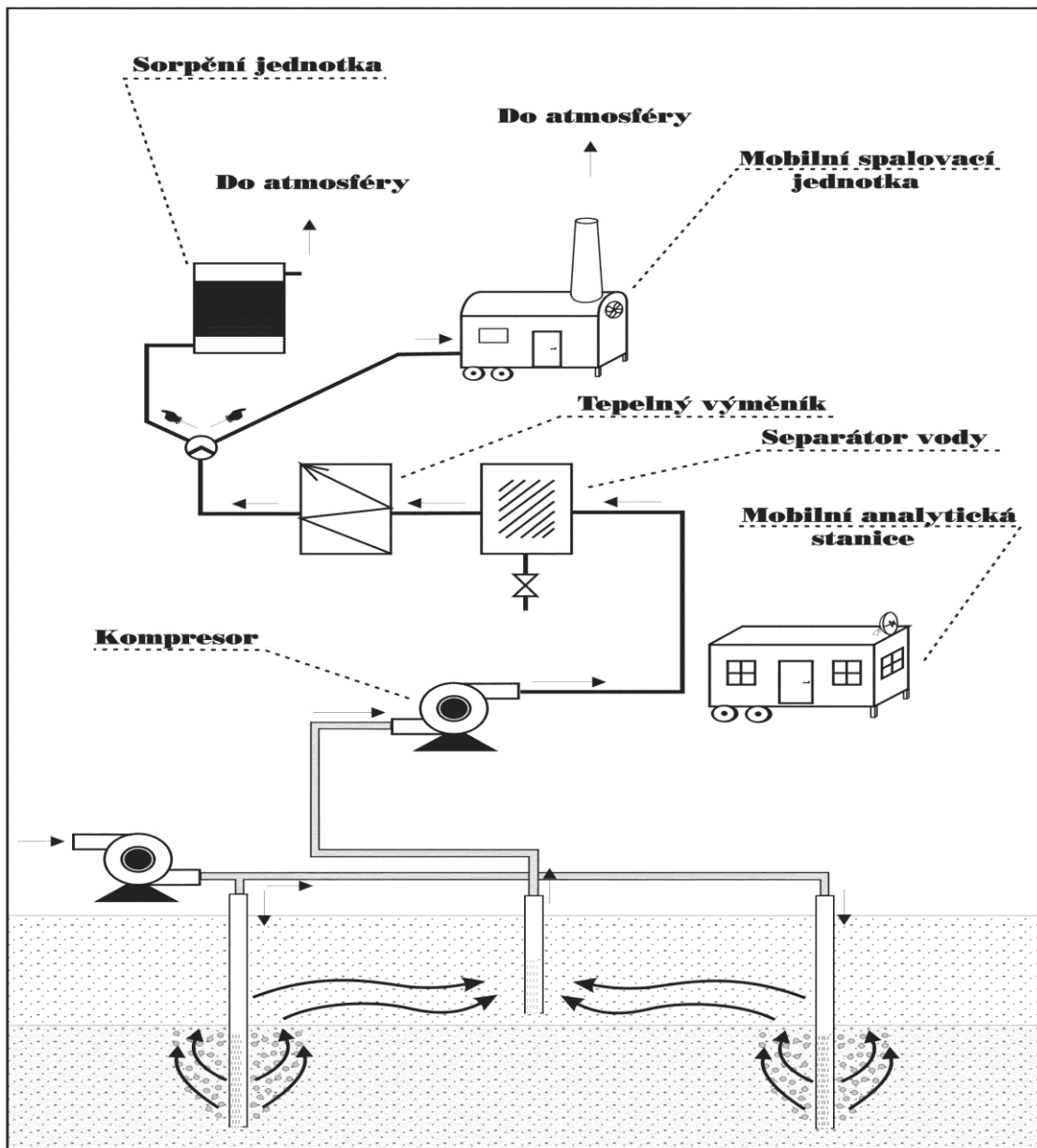
Technologie spočívá v umístění vytěžené zeminy na nadzemní síť potrubí napojeného na čerpadla, kterými je odsáván vzduch, přičemž mechanismus sanace je obdobný jako u in-situ uspořádání. Aby intoxikovaná zemina nezamožila čistou půdu, pracuje se na předem zabezpečené ploše. Předností ex-situ je umožnění odběru průsaků a celý sanační proces ošetření bývá lépe kontrolovatelný a monitorovatelný. Ex-situ uspořádání je použitelné pro stejné skupiny látek jako u in-situ. Nevýhodou ex-situ uspořádání je potřeba zabezpečené sanační plochy, riziko ohrožení zdraví a bezpečnosti pracovníků při odtěžení a transportu zeminy (vzdušné emise, kontakt pokožky s kontaminovaným materiálem) a následně i výrazně vyšší finanční náročnost.



Obrázek 4 Princip ventingu v uspořádání ex-situ

5.3.1.3 Air-sparging

Tato technologie se používá pro odstranění těkavých a semitěkavých kontaminantů ze saturevané i nesaturevané zóny. Provádí se vháněním vzduchu pod hladinu podzemní vody, stripováním kontaminantů do nesaturevané zóny a jejich následným odváděním prostřednictvím odsávacích vrtů. Obvyklý systém ventovacích vrtů je tedy v tomto případě doplněn o určitý počet vrtů vlačovacích. Zpracování odváděného vzduchu na povrchu je potom v zásadě stejné jako u klasického ventingu. Technika air-spargingu je vhodná v případě lokalit, na kterých je kontaminace těkavými nebo semitěkavými látkami rozšířena jak na nesaturevanou, tak i saturevanou zónu. [26]



Obrázek 5 Air-sparging

Mezi základní faktory, které nám určují, jak bude air-sparging efektivní patří:

- fyzikálně-chemické vlastnosti kontaminantu,
- propustnost vzduchu v kontaminované zemině nebo horninovém materiálu,
- teplota půdního vzduchu,
- vlhkost zeminy,
- koncentrace znečištění,
- heterogenita/homogenita prostředí,
- přítomnost puklin a propustných zón,
- sorpční kapacita zeminy,

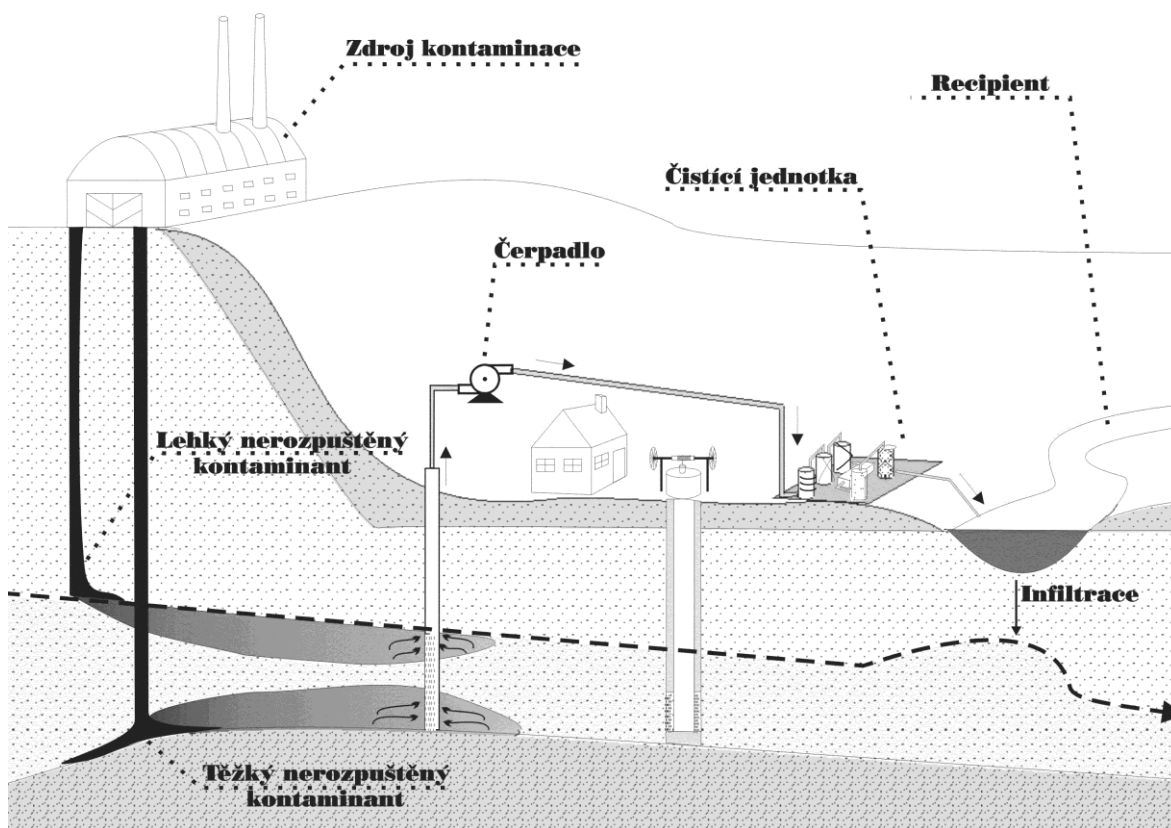
- *hladina podzemní vody,*
- *správné rozmístění vrtů.*

[26]

5.3.2 Sanační čerpání

Metoda spočívá v odčerpávání kapaliny (vody), která obsahuje rozpuštěné kontaminanty přítomné v pevné látce (zemině) na povrch, kde probíhá čištění. Sanační čerpání přichází v úvahu tehdy, kdy je kontaminant v podzemní vodě již obsažen ve velkém množství a díky odčerpání vody dojde k jeho významnému snížení. Příkladem, kdy se sanační čerpání použije, je odstranění vrstvy ropných uhlovodíků z hladiny podzemní vody, nebo odčerpání vody obsahující vysoké koncentrace chlorovaných uhlovodíků. Pokud je organický kontaminant málo rozpustný, musí se nejprve pomocí detergentu převést na roztok, a ten je pak odčerpán na povrch k biologickému odbourávání. Zde se o sanační čerpání nejedná. Další možností, kdy se nejedná o sanační čerpání, je odčerpávání vody z důvodu snížení hladiny (ventování).

