

Metody a prostředky pro dekontaminaci terénu a objektů

Karel Podmela

Bakalářská práce
2014



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: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Karel Podmela**
Osobní číslo: **L11047**
Studijní program: **B2825 Ochrana obyvatelstva**
Studijní obor: **Ochrana obyvatelstva**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Metody a prostředky pro dekontaminaci terénu a objektů**

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor základních pojmů a legislativy
2. Charakteristika průmyslových havárií
3. Metody a prostředky používané IZS ČR pro dekontaminaci
4. Řešení modelové situace průmyslové havárie
5. Návrh opatření

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] MAŠEK, Ivan, Otakar J MIKA a Miloš ZEMAN. Prevence závažných průmyslových havárií. Vyd. 1. Brno: VUT FCH, 98 s. ISBN 80-214-3336-1.

[2] ŠVEC, Jiří, Otakar J MIKA a Miloš ZEMAN. Radioaktivita a ionizující záření: doplňující učební text pro předměty Bakalářská fyzika, Aplikovaná fyzika, Ochrana před zářením. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005, 98 s. ISBN 80-866-3462-0.

[3] KOTINSKÝ, Petr, Jaroslava HEJDOVÁ a Miloš ZEMAN. Dekontaminace v požární ochraně: doplňující učební text pro předměty Bakalářská fyzika, Aplikovaná fyzika, Ochrana před zářením. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003, 36 s. ISBN 80-866-3431-0.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ivan Mašek, CSc.**
Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání bakalářské práce: **21. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 2014**

V Uherském Hradišti dne 21. února 2014


prof. PhDr. Ivo Barteček, CSc.
děkan




prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá metodami a prostředky, jak pro dekontaminaci terénu a objektů, tak dekontaminaci při úniku nebezpečných látek při průmyslové havárii s využitím sil Integrovaného záchranného systému. V teoretické části jsou uvedeny důležité základní pojmy a legislativa, dále také využívané metody a prostředky pro dekontaminaci. Je zde také uvedena charakteristika průmyslových havárií. V praktické části se seznámíme se specializovaným softwarem TerEx, za pomoci kterého je vymodelována situace havárie cisterny a úniku nebezpečné látky. Popsána je zde také charakteristika vybrané nebezpečné chemické látky. Hlavní součástí je vyhodnocení modelové situace, kde jsou využity metody a prostředky pro dekontaminaci zasaženého terénu a zabránění dalšího šíření této látky. Na závěr je krátké zhodnocení situace a doporučená optimalizace pro podobné situace.

Klíčová slova: dekontaminace, metody, prostředky, Integrovaný záchranný systém, nebezpečná látka, TerEx, havárie

ABSTRACT

This thesis is about methods and means as for the decontamination of terrain and objects as for the decontamination of hazardous substance released in industrial accident with utilizing the forces of the Integrated Rescue Service. The theoretical section provides as important basic concepts and legislation, as methods and means used for decontamination. Furthermore it identifies characteristics of industrial accidents. In the practical part, it introduces specialized software TerEx, which is used for project accident of a tank and release of hazardous substances. The characteristic of selected hazardous chemicals are also described in this part. The main part is an evaluation of theoretical example where the methods and means are used for the decontamination of affected ground and prevent further spread of this substance. In conclusion, there is a brief assessment of the situation and recommended optimization for similar situations.

Keywords: decontamination, methods, means, Integrated Rescue Service, hazardous accident, TerEx, accident

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu doc. Ing. Ivanu Maškovi, CSc. Svému vedoucímu bakalářské práce za připomínky při zpracování tématu a také za poskytnutí kontaktu na pana Ing. Skoumala z vojenského výzkumného ústavu Brno, který mi věnoval svůj čas a četné materiály, které jsem hojně využíval při tvorbě své práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Rakovi, který mi několikrát poskytl přístup do učebny se specializovaným softwarem TerEx a v neposlední řadě panu Ing. Strohmandlovi za pomoc zejména ohledně normy ISO 690. Na závěr bych chtěl poděkovat své rodině za psychickou i finanční podporu při studiu.

Motto

„Člověk by se nad sebou měl vždy zamyslet, než udělá něco, čeho bude v budoucnosti litovat. Život není zase tak dlouhý, aby pohltil všechny naše chyby.“

Prohlašuji, že

- 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 předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v archivu Fakulty logistiky a krizového řízení Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že 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 předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že 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;
- beru na vědomí, že podle § 60 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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské 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 na bakalářské práci pracoval/a samostatně a použitou literaturu jsem citoval/a. V případě publikace výsledků budu uveden/a jako spoluautor/ka
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

V Uherském Hradišti dne 5. 5. 2014.


.....
podpis studenta/ky

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 UVEDENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ A LEGISLATIVY	11
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY	11
1.2 LEGISLATIVA.....	15
1.3 STRUČNÁ HISTORIE	16
2 CHARAKTERISTIKA PRŮMYSLOVÝCH HAVÁRIÍ	18
2.1 ÚVOD	18
2.2 RADIAČNÍ HAVÁRIE.....	18
2.2.1 Fáze radiační havárie, cesty ozáření.....	20
2.3 CHEMICKÉ HAVÁRIE.....	21
3 DEKONTAMINACE	24
3.1 KONTAMINACE.....	24
3.1.1 Mikrobiální kontaminace	24
3.1.2 Původci infekčních onemocnění	25
3.2 METODY A PROSTŘEDKY PRO DEKONTAMINACI	29
3.2.1 Fyzikální postupy dezinfekce a sterilizace.....	30
3.2.2 Záření a vlnění.....	32
3.2.3 Filtrace.....	33
3.2.4 Plazma	33
3.2.5 Úklid a mechanická očista – tzv. suchý způsob.....	33
3.2.6 Chemické postupy dezinfekce a sterilizace.....	34
4 CÍL PRÁCE A METODY ZPRACOVÁNÍ	36
II PRAKTICKÁ ČÁST	37
5 HAVÁRIE CISTERNY PŘEVÁŽEJÍCÍ NEBEZPEČNOU LÁTKU	38
5.1 CHARAKTERISTIKA KONTAMINOVANÝCH POVRCHŮ	38
5.1.1 Charakteristika povrchů z hlediska průniku kontaminantů do jejich struktury	38
5.1.2 Charakteristika povrchů z hlediska jejich dekontaminovatelnosti.....	39
5.1.3 Charakteristika povrchů z hlediska členitosti a jejich znečištění.....	40
5.2 SPECIALIZOVANÝ SOFTWARE TEREX.....	41
5.3 VÝBĚR LÁTKY PRO ŘEŠENÍ MODELOVÉ SITUACE	42
5.4 CHARAKTERISTIKA BENZÍNU	43
5.5 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ.....	44
5.6 LOKALIZACE MÍSTA HAVÁRIE.....	45
5.7 VYHODNOCENÍ HAVÁRIE	47
5.8 OBECNÝ POSTUP A METODY PŘI ÚNIKU ROPNÉ LÁTKY	50
6 ŘEŠENÍ MODELOVÉ SITUACE PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE	52
7 NÁVRH OPATŘENÍ	56
ZÁVĚR	58
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	59

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	62
SEZNAM OBRÁZKŮ	63
SEZNAM GRAFŮ	64

ÚVOD

V dnešním světě velice často dochází k haváriím v důsledku úniku nebezpečných látek, a to hned v několika případech, mezi něž patří například: skladování, výroba, manipulace, přeprava a na posledním místě likvidace tohoto nebezpečného chemického odpadu. Další vážné havárie mohou být a většinou jsou způsobeny lidským faktorem, ale také selháním techniky. Co se prevence týče, je zde důležité zlepšování havarijní připravenosti. V případě havárie, je nutné, aby jednotlivé složky IZS dokázali kooperovat svůj postup a práce byla co možná nejvíce efektivní. Nemalou hodnotu má technické vybavení, tedy prostředky, kterými IZS disponuje.

V České republice dochází k přepravě nebezpečných látek nejčastěji po pozemních komunikacích a nejvíce vyskytující se přepravované látky jsou pohonné hmoty. Při převozu nebezpečných látek dochází velice často k vážným haváriím na pozemních komunikacích, které mohou mít závažné dopady na zdraví, životy občanů, zvířat a způsobit značné ekologické škody. Největší problém v této oblasti je ten, že není možné havárie předpovídat, tak jako není předem známé místo, kde havárie nastane a není tedy možné vytvořit konkrétní plán opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí tak jako to jde u statických objektů. Tím spíše je důležitá prevence a s tím související fakt, že všechny osoby, které se setkávají s nebezpečnými látkami, by měly být obeznámeny s tím, jaká rizika hrozí s konkrétními látkami, jak s nimi nakládat a jak se zachovat, pokud dojde k havárii a následnému úniku těchto nebezpečných látek. Tomuto problému bude věnována samostatná kapitola v praktické části, přesněji celkovému průběhu situace a následnému provádění dekontaminace.

Hlavní část zájmu bude směřovat k metodám a prostředkům pro dekontaminaci, kde je třeba si ujasnit důležité pojmy a postupy. Metod je totiž celá řada, ale jen odborník, nebo člověk, který se o tuto problematiku zajímá, může odhadnout, jakou metodu na jaký typ kontaminace a kontaminovaného povrchu použít. Následně bude těchto poznatků využito v praktické části v modelové situaci.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 UVEDENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ A LEGISLATIVY

Pro lepší porozumění dané problematiky je třeba uvést a vysvětlit důležité a často zmiňované pojmy.

1.1 Základní pojmy

Dekontaminace

Pojmem dekontaminace se rozumí odmoření, zbavení se nečistot a to včetně choroboplodných zárodků a radioaktivních zplodin. Podrobněji se s tímto pojmem seznámíme v samostatné kapitole. [3]

Dezaktivace

Dezaktivací se rozumí odstranění radioaktivních látek a to jak z povrchů osob, zvířat, materiálu, výzbroje tak i z rozsáhlého terénu a objektů. Je to součást dekontaminace. Pro správnou a úspěšnou dezaktivaci se využívají dezaktivací látky, směsi a speciální technika a zařízení.

Dezaktivací látky

Látky různé chemické podstaty, které se využívají k přípravě dezaktivací směsí. Mezi ně patří detergenty (tenzidy či povrchově aktivní látky), voda, rozpouštědla (např. benzin a nafta), kyseliny, zásady, pěnotvorné látky, soli a makromolekulární a další látky, které vhodně upravují vlastnost směsi.

Dezaktivací směs

Je to směs látek daného složení, která se využívá k dezaktivaci. Tato směs obsahuje nejčastěji detergenty a vodu. V zimě, kdy není možné využívat vodu, je zapotřebí ji vyměnit za nemrznoucí rozpouštědlo (benzin, nafta nebo voda s nemrznoucí směsí)

Doba expozice

Dobou expozice se rozumí čas, po který jsou osoby, materiály aj. vystaveny ionizujícímu záření nebo účinkům chemických látek.

Dozimetr

Přístroj, který je určen k měření obdržené dávky záření u osob. Dělí se na osobní a skupinové. Je to nezbytná pomůcka pro kontrolu ozáření osob a to jak pro pracovníky v rizikovém prostředí, tak pro kontrolu postižených. Na trhu je velké množství dozimetrů a to např.: filmový dozimetr, diagnostický dozimetr, chemický dozimetr, samoodečítací dozimetr a tužkový dozimetr.

Havárie

Nežádoucí mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s provozem technických zařízení, výrobou, užitím, skladováním, zneškodňováním nebo přepravou nebezpečných látek, která vede ke ztrátě života, poškození nebo ohrožení zdraví lidí, živých organismů nebo životního prostředí nebo k prokazatelné újmě na majetku.

Letální dávka

Množství toxické chemické látky, bojové biologické látky nebo dávky záření, které je pro organismus smrtelné. Značka je LD s využitím dolního indexu označujícího procentuální úmrtnost. Nejčastěji se setkáváme s pojmem LD₅₀ což značí, že pro 50 % osob, které obdržely danou dávku, to bude smrtelné. LD₅₀ je označováno jako střední letální dávka.

Nebezpečná chemická látka

Vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemický přípravek, který vykazuje jednu nebo více nebezpečných vlastností, klasifikovaných podle zákona č. 350/2011 Sb., o chemických látkách. [20]

Objekt

Je to celý prostor, nebo soubor prostorů, v němž je umístěna nebezpečná látka v jednom, nebo více zařízeních, včetně společných, nebo souvisejících infrastruktur a činností, ve vlastnictví nebo v užívání provozovatele.

Nehoda

Nehodou rozumíme událost, která má za následek nepřípustné uvolnění radioaktivních, chemických, či biologických látek nebo ionizujícího záření v míře, které přesahuje stanovené omezení. (přesáhnutí normálních či povolených hodnot).

Riziko závažné havárie

Pravděpodobnost vzniku závažné havárie a jejích možných následků, které by mohly nastat během určitého období nebo za určitých okolností.

Toxicita

Je to vlastnost některých látek způsobovat po proniknutí do organismu chorobné změny nebo i smrt.

Umístění nebezpečné látky

Projektové množství nebezpečné látky, která je nebo bude vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována v objektu nebo zařízení která se může nahromadit v objektu nebo zařízení při vzniku závažné havárie.

Závažná havárie

Je to mimořádná událost (dále jen MU), která je částečně, nebo úplně neovladatelná, časově a prostorově ohraničená. Tato MU vznikla, nebo hrozí její vznik v souvislosti s užíváním objektu nebo zařízení, v němž je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována. MU, která vede k bezprostřednímu, nebo následnému ohrožení na životě či zdraví občanů a zvířat, poškození majetku a životního prostředí. [1]

Radioaktivita

Atomy všech prvků se skládají ze tří druhů subatomárních částic: protonů, neutronů a elektronů. Protony a neutrony tvoří jádro atomu, kde je soustředěna prakticky veškerá hmotnost atomu. Elektrony obíhají kolem jádra po přibližně kruhových drahách v relativně značných vzdálenostech.

