



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

MODELOVÁNÍ NÁSLEDKŮ CHEMICKÝCH HAVÁRIÍ
MODELLING CONSEQUENCES OF CHEMICAL ACCIDENTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ALEŠ KAUP

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. OTAKAR JIRÍ MIKA, CSc.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Aleš Kaup

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Řízení rizik chemických technologií (3901T049)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Modelování následků chemických havárií

v anglickém jazyce:

Modelling Consequences of Chemical Accidents

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě odborných konzultací o potenciích uživatelů zhodnoťte současnou praxi skutečného modelování následků chemických havárií. Na základě provedené odborné literární rešerše vypracujte odborné pojednání současného stavu zadané problematiky. U chemických havárií se zaměřte na možnosti usmrcení osob a poškození zdraví osob. Připravte vlastní zdůvodněné návrhy ke zlepšení "modelování následků chemických havárií". Vypracujte návrh nezbytné struktury požadovaného modelování následků chemických havárií.

Cíle diplomové práce:

Vypracujte odborné pojednání na zadané téma na základě literární rešerše, odborných konzultací a vlastních úvah, kalkulací a návrhů v rozsahu min. 60 stran. Podrobnou literární rešerši připravte jako základní studijní podklad za posledních 15 let - využijte domácí a zahraniční informační prameny. Vypracujte podrobnou analýzu současného stavu zkoumané oblasti se zaměřením na Českou republiku. Na základě výsledků literárního průzkumu a provedených odborných konzultací zpracujte a zdůvodněte vlastní návrhy na vylepšení současného stavu modelování následků chemických havárií.

Seznam odborné literatury:

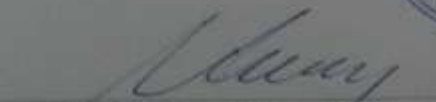
Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií
MAŠEK L., MIKA O. J., ZEMAN M.: Prevence závažných průmyslových havárií, ISBN 80-214-3336-1, Skripta, Vysoké učení technické v Brně, Chemická fakulta, Brno 2006.
MIKA O. J., POLÍVKA L.: Radiační a chemické havárie, ISBN 978-80-7251-321-5, Skripta, Policejní akademie České republiky, Praha 2010.
ČAPOUN T. a kolektiv: Chemické havárie, ISBN 978-80-86640-64-8, Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, Praha 2009.
www.mzp.cz
www.emergency.cz

Vedoucí diplomové práce: Ing. Otakar Jiří Mika, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 22.10.2013




doc. Ing. Robert Kledus, Ph.D.
ředitel vysokoškolského ústavu

Abstrakt

V dnešní době velmi rapidně vzrůstá množství produkováných chemických látek po celém světě. S tímto faktem však rostou i postupně se zlepšující technologické procesy a zvyšuje se bezpečnost při manipulaci s chemickými látkami. Bohužel i dnes, za těchto podmínek, může dojít k nehodě či v horším případě k chemické havárii. Ke zmírnění nebo k preventivní přípravě ochrany člověka, je nutné mít znalosti k odhadnutí průběhu chemické havárie a jejích ničivých dopadů. Jedním z prostředků jsou moderní modelovací programy, které nám pomohou objasnit dopady, následky a průběh chemických havárií. Na základě výsledků takového modelování je možné přijmout řadu různých organizačních a bezpečnostních opatření (preventivního, represivního, ochranného, záchranného a likvidačního charakteru) ke zvýšení připravenosti a snížení zranitelnosti především ohroženého obyvatelstva.

Abstract

Nowadays the number of produced chemicals is increasing very rapidly. However, technological processes are gradually improving and safety of handling chemicals are increasing. Unfortunately, even today, chemical accidents can happen. To alleviate results or to prepare for protection of humans, extensive knowledge is necessary to estimate the course of a chemical accident. One of the means of accident mitigation is modern modelling programmes that will help us to clarify the implications and consequences of the course of chemical accidents. Based on the results of such modelling, different organizational and safety measures (preventive, oppressive, protective, rescue and relief character) can be taken to increase readiness for disasters and especially to reduce vulnerability of population.

Klíčová slova

Chemické havárie, modelovací programy, nebezpečné chemické látky, ochrana obyvatelstva

Keywords

Chemical accidents, modelling programmes, hazardous chemicals, protection of the population

KAUP, A. Modelování následků chemických havárií. Brno, 2014. 80 s. Diplomová práce na Ústavu soudního inženýrství Vysokého učení technického v Brně. Vedoucí diplomové práce Doc. Ing. Otakar J. Mika, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

podpis diplomanta

Poděkování

Tímto bych velice rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce panu doc. Ing. Otakaru J. Mikovi, CSc. z Fakulty chemické VUT v Brně, za cenné rady, odborné vedení, trpělivost a pomoc, dále pak panu Ing. Jiřímu Bártovi z University obrany, paní doc. Ing. Ivaně Bartlové, CSc. z Vysoké školy báňské – Technické university Ostrava a panu Bc. Miroslavu Dítěti z firmy TLP, spol. s.r.o. Praha za cenné rady, připomínky a obětavou odbornou pomoc.