[26]



Obrázek 6 Schéma sanačního čerpání

Tato technika se běžně používá pro odstranění organických i anorganických látek a probíhá následovně:

- Nejprve se odstraní nebo zmírní zdroj znečištění.
- Nainstaluje se čerpací systém, který umožní odvádět podzemní vodu na povrch, kde se provede její následné čištění, popřípadě se nainstalují také povrchové bariéry, které udrží kontaminovanou vodu v omezeném prostoru.
- Poté se odčerpá volný kontaminant na hladině nebo rozpuštěný v podzemní vodě, pokud ani tohle nepomůže, zvolí se jiná sanační technika. [26]

5.3.3 Bioremendiacce

Bioremendiacce je jednou s variant biodegradace. Biodegradace se často definuje jako biologicky katalyzované snížení komplexity chemických látek. Pomocí bioremendiacce dochází k urychlení těchto biodegradčních procesů, nebo k cílené biodegradaci.

Bioremediace je tedy biodegradační metoda, která vede k ozdravení kontaminovaného prostředí. Tato metoda se dále dělí na fertilizaci a seeding.

Fertilizace je metoda, která spočívá v urychlení probíhajících degračních procesů, uskutečňovaných přirozenou mikroflórou. Dochází k tomu díky stimulaci růstu vhodných degradátorů přidávkem zdrojů dusíku a fosforu.

Seeding spočívá v obohacení kontaminovaného prostředí degradátory se známým katabolickým potenciálem. Seeding se provádí pomocí mikroorganismů izolovaných z přirozeného prostředí. [27]

5.3.3.1 *Sanace zeminy v uspořádání ex-situ*

První fáze spočívá ve vytěžení kontaminovaného materiálu a v jeho následném zpracování pomocí kompostování, řízenou biologickým ošetřením tuhé fáze, zemědělským zpracováním, nebo biologickým ošetřením suspenze tuhé fáze. Hlavní nevýhodou je nutnost vytěžit zasaženou půdu a popřípadě ji transportovat na místo sanace. Výhodou je možnost provést sanaci za lépe kontrolovatelných podmínek. U zasažené zeminy dochází nejprve k předúpravě a to díky mechanickému zpracování, které může snížit objem materiálu pro další zpracování. Odstraní totiž půdu, která nebyla zasažena a kterou by bylo zbytečné čistit. Po této akci následuje chemická předúprava, která spočívá v přidání specifických chemických látek do kontaminovaného materiálu. Zemina se skládá na sebe do výšky 50-70 cm v případě, kdy nemáme systém aerace nebo do výšky 150-200 cm s použitím tohoto systému. Nakonec musíme zajistit dodávku kyslíku obracením, přesypáním, orbou nebo kypřením. Dále musíme zajistit v průběhu celého degračního procesu optimální vlhkost a popřípadě přerozdělit živiny. Ve světě je tato metoda často používána. Použití in-situ by v řadě případů nevedlo k požadovaným výsledkům. [26]

Kompostování je dalším možným způsobem ex-situ degradace některých kontaminantů z půdy. Zemina je smíchávána s pevnou organickou látkou, jako je sláma, hobliny, kůra, a navíc je obohacena o dusík a fosfor. Materiál se skládá na vysoké hromady a je provzdušňován. K rychlosti degradace přispívá také vyšší teplota pro množení mikroorganismů. Tento způsob se používá při kontaminaci chlorofenoly. [27]



Obrázek 7 Kompostárna

Biodegradace v kalu se využívá nejen pro čištění půd, ale i kalů a sedimentů. Tento proces probíhá jak v lagunách, tak i reaktorech. Pomocí reaktoru se čistí pouze v případě, kdy při čištění vznikají nebezpečné meziprodukty nebo nebezpečné plynné sloučeniny. Díky čemuž může být sledována jejich hodnota. Výhodou reaktorů bývá výrazné snížení doby sanace a podstatné snížení rizik. V lagunách se degradují pouze fenoly a krezoáty.

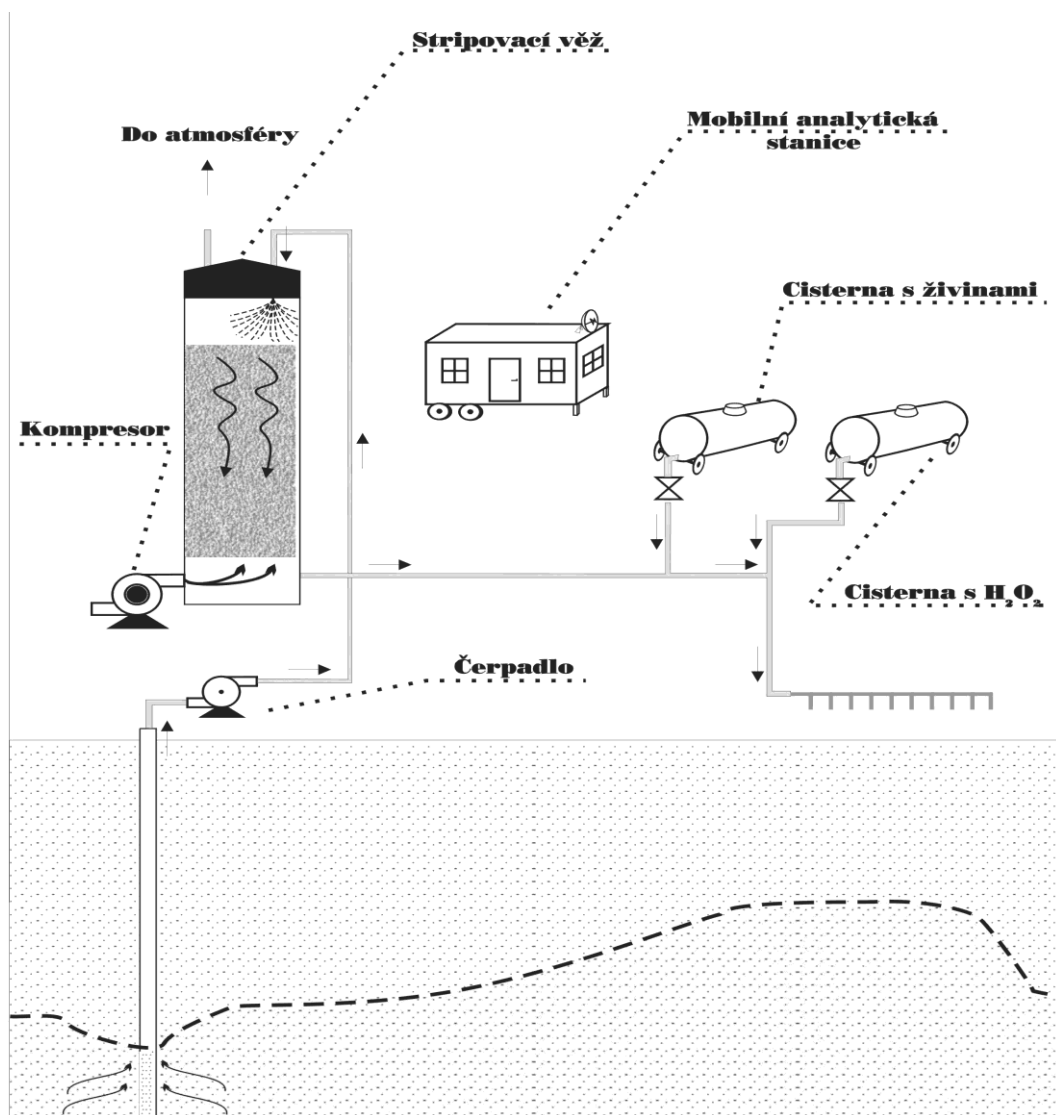
[27]



Obrázek 8 Laguna zasažená fenoly

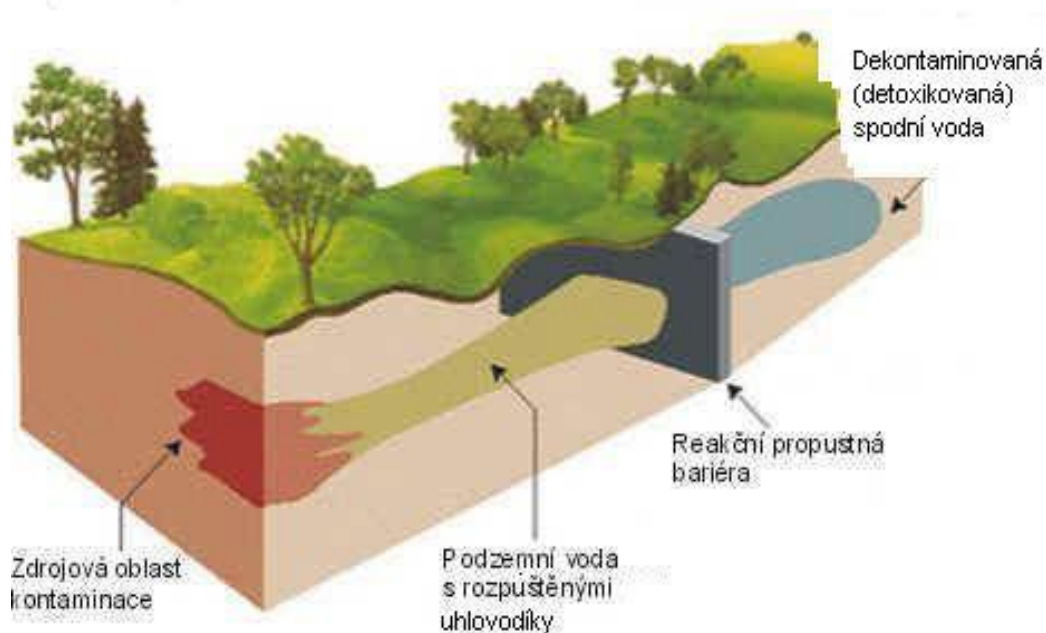
5.3.3.2 Sanace zeminy a podzemní vody biodegradací v uspořádání in-situ

Bioventing patří mezi nedestruktivní sanační technologie spočívající vtlačování vzduchu pod tlakem do půdy. Ve speciálních případech lze tento vzduch v procesu vakuové extrakce odsávat z ventingových vrtů. Vysoký tlak vhněného vzduchu může zapříčinit přechod uhlovodíku do plynné fáze bez toho, aby došlo biodegradaci v podzemí. Naopak odsátý kontaminovaný půdní vzduch může být na povrchu čištěn, díky filtrům s aktivním uhlím nebo biofiltrům. Tato metoda je z důvodu instalací vrtů velmi náročná, a proto se provádí tam, kde nelze provádět zemní práce, v horninovém prostředí nebo při hloubkové kontaminaci půdy. [27]