Ne všechny kombinace počtu protonů a neutronů tvoří stabilní jádra. Lehká jádra se skládají z přibližně stejného počtu protonů a neutronů, v těžších jádrech se podíl neutronů stále zvyšuje. Je to nutné proto, že kladně nabitě protony se navzájem elektrostaticky odpuzují a toto odpuzování je v jádrech s více než deseti protony již tak silné, že ke stabilitě jádra je zapotřebí přebytku neutronů. Hranicí schopnosti neutronů udržet jádro stabilní je izotop vizmutu, který je nejtěžším stabilním nuklidem. Všechna těžší jádra jsou nestabilní a samovolně se rozpadají na jádra lehčí, která jsou stabilní nebo ke stabilní konfiguraci jádra vedou. Tento jev nazýváme přirozená radioaktivita.

Dále existuje radioaktivita umělá, kdy je nestabilita jádra vyvolána uměle a to většinou jadernou reakcí. Je nutno podotknout, že umělá radioaktivita se řídí stejnými zákony jako radioaktivita přirozená.

Radioaktivní rozpad má tři významné vlastnosti:

- mění chemickou podstatu látky,
- je nezávislý na vnějších podmínkách (tlak, teplota, vlhkost, ap.),
- je doprovázen emisí tří druhů záření – α , β , γ – které působí na hmotu (ionizace, fluorescence, černání fotografických vrstev ap.) Dále však mohou být emitovány protony a neutrony.

Jaderné záření a jeho vlastnosti

- záření alfa

Je tvořeno jádry hélia. Částice alfa nesou dva elementární kladné náboje.

Při průchodu částic alfa hmotou dojde k ionizaci. Tyto částice vytváří při srážkách s atomy kladné a záporné ionty. Dráha, při které alfa částice vyzáří všechnu svou energii, nazýváme dolet. Dolet záření alfa je velmi malý. V plynech hovoříme o několika centimetrech, v kapalinách a pevných látkách je řeč pouze o zlomcích milimetru. Ochrana před zevním ozářením tudíž nepředstavuje velký problém.

- záření beta

Je tvořeno rychlými elektrony nebo pozitrony se značným rozsahem energie. Elektrony jsou z jádra emitovány při samovolné přeměně jaderného neutronu na proton, elektron a antineutrino. Záření beta má spojité energetické spektrum, to znamená, že obsahuje částice s energiemi od nuly až po určitou maximální energii, která je pro daný nuklid charakteristická.

- záření gama

Je to elektromagnetické záření s velmi krátkou vlnovou délkou. Vzniká při jaderných reakcích nebo radioaktivním rozpadu přechodem jádra z vyššího do nižšího energetického stavu, přičemž se jádro zbavuje své excitační energie. Čistých gama zářičů je velmi málo, většinou je doprovázeno spolu s alfa či beta zářením. Interakce gama záření s hmotným prostředím se výrazně odlišuje od interakce elektricky nabitých částic. Při průchodu pro-

středím uvolňují fotony elektricky nabitě částice a předávají jim energii dodatečnou k tomu, aby byly schopné prostředí ionizovat a excitovat. Gama záření je tedy záření nepřímo ionizující.

1.2 Legislativa

Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky a o změně zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií). Tento zákon tedy stanoví systém prevence závažných havárií pro objekty a zařízení, v nichž je umístěna vybraná nebezpečná chemická látka nebo přípravek. [9]

Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). Tento zákon zapracovává příslušné předpisy EU, navazuje na přímo použitelné předpisy EU a upravuje práva a povinnosti právnických osob a podnikajících fyzických osob při výrobě, klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh, používání vývozu a dovozu chemických látek nebo látek obsažených ve směsích nebo předmětech. Dále zpracovává správnou laboratorní praxi a působnost správních orgánů při zajišťování ochrany před škodlivými účinky látek a směsí. [10]

Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů. Tento zákon upravuje způsob využívání jaderné energie a ionizujícího záření a podmínky vykonávání činností souvisejících s využíváním jaderné energie a činností vedoucích k ozáření. Dále upravuje systém ochrany osob a životního prostředí před nežádoucími účinky ionizujícího záření, povinnosti při přípravě a provádění zásahů vedoucích ke snížení přírodního ozáření a ozáření v důsledku radiačních nehod. Klade zvláštní požadavky pro zajištění občanskoprávní odpovědnosti za škody v případě jaderných škod. Dále zahrnuje také podmínky zajištění bezpečného nakládání

s radioaktivními odpady a výkon správy a dozoru při využívání jaderné energie, při činnostech vedoucích k ozáření a nad jadernými položkami. [11]

Zákon č. 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 MU. HZS při plnění svých úkolů spolupracuje se správními úřady a jinými státními orgány, orgány samosprávy, právníckými a fyzickými osobami, s mezinárodními organizacemi a zahraničními subjekty. Předmětem spolupráce je zejména stanovení práv a povinností při vzájemném poskytování pomoci a informací při MU, pokud tomu nebrání ustanovení jiných právních předpisů nebo povinnost mlčenlivosti. [12]

Zákon č. 239/2000 Sb., o Integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, v platném znění.

Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů, v platném znění.

Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb. [26]

Vyhláška č. 389/2008 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, v platném znění.

1.3 Stručná historie

Jedny z prvních vědeckých aplikací dekontaminačních látek sahají zhruba 150 let do minulosti, je ovšem nutno vzpomenout, že empirické praktikování sahá až do starověku (Bible, Homér, Aristoteles, aj.). Klíčové události pro vývoj dekontaminace:

- 1438 – Magistrát zdravotnictví – založen v Benátkách, jehož hlavní funkcí bylo provádění fumigace nákladů přivážených do přístavu. Vznikem této instituce byl položen základ prevence a aktivní ochrany proti nejrůznějším infekčním onemocněním, parazitům a jiným možným znečištěním,
- 1676 – chemická látka – usmrcení mikroorganismu (vinný ocet, A. van Leeuwenhoek),
- 2. polovina 18 století – chlór (1744, C.W.Scheele), chlornany (1789. C. L Berthollet),
- 1810 – Nicolas Appert – konzervace,
- 1879 – parní autokláv (Ch. Chamberland) – inspirace L. Pasteur – objev sterilizační efektivity přehřáté vodní páry,
- 1877 – antimikrobionální efekt světelného záření – UV (A.Downes a T. P. Blunt),
- 1881 – “On Desinfection“ (R. Koch),
- 1897 – základ chemické dezinfekce - „fenol koeficientová metoda“ (B. Kronig a T. Paul),
- 20. století - mohutný rozvoj chemie (především organické). [8]

2 CHARAKTERISTIKA PRŮMYSLOVÝCH HAVÁRIÍ

2.1 Úvod

V moderní době 21. století se neustále více rozvíjí průmyslová činnost pro uspokojení potřeb obyvatelstva, které se exponenciálně rozrůstá. Všechno má ovšem i své negativní stránky a to zde platí dvojnásob. Jedna z nich je možnost vzniku závažné havárie, toxického, hořlavého nebo výbušného charakteru. Jedná se zejména o nebezpečné chemické látky a přípravky, které jsou charakterizované příslušnou legislativou. Pokud dojde k havárii, může dojít ke ztrátám na lidských životech, ohrožení zdraví lidí a zvířat, nebo velice vážně poškodit životní prostředí. Nesmí se zapomenout také na radioaktivní látky a nebezpečné biologické látky. Z historie je známo opravdu velké množství ať již méně či více závažných havárií, které měly nejrůznější negativní dopady na lidské životy, jejich zdraví, majetek a také životní prostředí. V současné době se vyrábí, zpracovává, dopravuje, skladuje a účelově využívá obrovské množství chemických látek a přípravků. [1]

Ročně se ve světě vyrobí na 10 milionů tun chemických látek což je zhruba 65 kg/sec. [11]

Kromě výše uvedených jsou velice významné také další chemické látky a přípravky, které vykazují oxidující, zdraví škodlivé, dráždivé, žíravé, senzibilující, karcinogenní, mutagenní, toxické pro reprodukci a nebezpečné pro životní prostředí.

Při výrobě, používání, skladování a manipulaci s nebezpečnými chemickými látkami a přípravky nelze nikdy vyloučit, že dojde ke vzniku havárie a to jakéhokoliv rozsahu. Okrajově je třeba zmínit, že nejen průmysl využívá velké množství chemických látek a přípravků. Také v zemědělství je využíváno velké množství agrochemikálií, které mají také některé nežádoucí a nepříznivé vlastnosti a to především toxicitu. Jako průmyslové chemikálie mohou ohrožovat člověka, zvířata a životní prostředí. [1]

2.2 Radiační havárie

Jaderné elektrárny mají dnes vysoké zastoupení mezi zdroji elektrické energie ať už ve světě, nebo u nás. V České republice se jedná o dvě jaderné elektrárny a to jsou Dukovany a Temelín. Jaderná elektrárna Dukovany zabezpečuje až jednu čtvrtinu produkce elektrické energie v ČR. Nutno podotknout, že ohledně požadavků na bezpečnost, je na ně kladen velice vysoký důraz, žádný jiný obor lidské činnosti nemá tak přísně vymezená bezpeč-

nostní pravidla jako jaderná energetika a celkové využívání radioaktivních materiálů. Nahrazení klasických tepelných elektráren, které spalují uhlí je při nejmenším velice výhodné zejména z hlediska ekologie. Při výrobě elektrické energie pomocí jaderných elektráren totiž nedochází k uvolňování škodlivých látek, které znečišťují životní prostředí jako u elektráren tepelných, řadíme mezi ně zejména oxid siřičitý, oxidy dusíku a také velké množství oxidu uhličitého – skleníkový efekt. Nutno dodat, že u tepelných elektráren dochází i k uvolňování radioaktivních látek, které se nahromadily v uhlí v průběhu geologického vývoje. Uvádí se, že celosvětově je do životního prostředí vypouštěno z tepelných elektráren stokrát více radioaktivity než z elektráren jaderných. [1]

V oblasti kolem jaderných elektráren, stále není zcela vyřešen problém se skladováním použitého paliva a dalšího radioaktivního odpadu. Radioaktivní odpady se dělí většinou podle aktivity a to na přechodné, nízko – a středně aktivní a vysoko aktivní odpady. Zneškodnění nízko – a středně aktivních odpadů spočívá v zajištění jejich úplné izolace od biosféry a to po celou dobu, kdy mohou ohrožovat životní prostředí a zdraví člověka. Tato izolace se provádí v úložištích, která brání uvolňování nebezpečných látek do ovzduší. Doba nutné izolace je obvykle tři sta až pět set let. Ukládají se do povrchových, nebo podpovrchových úložišť, jakými jsou v naší republice úložiště Dukovany, Richard a Bratrství. Před uložením je nutno odpad zpracovat do formy vhodné k uložení. Vyhořelé jaderné palivo nebo jiné vysokoaktivní odpady je nutno izolovat od životního prostředí na značně delší dobu, než je možné v povrchových úložištích, jedná se řádově o desetitisíce let. Toto vyhořelé palivo je skladováno v takzvaných meziskladech, jeden máme i v ČR a to v jaderné elektrárně Dukovany. Vyhořelé palivo však stále obsahuje prvky, které jsou schopné uvolnit značné množství energie, takže je možné, že ho v budoucnosti lidstvo ještě využije. [13]

Únik radioaktivních látek z jaderného reaktoru, který nevede k ohrožení osob a životního prostředí mimo elektrárnu je nazýván radiační nehodou. Pokud je však únik tak velký, že ohrožuje zdraví obyvatelstva a životní prostředí v okolí elektrárny, hovoříme již o radiační havárii. Při radiační havárii se provádějí mimořádná opatření na ochranu zdraví obyvatelstva.

2.2.1 Fáze radiační havárie, cesty ozáření

Fáze havárie důležité z hlediska havarijního plánování se dělí na:

- předúnikovou,
- únikovou,
- poúnikovou,

Předúniková fáze je období, kdy se již předpokládá, že s velkou pravděpodobností dojde k radiační havárii. V této fázi radiační havárie je většina dostupných informací o potenciálním úniku radioaktivních látek a dalším vývoji havárie a jejich následků velmi nejistá. Doposud známé informace jsou opřeny zejména o vývoj situace v jaderném zařízení. Je tedy možné určit velice hrubý odhad potenciálních dávek s použitím odhadu rozsahu a doby trvání úniku radioaktivních látek. Tyto údaje tvoří základ pro zdůvodnění havarijních opatření v předúnikové fázi.

Úniková fáze je období, kdy jsou již známé údaje o zdroji úniku a to prostřednictvím monitorování výpustí nebo kontejnmentu¹. Velmi brzy jsou získány také data z monitorování okolí jaderného zařízení. V této fázi je hlavním rizikem vnitřní kontaminace z inhalace radionuklidů a zevní ozáření z radioaktivního oblaku. Doba trvání únikové fáze je odhadována na několik hodin při krátkodobém úniku až na několik dnů – dlouhodobý únik.

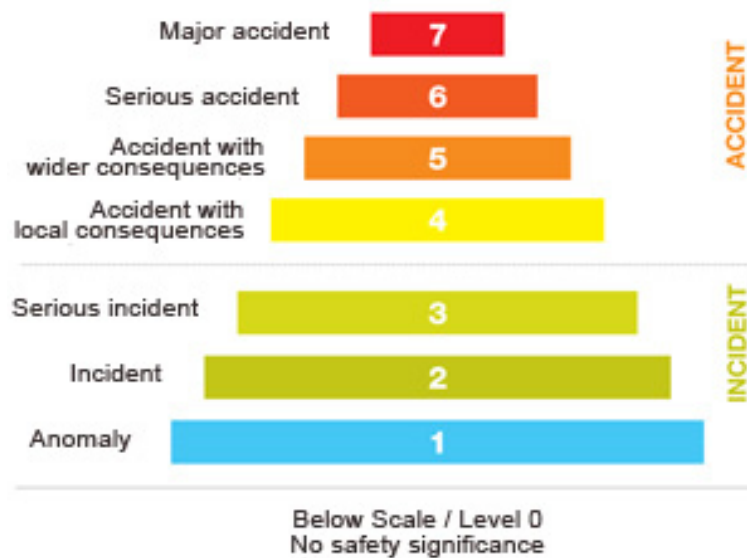
Poúniková fáze, zde se očekává, že bude k dispozici dostatečně kompletní obraz o dávkových příkonech a kontaminaci v zasažených oblastech v okolí havarovaného zařízení. Zde je hlavní riziko zevní ozáření z depozitu (na povrchu usazených radionuklidů) a dále ozáření z vnitřní kontaminace způsobené požíváním kontaminovaných potravin a vody. Co se týče inhalace radioaktivních látek, které jsou rozptýleny ve vzduchu, bude k ozáření přispívat už jen v menší míře. K neodkladným opatřením, která musí být v případě radiační havárie provedena velmi rychle, patří:

¹ **Kontejnment** je ochranná obálka (ochranná budova) vystavěná z oceli a betonu. Spojuje funkci hermetického prostoru pro ochranu před únikem nebezpečných látek do vnějšího prostředí a mechanické ochrany proti vnějším vlivům. [21]

- varování,
- ukrytí,
- evakuace,
- jódová profylaxe.