Obsah

1 ÚVOD.....	8
2 TEORETICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	10
2.1 Platná Legislativa k chemickým látkám.....	10
2.2 Havárie s únikem chemických látek.....	14
2.3 Zdroje rizik.....	18
2.4 Analýza rizik.....	20
2.5 Nebezpečné chemické látky a směsi.....	24
2.6 Modelování následků chemických havárií.....	27
2.7 Počítačová podpora k modelování následků chemických havárií.....	29
3 PRAKTICKÁ ČÁST – MODELACE NÁSLEDKŮ CHEMICKÝCH HAVÁRIÍ.....	41
3.1 Popis modelace a nebezpečných chemických látek.....	41
3.2 Vstupní údaje použité při modelacích.....	44
3.3 Modelace.....	46
3.4 Výsledky modelování.....	64
4 PRAKTICKÁ ČÁST – SROVNÁNÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ SOFTWAREVÝCH PROGRAMŮ.....	66
4.1 Využívání softwarových programů v ČR.....	66
5 ZÁVĚR.....	69
6 SEZNAM ZKRATEK.....	70
7 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ.....	71
8 POUŽITÁ LITERATURA.....	75
9 SEZNAM TABULEK.....	79
10 SEZNAM PŘÍLOH.....	80

1 ÚVOD

V životě člověka se mohou objevit nečekané mimořádné události. Mohou způsobit velké škody na majetku nebo narušit místní životní prostředí. Mohou, ale ohrozit i lidské zdraví a nebo dokonce způsobit ztráty na životech. Mezi takové události patří zejména průmyslové chemické havárie.

Jak se současná moderní společnost vyvíjí, tak potřeba chemických látek vzrůstá. Výroba, skladování a přeprava jsou procesy při kterých se riziko havárií s účastí nebezpečných chemických látek zvyšuje. K tomu, abychom předešli nebo dokonce zamezili vzniku těchto situací, je třeba krizového managementu.

Z historie známe celou řadu závažných průmyslových chemických havárií, které měly velmi různé negativní dopady na životy a zdraví lidí a na životní prostředí. K chemickým průmyslovým haváriím docházelo již v minulosti, dochází k nim v současnosti a budeme se s nimi setkávat i v budoucnosti.

Národní legislativa se snaží společně se systémem různých oborových norem a technických bezpečnostních opatření zamezit jejich vzniku. V případě, kdy závažná havárie probíhá, maximálně omezit její havarijní dopady.

Práce se zabývá modelováním následků chemických havárií a proto jsou modelovány pouze průmyslové chemické látky (toxické, hořlavé a výbušné) a nezabývá se bojovými chemickými látkami, které by mohly být zneužity k terorismu.

V teoretické části této diplomové práce je seznámení s nebezpečnými chemickými látkami a směsmi, s riziky s nimi spojenými a s dostupnými softwarovými nástroji pro hodnocení dopadů závažných průmyslových chemických havárií.

První polovina praktické části je věnována modelování pomocí dvou SW nástrojů. První modelace, reálné úniky látek, byla provedena v programu ROZEX Alarm, který vyvíjí a distribuuje společnost TLP s.r.o. Praha. Ve druhé modelaci byla zvolena fiktivní firma s reálnými chemickými látkami. Tato modelace proběhla v programu Teroristický expert (TerEx), který vyvinula a distribuuje společnost T – soft a.s. Praha. Na konci těchto modelací je můj pohled na srovnání programů TerEx a ROZEX Alarm.

Druhá polovina praktické části se věnuje průzkumu využívání modelovacích programů v ČR a následnému shrnutí všech informací. Průzkum byl směřován dvěma směry. První směr

byl veden na krajské úřady. Druhý směr byl veden na krajská ředitelství hasičských záchranných sborů.

Problematika modelování následků průmyslových chemických havárií, kde hrají hlavní roli nebezpečné chemické látky v atmosféře, představuje náročnou oblast, pro jejíž zvládnutí je nutné dokonale znát široké spektrum hlavních aspektů.

2 TEORETICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE

2.1 PLATNÁ LEGISLATIVA K CHEMICKÝM LÁTKÁM

Hlavním nástrojem legislativy je nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, a o změně směrnice 1999/45/ES a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 793/93, nařízení komise č. 1488/94, směrnice Rady 76/769/EHS a směrnic Komise 91/155/EHS, 93/67/EHS a 2000/21/ES (tzv. nařízení REACH).

Dalším velmi důležitým předpisem je nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006 (tzv. nařízení CLP). Novela nařízení CLP - Nařízení Komise (EU) č. 487/2013 ze dne 8. května 2013 upravuje určité obměny v klasifikaci a označování. Vytváří a upravuje také nové H – věty a P – věty. [1]

2.1.1 Zákon č. 350/2011 Sb.

Prvořadým zákonem stávající národní legislativy je zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). Tento zákon pojednává o povinnostech, jak právnických, tak fyzických osob v oblasti výroby, balení, vývozu a dovozu chemických látek atd. Hlavní úlohou je však vymezení působnosti správních orgánů při ochraně zdraví a životního prostředí. [2]

2.1.2 Zákon č. 488/2009 Sb.

Základem legislativy, která se týká prevence závažných havárií je zákon č. 488/2009 Sb., kterým se mění zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky.

Zákon stanoví v souladu s právem Evropských společenství systém prevence závažných havárií pro objekty a zařízení, v nichž je umístěna vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemický přípravek v množství stejném nebo větším, než je množství uvedené v příloze č. 1 k tomuto zákonu.

Zákon upravuje:

- a) povinnosti právnických osob a podnikajících fyzických osob, které vlastní nebo užívají objekt nebo zařízení, jakož i povinnosti ostatních právnických osob a podnikajících fyzických osob při zabezpečování prevence závažných havárií podle tohoto zákona,
- b) způsob zařazení objektu nebo zařízení do příslušných skupin podle umístěného druhu a množství vybrané nebezpečné chemické látky nebo chemického přípravku,
- c) poskytování informací veřejnosti při prevenci závažných havárií v objektu nebo zařízení, v němž je umístěna vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemický přípravek,
- d) výkon správních úřadů na úseku prevence závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky,
- e) způsob poskytování informací o vzniku a dopadech závažné havárie.