Obrázek 9 Bioventing

Technologie čištění spodních vod (in-situ bioremediation) provádíme vhnáním kyslíku a živin (popř. vhodné mikroflóry) do kontaminované lokality. Metoda se používá hlavně pro čištění spodních vod kontaminovaných ropnými látkami a sloučeninami BTEX (označení skupiny cyklických uhlovodíků benzenu, toluenu, ethylbenzenu, xylenu). Důležitým předpokladem pro zahájení této metody je hydrogeologický průzkum dané oblasti. Proces pracuje buď aerobně (vzduch, peroxid vodíku) nebo anaerobně (NO_3). Dalším způsobem čištění spodních vod je použití reakčně propustných stěn na bázi fyzikálně-chemických procesů. Výsledkem použití těchto stěn je dekontaminovaná voda nebo přeměna toxické látky na netoxickou formu, kterou lze dále rozložit pomocí vhodné sanační biotechnologie. [27]



Obrázek 10 Schéma propustné reakční bariéry

5.3.3.3 Promývání (praní) zemín

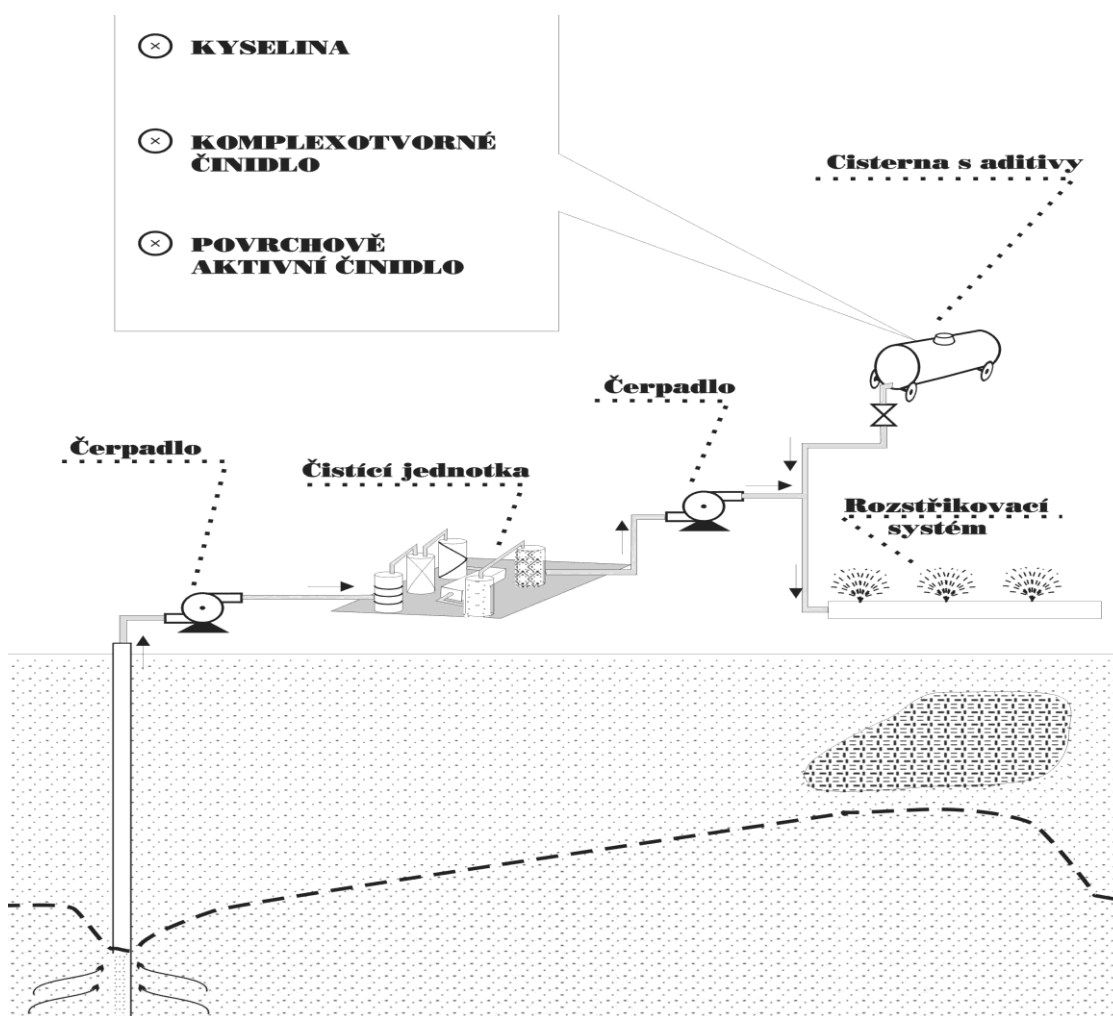
Metoda spočívá v převodu tuhé fáze (zeminy) do vodné fáze, do které mohou být přidávány chemikálie ke zvýšení účinnosti. O promývání se jedná tehdy, pokud je tato metoda v uspořádání in-situ. Pokud je technologie v uspořádání ex-situ, tak hovoříme o praní zeminy. Při tomto procesu uplatňujeme dva mechanismy:

- *rozpuštění kontaminantů do extrahující vodné fáze,*
- *dispergování kontaminantů do extrahující vodné fáze za vzniku suspenze.* [26]

In-situ promývání

Pomocí zasakovacího systému nebo vlačovacích vrtů je vodná fáze vtlačována přímo do kontaminované zeminy, a poté je odváděna prostřednictvím čerpacích vrtů. Mezi nejpoužívanější extrakční činidla patří voda, která obsahuje chemikálie umožňující snadnější přechod kontaminantu do kapalně fáze. V některých případech, ale vodu jako extrakční činidlo lze použít. Proto se dále používají slabé vodné roztoky chemických činidel. Při výběru musíme být velmi opatrní a musíme brát v úvahu vedlejší účinky těchto činidel. Promývání se provádí také pro zvýšení účinnosti bioremediace.

[26]



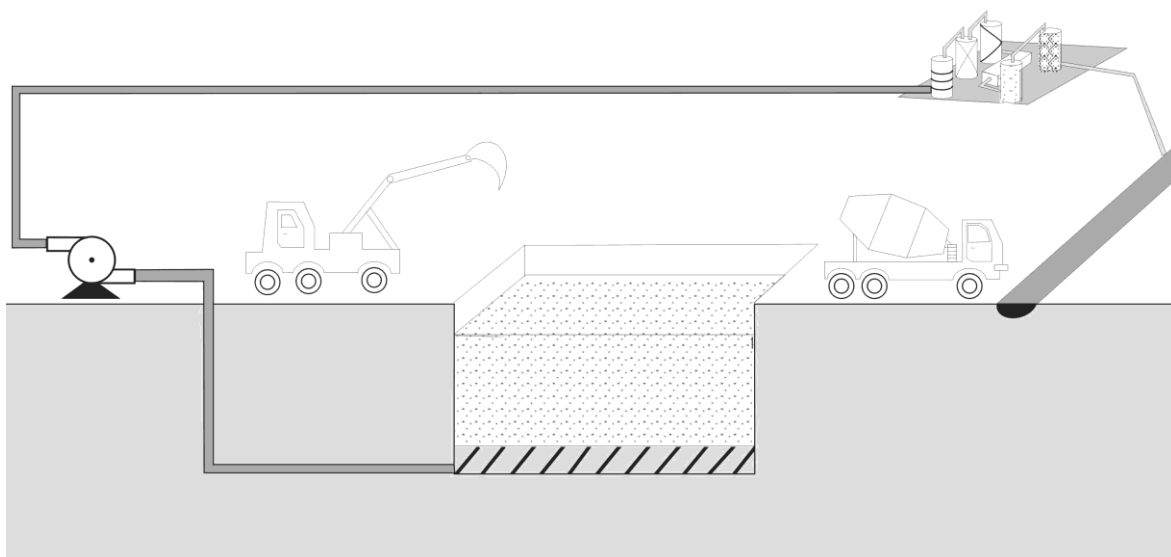
Obrázek 11 Schéma promývání zeminy

Ex-situ praní

Mezi hlavní kroky praní patří:

- *vytěžení a předúprava kontaminované zeminy,*
- *vlastní praní zeminy a extrakce kontaminantů (za neustálého míchání),*
- *separace fází (usazením),*
- *další zpracování vyprané zeminy,*
- *čištění oddělené kapalně fáze.* [26]

Účinnost této metody závisí na předúpravě zeminy a podmínkách praní. Vysoké účinnosti lze dosáhnout s vynaložením vysokých nákladů a proces se musí několikrát opakovat. [26]



Obrázek 12 Schéma praní zeminy

Předúprava zemin se provádí před zahájením praní z důvodu zvýšení účinnosti praní a pro zmírnění případných škod na extrakčním zařízení. Předúprava spočívá v mechanickém oddělení složek větších než 5-6 cm. Obecně lze říct, že po předúpravě požadujeme co nejmenší částice, abychom měli rychlejší přechod do kapalně fáze při následném praní. [26]

Extrakce je fáze, kdy se kontaminovaný materiál promíchává s vodnou fází a energie míchání může dosáhnout hodnoty až 10 kWh/t. Vodná fáze je představována vodným chemickým roztokem. Výběr chemického činidla musíme pečlivě zvažovat, protože při nesprávné volbě může dojít k závažnější kontaminaci nebo k zhoršení důležitých

parametrů zeminy (úbytek organického uhlíku). Nejvíce používanými extrakčními činidly jsou:

- voda (studená, horká),
- voda s povrchově aktivními látkami,
- kyselé vodné roztoky,
- alkalické vodné roztoky,
- vodné roztoky komplexních činidel,
- organická rozpouštědla. [26]

Separace fází je proces, při kterém jsou částečně vyčištěné částice zeminy odděleny od extrakčního roztoku za pomoci usazovacího zařízení. Následně je extrakční roztok spolu s jemnou částí zeminy (má nejvyšší koncentraci kontaminantu) dočištěn v hydrocyklonech. Výsledkem separace je získání:

- Částečně vyčištěné frakce zeminy, která může být dále dočištěna nebo jinak využita.
- Směsi extrakčního činidla, která je zpracována koagulací, srážením, a vzniklé kaly končí na skládce. [26]

5.4 Dílčí závěr

Díky vypracování této práce lze konstatovat, že dosavadní metody jsou na dobré úrovni. Bohužel neexistuje sanační metoda, která by byla opravdu stoprocentní. Vždy totiž nějaké procento kontaminantu zůstane v životním prostředí. Měli bychom se tedy zaměřit na předcházení příčin vzniku havárie. Ať už jsou to havárie vzniklé v průmyslových firmách, či v dopravě. Velký problém vidím v nedostatečném finančním ohodnocení hasičů. To má za následek nedostatečný počet pracovních sil.