Dále také regulace spotřeby potravin a vody, regulace pohybu osob, individuální ochranná opatření, dekontaminace osob a oděvů.

Uzavřená řada jaderných událostí, která podle Mezinárodní agentury pro atomovou energii a podle ohrožení osob a životního prostředí, poškození jaderného zařízení a narušení bezpečnostního systému řadí jaderné události do jednoho ze sedmi stupňů, které jsou uvedeny v následujícím obrázku. [14]



Obrázek 1: Stupnice podle rozsahu havárie [27]

2.3 Chemické havárie

Mimořádné události v chemickém průmyslu a dopravní havárie spojené s únikem nebo výbuchem nebezpečných látek mají svoji charakteristiku. Z tohoto důvodu je velice důležité studovat záznamy z již nastalých MU za účelem předvídání jejich výskytu. Nejčastěji

se při chemických haváriích setkáváme s požáry, které jsou většinou doprovázeny explozí a výrony toxických plynů nebo par.

Co se týče největšího ohrožení na lidských životech, tak sem jednoznačně patří toxicita plyných výronů, jak můžeme vidět v tabulce. Naopak ekonomické ztráty jsou vyšší u nehod, u kterých dojde k explozi. Nejvíce nebezpečná exploze je exploze neohrazeného mraku par. Velký mrak těkavých a hořlavých par, který se uvolní ze zařízení a disperguje² do prostoru. Při následné inicializaci pak dojde k obrovské explozi. Ačkoliv jsou chemické provozy považovány za jedny z nejbezpečnějších provozů v průmyslovém odvětví, tak u nich existuje velký nahromaděný energetický potenciál, který může při nežádoucí kombinaci různých faktorů způsobit havárii katastrofických rozměrů. [1] Havarijní následky chemických havárií představují projevy tří hlavních možných variant:

- únik toxické látky – jedovatost,
- požár – tepelné a světelné ozáření,
- výbuch – tlaková vlna a rozlet fragmentů trosk zařízení a objektů.

Hořlavé látky

Mezi nejběžnější hořlavé látky patří různé druhy motorové nafty, lehkých topných olejů, automobilových benzinů, benzen, toluen, kyanovodík, sirouhlík, fosfor, metylalkohol, etylalkohol, acetaldehyd, aceton a další běžně používané látky. Hoření látek patří při haváriích mezi nejvíce ničivé faktory. Dle bodu vzplanutí se rozdělují látky do tzv. tříd nebezpečnosti. Rozeznáváme hořlaviny I., II., III., a IV. třídy. Nejnebezpečnější je třída I., protože má nejnižší bod vzplanutí.

Výbušné látky

Některé látky ve směsi se vzduchem v přítomnosti otevřeného plamene vybuchují. Mohou to být však i jiné iniciační události jako: horké povrchy, zapálená cigareta, jiskry, apod.) Pokud má dojít k výbuchu, je nutné, aby došlo k určité koncentraci plynů, nebo par látky v ovzduší. Toto koncentrační rozpětí, ve kterém tyto látky vybuchují, se nazývá oblast výbušnosti. Nejnebezpečnější jsou látky s nízkou hranicí výbušnosti. Patří mezi ně známé

² Dispergovat - rozptýlit se, rozkládat se [22]

a velmi často používané plyny, jako jsou např. methan, svítiplyn, propan-butan, acetylen, vodík aj.

Šíření oblaků nebo par

Na to, jestli se látka šíří při zemi, nebo uniká do vzduchu, má vliv celá řada faktorů. Jedním z nich je relativní molekulová rychlost. Průměrná relativní molekulová hmotnost vzduchu je 29. Plynné látky s relativní molekulovou hmotností nižší než 29, jsou tedy lehčí než vzduch, a proto unikají do ovzduší a nedrží se při zemi. Plyny těžší než vzduch se tím pádem samozřejmě drží při zemi. [1]

3 DEKONTAMINACE

V následující kapitole si podrobně rozebereme pojem dekontaminace a další pojmy, které jsou s ním spojeny. Samozřejmě se zde dozvíme, jak dekontaminace probíhá, tedy metody a také prostředky, které jsou určeny k co nejefektivnějšímu průběhu a výsledku dekontaminace.

3.1 Kontaminace

Jestliže máme mluvit o pojmu "dekontaminace" a řádně ho definovat, je nutné nejdříve vymezit pojem "kontaminace".

Kontaminaci je možno definovat jako znečištění či zamoření osob, zvířat, věcí, objektů a terénu škodlivými látkami. Možnosti kontaminace jsou různé, od průmyslových a jiných havárií až po vojenskou činnost nebo záměrným působením člověka, například terorismu.

Základní dělení kontaminace je na vnitřní a vnější, kde vnitřní může být hlouběji v lidském organismu či předmětech, což je u člověka možné například požitím – ingestí, vdechnutím – inhalací, kůží – inokulací, sublimací, nebo vsáknutím. Stupeň proniknutí kontaminantu závisí na mnoha faktorech. Důležitý je jak povrch materiálu, tak vlastnosti mikroorganismů či toxinů. Vnější formou pak rozumíme zamoření povrchu a to jak lidského těla, tak terénu, objektů apod.

Další dělení kontaminace je podle typu kontaminantu a to na tři základní typy. Kontaminace chemickými látkami jako jsou sarin, yperit, soman, fosgen, VX, tabun a další. Kontaminace biologickými látkami jako jsou mor, cholera, anthrax, tularemie, tyfus a další. V poslední řadě je to kontaminace radioaktivními látkami, kam řadíme zejména uran, kobalt, plutonium a cesium.

3.1.1 Mikrobiální kontaminace

Mikroorganismy nalezneme všude v životním prostředí, kde se nachází alespoň malé stopy vlhkosti. Působení mikroorganismů jsme neustále vystaveni, avšak většina těchto agens není schopna vyvolat nemoci, mj. i proto, že jako vyšší forma organismu vlastníme přirozený obranný mechanismus. Setkáváme se však také s mikroorganismy, které jsou schopny tento obranný systém překonat, vniknout do organismu hostitele, rozmnožit se v něm a vyvolat onemocnění nebo smrt. Aby se tyto mikroorganismy mohly uplatnit jako

biologická agens, musí být pro člověka resp. organismus tzv. patogenní, tedy schopné vniknout do organismu a vyvolat onemocnění. Onemocnění vyvolané tímto patogenem pak nazýváme infekcí. [2; 3]

3.1.2 Původci infekčních onemocnění

Původci infekčních onemocnění mohou být rozděleny do šesti základních skupin:

Bakterie

Pod pojmem „bakterie“ si představte malé mikroskopické organismy jednobuněčného formátu, které přežívají bez nějakých obtíží v jakémkoliv prostředí. Nevadí jim extrémní podmínky, jako jsou vysoké či nízké teploty. Jsou schopny rozvinout se opravdu na kterémkoliv povrchu, který se vyznačuje unikátní živnou půdou, na níž postupně rostou a množí se binární cestou. Tyto bakterie dosahují délky několika mikrometrů a vynikají tradičním kokovitým anebo tyčinkovitým tvarem. Nežádá se vyskytují v zakřivené či spirálové podobě. [4]

Rickettsie

Tento zvláštní druh bakterie není schopen se rozmnožovat mimo hostitelské buňky. Tyto bakterie nejsou pohyblivé, mají tvar tyčinek nebo koků a ve většině případů jsou málo odolné proti působení chemických prostředků. Některé však mohou být vůči fyzikálním a chemickým vlivům prostředí stálé. [5]

Viry

Viry jsou jedny z nejjednodušších typů živé hmoty, které reprezentují mikroorganismy s nebuněčnou formou života. Jejich velikost je mnohem menší než u bakterií. Viry nemají vlastní metabolismus, a proto jsou zcela závislé na infikovaných buňkách hostitele. Pro svou reprodukci využívají syntetický aparát infikovaných buněk daného organismu.

Plísně (houby)

Plísně jsou mikroskopické organismy vytvářející jemné vláknité povlaky na různých přírodních substrátech, jako jsou např. rostlinné produkty, potraviny a krmiva. Jsou to jednobuněčné nebo případně vícebuněčné heterotrofní organizmy, které většinou nejsou schopny růstu bez kyslíku. Plísně jsou odolné proti obvyklým dezinfekčním přípravkům a slunečnímu záření. Z botanického hlediska se řadí mezi houby. Z přírodního hlediska jsou plísně děleny na půdní, vodní a rostlinné patogeny způsobující choroby rostlin. Některé plísně mohou být patogenní i pro člověka, kdy se množí v jeho tkáních. Za nepříznivých podmínek vytvářejí spory. [2]

Toxiny

Toxiny jsou jedovaté sloučeniny, které produkují mikroorganismy, rostliny i živočichové. Toxicita těchto látek bývá většinou velmi vysoká a toxický účinek se projevuje již při malých dávkách. Intoxikace organismu se projevuje po krátké době, jejíž délka závisí na typu použitého toxinu. Toxiny dělíme např. z pohledu působení na buňku na toxiny cytolytické a toxiny s intracelulárním účinkem. [2]

Geneticky modifikované organismy

Biotechnologie zahrnuje úpravu použití buněk nebo buněčných komponent kontrolovaným způsobem, aby se dosáhl technicky použitelný cíl. Zvyšující znalost buněk a jejich genomů umožňuje ovlivňovat procesy v živých buňkách, např. přenos vlastností od jednoho organismu k druhému. Touto problematikou se zabývá genetické inženýrství. Oblast výzkumu genetického inženýrství pro možné použití v biologických zbraních se zaměřuje na modifikace biologických původců nemocí a má za cíl změnit jejich vlastnosti z hlediska zvýšení patogenity a odolnosti proti vnějšímu prostředí. Má také za úkol znesnadnit jejich detekci a identifikaci, a tím zkomplikovat diagnózu a následné léčení, zjednodušit výrobu a dobu skladování. [2]

Dekontaminace je potřeba všude tam, kde hrozí reálná možnost vzniku či přítomnosti nadlimitního množství nebezpečného, nebo potencionálně nebezpečného kontaminantu, který by měl negativní vliv nejen na člověka, ale na živé organismy obecně. [7]

Termín dekontaminace neboli sanace (odmoření, zbavení nečistot a to včetně choroboplodných zárodků, dezaktivace) je obecně používán pro popis ošetřujícího procesu, jenž umožňuje bezpečně používat zařízení a instrumenty, a to především ve zdravotnickém, farmaceutickém, potravinářském a vojenském prostředí. Tyto dekontaminační procedury v sobě zahrnují spoustu metod a to od prostého čištění pomocí mýdla až po sterilizaci, dezinfekci či dezaktivaci. Sterilizace spočívá v užití fyzikálních nebo chemických procedur, které vedou až k následné eliminaci veškeré mikrobionální formy života a to včetně vysoce odolných bakteriálních endospor. Podobnou avšak v porovnání se sterilizací méně účinnou, ale bezpečnější metodou je dezinfekce, sloužící k eliminaci patogenních mikroorganismů z neživých objektů. Je nutno podotknout, že dekontaminace není spjata jen s odstraňováním biologických kontaminantů, ale je také používána pro popis postupů vedoucích k detoxikaci a deaktivaci nebezpečných chemických látek. Dekontaminaci tedy nalezneme všude, kde hrozí, nebo může hrozit reálná možnost vzniku nebo přítomnosti nadlimitního množství nebezpečného nebo potencionálně nebezpečného kontaminantu, který by mohl mít negativní vliv na živé organismy včetně člověka. Neexistuje však žádný universální postup pro odstraňování mikroorganismů, který by bylo možno využít pro každou situaci. V zásadě záleží na tom, jakého účinku chceme dosáhnout a tímto volíme příslušný způsob, zda chceme zničit všechny zárodky nebo jen skupinu patogenních, zda nám stačí snížit jen jejich počet, anebo pouze zastavit jejich množení. Po posouzení dané situace a na základě znalostí a zkušeností přistupujeme k volbě správného postupu. V podstatě lze způsoby dekontaminace rozdělit na fyzikální a chemické postupy.

Dekontaminaci můžeme dále dělit podle jejího účelu:

- provozní dekontaminace – prováděna zejména u objektů, kde se počítá s jejich dalším využitím, z čehož vyplývá, že užité vlastnosti materiálu musí být zachovány. To však může omezovat dekontaminaci, nelze totiž využít nejúčinnější metody, které jsou spojeny s nebezpečím poškození materiálu. Ve velké většině případů nemusí být úplná dekontaminace vyžadována z důvodu opětovné kontaminace objektu při jeho dalším použití. Provozní dekontaminace se tedy provádí do takového stupně, kdy je zbytková kontaminace vázána na povrch předmětu a dále nehrozí kontaminace při styku s povrchem,
- likvidační dekontaminace – provádí se u materiálů, které dále nebudou k ničemu potřeba, označených jako odpad. Je tedy možné využívat účinných, ač leckdy agre-

sivních dekontaminačních prostředků, kdy nám nezáleží na poničení povrchu, a ani na zachování užitných vlastností materiálu. Cílem likvidační dekontaminace je snížit úroveň kontaminace na takovou úroveň, aby objekt nebyl dále nebezpečný a označován jako kontaminovaný podle legislativních kritérií.

Dekontaminace by měla být v ideálním případě provedena ihned po kontaminaci, při dodržení tohoto pravidla zvýšíme možnost úspěšného provedení dekontaminace. Při nevhodné dekontaminaci totiž dochází k interakci mezi kontaminantem a povrchem kontaminovaného objektu tzn. fyzikální a chemické reakce, prostup kontaminantu do hloubky povrchového materiálu aj. Další dělení dekontaminace můžeme tedy provést následovně:

- částečná dekontaminace – jinými slovy předběžná dekontaminace, u které je cílem co nejrychlejší snížení kontaminace na úroveň dovolující omezené použití kontaminovaného objektu či provedení nezbytných činností před důkladnou dekontaminací. Tato metoda slouží zejména k dalšímu šíření kontaminace. Provedení částečné dekontaminace má však své pro a proti, může nám usnadnit další důkladnou dekontaminaci, ale také ji na druhou stranu velice znesnadnit, pokud je použita špatná předběžná dekontaminace,
- úplná dekontaminace – zde také platí, že v ideálním případě je provedena ihned po kontaminaci, jinak až po provedení částečné dekontaminace. Cílem je dekontaminovat předmět nebo materiál na co nejnižší možné hodnoty s uvážením jeho charakteru a následného použití.