Zákon dále vymezuje obecné podmínky prevence závažných havárií. Každá právnická osoba nebo podnikající fyzická osoba, která vlastní či užívá anebo bude vlastnit nebo užívat objekt nebo zařízení, v němž je nebo bude umístěna nebezpečná látka, je povinna zařadit objekt nebo zařízení do příslušné skupiny (A nebo B) v případě, kdy množství nebezpečné látky umístěné v objektu nebo zařízení je stejné nebo větší, než je množství uvedené v příloze č. 1 k tomuto zákonu. Krajský úřad návrh zařazení objektu nebo zařízení do skupiny A nebo B posoudí a vyhodnotí možnosti vzniku domino efektu vyplývajícího z polohy okolních objektů nebo zařízení a z druhu a množství v nich umístěné nebezpečné látky. Dále krajský úřad vydá rozhodnutí o zařazení tohoto objektu do skupiny A nebo do skupiny B.

Zákon rovněž stanovuje povinnosti provozovatele. Provozovatel je povinen provést analýzu a hodnocení rizik závažné havárie. Dále je povinen oznámit krajskému úřadu základní identifikační údaje o objektu nebo zařízení, uvede v něm seznam umístěných nebezpečných látek podle jejich druhu a množství a návrh zařazení objektu nebo zařízení do skupiny A nebo B a nakonec je povinen sjednat pojištění odpovědnosti za škody vzniklé v důsledku závažné havárie.

Bezpečnostní program prevence závažné havárie je dokument zpracovaný provozovatelem, který stanoví systém řízení bezpečnosti v objektu nebo zařízení.

Vnitřním havarijním plánem se rozumí dokument, v němž jsou uvedeny popisy činností a opatření prováděných při vzniku závažné havárie vedoucí ke zmírnění jejích dopadů, zejména scénáře odezvy na závažnou havárii, modifikované na místní specifika a případně i na časový souběh několika událostí.

Dále je zde upraveno informování veřejnosti, poskytování informací o vzniku a dopadech závažné havárie, systém a výkon státní správy na úseku prevence závažných havárií a zvláštní požadavky pro stanovení občanskoprávní zodpovědnosti za škody vzniklé v důsledku závažné havárie.

Krajský úřad vyhodnocuje možnost vzniku domino efektů vyplývajících z polohy okolních objektů nebo zařízení a z druhů a množství v nich umístěné nebezpečné látky a na základě tohoto vyhodnocení určuje objekty a zařízení, jejichž vzájemná poloha zvyšuje riziko závažné havárie. Tuto skutečnost krajský úřad neprodleně sdělí právnické osobě nebo fyzické osobě, která vlastní nebo užívá určený objekt nebo zařízení. Osoby určené podle § 3 odstavce 5 citovaného zákona jsou povinny vzájemně spolupracovat při hodnocení rizika závažné havárie a při zpracování bezpečnostního programu prevence závažné havárie, bezpečnostní zprávy a havarijních plánů podle tohoto zákona. [4]

2.1.3 Zákon č. 254/2006 Sb.

Tento zákon byl nařízen vládou podle § 34 odst. 5 zákona 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. [12]

2.1.4 Podzákoné právní normy

Dalšími předpisy národní legislativy jsou vyhlášky, které upravují problematiku nakládání s chemickými látkami. Vyhláška č. 61/2013 Sb., o rozsahu informací poskytovaných o chemických směsích, které mají některé nebezpečné vlastnosti, a o detergitech.

- Vyhláška č. 162/2012 Sb., o tvorbě názvu nebezpečné látky v označení nebezpečné směsi. [1]

- Vyhláška č. 103/2006 Sb., ze dne 31. března 2006, o stanovení zásad pro stanovení zóny havarijního plánování a rozsahu a způsobu vypracování vnějšího havarijního plánu.
- Vyhláška č. 103/2006 Sb., o stanovení zásad pro vymezení zóny havarijního plánování a o rozsahu a způsobu vypracování vnějšího havarijního plánu.
- Vyhláška č. 250/2006 Sb., kterou se stanoví rozsah a obsah bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu nebo zařízení zařazených do skupiny A nebo do skupiny B.
- Vyhláška č. 255/2006 Sb., o rozsahu a způsobu zpracování hlášení o závažné havárii a konečné zprávy o vzniku a dopadech závažné havárie.
- Vyhláška č. 256/2006 Sb., o podrobnostech systému prevence závažných havárií. [12]
- Vyhláška č. 402/2011 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností chemických látek a chemických směsí a balení a označování nebezpečných chemických směsí. [1]

2.1.5 Direktiva Seveso I, Seveso II

Při harmonizaci právního řádu ČR s existujícími právními předpisy Evropské unie byly implementovány směrnice do přijatých právních norem. [6]

- Direktiva 82/501/EEC/, SEVESO: „On The Major – Accident Hazards of Certain Industrial Activities“ doplněna direktivou 87/216/EEC a 88/610 EEC,
- Direktiva 96/82/EC, SEVESO II: „On The Major – Accident Hazards Involving Dangerous Substances“, Předpis OSHA 1910.119 – „Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals“ June, USA, 1992 .