6 CÍL A METODY PRÁCE

Cílem práce je vypracování analýzy postupu jednotek HZS ČR při likvidaci havárie spojené s únikem ropných látek do životního prostředí a navrhnout možná řešení k minimalizaci těchto havárií.

V práci byla použita metoda sběru dat a informací a jejich vyhodnocení. Informace byly čerpány z odborných publikací, které se zabývají danou problematikou.

II. Praktická část

7 LIKVIDACE MOTOROVÉ NAFTY Z VODNÍ HLADINY PO VYTEČENÍ Z HAVAROVANÉ CISTERNY

Řeka Morava je třetí nejdelší řekou v ČR a její kontaminace motorovou naftou (dále jen naftou) by měla vážné ekologické důsledky. Její pramen se nachází na úbočí Kralického Sněžníku a protéká městy např. Olomouc, Kroměříž, Uherské Hradiště atd. U Rohatce se řeka stává hranicí mezi územím českého státu a Slovenska. Morava měří od pramene k soutoku 354 km a poté se vlévá do Dunaje.

7.1 Charakteristika motorových paliv

Hlavní surovinou pro výrobu motorové nafty i benzínu je ropa. Další složky, které výsledné produkty obsahují, jsou pouze příměsi, které prodlouží životnost motoru, zlepší výkon motoru, a také chrání motor před negativními účinky biosložky.

7.1.1 Motorová nafta

Motorová nafta je výsledný produkt, který vznikne destilací ropy a dalšími navazujícími technologickými procesy (hydrogenační rafinace, hydrokrakování, katalytické krakování). Motorová nafta se řadí mezi střední ropné destiláty, a protože obsahuje 12 až 22 atomů uhlíku, které vřou v rozmezí cca 150 až 370 °C. Hlavní použití nafty je jako palivo pro vznětové (dieselové) motory. Vynálezcem prvního vznětového spalovacího motoru byl německý konstruktér Rudolf Diesel (1858 – 1913), kterému byl udělen patent už v roce 1892. [28]

7.1.2 Benzín

Automobilový benzín slouží jako palivo pro zážehové motory hlavně v osobních automobilech a motocyklech. Benzín se skládá především z uhlíku a vodíku a jeho výroba se provádí v ropných rafinériích. Existuje definice, která nám říká, že „*automobilový benzín je směsí převážně ropných uhlovodíků vroucí v rozmezí 30 – 210 °C se 3 až 12 atomy uhlíku v molekule*“. Začátek používání benzínu jako paliva se řadí ke konci 19. století. Zpočátku se benzín získával prostou destilací ropy a jeho vlastnosti byly dány, náhodnou skladbou uhlovodíku při zpracování ropy. Kvůli tomu bylo zavedeno měřítko tzv. oktanové číslo.

Oktanové číslo (dále jen OČ) benzínu vyjadřuje objemový podíl izooktanu (tato látka odpovídá OČ 100) a n-heptanu (čistý n-heptan je určen k OČ 0). Pro dnešní typy

zážehových motorů mají benzíny získané destilací ropy velice nízké OČ, a tudíž je třeba jej zvýšit. Dnešní typy benzínů mají OČ minimálně 90. Zvyšování se provádí úpravou automobilového benzínu a použitím vhodných přísad.



Obrázek 13 Oktanové číslo benzínů u čerpacích stanic

Velikost oktanového čísla je uvedena na každé čerpací stanici, a to na stojanu nebo na výdejní pistolí. Například u paliva Natural 91, které má oktanové číslo 91 znamená to, že palivo je stejně odolné proti samozápalu jako směs skládající se z 91 % oktanu a 9 % heptanu.

V současné době se kladou značné požadavky na ochranu životního prostředí, což ovlivňuje i kvalitu automobilových benzínů. Dochází totiž ke snižování aromatických uhlovodíků zejména benzenu, obsahu síry a také v omezování celkové těkavosti autobenzínu. Dnešní typy benzínů musí splňovat požadavky na maximální obsah aromatických uhlovodíků ve výši 35 % V/V, současná hodnota benzenu nesmí překročit 1 % V/V a obsah síry má být pod 50 respektive 10 mg/kg. [29, 30]

7.2 Počet motorových vozidel v ČR

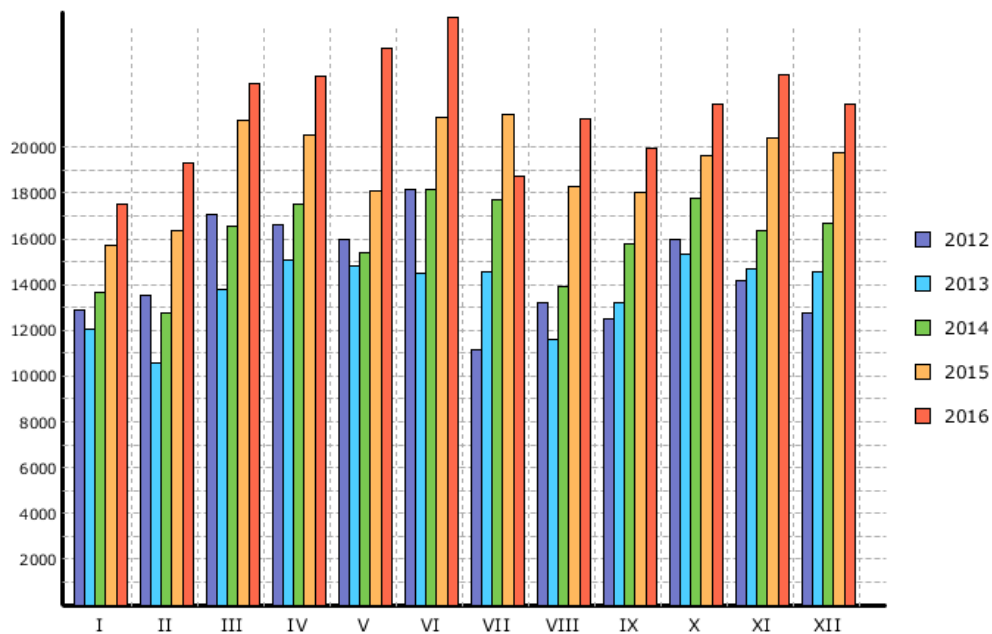
Počet motorových dopravních prostředků se rok od roku zvyšuje. Dříve automobil či motocykl vlastnili pouze lidé z lepších společenských kruhů. Dnešní typická rodina vlastní minimálně jeden osobní automobil. Rostoucí počet motorových prostředků

má za následek nejen zvyšování oxidu uhelnatého (CO) v ovzduší, ale hlavně zvyšování pravděpodobnosti vzniku dopravních nehod.

7.2.1 Vývoj osobních automobilů

Období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Celkem
2010	10813	11080	17446	15264	15885	18538	11388	12088	13251	13126	15228	15129	169236
2011	11678	12847	17501	14620	15482	16156	12118	14105	12978	14858	15920	15019	173282
2012	12921	13544	17064	16589	15975	18140	11158	13193	12475	15963	14203	12784	174009
2013	12071	10562	13820	15061	14822	14482	14533	11595	13208	15346	14697	14539	164736
2014	13638	12779	16576	17498	15396	18171	17700	13937	15775	17791	16365	16688	192314
2015	15727	16383	21155	20568	18113	21315	21415	18278	18056	19658	20421	19768	230857
2016	17500	19299	22799	23131	24335	25714	18739	21251	19946	21905	23161	21913	259693

Tabulka 1 Počet nových automobilů

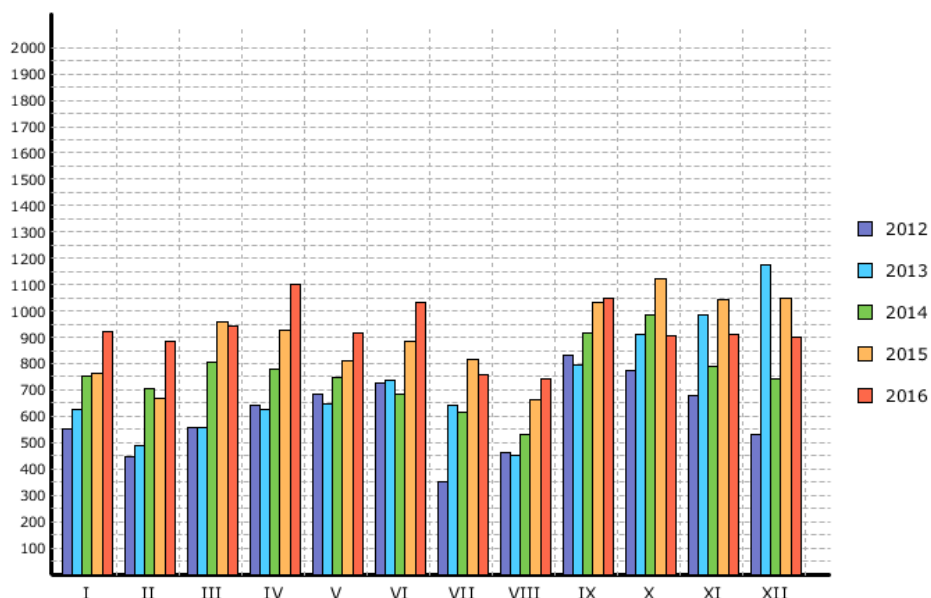


Obrázek 14 Graf vyrobených automobilů

7.2.2 Počet nových nákladních automobilů

Období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Celkem
2010	289	272	381	419	358	662	262	382	586	503	613	718	5445
2011	453	454	719	658	763	777	552	517	763	781	778	747	7962
2012	551	448	559	641	685	728	352	463	830	771	676	530	7234
2013	625	488	559	627	649	735	640	454	794	909	986	1177	8643
2014	750	707	807	780	747	683	616	533	917	984	789	741	9054
2015	764	666	956	926	813	883	816	662	1032	1123	1041	1050	10732
2016	923	882	945	1101	917	1030	757	743	1048	906	912	899	11063