Pro úspěšné provedení dekontaminace jsou důležité i tyto další faktory:

- výběr vhodných konstrukčních a jiných materiálů pro výrobu a konstrukci zařízení a objektů, u kterých je očekáváno, že přijdou do styku s kontaminanty,
- výběr obtížně kontaminovatelných, ale snadno dekontaminovatelných materiálů,
- výběr materiálů odolných vůči dekontaminačním činidlům,
- vhodný design zařízení – už při návrhu zařízení či objektu musí být vzata v úvahu možnost kontaminace v obtížných místech, tzn. vyvarování se nedosažitelných míst pro dekontaminaci,
- předem chránit povrch zařízení před možnou kontaminací a to např. snímatelným nátěrem či chemickými látkami k tomu určenými.

3.2 Metody a prostředky pro dekontaminaci

Pro dekontaminaci existuje celá řada metod a prostředků, které si objasníme dále, nejprve si však představíme, co by mělo splňovat ideální dekontaminační činidlo pro naši práci.

- minimální riziko pro obsluhující personál a životní prostředí,
- šetrnost k dekontaminovaným materiálům,
- snadnost a definovatelnost provedení.

Charakterizace ideálního dekontaminačního činidla

- vysoký stupeň účinnosti – rychlá aktivita,
- dlouhotrvající výsledek,
- opakovatelnost použití,
- cenová přijatelnost,
- odolnost vůči organickým materiálům,
- netoxičita vůči lidem a životnímu prostředí,
- aplikace na široké spektrum chemických, popřípadě biologických kontaminantů,
- nešpinící (nezanechávající nevratné stopy na ošetřených materiálech),
- bez nepříjemného zápachu,
- snadná a bezpečná manipulace,
- dlouhodobá skladovatelnost,
- neomezenost nakládání při likvidaci,
- materiálová snášenlivost,
- snadná detekovatelnou,
- rychlá účinnost,
- schopnost dekontaminace velkých prostor a budov. [7; 19]

3.2.1 Fyzikální postupy dezinfekce a sterilizace

Teplo

Na využití tepla při dekontaminaci je vidět, že nemůže existovat univerzální postup pro odstraňování mikroorganismů. Sterilizace plamenem je sice rychlá a velice účinná, ale bohužel většinu sterilizovaných předmětů zničí.

Plamen

Bakteriologické kličky se sterilizují vyžeháním v plameni kahanu. Pájecí lampou můžeme opalovat zdivo kontaminované dřevomorkou. Spalování (zpopelnění) drobných předmětů ve spalovacích pecích je účinné u vysoce virulentních nákaz a využívá se k likvidaci infikovaných pokusných zvířat, obvazů a jiného biologického materiálu ze zdravotnických zařízení.

Horký vzduch

K horkovzdušné sterilizaci se obvykle využívá teplot mezi 160 °C až 180 °C. Přístroje k tomu určené nesou název horkovzdušné sterilizátory. Výhodou je především jejich cena. Nevýhodou je to, že se dají sterilizovat jen předměty z odolných materiálů jako je např. sklo nebo porcelán a to z důvodu poškození. Kovové nástroje ztrácejí opakovaným používáním tohoto typu sterilizace tvrdost a tupí se. Dřevo, papír, textil, korek apod. se sterilizují jen při teplotě 160 °C, ale i při této teplotě ztrácí své vlastnosti i vzhled. Mechanismem účinku horkého vzduchu se zdá být denaturace bílkovin. Při teplotě 180 °C jsou do 5 minut zabity prakticky všechny nesporeující mikroby. Viry jsou citlivější, s výjimkou viru hepatitidy B, která se v krvi inaktivuje až za 60 minut při teplotě 160 °C. Proti suchému teplu jsou nejodolnější spory, ty nejrezistentnější se zničí až za 15 minut při teplotě 180 °C. [28]

Pára pod tlakem

S tlakem vodní páry stoupá téměř lineárně i její teplota, při tlaku 0,2 MPa má teplotu 121 °C, při tlaku 0,3 MPa přibližně 134 °C. Ke sterilizaci parou pod tlakem se používá přístroj, který se nazývá parní sterilizátor neboli autokláv. Parní sterilizátor lze použít na kov, sklo, porcelán, obvazový materiál, bavlněné a lněné prádlo, některé roztoky a jen zřídka na plasty. Gumové předměty lze tímto způsobem sterilizovat, jen pokud se nedotýkají. V autoklávu nelze sterilizovat např. termolabilní roztoky nebo endoskopy. Použití páry pod tlakem je z praktického hlediska nejspolehlivější a poměrně i ekonomické. Pára při styku s chladnějšími předměty kondenzuje na vodu, přitom předá ohromné množství výparného tepla, které usmrtí přítomné mikroorganismy tepelnou denaturací bílkovin, rozkladem nukleových kyselin a

porušením buněčných membrán. Protože se při této metodě jedná o tzv. vlhké teplo, je jeho působení na mikroorganismy daleko účinnější než za použití suchého tepla, a proto jsou i expoziční doby daleko kratší než jen při horkovzdušné sterilizaci.

Proudící pára

Za normálního tlaku má proudící pára teplotu 100 °C a prakticky se používá jen k přípravě některých mikrobiologických kultivačních půd nebo lékařských substancí. Pro tento způsob je určený přístroj, který se nazývá Arnoldův přístroj nebo Kochův hrnec. V tomto případě nejde o sterilizační postup, neboť odolné spory tuto teplotu vydrží mnoho hodin. Tento způsob dekontaminace by se dal v domácnosti přirovnat k opakovanému žehlení přes mokrý hadr. [28]

Var

V každém případě var nelze považovat za sterilizační postup, i když většina bakterií, virů a kvasinek bývá varem zničena přibližně kolem dvou minut. *Clostridium botulinum* a *Clostridium tetani* mu odolávají 5 i více hodin, virus hepatitidy B mu může odolávat až 30 minut a spory termofilních mikrobů ho přežijí úplně. Sterilizace varem za normálního tlaku je kvůli své neúčinnosti tedy ve zdravotnictví zakázána.

Frakcionovaná sterilizace

Tento způsob se používá ke zničení spor v termolabilních roztocích, které nelze autoklávovat. Jedná se o trojnásobné opakované zahřívání po dobu 30 minut při teplotě 100 °C, jež je proloženo inkubací přes noc při teplotě 37 °C. Předpokladem je, že první zahřátí zničí vegetativní formy mikrobů, přítomné spory pak přes noc vyklíčí, vzniklé vegetativní buňky se zlikvidují dalším zahřáním. Třetím zahřáním po druhé inkubaci zmizí případné zbylé spory.

Pasterizace

Tímto pojmem se označují tepelné technologické postupy sloužící ke snížení počtu mikrobů v potravinách a nápojích. Rozeznáváme krátkodobé (mžítkové) postupy, což je několikavteřinové zahřátí na teplotu 75 °C a dlouhodobou pasterizaci, což je zahřátí na teplotu 62 °C po dobu 30 minut. [28]

Tyndalizace

Postup je obdobný jako při frakcionované sterilizaci, ale zahřívá se až šestkrát na nižší teploty, a to i na pouhých 60 °C. Tento postup se používá u extrémně termolabilních roztoků. [5]

3.2.2 Záření a vlnění

Ultrafialové záření

Ultrafialové záření (UV) je po teoretické stránce docela účinné, ale po stránce praktické už tomu tak není a to proto, že neproniká do hloubky a na straně předmětu, která je zastíněná se nemůže řádně uplatnit. UV tedy můžeme využít jako doplňující k dezinfekci relativně čistých a prázdných pracovních ploch v bezpečnostních boxech nebo v aseptických³ provozech.

Infračervené záření

Infračervené záření (IF) působí svým tepelným účinkem a to proti mikroorganismům. Tomuto záření se vystavují hlavně odolné předměty, které pokud dosáhnou teploty okolo 180 °C po dobu trvající 20 minut, pak splní parametry, které jsou potřebné pro horkovzdušnou sterilizaci.

Ionizační záření

Ionizační záření se využívá zejména pro radiační sterilizaci. K tomuto postupu je nejvhodnější a také nejpoužívanější gama-záření, které je velice pronikavé. Tento postup se v praxi standardně využívá pro laboratorní či zdravotnické potřeby pro jedno použití vyrobené z některých typů plastů a pryže ba dokonce i obvazy nebo šicí materiál.

Mezi výhody metody ionizačního záření patří vlastnost pronikat jak obaly, tak sterilizovaným materiálem. Doporučená dávka je zde 25 kGy, která zlikviduje většinu bakterií, některé více odolné viry tuto dávku však mohou přežít a proto je vhodné před touto metodou použít metodu dezinfekce.

³ Aseptický znamená zbavený choroboplodných zárodků [23]

3.2.3 Filtrace

S filtrací se v praxi můžeme setkat zejména při nutném snížení mikrobiální kontaminace choulostivých roztoků a vzduchu. Filtrace se využívá k dekontaminaci termolabilních složek některých kultivačních půd, média pro tkáňové kultury a především mnohá léčiva. Tento postup je velmi rozšířen pro filtrování mikrobů ve vodárenství a v potravinářském průmyslu. Mezi filtrační materiály patří slinuté sklo, porcelán, infusoriová hlinka, umělohmotné náhražky azbestu a další. V poslední době jsou tyto filtry nahrazovány membránovými filtry, které jsou vyrobeny z nitrocelulózy a jiných umělých materiálů. Nejspolehlivější pro filtraci vzduchu jsou HEPA-filtry, které jsou schopny odstranit až 99,97 % částic o velikosti 0,3 mikrometru. Přístroje určené ke sterilizaci etylenoxidem či formaldehydem jsou také vybaveny HEPA-filtry, které jsou zde určeny k tomu, aby na závěr sterilizačního cyklu nepronikl do sterilizační komory žádný kontaminovaný vzduch.

3.2.4 Plazma

K novějším způsobům sterilizace patří také využití nízkoteplotního plazmatu. Ve sterilizační komoře se nejprve vytvoří vakuum, ve kterém se odpaří vhodná chemikálie, většinou peroxid vodíku. Poté se molekuly plynu v komoře rozloží na vysoce reaktivní částice. Částice plazmatu reagují s molekulami organických látek, rozkládají je a usmrcují tak mikroorganismy. Teplota při tomto postupu nepřekročí 50 °C a lze tak sterilizovat většinu lékařských pomůcek a nástrojů. Tento cyklus trvá cca jednu hodinu. Plazma není vhodná pro sterilizaci tekutin, prášků, vlhkých a savých předmětů a materiálů obsahujících buničinu. [5]

3.2.5 Úklid a mechanická očista – tzv. suchý způsob

Mezi tyto metody se řadí vytřepávání, vyklepávání a vysávání. Tyto metody jsou pro nás důležité zejména pro zbavení prachu z předmětů a tím také mikrobů. Při tomto postupu však musíme dbát na to, aby se z dekontaminace nestala kontaminace ovzduší a aby nedošlo k šíření původců infekce do okolí.

Před provedením sterilizace nebo dezinfekce nám mechanické odstranění nečistot usnadní práci. V některých případech to však není možné a musíme tak například daný předmět či nástroj určený k dekontaminaci podrobit tzv. před-dezinfekci, která spočívá v ponoření

celého předmětu na dobu nejméně 30 minut do protivirově účinného dezinfekčního prostředku. [6]

3.2.6 Chemické postupy dezinfekce a sterilizace

Nejvhodnějším tříděním dezinfekčních látek pro použití v praxi je třídění podle chemické struktury.

Charakteristická pro účinnost chemických látek je závislost mezi dobou působení a koncentrací. Při chemické dezinfekci dochází ke specifickému účinku chemických látek na mikroorganismy v prostředí, ale i naopak, tzn. počet mikroorganismů a charakter prostředí působí na dezinficiens⁴. Obecně platí, že se účinnost dezinfekčních látek dobou působení a zvyšující se koncentrace zvyšuje. Na druhou stranu je třeba konstatovat, že zbytečně vysoká koncentrace či nadměrná doba dezinfekci prodražují, poškozují materiál a případně mohou i dráždit až leptat pokožku. Odolnost různých typů mikroorganismů se také liší v součinnosti s různými dezinfekčními látkami. Proti chemickým látkám jsou velice odolné mykobakterie, nejvíce však patogenní druhy. Látky snižující povrchové napětí nebo také třeba sloučeniny těžkých kovů na ně téměř neúčinkují. Spolehlivé jsou však při správné koncentraci a expozici některé deriváty fenolu, aldehydy, oxidační činidla a halogeny. Co se týče obalových virů, ty jsou mnohem zranitelnější než bakterie, můžeme na ně tedy použít takřka každý dezinfekční prostředek. Viry bez obalu a virus hepatitidy B jsou již výrazně odolnější. Zde využíváme zejména oxidační činidla, aldehydy, louhy, halogeny a koncentrované kyseliny. Nesmíme zapomenout na velice běžné plísně či mikroskopické houby, na ty jsou taktéž účinné halogeny a aldehydy, ale také Persteril a kvarterní amoniové soli.

Bakteriální spory, které jsou velice odolné proti dezinfekci, je možné porazit zejména díky silným kyselinám, alkáliím a alkylačním činidlům. Při delší expozici a vysoké koncentraci je možné použít také oxidační činidla nebo halogeny.

V první fázi a to při výběru správného dezinfekčního přípravku je nutné se zajímat, zda je účinný na všechny formy nežádoucích bakterií, virů atd.