2.1.6 SEVESO I – 82/501/EEC

Nejlepší politikou je prevence možných nehod přímo u zdroje. Požadavky na bezpečnost je třeba integrovat ve všech stádiích vzniku a technického života zařízení. U nebezpečných průmyslových činností je nutné věnovat co největší pozornost ochraně obyvatelstva a životního prostředí. [34]

Provozovatel je povinen učinit všechna opatření pro předcházení nehodám. Provozovatel je povinen poskytnout kompetentním orgánům podrobné informace o látkách, procesu a zařízení a o krocích směřujících ke snížení rizika a následků. Všechny osoby mimo objekt musí být vhodným způsobem informovány o bezpečnostních opatřeních v případě závažné havárie. Členské státy musejí předávat komisi EU informace o závažných nehodách.

Komise poskytne členským státům souhrnné informace o závažných nehodách. Neomezuje se právo členských států přijímat opatření zajišťující vyšší stupeň ochrany člověka a životního prostředí. [7]

2.1.7 SEVESO II 96/82/EC

Tato direktiva vychází ze zkušeností získaných implementací direktivy SEVESO I a z havárií, které se staly po jejím přijetí. [35]

Nejdůležitější změny ve znění direktivy:

Rozsah působnosti byl rozšířen a zjednodušen – odkazuje se na přítomnost nebezpečných látek v podniku – množství překračující určitá prahová množství (Seveso I poukazovala buď na látky ve spojení s určitými průmyslovými činnostmi nebo na oddělené skladování látek).

Opakovaně stanovuje opatření, které musí přijmout provozovatelé podniků, aby předešli závažným haváriím a omezili jejich následky, a nyní zahrnuje ustanovení „přístupu k prevenci velkých havárií“. Zvýšený důraz na opatření pro minimalizaci dopadů závažných havárií na životní prostředí včetně havarijního plánování a územního plánování, identifikaci možných domino-efektů, informování veřejnosti tam, kde je to přiměřené, také sousedních států. (UN ECE's). [6]

2.2 HAVÁRIE S ÚNIKEM CHEMICKÝCH LÁTEK

Chemické látky se používají ve velké míře v průmyslovém odvětví. Proto jsou čím dál více dostupnější. V dnešní době se vyrábí na celém světě více než 70 000 komerčních chemických látek. [3]

Z historie známe celou řadu závažných průmyslových havárií, které měly nejrůznější negativní dopady na životy a zdraví lidí, na životní prostředí i na majetek. Dnes se vyrábí, zpracovává, dopravuje, skladuje a účelově využívá obrovské množství chemických látek a směsí. Tyto látky jsou v mnoha případech nebezpečné, protože mohou být hořlavé, výbušné či jedovaté. Omezené množství nebezpečných chemických látek má dokonce všechny projevy – hořlavost, výbušnost i toxicitu.

2.2.1 Charakteristika havárie

Při výrobě, používání, skladování a manipulaci s nebezpečnými chemickými látkami a přípravky nelze vyloučit vznik malé či větší havárie, eventuálně závažné havárie, jejíž projevem je požár, výbuch nebo únik toxické látky. To má pak zpravidla negativní dopady na životy a zdraví osob, hospodářská zvířata, na kvalitu životního prostředí, nebo může havárie způsobit značné materiální škody. Ovšem nejedná se jen o průmysl, který využívá mnoho nebezpečných chemických látek a směsí. Také v zemědělství je používáno velké množství agrochemikálií, které mají rovněž některé nepříznivé vlastnosti a mohou ohrožovat člověka, zvířata a životní prostředí. [8]

Látka, která uniká, může ohrozit nejen osoby nacházející se v bezprostředním kontaktu s místem úniku, ale i obyvatelstvo v okolí. K ohrožení může dojít v důsledku některých fyzikálních, fyzikálně chemických, chemických a toxikologických vlastností unikající látky. Tyto vlastnosti tedy předurčují tzv. nebezpečné účinky látek. Největší ohrožení pro člověka představuje únik plynů nebo par látek, které jsou hořlavé, výbušné nebo jedovaté či jinak škodlivé zdraví. Výrazně se při haváriích uplatňují rovněž další nebezpečné vlastnosti, jako jsou reaktivita nebo oxidační schopnosti látek, které souvisejí s jejich chemickými vlastnostmi.

Podle příčin vzniku nebo důsledků, které průmyslové havárie způsobují, jsou rozděleny do dalších podskupin.

Antropogenní (civilizační katastrofy, vznikají činností člověka, zpravidla selháním lidského faktoru; lidstvo si tyto katastrofy připravuje samo a může jim tedy zabránit) havárie mohou být:

- technogenní (technické – havárie v důsledku koroze, únavy materiálu apod.; technologické – havárie v energetice, průmyslu, při těžbě surovin apod.),
- ekologické havárie v důsledku poškození životního prostředí, např. masový úhyn nebo hromadné poškození živých organismů či znečištění či kontaminace povrchových a podzemních vod,
- agrogenní havárie jsou způsobené v souvislosti se zábory půdy, monokulturního zemědělství či použití chemických prostředků,
- sociogenní havárie jsou v oblasti dopravy, komunální činnosti apod. [10]

2.2.2 Příčiny havárie

Druhy hodnocení nebezpečí vedou k identifikaci poruch technických zařízení, odchylek od technologických procesů a poukazují na nedodržování postupů, předpisů a pravidel. Když je to objeveno, výrobce (provozovatel) by měl určit, zda by měly být provedeny další opatření k zajištění bezpečnosti. [8]

2.2.2.1 Poruchy zařízení

Základní a nejdůležitější podmínkou k bezpečnému pracovnímu postupu je odolnost používaných zařízení vůči provoznímu zatížení.