Tabulka 2 Počet nových nákladních automobilů



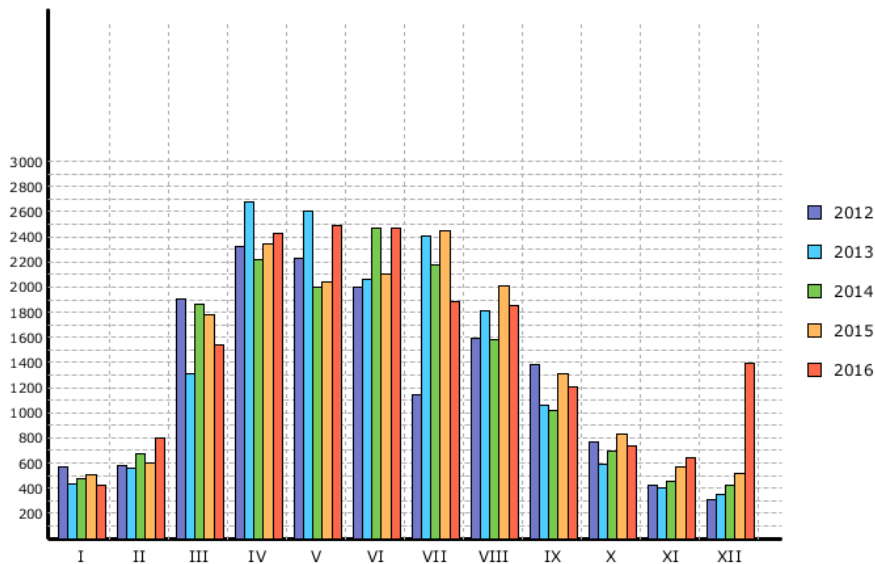
Obrázek 15 Graf vyrobených nákladních automobilů

7.2.3 Počet motorek

Období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Celkem
2010	474	533	1741	2316	2175	2756	3019	2214	1470	756	586	411	18451
2011	583	724	1855	2224	2497	2354	1807	1775	1179	779	475	415	16667
2012	565	580	1902	2325	2228	1996	1147	1592	1382	766	422	307	15212
2013	434	561	1311	2678	2608	2065	2411	1807	1055	585	402	345	16262
2014	470	678	1868	2215	1996	2472	2177	1578	1019	696	449	425	16043
2015	506	602	1785	2340	2040	2105	2450	2008	1313	825	565	520	17059
2016	424	798	1539	2427	2491	2470	1886	1848	1210	733	643	1398	17867

Tabulka 3 Počet motocyklů v ČR

V tabulce můžeme vidět, že za poslední roky se zvedl prodej motocyklů v ČR. Přestože má motocykl palivovou nádrž na cca 14 – 22 l benzínu, stačí i takové množství k tomu, aby napáchalo v přírodě výrazné škody. Navíc nehody motorkářů jsou daleko tragičtější než ty automobilové.



Obrázek 16 Graf vyrobených motocyklů

7.3 Statistika ojetých aut a motocyklů

Období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Celkem
2010	6722	8189	12183	11860	12363	12535	10806	11658	11438	9903	11543	7834	127034
2011	7960	9611	12025	10899	12577	12537	10720	12456	11152	11992	10967	8811	131707
2012	8486	9190	11420	11351	12318	12216	2208	2782	25158	11984	10083	7147	124343
2013	8684	8632	10292	11332	12185	11185	12448	10583	11217	11583	10367	7607	126115
2014	8549	8610	10130	10534	10104	10974	11547	9848	10660	11013	9434	9005	120408
2015	9964	10768	13184	13067	12209	13346	14182	12700	13186	13462	13372	11894	151334
2016	10261	12818	13597	14428	15240	15516	12706	15216	14055	14619	14328	11638	164422

Tabulka 4 Počet ojetých automobilů

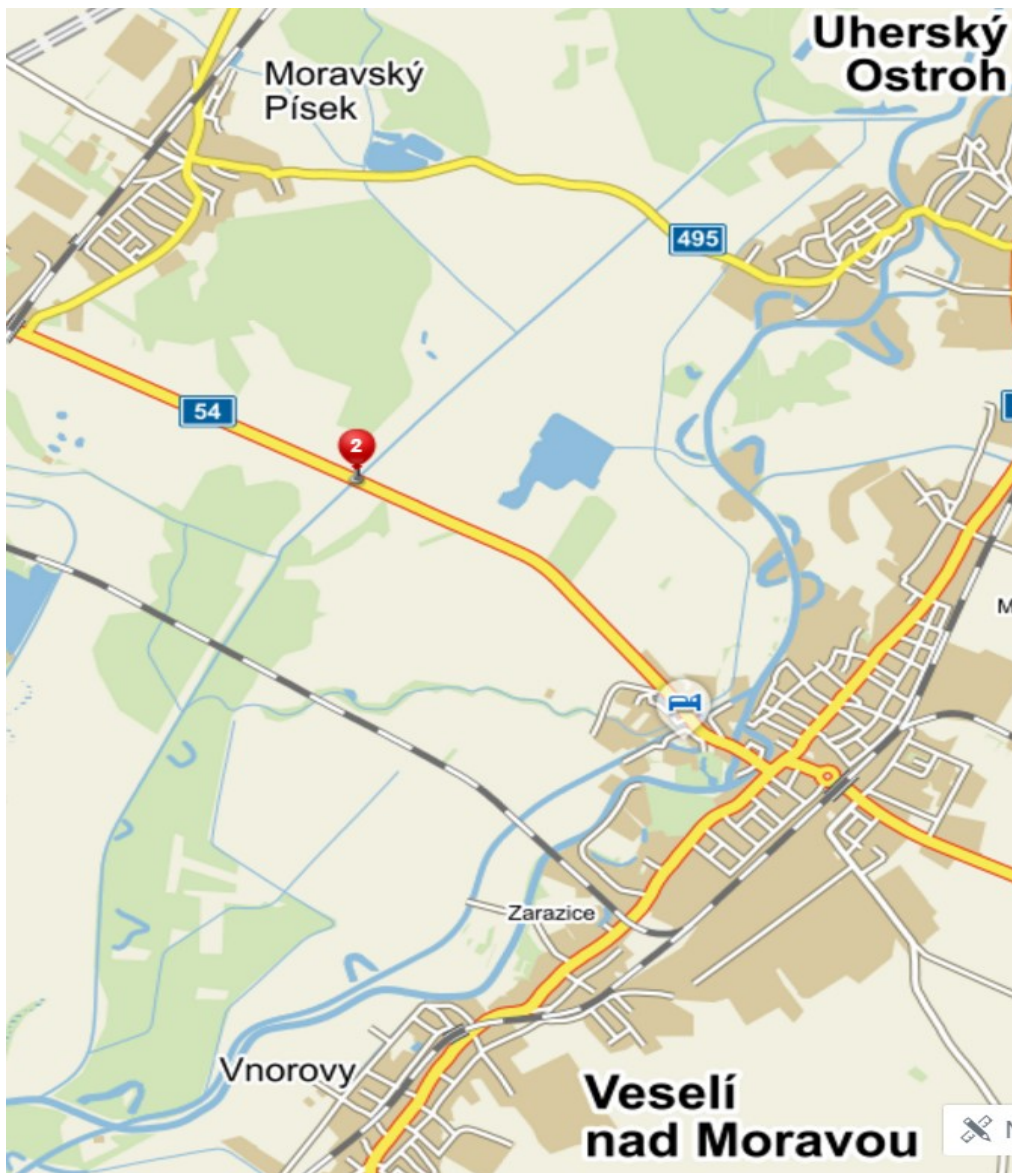
7.3.1 Počet ojetých motorek

Období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Celkem
2010	234	357	1521	1918	1568	1586	1404	1182	730	503	421	211	11635
2011	273	558	1497	1702	1657	1586	1218	1290	766	573	363	301	11784
2012	305	373	1566	1619	1570	1459	330	309	2461	634	392	208	11226
2013	294	452	1065	1909	1755	1348	1592	1182	808	627	383	231	11646
2014	387	708	1644	1655	1385	1453	1422	946	766	603	417	345	11731
2015	497	684	1577	1760	1633	1747	1610	1310	1037	809	666	640	13970
2016	453	874	1429	1986	1986	1866	1464	1418	1125	768	584	509	14462

Tabulka 5 Počet ojetých motocyklů

8 PŘÍPADOVÁ STUDIE

Ve výše uvedených kapitolách jsem již naftu charakterizoval, takže nyní se zaměřím na možnou dopravní havárii, při které by došlo k úniku nafty. Jako místo dopravní nehody využiji silnici číslo 54 v úseku mezi Moravským Pískem a Veselím nad Moravou. Mladý řidič nezvládne svůj vůz a přejede do protisměru, kde se srazí s protijedoucím osobním vozidlem. Pro svou práci jsem si vybral tento úsek záměrně, protože daná silnice je rovná bez zatáček a láká k rychlé jízdě. Na cestě je navíc i několik vodních ploch, do kterých by mohlo palivo uniknout.



Obrázek 17 Mapa místa dopravní nehody

8.1 Lokalizace místa dopravní nehody a vyrozumění záchranných složek

Místo dopravní nehody se nachází mezi městy Moravský Písek a Veselí nad Moravou. V této lokalitě se nachází mnoho vodních zdrojů, které by při jejich znečištění měly velký vliv na místní ekosystém. Silnice je velmi frekventovaná, takže je tu větší nebezpečí vzniku dopravní nehody. V případě nehody by měly být v co nejkratším čase vyrozuměny základní složky IZS. Dále se vyrozumí Česká inspekce životního prostředí a příslušný vodoprávní úřad. V našem případě by se jednalo o odbor životního prostředí Hodonín. Informování o nehodě se provádí na jednotlivých tísňových číslech (150, 158, 155), které si informace následně předají nebo na jednotném evropském tísňovém čísle 112. Volající se dovolá na Operační a informační středisko (OPIS), kde by měl jasně a v klidu sdělit informace. OPIS poté vyšle na místo své jednotky a telefonicky se snaží volajícímu předat informace na záchranu zraněných osob a zabezpečení místa nehody. Po příjezdu jednotek HZS přebírá velení velitel profesionální hasičů.

8.2 Jednotky IZS

IZS je efektivní systém vazeb, pravidel spolupráce a koordinace záchranných a bezpečnostních složek, orgánů státní správy a samosprávy, fyzických a právnických osob při provádění záchranných a likvidačních prací a přípravách na MU. Hlavním koordinátorem IZS je Hasičský záchranný sbor ČR. To znamená, že pokud budou na místě nehody pracovat dvě a více složek IZS, tak velitelem bude příslušník Hasičského záchranného sboru ČR. Pravomoci a úkoly jednotlivých složek IZS vymezuje zákon 239/2000 Sb. o IZS. Mezi základní složky IZS patří Hasičský záchranný sbor ČR; Jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje; poskytovatelé zdravotnické záchranné služby a Policie ČR. Do ostatních složek IZS řadíme vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil; obecní policii; orgány ochrany veřejného zdraví; havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby; zařízení civilní ochrany; neziskové organizace a sdružení občanů.