⁴ Prostředky užívané k umrtvení mikrobů ve vzduchu a na povrchu předmětů [24]

Pomocí dekontaminace je možné dosáhnout dokonce i úplné sterilizace, týká se to ovšem jen některých chemických látek. K chemické sterilizaci využíváme některé plyny, jako jsou formaldehyd nebo ethylenoxid a páry kyseliny peroctové. Silný sterilizační efekt mohou mít při splnění některých podmínek také halogeny, louhy, kyseliny a alkylační činidla. Aplikace chemických látek pro dezinfekci se provádí namočením, postřikem, otíráním nebo odpařováním par. [19]

V teoretické části jsme si tedy ujasnili ty nejdůležitější pojmy a zákony, které se pojí s danou problematikou. Dále jsme si také charakterizovali průmyslové havárie a víme, že i přes zajištěnou bezpečnost při práci, manipulaci i převozu těchto látek je vždy určité riziko, se kterým se musí počítat a nikdy se žádná situace nesmí podcenit. V neposlední řadě byla řeč o dekontaminaci a o nejdůležitějších metodách a prostředcích, kterými je řešena.

4 CÍL PRÁCE A METODY ZPRACOVÁNÍ

Cílem této práce je na základě platného legislativního rámce a dostupných informací o prostředcích a metodách pro provádění dekontaminace vytvoření co možná nejvíce reálné modelové situace jak s grafickým znázorněním, tak podrobným slovním popisem o stávající funkčnosti součinnosti IZS a následných metodách a prostředcích pro dekontaminaci. Z této situace jsou vytvořeny určité návrhy na opatření.

Ke zpracování práce bylo využito metody modelování a to v praktické části, kde je představena modelová situace havárie cisterny, která převáží nebezpečnou látku. Další použité metody jsou: analýza, kompilace a syntéza. Autor čerpal z poznatků, které získal během studia, z nastudované literatury, z dostupných internetových zdrojů, a také z konzultací s pracovníkem Vojenského výzkumného ústavu v Brně a také z konzultací se svým vedoucím práce.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 HAVÁRIE CISTERNY PŘEVÁŽEJÍCÍ NEBEZPEČNOU LÁTKU

Vzhledem k dnešní pokročilé době průmyslu, nárůstu požadavků a rychle se množícímu obyvatelstvu se kladou stále vyšší nároky na výrobu od A do Z. Pokud se podíváme kolem sebe, sotva nalezneme něco, kde nebylo při výrobě třeba jakékoliv chemikálie, které jsou více či méně nebezpečné a to jak k životnímu prostředí, tak k živým organismům. Není se tedy čemu divit, že denně na ulicích člověk vidí všemožné cisterny převážející různé chemikálie a nebezpečné látky a protože jsme jen lidé, děláme chyby. Chybou můžeme v tomto případě rozumět zejména selhání v řízení, nemusí to být samozřejmě selhání řidiče, ale i druhé strany. Také různé vlivy počasí, stav vozovky a další faktory je třeba zohlednit. Modelová situace se bude plně věnovat havárii cisterny, která převáží ropnou látku, benzín.

5.1 Charakteristika kontaminovaných povrchů

Charakter kontaminovaných povrchů, ať již jejich povrchová struktura nebo materiál, ze kterého je vyroben hraje klíčovou roli při plánování a provádění dekontaminačních zásahů. Z tohoto důvodu je vhodné charakterizovat jednotlivé typy a druhy možných povrchů z hlediska jejich odolnosti proti průniku kontaminantů do jejich struktury i z hlediska jejich dekontaminovatelnosti.

5.1.1 Charakteristika povrchů z hlediska průniku kontaminantů do jejich struktury

Podle afinity⁵ povrchu k chemickým kontaminantům lze základní dělení provést na:

Povrchy nasákavé – Jsou to povrchy tvořené většinou málo odolnými materiály proti pronikání organických rozpouštědel. Jedná se zejména o:

- materiály organického původu (dřevo, usně, kožešiny, textil aj.),
- uměle vyrobené materiály z organických sloučenin (plastické hmoty, polymerní materiály, pryže, textil, koženky aj.),

⁵ Schopnost chemických látek slučovat se s jinou látkou nebo částicí [25]

- anorganické materiály s porézní povrchovou strukturou (neglazovaná keramika, zkorodovaný kov, stavební a izolační materiály, povrchy komunikací aj.).

Nejhůře se dekontaminují materiály, které jsou nasákové pro organická rozpouštědla, ale současně odolné proti průniku vodných dekontaminačních směsí. (Plastické hmoty, nátěry, pryž aj.)

Povrchy nenasákové – jež jsou obecně tvořeny materiály odolnými proti pronikání organických rozpouštědel. Jedná se zejména o:

- materiály anorganické s pevnou povrchovou strukturou (sklo, leštěný kámen, glazovaná keramika, leštěný nezkorodovaný kov aj.),
- odolné speciální nátěry nebo anorganické systémy povrchové ochrany (speciální polyurethan, teflon apod.).

Podle afinity k pevným kontaminantům (pevné částice radioaktivních kontaminantů) lze rozčlenit povrchy na:

- málo členité, k nimž patří kovy, nátěry, plastické hmoty, kaučuk. Tyto povrchy mají jemnou strukturu s jemnou pórovitostí. Pronikání radionuklidů do hloubky předmětu je pomalé. Dezaktivace je relativně snadná, zvláště dekontaminací za mokra,
- pórovité materiály, jako textil, kůže, povrch lidského těla apod. Pronikání radionuklidů do hloubky je rychlé a značné, dezaktivace je obtížná,
- hrubé členité materiály, k nimž řadíme terén, vnitřní a vnější povrchy budov, dřevo apod. Dezaktivace těchto materiálů je extrémně obtížná a lze ji efektivně provést pouze mechanickým odstraněním kontaminované vrstvy.

5.1.2 Charakteristika povrchů z hlediska jejich dekontaminovatelnosti

Dekontaminační proces je souhrn opatření a postupů zaměřený na odstranění toxických kontaminantů z povrchu materiálu. K tomu, aby bylo dosaženo účinné dekontaminace, musí být zajištěno:

- kontakt aktivní složky dekontaminačního činidla s kontaminantem, což v praxi znamená dostatečný přísun aktivní složky ke kontaminantu (zejména do míst s vysokou lokální hustotou kontaminace např. kapky OL),
- odstranění zplodin dekontaminačního procesu z dekontaminovaného povrchu.

Podle požadavků na dekontaminační proces lze kontaminované povrchy rozdělit na:

- **snadno dekontaminovatelné** – materiály odolné proti pronikání kontaminantů, materiály nenasákavé,
- **špatně dekontaminovatelné** – materiály málo odolné proti pronikání kontaminantů avšak umožňující i průnik aktivní složky dekontaminační směsi do struktury materiálu. Např. anorganické materiály s porézní povrchovou strukturou (hydrofilní⁶ materiály),
- **nedekontaminovatelné** – materiály málo odolné proti pronikání kontaminantů avšak neumožňující i průnik aktivní složky dekontaminační směsi do struktury materiálu. Dekontaminační směsi na bázi organických rozpouštědel způsobují poškození nebo destrukci dekontaminovaného povrchu. Např. plastické hmoty, pryže, asfalt atp. (hydrofobní⁷ materiály).

5.1.3 Charakteristika povrchů z hlediska členitosti a jejich znečištění

Podle členitosti lze rozdělit potenciálně kontaminované povrchy na:

- **jednoduché** – jedná se o povrchy holé, rovné, bez povrchových nerovností a bez nečistot. Účinnost dekontaminačního zásahu na takových površích se zvyšuje, je však nutno vzít v úvahu otázku materiálu, ze kterého je daný povrch vyroben (např. čisté rovné plochy opatřené nasákavým materiálem budou stále vykazovat nízkou odolnost proti pronikání chemických kontaminantů),
- **členité** – obsahující povrchové nerovnosti, výstupky, členitá strojní zařízení, elektrické rozvody, mřížky, kombinace různých materiálů atp. Účinnost dekontaminačního zásahu je značně snížena, klade velké nároky na spotřebu dekontaminační směsi, použitou dekontaminační technologii, výběr dekontaminačních směsí a pracnost.

Stupeň znečištění kontaminovaných povrchů vykazuje značně rozporuplné výsledky a nelze jednoznačně stanovit, zda množství a materiál nečistot usnadňuje či naopak znesnadňuje

⁶ Schopnost vázat vodu, nebo se v ní rozpouštět

⁷ Odpuzující vodu

je provádění dekontaminačních zásahů. Znečištění povrchů může totiž snižovat (rozprostření kontaminantů na větší plochu) nebo naopak zvyšovat (bariéra, sorpční schopnosti prachových částic nečistot) odolnost povrchu proti pronikání kontaminantů. Účinnost dekontaminačního zásahu lze jen těžko odhadnout a je nutné v každém případě použít větší množství dekontaminační směsi.

5.2 Specializovaný software TEREX

Je to nástroj pro okamžité vyhodnocení dopadů úniku nebezpečné chemické látky, otravné látky či použití výbušného systému. Využití najde zejména pro podniky, instituce, samosprávné a státní orgány IZS. [15]

Mezi jeho přednosti patří:

Jednoduchý vstup, rychlý a snadno pochopitelný výstup. Vhodný pro plánování a výpočet prvních odhadů, potřeby výuky a cvičení. Kombinace odhadu následků průmyslových havárií a výbuchů i následků působení otravných látek a zbraní hromadného ničení. Více než 120 látek v databázi, další rozšiřování databáze. Ideální pro rychlé rozhodování ve stresu. Popis látek, vlastnosti, první pomoc, zraňující projevy atd. Integrovaný GIS, možné využití webových služeb nebo externího GIS. Vícejazyčné prostředí s možností přepínání za běhu programu. Prvotní výsledek i s minimem známých dat.

Vyhodnocení nebezpečných chemických látek podle modelu typu TOXI, tj. dosah a tvar oblaku dle koncentrace toxické látky. Dále podle modelu typu UVCE, tj. působnost vzdušné rázové vlny, vyvolávající detonace směsi látky se vzduchem. Podle modelu PLUME, tj. déletrvající únik plynu do oblaku, únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku, pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku. Podle modelu PUFF, který značí jednorázový únik plynu do oblaku, únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku a podle posledního modelu typu JET FIRE, který značí velikost prostoru ohrožení osob plamennou zónou (efekt Jet Fire, Pool Fire). Výsledky výbušného systému podle modelu TEROR, kde značí možné dopady detonace výbušných systémů, založených na kondenzované fázi, použité s cílem ohrožení okolí detonace. Posledním modelem pro vyhodnocení otravných látek je model POISON, kde šíření oblaku vzniklého rozptýlením otravné látky na určité území (dle rozlohy území, typu látky, způsob rozptýlení a sekundárního odparu). Všechny finální

výsledky jsou velice jednoduché, srozumitelné, jednoznačné a zaměřují se na důležité a námi požadované informace. [15]

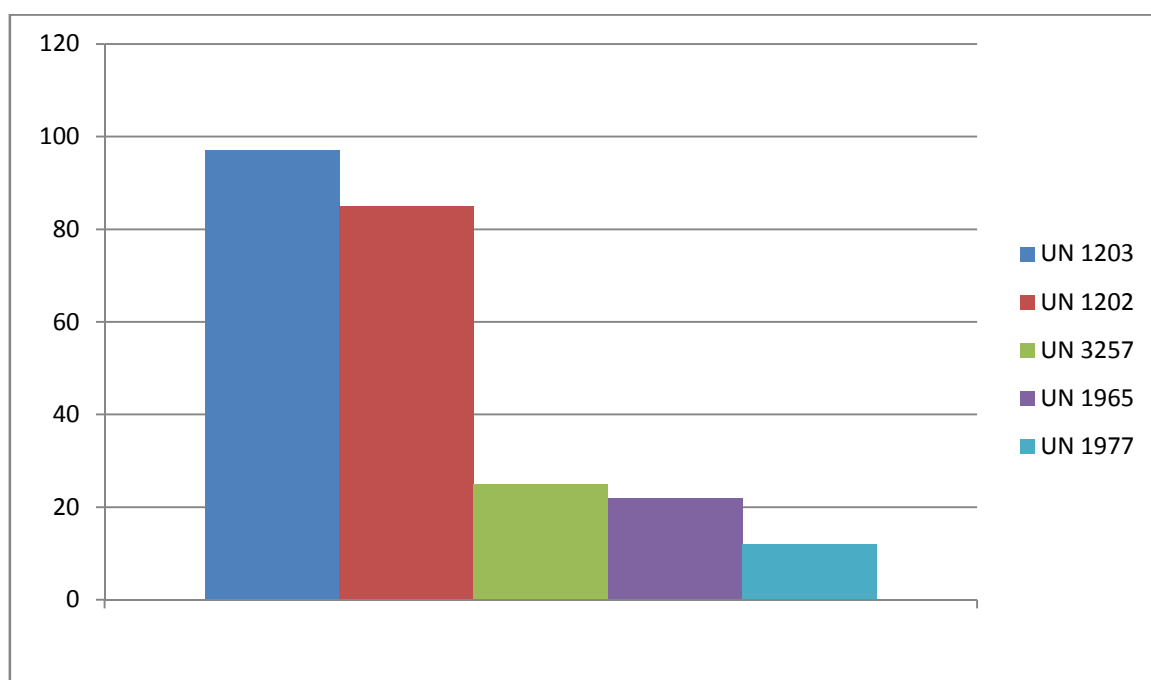
5.3 Výběr látky pro řešení modelové situace

Po dlouhé rozvaze jsem z následujících statistik usoudil, že bude vhodné zabývat se látkou ropného původu a to z důvodu četnosti těchto událostí, které jsou patrné z uvedených tabulek.

Tabulka 1: Počet výjezdů JPO k MU s charakterem úniku nebezpečné látky [17]

Druh události	2009	2010	2011	2012	2013
Únik nebezpečných látek	2357	2468	2537	2418	2523
Z toho ropných produktů	1745	1826	1958	1881	1939

Z tabulky č. 1 je zřejmé, že z velké části se při úniku nebezpečné látky jedná o látku ropného charakteru, mezi které patří tyto pro přepravu nejdůležitější látky: UN 1203 – benzín. UN 1202 – motorová nafta známá také jako diesel, plynné, topné a lehké oleje. UN 3257 – zahřáté kapalné látky. UN 1965 – uhlovodíky plynné, směs zkapalněná a nakonec látka s označením UN 1977 což je látka známá jako propan.