Příčiny poruch jsou:

- nevhodné zajištění proti vnitřnímu přetlaku, vnějším vlivům, korozivním látkám a teplotě,
- mechanické porušení nádob a potrubí v důsledku koroze nebo vnějšího rázu,
- poruchy pomocných zařízení např. čerpadel, kompresorů, míchadel atd.,
- poruchy řídicích systémů,
- poruchy bezpečnostních systémů,
- poruchy svárů a přírub.

Kterákoliv výše uvedená příčina může způsobit velmi závažnou havárii.

2.2.2.2 Odchytky od normálních provozních podmínek

Odchytky od normálních provozních podmínek vyžadují velmi důkladné ověření a následné prozkoušení pracovních postupů a pokynů.

V některých případech se mohou vyskytnout následující poruchy a chyby, které způsobují právě odchytky od normálních provozních podmínek:

- poruchy v monitorování rozhodujících hlavních parametrů,
- poruchy v manuální dodávce chemických látek,
- poruchy pomocných zařízení (např. nedostatečné chlazení nebo přívod tepla, přerušení přívodu elektrické energie nebo dusíku atd.),
- poruchy při najíždění a odstavování procesů, které by mohly dále vést ke vzniku výbušného nebo hořlavého prostředí ve výrobě,

- tvorba vedlejších produktů, zbytků nebo nečistot, které by pak mohly zapříčinit další nežádoucí reakce.

Následky těchto poruch mohou být vyhodnoceny jen po odzkoušení chování celého systému při takové události.

2.2.2.3 Chyby člověka a organizační chyby

Lidská schopnost řídit nebezpečná zařízení má svůj význam nejen ve výrobě, ale i v automatizovaných provozech.

Chyby obsluhy mohou být však velmi odlišné, stejně jako jsou jejich úkoly ve výrobním procesu. Nejběžnější chyby jsou:

- chyby operátora,
- vypnutý bezpečnostní systém,
- záměna nebezpečných látek,
- komunikační chyby,
- nevhodná oprava či údržba,
- neodborné svařování.

Výše uvedené chyby člověka se většinou projevují díky následujícím problémům:

- personál si není vědom nebezpečí,
- personál je nedostatečně vyškolen pro určitý druh práce,
- od personálu je očekáváno příliš.

Díky pečlivému výběru personálu a jeho pravidelnému výcviku můžeme omezit chyby člověka na minimum. [14]

2.2.3 Havárie s únikem nebezpečných látek

Velmi často se stane, že při havárii začnou chemické látky unikat do okolí a svými účinky ohrožují obyvatelstvo a některé složky životního prostředí. Vedle toho se ve světě stále častěji vyskytují případy, kdy nebezpečné látky unikají v důsledku teroristických akcí. Takové události, kdy dojde k havárii při výrobě, manipulaci, skladování, zpracování a používání nebezpečných látek či výrobků z nich za současného úniku těchto látek nazýváme havárie s únikem nebezpečných látek.

Nekontrolované úniky chemických látek se často vyskytují v triádě exploze – oheň – únik látky, což nebezpečí celé události ještě zvyšuje. Při hodnocení havárií s únikem

nebezpečných látek vybíráme takové události, kdy do prostředí unikají různé produkty zpracování ropy, jako jsou benzíny, nafta, petrolej, různé druhy olejů a jiné podíly. Jsou to tzv. ropné havárie. Jejich specifickými charakteristikami je skutečnost, že sice neohrožují bezprostředně životy osob - pokud ovšem nejsou doprovázeny požárem - ale mají nedozírné následky na životní prostředí. Zamožují rozsáhlé plochy půdy, dostávají se do vod. Dalším důvodem, proč o nich hovoříme samostatně, je četnost jejich výskytu. Některé zdroje uvádějí, že podíl ropných havárií na celkovém počtu všech havárií s únikem nebezpečných látek činí až 90 %. [8]

2.2.4 Šíření nebezpečných látek při haváriích

Látka, která uniká při havárii a šíří se ve směru větru (například ve formě plynu, par, aerosolu, dýmu), může zamořit rozsáhlé území. Pro obyvatelstvo je tedy obzvláště nebezpečné, pokud se látka rozšiřuje při zemi, neboť vniká do podzemních prostorů, sklepů budov a kanalizačních systémů, kterými se šíří dále. Některé látky naopak unikají do ovzduší, takže po určité době, klesne jejich koncentrace při zemi na hodnotu, že již nejsou nebezpečné pro člověka. Velká většina plynů a par se po haváriích drží při zemi. S rostoucí vzdáleností od místa úniku klesá koncentrace nebezpečné látky v ovzduší, a tím i její ohrožující účinek. [15]

Havárie, při kterých dochází k úniku nebezpečné látky, se projevují některými charakteristickými rysy. Patří k nim např. viditelné projevy, jako je mlha v místě havárie, vlnění ovzduší nad havarovaným objektem, při požáru potom neobvyklá barva plamene, zápach, spontánní hoření na povrchu nehořlavých materiálů, např. ocelové cisterny aj. Tyto projevy často doprovázejí i akustické jevy jako sykot unikajícího plynu, výbuchy, praskání materiálů a další. [8]

2.3 ZDROJE RIZIK

Velmi důležitý předpoklad pro krizové a havarijní plánování je identifikace zdrojů rizik. Je nutné provést co nejpodrobnější inventuru zdrojů rizik a to včetně zdrojů, které se nám mohou jevit jako nevýznamné.