[31]

8.3 Vyrozumění o nehodě

Okamžitě po obdržení hlášení o nehodě vyšle operátor operačního a informačního střediska na místo jednotky IZS. V našem případě by se jednalo o HZS ČR z Veselí

nad Moravou, Bzence, a popřípadě i z Hodonína. Jelikož by látka mohla unikat po proudu, byly by o nehodě informovány jednotky požární ochrany obcí nacházející se dále po proudu. Dále by byla informována Policie ČR, která by řídila dopravu v místě nehody a zdravotní záchranná služba, která by se starala o zraněné.

8.4 Postup při likvidaci ropných látek

Při správných a rychlých opatření, dochází k omezení následků na životním prostředí. Naproti tomu váhavý postup a nerozhodnost vede k šíření kontaminace na větší území, rostou tudíž finanční náklady na dekontaminaci. Správný sled událostí vede k minimalizování rozsahu havárie a postup je následovný:

- rychlá analýza havárie, identifikace a kvantifikace rizik, navržení krátkodobých (okamžitých) opatření k likvidaci havárie,
- rychlá eliminace zdroje znečištění (pokud je stále aktivní),
- zajištění ochrany povrchových a podzemních vod, eliminace rychle se šířícího kontaminantu,
- po stabilizaci havárie průzkum rozsahu kontaminace, zavedení monitoringu znečištění povrchových a podzemních vod, detailní analýza kontaminantu,
- navržení dlouhodobých sanačních opatření,
- zahájení sanace podzemní vody a zeminy.

8.4.1 Návrh likvidace havárie

Při likvidaci havárie se musí zvážit bezpečnostní a zdravotní rizika osob, které se zúčastňují dané likvidace a dopady havárie na životní prostředí. Zásadní význam pro úspěšné odstranění dané látky jsou okamžitá opatření. Ta totiž zamezují kontaminantu v dalším znečišťování. V případě, kdy bude ropná látka unikat, je důležité najít zdroj znečištění a co nejdříve jej utěsnit. Zbytek látky se přečerpá do náhradních předem připravených nádob. [32]

8.4.2 Ochrana povrchových vod

Ropnou látku ve vodě poznáme podle skvrn nebo podle olejového filmu na hladině. Ten se začíná tvořit již při koncentracích $0,1 - 0,2 \text{ mg.l}^{-1}$. Olejový film brání přístupu kyslíku do vody, a to má negativní vliv na vodní živočichy. Jen pro představu, 50 litrů oleje dokáže pokrýt hladinu vody v okruhu 1 km^2 vrstvou o tloušťce cca $0,05 \text{ cm}$. Další

nevýhodou ropy a ropných látek je nízká biodegradovatelnost. Tato vlastnost způsobuje, že samočisticí proces vody bude probíhat velmi pomalu, protože ropa je tvořena sloučeninami s různou chemickou strukturou, a také s jinými chemickými, fyzikálně chemickými a biologickými vlastnostmi. Hodnocení vlastností ropy ve vodě je značně složité. Její nepříznivý vliv pro vodu je dán toxicitou, která ovlivňuje chuť i zápach (tzv. senzorické vlastnosti). Obvykle se tyto vlastnosti ve vodě projeví již při nízkých koncentracích např. od $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$. Při vyšších koncentracích okolo $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ je již voda zcela senzoricky zničena. Toto množství odpovídá 1 kg benzínu v $10\,000 \text{ m}^3$ vody. Nejúčinnějšími znečišťovateli senzorických vlastností jsou isoalkany a aromatické uhlovodíky. Ropnou látku na povrchových vodách rozdělujeme do tří kategorií:

- sedimentující látky,
- látky plavoucí na hladině,
- rozpuštěné látky.

Sedimentující látky – jsou látky, které klesají na dno, rychlost klesání ovlivňuje měrná hmotnost (čím je vyšší, tím klesá rychleji) a rychlost proudu v toku (čím pomalejší, tím se dřív usadí na dně). Tyto látky lze poté odstranit pouze vybagrováním, které musí být provedeno rychle, aby nedošlo k rozpuštění ropné látky ve vodě nebo k jejímu přetransportování při vysokém průtoku řeky.

Látky plavoucí na hladině – zde je nutné uniklou látku plošně ohraničit, omezit znečišťování a následně odstranit. Pro ohraničení a omezení další kontaminace byly zkonstruovány norné stěny, které však není možné použít vždy. Použitelnost je dána rychlostí proudění vody a vlnami. Při vysokých prouděch je látka strhávána pod nornou stěnu. Existuje ovšem řada metod, které zvyšují účinnost norných stěn. První je umístění více norných stěn za sebou. Dalším způsobem je převedení plavoucí látky na látku, která by byla lépe manipulovatelná. K tomu se v dnešní době používají různé sorbenty (Vapex). Tyto látky pohlcují ropnou látku a vytvářejí pevnou hmotu, která je poté odstraněna shrabováním. Zachycené látky a všechny sorpční prostředky jsou poté odborně zneškodněny. To se provádí spálením nebo uložením v zabezpečených skládkách.

Rozpuštěné látky – odstraňují se velmi obtížně. Pro odstranění takovýchto látek se používá nejčastěji metoda zředění průtoku vody nebo metoda zachycení havarijní vlny. Dále je tu možnost kontaminovanou vodu odčerpat do dekontaminační stanice, a poté co se sníží hladina kontaminantu ve vodě, ji lze vrátit zpět do vodního toku. [32]

8.4.3 Sanace zeminy a podzemních vod

U této skupiny látek rozlišujeme sanační metody podle následujícího postupu

- 1) sanace in – situ,
- 2) sanace ex – situ,
 - a. sanace on – site,
 - b. sanace off – site.

Sanace in – situ je metoda, která se provádí v místě kontaminací a k jejímu použití nejsou nutné výkopové práce. Mezi možné příklady této metody se řadí biodegradační postupy, při kterých se do zeminy vhánějí bakterie a živiny. Při těchto postupech probíhá degradace v podzemí. Dalšími příklady sanace in – situ jsou metody vstřikování chemikálií, které v podzemí reagují s kontaminanty nebo solidifikace, metody odsávání par, čerpání znečištěných podzemních vod apod.

V případě využití sanace on – site se kontaminovaná půda vytěží, ale její následná dekontaminace probíhá v místě havárie. Příkladem může být opět biodegradace, s tím rozdílem, že kontaminované materiály jsou čištěny na zajištěné ploše v místě nehody. Dalšími metodami sanace on – site je termická desorpce nebo termický rozklad znečištěných materiálů opět v místě nehody. Výhodou sanace on – site je, že po snížení koncentrace kontaminantů v půdě, lze danou půdu použít pro zasypání.

U sanace off – site se vytěžený znečištěný materiál ihned odváží k vyčištění, nebo na nejbližší skládku odpadů, popřípadě se odveze do spalovny.

U sanace podzemních vod je to obdobné, také zde se metody rozdělují na dvě základní:

- metody in – situ,
- metody ex – situ.

V případě první metody probíhá čištění na povrchu tím způsobem, že se musí voda odčerpát na povrch. Zde se poté použijí klasické metody úpravy vody jako je adsorbce na aktivní uhlí, odvětrávání (stripping) se záchytem škodlivin, chemické srážení, biologické čištění a membránová filtrace.

V druhém případě se dekontaminace provádí opět v podzemí. K základním metodám patří biodegradace, bioventing, air sparging.

8.5 Metody čištění vody

8.5.1 Gravitační metoda

Metoda je založena na rozdílných měrných hmotnostech vody a kontaminované látky, která je ne zcela rozpustná ve vodě. Typickým příkladem této metody může být zařízení typu LAPOL a ropná látka uniklá ve vodě. Zařízení LAPOL je nádrž s překážkami, které jsou umístěny tak, aby zachytávaly látky plovoucí na hladině. Průběžně se z nádrže odebírá ropná látka. Pokud je znečišťovatel těžší než voda, je postup této metody obdobný jen s tím rozdílem, že kontaminant je odebírán ze dna nádrže. Nevýhodou této metody je, že nelze zachytit již rozpuštěné látky a emulze.

8.5.2 Adsorpce

U této metody jsou hlavní složkou sorbenty, které jsou schopny zachytit kontaminující látku. Při úniku nebezpečné látky na vodě se sorbenty využívají spolu s nornými stěnami.

8.5.3 Deemulgační, flotační a flokulační čistírny

Tyto metody se využívají hlavně v případě emulzí. Principem těchto metod je narušení emulze. To lze dosáhnout pomocí kyselin, deemulgačních a flokulačních činidel. Po narušení emulze již následuje odstranění kontaminantu z vody (filtrací, odstředěním, sběrem). V konečném výsledku máme vodu zbavenou kontaminantu a odpad, který musíme zneškodnit. Tyto metody se využívají hlavně pro odstraňování kovů a organického znečištění.

8.5.4 Stripování

Zde se využívá těkavost některých uhlovodíků. Metoda využívá probublávání vody vzduchem a následné odchyťování škodlivin ve vzduchu do filtrů. Vysoká účinnost této metody je hlavně u nízkovroucích uhlovodíků (chlórovaných) a klesá s rostoucími teplotami varu. [32]

8.6 Norné stěny

Norná stěna je prostředek, který se používá k zachycení ropných, ale i jiných nerozpustných nebezpečných látek na vodní hladině. Její hlavní výhodou oproti sorpčním hadům je možnost opakovaného používání. Sorpční had je hydrofobní prostředek válcového tvaru, který je většinou naplněn drtí z PP textilie nebo proužky této textilie.

Sorpční had se proto dá použít pouze jednou. Při úniku ropné látky na vodní hladině jsou nejdůležitější dvě síly:

- viskozita vody a ropné látky,
- dynamické účinky překážky – norné stěny.

Jedna z důležitých podmínek pro zadržení ropné látky je stabilita rozhraní mezi vodou a ropnou látkou. Při špatném rozhraní se totiž tvoří emulze, která proniká přes nornou stěnu a to i bez ohledu na hloubku ponoření. Další důležitou podmínkou, kterou hasiči musejí brát v úvahu při sestavování norných stěn je hloubka ponoření. Ta totiž nesmí být příliš velká. Uvádí se, že maximální hloubka norné stěny má být v rozmezí 0,1 – 0,33 hloubky vodního toku. A to z toho důvodu, aby se nezvýšila rychlost vody pod nornou stěnou a nestrhávala tak ropnou látku pod stěnu. Optimální rychlost je $0,5 \text{ ms}^{-1}$ u norných stěn, které jsou nainstalovány kolmo. Při šikmém nainstalování v úhlu 60° dochází k poklesu vzniku vírů. Kvůli lepší účinnosti můžeme využít i více norných stěn, avšak vzdálenost mezi stěnami nesmí být menší než pětinasobek ponoru prvních z nich ve směru proudu. Další podmínkou je výběr správného místa. To musí být vyhovující pro druh norné stěny a její instalaci na vodu. Dále se musí zhodnotit rychlost proudů, hloubka a šířka vodního toku, kotvicí místa, směr a sílu větru, druh znečištění a místo, kde se bude provádět sběr této látky.