Graf 1: Souhrn počtu dopravních nehod podle UN čísel v období 2009-2013 [17]

Z grafu č. 1 víme, že látka, která je nejvíce přítomna při dopravní nehodě vozidel přepravujících nebezpečnou látku, je látka s označením UN 1203 čili benzín. To je také důvod, proč jsem si ji vybral pro můj příklad. Je ovšem nutné říct, že tato látka (benzín, případně nafta) může být přítomna téměř u každé havárie vozidla, protože pohonné hmoty má ve své nádrži každé vozidlo, které je schopné se účastnit dopravní nehody na pozemní komunikaci.

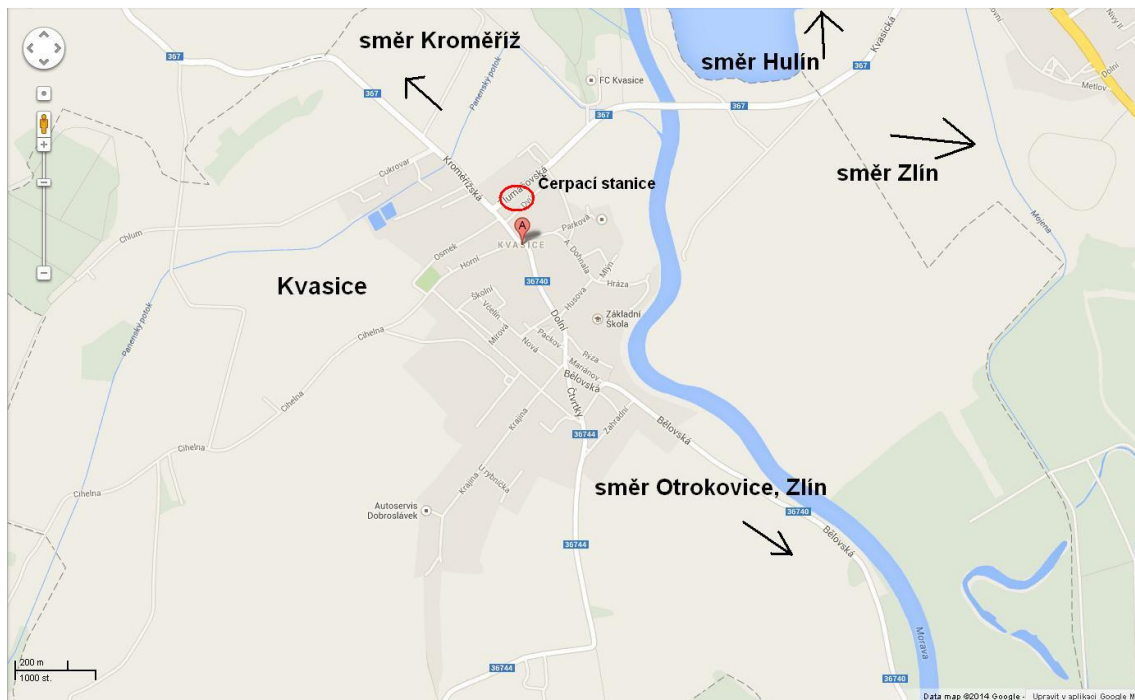
5.4 Charakteristika benzínu

Benzín je hromadné označení pro různé, avšak vzájemně podobné látky. Získávají se frakční destilací z ropy. Benzín není chemicky jednotná látka jako např. benzol, ether apod., ale v podstatě směs nasycených uhlovodíků s 5 – 12 atomy uhlíku, ke kterým mohou být přimíchány i rozličné množství nenasycených, aromatických uhlovodíků. Obyčejný benzín je průzračná, jemně prchavá, vysoce hořlavá (bod vzplanutí je pod 21°), typicky páchnoucí tekutina, která vře mezi 80 °C – 130 °C. Benzíny se podle specifické hmotnosti rozdělují na lehké, střední a těžké. Nafta se používá především k výrobě laků. Bod varu benzínu leží mezi 130 a 190 °C, bod vznícení je přesně 21°. Jejich specifická hmotnost je 0,71 až 0,81. Specifická hmotnost středních a lehkých benzínů je menší. Nacházejí své uplatnění jako obchodní benzíny používané na čisticí a odbarvování účelům. Všechny benzíny jsou důležité rozpouštědla, které rozpouštějí látky bez zbytku. Benzínové výpary smíšené se vzduchem jsou výbušné. Z tohoto důvodu benzíny s bodem vzplanutí nižším než 21 °C podléhají přísnějším zákonným omezením. Vdechnutí benzínových výparů je zdraví škodlivé. Potlačují obsah kyslíku v plicích, což může způsobit bezvědomí a zástavu dechu. Ve vodě je benzín nerozpustný, naproti tomu se snadno rozpouští v čistém alkoholu, etheru, chloroformu atd. Benzín je dobré rozpouštědlo pro tuky, oleje a pryskyřici. Benzíny jsou velkovýrobní ropné produkty, obsahují různé nečistoty, jako např. benzol, které výrazně zvyšují jedovatost směsi. Nejvýznamnější charakteristikou motorového benzínu je oktanové číslo, které udává jeho odolnost vůči předčasnému výbuchu ve válci, což se projevuje charakteristickým klepáním motoru. Oktanové číslo je měřeno relativně k směsi isooktanu a n-heptanu. 87 – oktanový benzín má stejnou odolnost jako směs 87 % isooktanu a 13 % n-heptanu. Existuje ještě jedno oktanové číslo a to motorové oktanové číslo, které je používáno při benzínu jiné konzistence a vzhledem k jinému složení je při srovnatelném benzínu o deset bodů nižší. Je možné se s ním setkat např. v USA, kde na pumpách udávané oktanové číslo je průměrem klasického a motorového

vého OČ. Je tedy o 5 bodů nižší než v Evropě. Benzín obsahuje 45 MJ energie na 1 kg. Jelikož má benzín tendenci vznítit se více než je nutné, již v roce 1920 byly do něj přidávány olovové přísady pro zlepšení jeho vlastností. Tato praxe trvala až do osmdesátých let, avšak po rozpoznání škodlivosti olova pro životní prostředí, je olovo postupně nahrazováno jinými přísadami jako např. ethery nebo alkoholy.

5.5 Charakteristika území

Kvasice se nachází ve Zlínském kraji, mezi městy Kroměříž a Otrokovice na pravém břehu řeky Moravy. Jsou nejnižší položenou obcí v kroměřížském okrese – 191 m nad mořem. Národopisně leží Kvasice při rozhraní tří regionů – na sever se nachází oblast Hané, na východ Valašsko a směrem na jih Moravské Slovácko. Kvasice jsou členem Mikroregionu Jižní Haná. Dominantou obce je Kvasický zámek, ve kterém je Domov se zvláštním režimem. Kolem zámku je rozsáhlý park s mnoha vzácnými stromy. Další pozoruhodné stavby v obci jsou kostely – kostel Římskokatolické církve, který je zasvěcen Panně Marii Nanebevzaté a Janu Nepomuckému a kostel Církve československé husitské – Husův sbor. Třetí, nejstarší kostel, se nachází na místním hřbitově. Krajské město Zlín je od Kvasic vzdáleno 20,5 km. Bývalé okresní město Kroměříž je od Kvasic vzdáleno 9 km. Mezi významné objekty ohledně převozu či uchovávání nebezpečných látek je malá ČERPACÍ STANICE SP SERVICE, s. r. o. kam jsou doplňovány pohonné hmoty za pomoci cisteren firmy KRODOS, a. s. Kroměříž. [15]



Obrázek 2: Mapa Kvasic [16]

5.6 Lokalizace místa havárie

Dne 16. dubna 2014 v čase 5.15 došlo k autonehodě na silnici č. 367 v ulici Kroměřížská v obci Kvasice a to mezi cisternou převážející nebezpečnou látku s identifikačním číslem 1203 (UN kód) který označuje látku benzín a mezi osobním automobilem. Řidič cisterny, který přijížděl z Kroměříže, nevěnoval řízení dostatečnou pozornost a sjel do protisměru, když opět získal kontrolu nad řízením a protijedoucí vozidlo na něj začalo troubit, bylo již pozdě a řidič cisterny z reflexu strhl volant a plná cisterna se vlivem setrvačných sil převrátila a došlo ke srážce s osobním automobilem a k následnému protržení pláště cisterny a úniku nebezpečné látky do vozovky a okolí. Na následujícím obrázku můžeme vidět přesné místo havárie.



Obrázek 3: Lokalizace místa havárie [16]

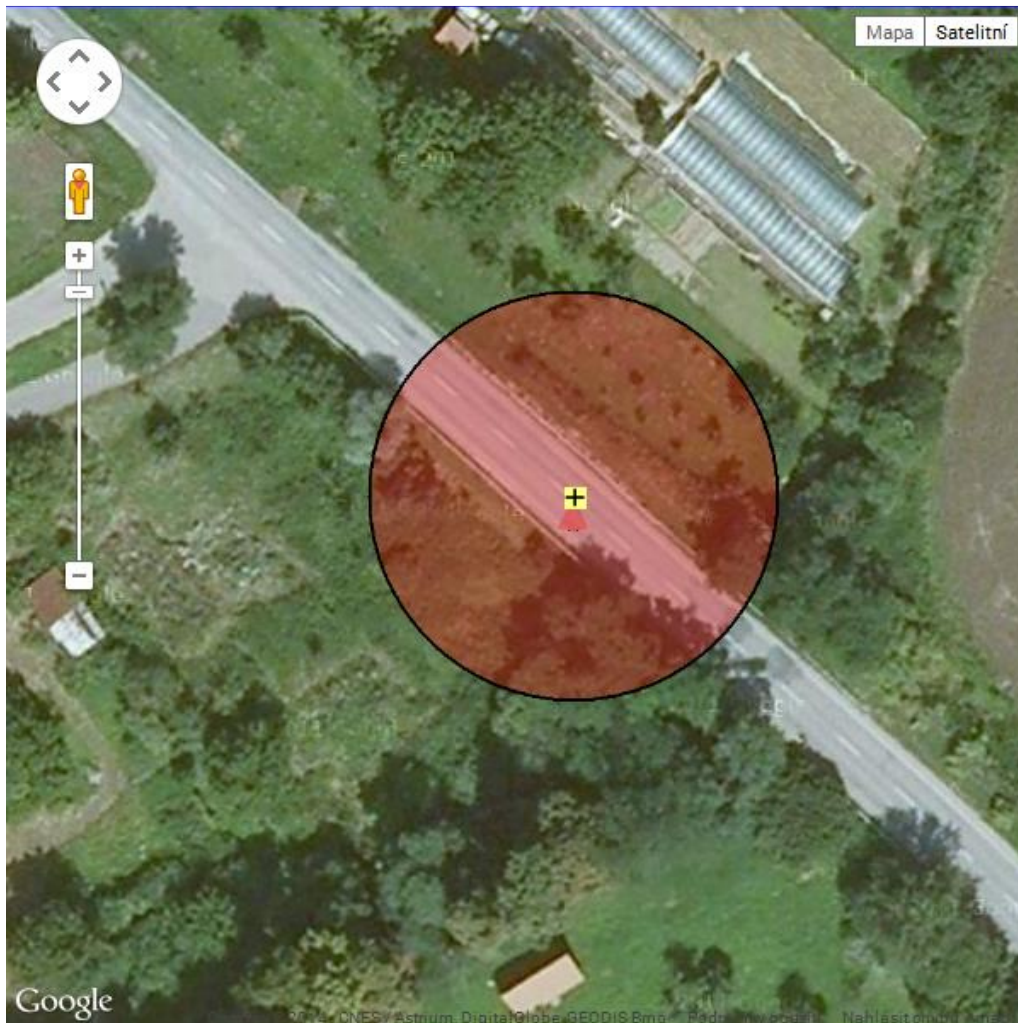
V okolí havárie se nachází pole, které je pod správou místního JZD Kvasice, dále bývalý cukrovar, který však již není funkční, ale ubytovny v jeho blízkosti jsou v normálním provozu a obydleny občany Kvasic. Mezi další významné objekty v blízkosti havárie patří Domov pro osoby se zdravotním postižením Kvasice. Co je však nejdůležitější, v bezprostřední blízkosti se nachází i Panenský potok, který se vlévá do řeky Moravy a bude hrát velice významnou roli pro tuto případovou studii z důvodu zabezpečení proti kontaminaci nebezpečnou látkou a případné dekontaminace. Terén, lze jej definovat jako členitý a tudíž i problémovější z hlediska dekontaminace. Jak již bylo řečeno, vždy je snažší dekontaminovat nečlenité, rovné plochy, které jsou nejlépe i odolné proti většímu prosáknutí kontaminantu a na druhou stranu není tak obtížné na ně správně a účinně nanést dekontaminanty. Co se vodního toku týče, to je poněkud složitější, to však probereme podrobně později v části, která se bude věnovat dekontaminaci zasaženého povrchu.

5.7 Vyhodnocení havárie

Pro vyhodnocení havárie byl zvolen již zmíněný a stručně popsany softwarový nástroj TEREX. Vybraný model má označení PLUME, což znamená pomalý odpar kapalin z louže do oblaku. Zde jsou tedy vstupní informace pro tento nástroj, který na jejich základě vyhodnotil danou situaci.