Z pohledu možných průmyslových havárií jsou jako zdroj rizika považovány především zařízení, která obsahují nebezpečnou chemickou látku.

Riziková zařízení jsou:

- stabilní, tj. výrobní (procesní, včetně nadzemních potrubí),
- skladová,

- riziková zařízení přepravní (přeprava nebezpečných chemických látek po železnici, silnici atd.).

Ke sběru dat o zdrojích rizik je vhodné vytvořit dotazník, formou tabulek. V tomto dotazníku by měly být přesně nadefinované otázky, ke každému zdroji. Na tyto otázky musí být neodkladně odpovězeno:

- identifikační údaje provozovatele (název nebo jméno, adresa, IČO, jméno statutárního zástupce atd.),
- klasifikace průmyslové činnosti (výroba, skladování apod.),
- inventura (seznam) nebezpečných chemických látek,
- odhad množství nebezpečné látky, která je přítomna při havárii (údaj o celkovém množství nebezpečné chemické látky),
- údaje o skupenství nebezpečné chemické látky,
- četnost doplňování nebezpečné chemické látky,
- způsob, jakým je nebezpečná chemická látka uložena (zásobník nadzemní, podzemní, jednoplášťový, dvouplášťový apod.),
- stáří zařízení,
- kdy byla provedena poslední generální oprava,
- použití elektronického protipožárního systému,
- použití sprinklerů,
- použití dálkově ovládaných propojovacích ventilů,
- použití protipožárních stěn,
- způsob provádění údržby (interně, externě, kombinovaně),
- údaje o haváriích v minulosti (i drobné havárie bez následků),
- zavedení QMS a EMS (ISO 9 000 a ISO 14 000),
- v případě transportu údaje o četnosti přepravy, trasách přepravy a o množství přepravované nebezpečné látky,
- v případě produktovodů data o velikosti a trasování potrubí (mj. zda se jedná o potrubí nízkotlaké, středotlaké nebo vysokotlaké),
- hustota osob v okolí,
- mapa okolí zdroje rizik ve vhodném měřítku.

Výše vypsání odpovědi na otázky jsou důležité k provedení prioritizace zdrojů rizik např. relativní metodou IAEA – TECDOC – 727 (Relative ranking). [13]

2.4 ANALÝZA RIZIK

Analýza a hodnocení rizik je velmi důležitým nástrojem krizového řízení, který v konečném důsledku má zabránit vzniku závažných havárií, nebo jejich vznik co nejvíce minimalizovat. K identifikaci rizika je možné použít velké množství metod. Každá metoda má své určité výhody a nevýhody. V technické praxi se proto často používá kombinace hned několika vybraných a vhodných metod ve vzájemné kombinaci. Vypovídací schopnost se takto provedené analýzy a hodnocení rizik podstatně zvětšuje. [19]

2.4.1 Analýza rizik nebezpečných chemických látek

Analýza rizik technických, technologických nebo jiných procesů je v České republice poměrně nový obor. Dnes už je dostatek praktických zkušeností a široká škála odborných českých literárních podkladů.

Analýza rizik průmyslových zařízení se většinou zaměřují na identifikaci a kvantifikaci zdrojů ohrožující životy a zdraví osob, životní prostředí a v neposlední řadě i majetek. Jako zdroj rizika označujeme každou skutečnost, která má možnost způsobit havárii. V průmyslových technologiích je za typický zdroj rizika považován objekt nebo zařízení, které obsahuje nebezpečnou chemickou látku v dostatečném množství. Jedná se o látky hořlavé, toxické nebo výbuchu schopné.

Česká legislativa jmenovitě neuvádí metody, které lze při analýze rizika použít. Výběr tedy závisí na charakteru podniku, provozované technologii, druhu a množství používaných nebezpečných chemických látek a směsí.

Nejčastěji používané metody analýzy a hodnocení rizik:

- HRA (Human Reliability Assessment),
- CPQRA (Chemical Process Quantitative Risk Analysis),
- Dow's Fire & Explosion Index a Chemical Exposure Index.
- ETA (Event Tree Analysis),
- FTA (Fault Tree Analysis),
- HAZOP (Hazard Analysis and Operability Studies),
- Check List,
- IAEA – TECDOC – 727,
- Konsekventní analýza,
- PHA (Preliminary Hazard Analysis),

- Safety Review,
- What – If. [16]

2.4.2 Základní metody analýzy a hodnocení rizik

2.4.2.1 HRA (*Human Reliability Assessment*)

Tato metoda by zde měla být uvedena jako první. Myslím si, že lidský činitel hraje velmi významnou roli při průmyslových chemických haváriích (např. Bhópál 1984 nebo Černobyl 1986).

HRA (Human Reliability Assessment) nebo-li analýza lidské spolehlivosti je systematickým hodnocením faktorů, které ovlivňují veškerý personál podniku. Analýza lidské spolehlivosti identifikuje situace, které jsou náchylné k chybám či omylům a mohou tedy vést k nehodám. Dále se také používá ke stopování příčin lidských chyb a provádí se ve spojení s jinými technikami hodnocení zdrojů rizika. [16]

2.4.2.2 CPQRA (*Chemical Process Quantitative Risk Analysis*)

CPQRA (Chemical Process Quantitative Risk Analysis) nebo-li česky analýza kvantitativních rizik chemických procesů. Jedná se o kvantitativní posuzování rizika a o systematický a komplexní přístup pro predikci odhadu četnosti a dopadů nehod pro provoz systému či zařízení. Algoritmus využívá propojení s některými známými koncepty a spěje k uvedení kritérií pro rozhodovací proces, potřebnou strategii a programy k efektivnějšímu zvládnutí řízení rizika. Požaduje velmi náročnou databázi a počítačovou podporu.