Pokud má řeka šířku do 20 m a rychlost vodního toku do $0,3 \text{ ms}^{-1}$ může být norná stěna nainstalována kolmo nebo v menším úhlu než při větších rychlostech proudu či větší šířce řeky. Pro přehrazení řeky se poté využívá vodního proudu. Hasiči také musí správně odhadnout potřebnou délku norné stěny, ve které musí být i rezerva pro prohnutí stěny. Poté již jeden konec zakotví a druhý přiváže na lano z druhého břehu. Po tomto kroku umístí stěnu na hladinu a natlakují horní komoru. Poté se již přetáhne na druhý břeh, kde se druhý konec zakotví. Ropná látka postupuje podél této stěny ke břehu, kde se váže na sorbent nebo je přímo sbírána. [33, 34]

8.7 Sorbenty

Sorbenty jsou látky, které se použijí v případě úniku nebezpečné látky. Tyto látky na sebe uniklou látku váží a díky tomu lze látku z pevných povrchů či vodní hladiny odstranit. Mezi sorbenty řadíme již zmíněné norné stěny a sorpční hady. Sorbenty se většinou dělí na hydrofobní a hydrofilní.

8.7.1 Hydrofobní sorbenty

Hydrofobní sorbent se většinou používá při kontaminaci vodní hladiny ropnou látkou nebo jinou nebezpečnou látkou. Jeho výhodou je, že nesaje vodu, ale pouze uniklou kapalinu. Další výhodou tohoto sorbentu je jeho vysoká absorpce, plovatelnost na vodě a snadná a rychlá manipulace.

8.7.2 Hydrofilní sorbent

Hlavním rozdílem oproti předchozímu sorbentu je, že hydrofilní se nedá použít na vodní hladině. Avšak použití tohoto sorbentu je značné. Váže totiž na sebe širokou škálu chemikálií i ropných látek, ale pouze na pevných podkladech (půda, asphalt, beton atd.). A také on má vysokou absorpční schopnost. [35]

8.7.3 Druhy sorbentů

8.7.3.1 Vapex

Jedná se o nejznámější sorbent vůbec. Každá hasičská stanice tento sorbent používá kvůli jeho přijatelné ceně a vysoké absorpci. Používá se jak při úniku na vodních hladinách, tak i na silnicích. Vapex je hydrofobizovaný perlit, který je sypký, zrnitý a je v bílé barvě. Tato látka se skládá z 67 % oxidu křemičitého (SiO_2), maximálně 19 % oxidu hlinitého (Al_2O_3) a maximálně 2,8 % oxidu železitého (Fe_2O_3). 1000 litrů Vapexu absorbuje (podle výrobce) minimálně:

- 250 l ropy,
- 130 l nafty,
- 80 l benzínu.

Při používání musíme počítat s prašností a v případě použití na vodě i se sedimentací.

8.7.3.2 Chezcarb

Jsou to speciální sorpční saze, které mají vysoký vodoodpudivý povrch. Používají se hlavně při zachycování ropných produktů a uhlíkových derivátů. [36]

8.7.3.3 Nowap

Používá se k rychlému odstranění ropných a nebezpečných látek jako jsou paliva, maziva, brzdové a chladicí kapaliny. Tento produkt lze nasadit na vodu i na pevný povrch.

Váže na sebe velké množství nebezpečné látky a má také dobré hygienické vlastnosti. 100 g Nowapu pohltí:

- 116 ml motorového oleje,
- 222 ml směsi nafta, benzín.

8.7.3.4 Rop-Ex

Jedná se o sypký jednozrný absorpční prostředek na bázi gummy, jehož částice mají velikost až 0,4 mm. Používá se pro rychlé a bezpečné zachycení ropných a olejových látek z pevného povrchu i vodních hladin. Mezi jeho výhody patří stálost, netoxické vlastnosti a zdravotní nezávadnost. Další jeho výhodou je, že absorbované látky neuvolňuje ani při mechanické manipulaci a to i po dobu několika let. Tento sorbent absorbuje veškeré oleje, naftu, všechny druhy benzínu, parafin, jedno i vícesytné alkoholy (etanol, metanol, glykol, heterocyklické sloučeniny) a další chemikálie. [36]

8.7.3.5 Cansorb

Cansorb vznikl v Kanadě a jedná se o přírodní organický materiál hnědé barvy. Je taktéž sypký a netoxický vůči životnímu prostředí. Používá se pro oleje, polychlorované bifenyly (PCB) a další chemické látky. Po zvláštní úpravě se stává vodě odolný. Je schopný pohltit 8–10 násobek své hmotnosti, ale pouze u některých druhů olejů. V rozmezí 6–18 měsíců je plně schopen rozložit ropné uhlovodíky na oxid uhličitý a vodu, díky čemuž dochází k úplnému biologickému odbourání absorbované látky, přesto výrobce doporučuje jeho likvidaci spálením. Jeden pytel tohoto sorbentu (11,4 kg) dokáže pohltit 95 l ropné látky. Jeho výhodou je i váha, a tudíž malé nároky na skladování. Existuje také sorbent Peat T Sorb, který má podobné vlastnosti.

8.7.3.6 Sorpční koberec

Nejedná se sice o sypký sorbent, přesto má stejnou chemickou odolnost jako předchozí sorbenty. Používá se při mechanickém stírání nečistot z povrchů (strojů, předmětů, podlah), trvalou sorpci malého množství ropných látek (tzv. úkapů). Koberce se dodávají v rolích s předepsanou délkou 50 m a šířkou 0,4 nebo 0,8 m.

8.7.3.7 Sorpční had

Je to textilie, která je hydrofobní, nastříhaná na proužky, zpevněná síťovým obalem tvaru válce. Pro případy, kdy by bylo nutné napojit více sorpčních hadů k sobě, jsou na

obou koncích karabinky a kroužky pro snadnější připojování. Tyto prostředek se používají jako:

- sorpční norná stěna pro likvidaci olejových havárií,
- prevence ropných havárií na výstupech z čističek odpadních vod,
- dočišťování vod,
- pro lokalizaci ropné havárie na vodní hladině i pevném povrchu.

Jeho parametry jsou: délka 1,2 – 6 m, průměr 0,08 – 0,2 m, hmotnost 0,4 – 4,2 kg.

[36]

8.8 Likvidace havárie

Zásah provádí jednotky HZS a jejich úkolem je zmírnit rizika vyvolané havárií a přerušit jejich příčiny. Hasiči provádějí záchranné práce v rámci svých možností a technického vybavení:

- utěšňují výtoky znečišťující látky do vody či půdy,
- zachycují a ohraničují látky, které jsou na vodě,
- u toků s velmi malými průtoky provádějí zředování,
- při likvidaci hořlavých a výbušných látek na vodě, provádějí ochranu okolí,
- a také požární ochranu kvůli možnosti náhlého vzplanutí při těžbě zeminy či sorbentu nasáklého hořlavými látkami.

8.8.1 Řešení úniků pohonných hmot při dopravních nehodách

Nejprve je nutné odstranit od místa nehody iniciační zdroje (odpojit akumulátor, uzavřít místo nehody, pokud je možnost přicházet z návětrné strany, připravit hasební zásah). Následně by mělo dojít k pokrytí uniklé kapaliny pěnou, aby bylo omezeno odpařování. Dále se provádí utěšňování místa úniku, ohraničení a sběr uniklé látky pomocí sorbentu, odebírání unikající látky do jiného obalu nebo nádoby. Hasiči musí v případě manipulace s havarovaným vozidlem preventivně přečerpat palivo do náhradních nádrží. V případě, že unikne větší množství paliva do životního prostředí, okamžitě vyrozumí vodoprávní orgán a Českou inspekci životního prostředí. Pokud je kapalina na silnici a mohla by zavinit závalu ve sjízdnosti, informuje se správa komunikace. Po skončení zásahu shromažďují veškerý použitý sorbent a zajistí jeho předání k likvidaci. [37]

8.9 Návrhy na zlepšení

Mezi možné návrhy bych zařadil zkrácení příjezdového času. Zavedením více hasičských stanic i do menších měst a obcí. Čas hraje totiž nejdůležitější roli, jak při záchraně osob, tak i při zamezení unikání nebezpečné látky do životního prostředí. Dalším návrhem by bylo zvýšení počtu lidí v hasičských oddílech. Dále by to mohly být stále informační hlásiče, které by byly umístěné alespoň na nejdůležitějších vodních tocích ČR. Tyto hlásiče by měřily, hodnotu nebezpečných látek ve vodě a odesílaly by je na příslušný vodoprávní úřad. Posledním návrhem je snižování počtu ojetých aut prostřednictvím zpřísněných Státních technických kontrol.

ZÁVĚR

Havárie s únikem ropných látek do životního prostředí jsou v dnešním světě na denním pořádku. Ať se již jedná o únik těchto látek při dopravní nehodě nebo při mimořádné havárii jak tomu bylo na Deepwater Horizon v mexickém zálivu. Tyto nehody nás ohrožují daleko víc než jakékoliv jiné, a to z jednoho prostého důvodu, dochází k nim častěji. Proto bychom se na ně měli zaměřit, ale v žádném případě bychom neměli zapomínat na ty ostatní.

V teoretické části je uvedena legislativa, vztahující se k dané problematice. Dále pak jsou uvedeny a analyzovány nejvýznamnější nehody a havárie, jejich příčiny a následky, které způsobily. V poslední části jsou pak vyjmenovány a detailně popsány nejvýznamnější dekontaminační technologie.