- teplota kapaliny v louži: 25 °C
- plocha louže kapaliny: 30 m²
- rychlost větru v přízemní vrstvě: 2 m/s
- pokrytí oblohy oblaky: 25 %
- doba vzniku a průběhu havárie: Den – Jaro
- typ atmosférické stálosti: A – konvekce⁸
- typ povrchu ve směru šíření látky: Rovina

⁸ Konvekce = proudění



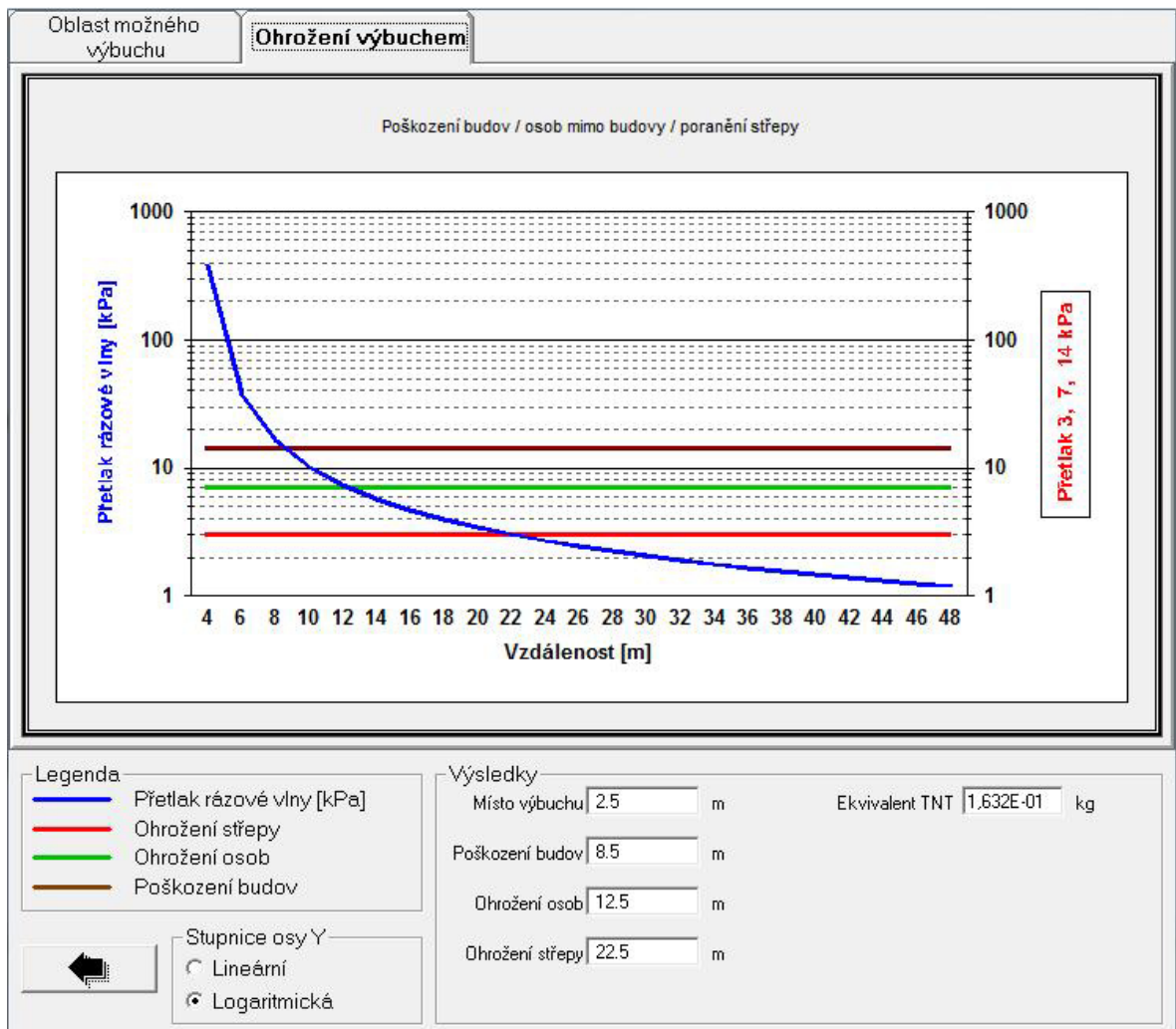
Obrázek 4: Zóna ohrožení únikem látky

Na obrázku č. 4, můžeme vidět červenou kružnici o poloměru 22,5 metru, která znázorňuje zasažené území a charakterizuje ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem, což v současném okamžiku není hrozbou, ale pokud se co nejdříve neudělají kroky pro zastavení šíření nebezpečné látky, je ohroženo hned několik objektů. Z tohoto obrázku dále můžeme vyčíst ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku do vzdálenosti 4 m, což značí tmavě červená výseč. Velikost zasaženého území je přímo úměrná od plochy louže uniklé látky. Zde je tedy prvotní vyhodnocení situace, která se však s každou minutou mění a je třeba ji začít co nejrychleji řešit.

Použitý nástroj TEREX tedy po zadání vstupních informací situaci vyhodnotil následujícím způsobem:

- ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku tzn. nezbytná evakuace osob do vzdálenosti 4 m,
- ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním tzn. nutný odsun osob do vzdálenosti 12,5 m,
- závažné poškození budov tzn. nezbytná evakuace osob do vzdálenosti 8,5 m
- ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem tzn. Doporučená evakuace osob do vzdálenosti 22,5 m.

Všechny tyto informace jsou vyobrazeny na následujícím grafu, ze kterého lze vyčíst, jak se mění účinek havárie s narůstající vzdáleností. V záložce ohrožení výbuchem můžeme vidět závislost přetlaku na čele tlakové vlny na vzdálenost a také vzdálenosti, v nichž dojde k poškození budov, ohrožení osob a ohrožení střepy.



Obrázek 5: Graf vypočtených vzdáleností

Softwarový nástroj TEREX nám tedy pomohl s vizualizací této modelové situace ohledně úniku nebezpečné látky – benzínu. Toto softwarové prostředí počítá samozřejmě s nejhorší možnou variantou, což je výbuch nebezpečné látky, ale nutno podotknout, že tento případ nastává poměrně ojediněle a zdraví osob a zvířat nebývá tedy většinou touto cestou ohroženo. Největší dopad může mít zejména na životní prostředí, ale vzhledem k výborné koordinaci a práci IZS ČR jsou škody většinou minimální, avšak situace se nikdy nesmí podcenit.

5.8 Obecný postup a metody při úniku ropné látky

Nežli se pustíme do řešení konkrétní vzniklé situace, je třeba si ujasnit několik málo kroků, kterých je třeba se držet, aby postup byl co možná nejefektivnější a vzniklé škody zejména na životním prostředí byly co nejmenší.

- rychlá analýza havárie, identifikace a kvantifikace rizik, navržení okamžitých opatření k likvidaci havárie,
- rychlá eliminace zdroje znečištění v případě, že 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.

Rizika, která jsou spojena se vzniklou MU, závisí zejména na typu uniklého kontaminantu a jeho reaktivitě a mobilitě, na hydrogeologických a hydrologických podmínkách zasažené lokality. Při stanovování postupu likvidace havárie musí být zohledněna také hlavně bezpečnostní a zdravotní rizika osob, které se účastní likvidace havárie a rizika dopadu havárie na jednotlivé části životního prostředí. Včasná opatření zamezující šíření znečištění životního prostředí ropnou látkou mají obvykle zásadní význam pro úspěšnost likvidace havárie, což v praxi znamená, že včasnost a rychlost je v tomto případě to nejdůležitější. Jedno z prvních opatření je tedy zjištění zdroje znečištění a jeho následné zastavení. Zjištění zdroje znečištění může být velice snadné a to v případech, kdy se do okolního prostředí ropná látka dosud uvolňuje, nebo pokud vidíme povrchovou stopu, která nás zavede ke

zdroji znečištění. Na druhou stranu, kdy zdroj není viditelný, je třeba k detekci využít nej-
různější postupy. Pokud ropný únik stále probíhá, což je v našem případě pozvolný únik
ropné látky z dopravního prostředku, je nutné ho co nejrychleji a nejšetrněji odstranit
k čemuž docílíme ucpáním netěsností, přečerpáním kapaliny do náhradních nádob apod.
Původce havárie má v tomto případě povinnost nahlásit havárii příslušnému vodohospo-
dářskému orgánu v prostředí okresního úřadu. Další možností pro hlášení havárie je nej-
bližší stanice Policie ČR nebo ohlašovna požáru. Tento způsob je možný uplatnit zejména
u toho typu havárií, kdy je pro likvidaci potřeba součinnost jednotek požární ochrany. Mi-
mo tuto povinnost musí původce havárie rovněž odevzdat vodohospodářskému orgánu
zápis o havárii a o provedených opatřeních.

6 ŘEŠENÍ MODELOVÉ SITUACE PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE

K prvotnímu předání informace došlo v čase 5.18 a to řidičem cisterny, kterému chvíli trvalo, než se vzpamatoval ze šoku a po té ihned vytočil číslo 112. Tímto došlo k předání informací mezi jednotlivými operačními středisky. Jako první na místo dorazila jednotka HZS Kroměříž v čase 5.28, která byla upozorněna a vyslána Krajským operačním a informačním střediskem (dále jen KOPIS). Velitelem zásahu se stal automaticky velitel výjezdu HZS Kroměříž. Byl proveden průzkum místa a bylo potvrzeno, že se jedná o únik benzínu. Také byl proveden průzkum osobního automobilu, řidič totiž seděl stále uvnitř a nemohl se dostat ven kvůli zdeformované karoserii, byl však schopen souvislé komunikace a neměl žádná viditelná zranění. Po pár minutách, kdy přijíždí hlídka policie ČR, která je okamžitě informována velitelem zásahu o vzniklé situaci a dále nasměrována na odklonění dopravy mimo zasažený úsek. Kvůli nutnosti uzavření vozovky a odklonění dopravy z obou směrů je povolán další policejní vůz ze základny PČR v Kroměříži. První hlídka tedy uzavírá ulici Kroměřížská, která vede ve směru jízdy od centra Kvasic a odkloňuje dopravu na ulici Tlumačovská, díky níž se dá oklikou také dostat do Kroměříže a to přes obce Tlumačov, Záhlinice, Hulín. Druhá hlídka, která přijíždí o deset minut později z Kroměříže, zastaví na křižovatce za obcí Střížovice, kde odklání dopravu na objízdnou trasu ve směru Bařice – Velké Těšany, Vrbka, Sulimov, Kvasice. Díky dobré koordinaci IZS na místo dorazila i ZZS Kroměříž s řidičem, lékařem a zdravotní sestrou a to v čase 5.30 jen pár minut po příjezdu HZS. VZ vydal příkaz, že prvotní prioritou je vyprostit řidiče osobního automobilu, který by mohl být ohrožen na životě, kdyby se uniklá látka vznítla. Po vyproštění řidiče je přenechán péči ZZS a to v bezpečné vzdálenosti, která byla vytyčena příslušníky HZS, kde bylo provedeno prvotní vyšetření a posléze byl odvezen do nemocnice Kroměříž. Z iniciativy VZ bylo z nákladového listu zjištěno, že cisterna převáží 20.000 kg pohonné hmoty, konkrétně benzinu s označením BA 95, který byl rozmístěn do pěti komor. Evakuace osob se zatím nekoná, protože v tuto časnou ranní hodinu zde žádní občané nejsou, jinak je to samozřejmě nezbytné. Zamezení přístupu osob do nebezpečné zóny, která byla vymezena a dohled nad veřejným pořádkem v místě zásahu je zabezpečen další policejní hlídkou, která byla přivolána během vyprošťování řidiče osobního vozidla. Nyní nastal čas na řešení zamezení dalšího úniku NL, která stále uniká do vozovky, při bližším ohledání místa se ukázalo, že v těsné blízkosti se nachází Panenský potok, který ústí po necelém kilometru do řeky Moravy. VZ prostřednictvím KOPIS požaduje na místo zásahu příjezd dalších jednotek a to JPO Kroměříž a HZS Holešov a také již byla vyrozu-

měna firma DEKONTA, a. s., která se zabývá mimo jiné dekontaminací všeho druhu. Společná činnost hasičských jednotek se nyní plně soustředí na zamezení dalšího úniku NL z cisterny a s tím spojený další únik do životního prostředí, tedy půdy a Panenského potoku. Z důvodu poměrně malého otvoru cca o průměru 10 cm byl zvolen těsnící nafukovací vak, který se pomocí upínacích pásků připevní přes poškozené místo a trhlinu utěsní tak, že se únik omezí na možné minimum, nezastaví jej však úplně. Pro úplné zamezení úniku je tedy třeba přečerpat kapalinu do náhradní nádoby a to pomocí žlabu do připravené nádoby, kde již nemá ohrožující charakter pro životní prostředí. Nejprve se na pokyn VZ položí na hladinu Panenského potoku normé stěny, aby se zamezilo dalšímu většímu úniku kapaliny do řeky Moravy. Na komunikaci a v blízkém zasaženém okolí jsou použity sypké sorbenty, které slouží k částečné absorpci uniklé látky, je však zřejmé, že značné množství látky proniklo do půdy a hrozí tedy i znečištění podzemních vod. Díky materiálům, které získal VZ od řidiče cisterny byl přes KOPIS informován dopravce a byl požádán o přiřazení náhradní prázdné cisterny, do které se musí přečerpat zbytek NL z poškozené cisterny.