2.4.2.3 Dow's Fire & Explosion Index a Chemical Exposure Index

Dow's Fire & Explosion Index a Chemical Exposure Index nebo-li relativní klasifikace. Je to analytická strategie, která umožňuje analytikům srovnávat vlastnosti více procesů nebo činností a určit tak, zda tyto procesy nebo činnosti mají natolik nebezpečné charakteristiky, že jsou analytici oprávněni k hlubším studiím. Tuto metodu lze využít i k porovnávání více návrhů umístění procesu nebo zařízení a zajistit tak informace o těch nejlepších možnostech nebo o těch méně nebezpečných. Tato porovnání se zakládají na číselných srovnáních, která představují relativní úroveň významnosti každého zdroje rizika. Studie relativní klasifikace by měly být uskutečněny, ještě před konečným sestavením detailního projektu. Metody indexové klasifikace ohrožení, zdroje rizika jsou hodnoceny

indexově na základě nebezpečnosti, množství látek a technologických podmínek za použití řady korekčních faktorů. Výsledky umožňují kategorizovat zdroje rizika.

2.4.2.4 ETA (Event Tree Analysis)

ETA (Event Tree Analysis) čili analýza stromu událostí nám graficky poukazuje na koncové stavy nějaké nehody, která se stala po iniciační události. Výsledkem analýzy ETA jsou různé scénáře nehody. [16]

V ČSN EN 62502 jsou definovány základní principy analýzy stromu událostí (ETA) a je v ní uveden postup pro modelování následků iniciační události, jakož i pro kvalitativní a kvantitativní analýzu těchto následků v kontextu ukazatelů vztahujících se ke spolehlivosti a riziku. Jsou v ní uvedeny základní termíny a je zde popsáno použití značek a způsobů jejich grafické prezentace. Dále jsou specifikovány procedurální kroky při konstrukci stromu událostí, je popsán návod na vypracování předpokladů, omezení a přínosů provedení analýzy, je uveden vztah k jiným technikám týkajícím se spolehlivosti a rizika a jsou uvedeny směrnice pro kvalitativní a kvantitativní hlediska vyhodnocení analýzy. Norma je doplněna praktickými příklady. Tato norma je vhodná pro všechna průmyslová odvětví, ve kterých se mají posoudit ukazatele vztahující se ke spolehlivosti a riziku. [40]

2.4.2.5 FTA (Fault Tree Analysis)

FTA (Fault Tree Analysis) nebo-li analýza stromu poruch je deduktivní technika, která se zaměřuje vždy na jednu jedinou nehodu nebo velké selhání systému. Strom poruch je grafický model, který nám zobrazuje různé kombinace zařízení, které mohou zapříčinit vážnou systémovou poruchu, která je pro nás důležitá. FTA je kvalitativní nástroj, který nám pomáhá identifikovat kombinace základních poruch zařízení a lidských chyb, které pak mohou vést k nehodě. [16]

V ČSN EN 61025 Analýza stromu poruchových stavů (FTA) se zabývá identifikací a analýzou podmínek a faktorů, které způsobují nebo mohou způsobit specifikované vrcholové události. Při analýze FTA je touto událostí obvykle porucha, poruchový stav nebo zhoršené fungování systému, snížení bezpečnosti nebo zhoršení jiných důležitých provozních atributů. FTA se často uplatňuje při analýze bezpečnosti systémů, jako jsou dopravní systémy, elektrárny nebo jakékoliv jiné systémy, u kterých se vyžaduje vyhodnocení bezpečnosti jejich provozu. Analýzu stromu poruchových stavů můžeme též použít pro analýzu pohotovosti a udržitelnosti. V normě je definován jak kvalitativní, tak kvantitativní přístup k analýze

FTA. Jsou v ní podrobně popsány kroky při provádění analýzy FTA od vymezení základních principů, přes identifikaci vhodných předpokladů, událostí a způsobů poruch, až po identifikaci a popis obecně používaných značek. [40]

2.4.2.6 HAZOP (Hazard Analysis and Operability Studies)

HAZOP (Hazard Analysis and Operability Studies) čili identifikace zdrojů rizika a provozuschopnosti byla vyvinuta pro identifikaci a vyhodnocování rizik v procesních podnicích a pro identifikaci provozních problémů, které by velkou měrou snižovat schopnost procesu dosáhnout plánované kapacity. K použití této metody je třeba velmi podrobných informací týkajících se projektu a provozu analyzovaného procesu. Tato metoda je velmi náročná i na přípravu a provádění a měla by se uplatnit jen u nejdůležitějších zdrojů rizika.