Praktická část nám nejdříve charakterizuje motorovou naftu a benzín. Následně nás seznamuje s počtem motorových dopravních prostředků registrovaných na území ČR. Posléze se již věnuje případové studii a její následné likvidaci.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VIČAR, Dušan. *Přednášky z výuky předmětu detekce a dekontaminace*. Uherské Hradiště, 2015
- [2] DVORÁK, Josef a Vladimír MELKES. *Ekologické havárie a dekontaminace znečištění (2. díl)*. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska, 1997. ISBN 80-723-1002-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 978-80-7454-279-4.
- [4] pplk. ing. MELKES, Vladimír. *Prevence a likvidace havárií*. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska ve Vyškově, Fakulta ekonomiky obrany státu a logistiky, 2001. ISBN 80-7231-088-7.
- [5] *Zákony pro lidi.cz. Předpis č. 224/2015 Sb.* [online]. [cit. 2015-10-22]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-224>
- [6] *Zákony pro lidi.cz. Předpis č. 240/2000 Sb.* [online]. [cit. 2015-10-22]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-240>
- [7] *Zákony pro lidi.cz. Předpis č. 238/2000 Sb.* [online]. [cit. 2015-10-25]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-238>
- [8] *Zákony pro lidi.cz. Předpis č. 239/2000 Sb.* [online]. [cit. 2015-10-25]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239>
- [9] RNDr. SKŘEHOT, Petr. *Závažné průmyslové havárie: rizika – bezpečnost - bilance* [online]. Výzkumný ústav bezpečnosti práce, Praha, 2015-11-22 [cit. 2015-11-22]. Dostupné z: <http://www.cbks.cz/Upice2006/134.pdf>
- [10] Ing. KOSTKA, Tomáš. *Havárie v jaderné elektrárně ČERNOBYL* [online]. 2015-11-22 [cit. 2015-11-22]. Dostupné z: <http://chernobyl.euweb.cz/>
- [11] ŠUTA, Miroslav. *V Bhópálu už 19 let pokračuje největší průmyslová katastrofa v dějinách. Britské listy* [online]. 2003-12-03 [cit. 2015-11-25]. ISSN 1213-1792. Dostupné z: <http://www.blisty.cz/art/16135.html>
- [12] *Tragédie v Bhópálu. Greenpeace.cz* [online]. [cit. 2015-11-25]. Dostupné z: <http://archiv.greenpeace.cz/bhopal/fakta.html>

- [13] POHORECKÝ, Vladimír. Největší chemická katastrofa se stala před 30 lety. Jedy z továrny v Bhópálu unikají dodnes. *Ekolist.cz* [online]. 2014-12-02 [cit. 2015-11-25]. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/havarie-v-bhopalu-pres-20-000-obeti-jedy-stale-unikaji>
- [14] BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*. 2. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-005-0.
- [15] KROUPA, Miroslav a Milan ŘÍHA. *Průmyslové havárie*. 2. vyd. Praha: Armex, 2010. Skripta pro střední a vyšší odborné školy. ISBN 978-80-86795-87-4.
- [16] KELNAR, Lubomír. Poučíme se z havárie v Toulouse? *RESCUE REPORT* [online]. (č.1 (2005) [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: http://www.bozpinfo.cz/knihovna-bozp/citarna/clanky/prevence_havarii/toulouse_katastrofa050318.html
- [17] Ropné havárie. *Greenpeace.org* [online]. [cit. 2015-11-26]. Dostupné z: http://www.greenpeace.org/czech/cz/Kampan/klima_a_energetika/Arktida/honba-za-ropou/ropne-havarie/
- [18] PET. Ropná skvrna rok poté - Mexický záliv se stále nevzpamatoval. *Ceska televize.cz* [online]. 2011-04-20 [cit. 2015-11-26]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/svet/1271159-ropna-skvrna-rok-pote-mexicky-zaliv-se-stale-nevzpamatoval>
- [19] Spolana Neratovice. *Arnika.org* [online]. 2014-07-07 [cit. 2015-11-28]. Dostupné z: <http://arnika.org/spolana-neratovice#havarie>
- [20] BENEŠOVÁ, Petra. Povodně roku 2002 vyplavily i Spolanu Neratovice. Lidi ohrožoval únik chlóru. *Český rozhlas* [online]. 2012-08-15 [cit. 2015-11-28]. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/zpravy/politika/_zprava/povodne-roku-2002-vyplavily-i-spolanu-neratovice-lidi-ohrozoval-unik-chloru--1097980

- [21] MUDr. ŠUTA, Miroslav. Spolana - příběh plný jedů. *Greenpeace Česká republika* [online]. 2002-08-15 [cit. 2015-11-28]. Dostupné z: <http://www.greenpeace.org/czech/cz/blog/toxicke-znecisten/spolana-neratovice-pribeh-plny-jedu/blog/41798/>
- [22] *Vítkov potřetí v krátké době ohrozil chlór* [online]. 2009 [cit. 2016-01-31]. Dostupné z: http://zpravy.idnes.cz/vitkov-potre-ti-v-kratke-dobe-ohrozil-chlor-hasici-evakovali-300-lidi-119-/krimi.aspx?c=A090225_101036_krimi_kot
- [23] *V Synthesii vybuchl zásobník* [online]. 2012 [cit. 2016-01-31]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/regiony/1151276-v-synthesii-vybuhl-zasobnik-unikly-nitrozni-plyny>
- [24] SMLSAL, Matěj. V chemičce Synthesia vybuchl zásobník, unikl jedovatý plyn. Lidé seděli zavření doma. In: *Hospodářské noviny* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://domaci.ihned.cz/c1-57111640-v-chemicce-synthesia-vybuhl-zasobnik-unikl-jedovaty-plyn-lide-sedeli-zavreni-doma>
- [25] KVARČÁK, Miloš, Jitka VAVREČKOVÁ a Zdeněk ŽEMLIČKA. Likvidace ropných havárií. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2000, 106 s. ISBN 80-86111-61-x.
- [26] KUBAL, M., J. BURKHARD a M. BŘEZINA. *Dekontaminační technologie* [online]. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze Fakulta technologie ochrany prostředí Ústav chemie ochrany prostředí, 2002 [cit. 2016-01-27]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/uchop/CDmartin/>
- [27] RNDr. HORÁKOVÁ, CSc., Dana. *BIOREMEDIACE* [online]. Masarykova Univerzita; Přírodovědecká fakulta; Ústav experimentální biologie Brno, 2006 [cit. 2016-01-29]. Dostupné z: http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/prif/ps06/3062932/bioremediace_FRVS_2006-2.pdf
- [28] *Petroleum*. Motorová nafta [online]. [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/vyroby/nafta.aspx>
- [29] *Česká rafinérská: Automobilové benziny* [online]. [cit. 2016-10-18]. Dostupné z: <http://www.ceskarafinerska.cz/cz/automobilove-benziny.aspx>

- [30] SAJDL, Jan. *Oktanové číslo* [online]. [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/oktanove-cislo/>
- [31] Integrovaný záchranný systém. *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/integrovaný-zachranny-system.aspx>
- [32] ERBEN, Jan a Martin ANTOŠ. *Úniky ropných látek a jejich likvidace* [online]. [cit. 2016-12-13]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Uniky-ropnych-latek-a-jejich-likvidace>
- [33] PODSTAWKA, Václav. Nebezpečí ve vodě: Pomohou normé stěny. *Nebezpečný náklad* [online]. 2009 [cit. 2016-12-16]. Dostupné z: <http://www.nebezpecnynaklad.cz/inc/clanky/likvid.pdf>
- [34] *Bojový řád jednotek požární ochrany: Ropné havárie - normé stěny* [online]. [cit. 2017-02-12]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/bojovy-rad-jednotek-pozarni-ochrany-v-dokumentech-491249.aspx>
- [35] ŠTĚPÁNKOVÁ, Andrea. *Odstraňování kontaminací ropnými látkami* [online]. Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky, 2007 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: http://is.mendelu.cz/zp/portal_zp.pl?prehled=vyhledavani;podrobnosti=18420;..prace.. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Fryč, CSc.
- [36] ERBEN, Jan a Martin ANTOŠ. *Sorbenty pro likvidaci úniků ropných látek* [online]. [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Sorbenty-pro-likvidaci-uniku-ropnych-latek>
- [37] *Bojový řád jednotek požární ochrany: Havárie ohrožující vody - ropné havárie* [online]. [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/bojovy-rad-jednotek-pozarni-ochrany-v-dokumentech-491249.aspx>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

IZS	Integrovaný záchranný systém
MW	Megawatt
m ³	Metr krychlový
°C	Stupeň Celsia
Kg	Kilogram
m ²	Metr čtvereční
AN	Dusičnan amonný („amoniu nitrate“)
EU	Evropská unie
HZS	Hasičský záchranný sbor
cm	centimetr
BTEX	označení skupiny cyklických uhlovodíků benzenu, toluenu, ethylbenzenu, xylenu
kWh/t	kilowatthodina/tuna
OČ	oktanové číslo
mg/kg	miligram na kilogram
l	litr
OPIS	Operační a informační středisko
ČR	Česká republika
PP	Polypropylen
ms ⁻¹	metr za sekundu
m	metr
ml	mililitr
mm	milimetr

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Letecký pohled na vybuchlý reaktor [10]	16
Obrázek 2 Hořící plošina Deepwater Horizon [17]	19
Obrázek 3 Princip ventingu v uspořádání in-situ [26]	26
Obrázek 4 Princip ventingu v uspořádání ex-situ [26]	27
Obrázek 5 Air-sparging [26]	28
Obrázek 6 Schéma sanačního čerpání [26]	30
Obrázek 7 Kompostárna [27]	32
Obrázek 8 Laguna zasažená fenoly [27]	32
Obrázek 9 Bioventing [26]	33
Obrázek 10 Schéma propustné reakční bariéry [27]	34
Obrázek 11 Schéma promývání zeminy [26]	35
Obrázek 12 Schéma praní zeminy [26]	36
Obrázek 13 Oktanové číslo benzinů u čerpacích stanic [30]	41
Obrázek 14 Graf vyrobených automobilů [zdroj: http://portal.sda-cia.cz/]	42
Obrázek 15 Graf vyrobených nákladních automobilů [zdroj: http://portal.sda-cia.cz/]	43
Obrázek 16 Graf vyrobených motocyklů [zdroj: http://portal.sda-cia.cz/]	44
Obrázek 17 Mapa místa dopravní nehody [zdroj: autor]	46

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Počet nových automobilů [zdroj: http://portal.sda-cia.cz/].....	42
Tabulka 2 Počet nových nákladních automobilů [zdroj: http://portal.sda-cia.cz/]	43
Tabulka 3 Počet motocyklů v ČR [zdroj: http://portal.sda-cia.cz/]	43
Tabulka 4 Počet ojetých automobilů [zdroj: http://portal.sda-cia.cz/].....	44
Tabulka 5 Počet ojetých motocyklů [zdroj: http://portal.sda-cia.cz/].....	45