Obrázek 6: Ilustrační obrázek havárie cisterny [18]

Na obrázku č. 6 můžeme vidět velké množství nádob, které jsou nezbytné pro takovou situaci z důvodů, které byly výše uvedeny. Kromě sorbentů byly na místo rozložený také sorpční hady, které nasají znatelné množství uniklé NL a taktéž slouží jako jakási hráz, která brání dalšímu většímu úniku v daném směru. V čase 6:30 přijíždí zaměstnanci a technici firmy DEKONTA, a. s., kteří zahajují dekontaminační práce. Co se týče zásahu na vodním toku, je třeba počítat jak s látkami sedimentujícími, látkami plovoucími na hladině a rozpuštěnými látkami. Na vodním toku jsou vidět jasné olejové skvrny. Jako první se práce začíná orientovat na látky plovoucí, norné stěny byly již položeny a nyní je třeba látku z povrchu hladiny odstranit. Jelikož se jedná o poměrně klidný vodní tok, efektivita norných stěn je opravdu vysoká. I přes tuto skutečnost bylo využito další norné stěny asi metr za tou první, aby efektivita byla ještě vyšší. Před nornou stěnu se na hladinu vody nanese speciální materiál na bázi perlitu známý jako Vapex, který má schopnost sorbovat uniklou látku a drží se na povrchu hladiny. Tento materiál je samozřejmě zdravotně zcela nezávadný. Po asi desíti minutách je sorpční materiál vyloven a uložen do předem určeného kontejneru, jehož obsah bude později zlikvidován. Protože stále ještě do vodního toku přitéká malé množství ropné látky, nanese se na povrch ještě druhá várka Vapexu a postup se opakuje. Dále bylo odborníkem z firmy DEKONTA, a. s. vyhodnoceno, že zde není nutné vybagrovat dno potoku a sanační práce se tedy přesunují směrem k zasažené zemině a podzemní vody. Na jedné straně vozovky ve směru k cukrovaru, kde se nachází velké množství stromů. Vybagrování kontaminované zeminy a následné odvezení na vhodnou skládku nebylo dost dobře možné bez velkého poškození kořenových systémů stromů. Z tohoto důvodu byla zvolena metoda biodegradace in situ, která využívá schopnosti bakterií rozkládat uhlovodíky. Bakterie totiž využívají uhlovodíky pro své metabolické procesy jako zdroj uhlíku. Tímto rozkladem přírodních uhlovodíků tedy dochází k degradaci na vodu a oxid uhličitý, dále byla využita metoda air sparingu, která zaručí dostatečné množství kyslíku do podzemní vody a tím podporuje biodegradaci. Na druhé straně vozovky, kam unikla značná část NL byla využito metody promývání horninového prostředí vodou s následným odčerpáváním a čištěním podzemních vod. Nejprve bylo nutné provést několik čerpacích vrtů, které budou v zápětí sloužit pro odčerpání kontaminované vody. Dále bylo nutné vytvořit systém zasakovacích rýh, když bylo vše připraveno, začal postřík terénu vodou, voda se pomocí zasakovacích rýh dostala do horniny a následně byla odčerpána přes čerpací vrty a vyčištěna v dekontaminačním systému, který je tvořen gravitačními odlučovači a filtry. Vyčištěná voda byla použita ke stejnému cyklu

ještě několikrát a pak již mohla být vypuštěna do Panenského potoku. V čase 9:15, kdy byly už víceméně dokončeny sanační práce, přijíždí na místo náhradní cisterna společnosti KRODOS SERVIS, a. s. do které je nyní potřeba přečerpát zbylou kapalinu z havarované cisterny a také z nádob, kam byla dočasně nasměrována unikající kapalina. Vzhledem k částečné oblačnosti a zatím nezvyšující se teplotě se zdá, že by nemělo hrozit samovznícení kapaliny a následný požár. Přečerpávání je poměrně dlouhý proces, a dokud se převážná část kapaliny neodčerpá, není možno zahájit vyprošťovací práce. Z tohoto důvodu bylo využito ještě čerpadlo záložní a došlo k využití vrchních ventilů k dalšímu odčerpávání pohonné hmoty z havarované cisterny. V 11.00 již byla odčerpána poslední komora a započaly likvidační a obnovovací práce, které má na starosti firma DEKONTA, a. s. Na místo přijíždí také skupina dopravních nehod ÚO Kroměříž, která na místě provede veškerou nezbytnou fotodokumentaci, provede ohledání místa havárie a zajistí stopy. Z důvodu převrácení cisterny byla přivolána taktéž těžká technika, která postaví již prázdnou cisternu zpátky na kola. Poškozená cisterna je naložena na valník a odvezena k likvidaci. VZ vydává rozkaz k rozpuštění všech přítomných jednotek IZS, které se podílely na zvládnutí této MU. Provoz danou lokalitou je opět obnoven kolem 13.00.



Obrázek 6: Ilustrační obrázek použití dvou za sebou jdoucích norných stěn [8]

7 NÁVRH OPATŘENÍ

Na základě získaných poznatků z řešení modelové situace, ve která byla názorně ukázána činnost složek IZS při společném zásahu u havárie cisterny s nebezpečnou látkou si dovoluji navrhnout několik možných opatření, které by měly přispět jak ke snížení průmyslových nehod tohoto typu, tak k optimalizaci činnosti IZS. Z tabulky, která se zabývá množstvím zásahů u úniku NL je patrné, že se z velké části jedná o únik ropné látky. Počet těchto událostí je celkově poměrně vysoký, takže jako první by se mělo začít u problematiky převozu NL. Požadavky na řidiče, kteří přepravují NL by se tedy dle mého názoru měly přehodnotit a zpřísnit na základě faktu, že nejčastější příčinou zavinění dopravní nehody je selhání lidského faktoru. Dle mého názoru není úplně v pořádku, že se řidičem přepravující nebezpečné látky může stát člověk ve věku 21 let, kterému stačí mít dané řidičské oprávnění, splněné psychotesty a zkoušku z kurzu pro řidiče přepravující nebezpečné látky. Jako opatření bych viděl zvýšení věkové hranice a požadování předchozí prokazatelná praxe s řízením nákladních vozidel alespoň 5 let. Věkovou hranici bych tedy stanovil na 25 let, v tomto věku už může mít uchazeč dostatek zkušeností pro lepší zvládnutí situace než jeho kolega, který ve 21 letech v porovnání s ním má opravdu málo praktických zkušeností, které jsou to nejdůležitější a právě zejména pokud se jedná o přepravu NL, kdy může být vážně ohrožené životní prostředí, ale také zdraví osob a zvířat.

Jak již bylo jednou zmíněno, provoz na silnicích se neustále zvyšuje a s tím roste i počet dopravních nehod. Z tohoto důvodu by bylo dobré, kdyby každý účastník silničního provozu měl alespoň malou představu o některých základních věcech. Bylo by možné a efektivní budoucí řidiče proškolit v této problematice v teoretické přípravě během autoškoly. Mezi základní informace by určitě mělo být zařazeno poznávání značek, které znázorňují převáženou látku a její vlastnosti. S tím související postup jak se zachovat při vzniku takové události. Se základními znalostmi o nejvíce převážených látkách by bylo možné se vyhnout mnohdy i fatálním chybám, kdy to sice lidé myslí dobře, ale nakonec je to více ke škodě, než k užitku. Tímto by se však musel pravděpodobně rozšířit rozsah teoretické přípravy v autoškole. Moje představa je podobná již známé a fungující první pomoci, která se v autoškole vyučuje. Mimo tuto jednu zvláštní lekci, by mohla být ještě druhá, kde by se řešil právě tento problém a samozřejmě by uchazeče s touto problematikou seznámila pověřená osoba, která se v dané oblasti pohybuje a rozumí jí.

Další věc, kterou chci zmínit je ochrana zasahujících složek IZS, v našem případě, kdy unikla ropná látka, to nebylo až tak nezbytné, ale při úniku nebezpečnějších látek, které vážně ohrožují lidské zdraví při vdechnutí či při potřísnění je ochrana příslušníků opravdu na místě. Jediná zasahující složka, která vlastní prostředky osobní ochrany jako jsou ochranné masky, ochranné rukavice, ochranné brýle, protichemická kombinéza či dezinfekční prostředky je HZS. Nutno podotknout, že je nutná přítomnost i dalších složek, které ovšem nemají potřebnou ochranu a v této situaci by mohlo dojít k velkým problémům a ztížení celé situace. Z tohoto důvodu bych chtěl navrhnout, aby i ostatní složky IZS vlastnily alespoň základní prostředky osobní ochrany a samozřejmě prošly školením, kde by jim bylo vysvětleno jak s těmito prostředky nakládat v různých situacích.

Co se dekontaminace týče, dovolil bych si tvrdit, že je na velice dobré úrovni a tak jen pár drobných postřehů. Nejdůležitější v této oblasti je čas, tedy prodleva mezi vzniklou událostí a jejího řešení. Je zřejmé, že jako první je důležité postarat se o zabezpečení osob v této oblasti a zabránění dalšímu šíření NL, ale i přesto lze zároveň již řešit určité dekontaminační práce, protože jak již bylo řečeno, čas je zde rozhodujícím faktorem úspěšnosti či neúspěšnosti. Problém tedy nevidím v použitých metodách a prostředcích, nýbrž v možném chybném rozhodnutí kompetentní osoby jak vzniklou situaci řešit. Z tohoto důvodu je nutné, aby tyto osoby byly opravdovými odborníky ve svém oboru a nedošlo tak k možnému zhoršení situace.

ZÁVĚR

Vzhledem ke stále rostoucí populaci a tedy i rostoucím nárokům na průmyslovou výrobu je zřejmé, že i přeprava těchto látek exponenciálně roste. Samozřejmě doprava celkově a tím pádem je vyšší riziko pro možný vznik dopravní nehody. I když se na bezpečnost ohledně přepravy kladou čím dál vyšší nároky a také na opatření a technické vybavení vozidel, nikdy nebude reálně možné se tomu zcela vyhnout. Z praktické části je zřejmé, že nejčastější uniklé látky při havárii jsou látky ropné, nejvíce benzín. Je samozřejmě si třeba uvědomit i fakt, že ačkoliv převáží jakoukoliv látku, nádrž na pohonné hmoty může být také poškozena a k úniku ropných látek tedy může dojít i u osobních automobilů, ale samozřejmě v nižším rozsahu než např. v předvedené modelové situaci. Z toho tedy znova vyplývá, že v oblasti prevence je důležité, jak zkušený řidič sedí za volantem.

Zpracováním modelové situace byla přiblížena reálná mimořádnou událost, kde je třeba spolupráce složek IZS pro správné a co nejefektivnější zvládnutí této havárie. Místo havárie bylo vybráno v okolí Kroměřížska, protože tuto lokalitu velice dobře znám a mohl jsem si tedy vybrat nejvhodnější místo pro tento případ. Pro grafické znázornění a posouzení možných rizik, byl vypracován model havárie pomocí softwaru TerEx, který dokázal vše ještě více přiblížit a dodat na autentičnosti situace. Dále bylo vybráno mezi velkým množstvím metod a prostředků pro sanaci půdy, které se zdály být nejvhodnější, a na každý typ povrchu byla vybrána jiná metoda. Zamýšlený cíl práce byl tedy splněn.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MAŠEK, Ivan, Otakar J MIKA a Miloš ZEMAN. *Prevence závažných průmyslových havárií*. Vyd. 1. Brno: VUT FCH, 2006, 98 s. ISBN 80-214-3336-1.
- [2] STŘEDA, Ladislav. *Šíření zbraní hromadného ničení - vážná hrozba 21.století*. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo vnitra, generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2003, 245 s. ISBN 80-866-4003-5.
- [3] *Slovník cizích slov* [online]. [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/dekontaminace>
- [4] *Bakterie: jednobuněčné organismy* [online]. 2010 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: www.bakterie.eu
- [5] VOTAVA, Miroslav. *Lékařská mikrobiologie speciální*. Brno: Neptun, 2003, 495 s. ISBN 80-902-8966-5.
- [6] PŘÍVORA, Miroslav. *Dezinfekce, dezinfekce, deratizace*. Praha : AVICENUM, zdravotnické nakladatelství, n. p., 1980. 224s. ISBN 80-071-80
- [7] ŠVRČEK Jiří, Petr KÁČER a Libor ČERVENÝ. *VPHP – Moderní dekontaminační činidlo*. Praha: Vysoká škola chemicko-technická v Praze
- [8] *IDNES* [online]. 2008 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://i.idnes.cz/11/033/cl6/ALH3a1b84_foto_012.jpg
- [9] *ČESKO. ZÁKON č.59/2006 Sb., Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky a o změně zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií)*
- [10] *ČESKO. ZÁKON č.350/2011 Sb., Zákon o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon)*
- [11] *Worldometers: real time worlds statistic* [online]. 2010 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.worldometers.info/view/toxchem/>
- [12] *ČESKO. ZÁKON č.238/2000 Sb., o HZS ČR. Česká republika*

- [13] *Správa úložišť radioaktivních odpadů* [online]. 2009 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.surao.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Radioaktivni-odpady/Ukladani-radioaktivnich-odpadu>
- [14] *Průmyslové havárie. Praha, 2009.* [cit. 2014-05-04]
- [15] *Kvasice* [online]. 2004 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.kvasice.cz/informace-o-obci.html>
- [16] Mapa města Kvasice, vlastní úprava, dostupné z: https://maps.google.cz/maps?q=kvasice&ie=UTF-8&ei=I_ZXU-WOI6WCzAOPvAI&ved=0CAYQ_AUoAQ
- [17] MINISTERSTVO VNITRA ČR, *Statistiky Policejního prezidia a další poskytnuté materiály a informace k dopravním nehodám vozidel přepravující nebezpečné látky.*
- [18] Deník.cz. *Nehoda cisterny u Branek* [online]. 2010 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.denik.cz/galerie/branky-cisterna010710.html?mm=2276681>
- [19] KOTINSKÝ, Petr a Jaroslava HEJDOVÁ. *Dekontaminace v požární ochraně*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003, 126 s. ISBN 80-866-3431-0.
- [20] ŠENOVSKÝ, Michail. *Nebezpečné látky*. 2. rozš. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2001, 18 s. ISBN 80-861-1174-1.
- [21] *Státní úřad pro jadernou bezpečnost* [online]. 2006 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz/aktualne/detail/clanek/fakta-o-problematice-tesnosti-kontejnmentu-na-ete/>
- [22] *Slovník cizích slov* [online]. Neznámé [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.slovník-cizich-slov.cz/dispergovat.html>
- [23] *Slovník cizích slov* [online]. Neznámé [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.slovník-cizich-slov.cz/?q=aseptick%C3%BD&typ=0>
- [24] *Slovník cizích slov* [online]. Neznámé [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.slovník-cizich-slov.cz/?q=dezinficiens&typ=0>
- [25] *ABZ Slovník cizích slov* [online]. 2011 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/afinita>

- [26] ČESKO. ZÁKON č.56/2001 Sb., [online]. 2001 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=50994&nr=56~2F2001&rpp=15#local-content>
- [27] ATOM INFO [online]. 2011 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2011/03/maae-pravdepodobne-priradi-situaci-na-fukusime-stupen-4-podle-ines-lokalni-havarie/>
- [28] BURDA, Radek. *Dekontaminace velkoobjemových prostor*. České Budějovice, 2013. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČR	Česká republika
HZS	Hasičský záchranný sbor
IZS	Integrovaný záchranný systém
JPO	Jednotky požární ochrany
KOPIS	Krajské operační informační středisko
MV	Ministerstvo vnitra
NL	Nebezpečná látka
PČR	Policie České republiky
TerEx	Teroristický expert
VZ	Velitel zásahu
ZZS	Zdravotnická záchranná služba

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Stupnice podle rozsahu havárie.....	21
Obrázek 2: Mapa Kvasic.....	45
Obrázek 3: Lokalizace místa havárie.....	46
Obrázek 4: Zóna ohrožení únikem látky.....	48
Obrázek 5: Graf vypočtených vzdáleností.....	49
Obrázek 6: Ilustrační obrázek havárie cisterny.....	53

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Souhrn počtu dopravních nehod podle UN čísel v období 2009-2013..... 42

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Počet výjezdů JPO k MU s charakterem úniku nebezpečné látky	42
--	----