2.4.2.7 Check List

Check List, česky kontrolní seznam. V této analýze je používán psaný seznam položek či kroků ke kontrole stavu systému. Tradiční ověřovací seznamy se velmi odlišují, hlavně v detailech, a jsou rozmanitě používány k označování standardů a zvyklostí. Kontrolní seznam lze použít velmi jednoduše a ve kterékoliv fázi procesu. [16]

2.4.2.8 IAEA – TECDOC – 727

Analýza je zaměřena na kvantitativní hodnocení zdrojů rizika z hlediska ohrožení života osob a příslušné relativní pravděpodobnosti. Je použitelná pouze u provozovatelů s rozsáhlým výrobním zařízením nebo pro analýzy rozložení zdrojů rizika na území správního celku (město, okres, kraj). Výsledky umožňují klasifikaci zdrojů rizika a jejich kategorizaci do matice F – N (relativní pravděpodobnost resp. frekvence havárií versus následky). Je hodnocena nebezpečnost a množství látek a technologické podmínky. Z toho se odvozují následky (jako mortalita osob) a pravděpodobnost možných havárií za použití řady korekčních faktorů (technické parametry zařízení, úroveň zabezpečení apod.). [20]

2.4.2.9 Konsekventní analýza

Analýza, která v sobě spojuje analýzu stromu poruch a analýzu stromu událostí. Největší výhodou je použití této analýzy jako komunikačního prostředku. Analýza příčin a dopadů vytváří diagramy s nehodovými sekvencemi a kvalitativními popisy různých koncových stavů. [16]

2.4.2.10 PHA (Preliminary Hazard Analysis)

PHA (Preliminary Hazard Analysis), česky předběžná analýza zdrojů rizika. Základem této analýzy je hledání nebezpečných stavů, jejich příčin a následků, které jsou kategorizovány na základě předem stanovených kritérií. Provádí se obvykle v projektové fázi nebo jako prostředek pro výběr podrobnější jiné metody. [20]

2.4.2.11 Safety Review

Safety Review nebo-li bezpečnostní prohlídka. Tato metoda byla použita jako první k identifikaci zdrojů rizika. Může být aplikována v kterékoliv fázi daného procesu. V případě existujícího provozu se jedná o inspekční kontroly, pochůzky atd. Bezpečnostní prohlídka slouží k identifikaci podmínek nebo provozních činností v podniku, které by mohly vést k nehodě, ke zranění, důležité ztrátě na majetku či k poškození životního prostředí.

2.4.2.12 What – If

Metoda „Co se stane, když ...“ je hledání nápadů, kde kolektiv zkušených odborníků klade otázky na možné nežádoucí události. Přizpůsobuje se zde koncept určitému účelu. Kromě otázky „Co se stane, když ...“ si lze pokládat i jiné otázky:

- Přemyslím o možnosti dodání jiné chemické látky.
- Co se stane, když se ventil neuzavře?
- Co se stane, když dojde k výpadku elektrického proudu?

Všechny otázky, které jsou řečeny, by měly být i zapsány. Poté se rozdělí podle prověřovaných oblastí a každá oblast pečlivě prozkoumána. Otázky mohou být směřovány k celému procesu. [16]

2.5 NEBEZPEČNÉ CHEMICKÉ LÁTKY A SMĚSI

2.5.1 Úvod k nebezpečným látkám a směsím

Chemické látky a směsi dle zákona č. 350/2011 Sb., vykazují nebezpečné vlastnosti jako hořlavost, oxidační schopnost, výbušnost, žíravost, toxicitu, mutagenitu a karcinogenitu a další.

2.5.2 Klasifikace nebezpečných látek a směsi dle zákona č. 350/2011 Sb.

Dle zákona č. 350/2011 Sb., jsou chemické látky a směsi klasifikovány podle jejich nebezpečných vlastností:

- a) výbušné – chemické látky a směsi, které mají pevný, kapalný, pastovitý či gelovitý charakter a mohou exotermně reagovat i bez přístupu kyslíku, přičemž uvolňují plyny, které pokud jsou v částečně uzavřeném prostoru, tak detonují;
- b) oxidující – chemické látky a směsi, které vyvolávají exotermní reakci ve styku s jinými látkami, zejména hořlavými;
- c) extrémně hořlavé – kapalně chemické látky a směsi, které mají extrémně nízký bod vzplanutí a nízký bod varu či plynné chemické látky a směsi, které jsou hořlavé ve styku se vzduchem při pokojové teplotě a tlaku;
- d) vysoce hořlavé – chemické látky a směsi, které se mohou samovolně vznítit ve styku se vzduchem za pokojové teploty; pevné chemické látky a směsi, které se mohou snadno zapálit při krátkém styku se zdrojem zapálení; kapalně chemické látky a směsi, které mají nízký bod vzplanutí; chemické látky a směsi, které ve styku s vodou či vlhkým vzduchem uvolňují vysoce hořlavé plyny v nebezpečných množstvích;
- e) hořlavé – kapalně chemické látky a směsi, které mají nízký bod vzplanutí;
- f) vysoce toxické – chemické látky a směsi, které při vdechnutí, požití nebo průniku kůží ve velmi malých množstvích způsobují smrt nebo akutní či chronické poškození zdraví;
- g) toxické – chemické látky a směsi, které při vdechnutí, požití nebo průniku kůží v malých množstvích způsobují smrt nebo akutní či chronické poškození zdraví;
- h) zdraví škodlivé – chemické látky a směsi, které při vdechnutí, požití nebo průniku kůží mohou způsobit smrt nebo akutní či chronické poškození zdraví;
- i) žíravé – chemické látky a směsi, které mohou zničit živé tkáně při styku s nimi;
- j) dráždivé – chemické látky a směsi, které mohou při okamžitém, dlouhodobém či opakovaném styku s kůží nebo sliznicí vyvolat zánět a nemají žíravé účinky;
- k) senzibilující – chemické látky nebo směsi, které jsou schopné při vdechování, požití či při styku s kůží vyvolat přecitlivělost, takže při další expozici dané látky nebo přípravku vzniknou charakteristické nepříznivé účinky;
- l) karcinogenní – chemické látky nebo směsi, které při vdechnutí nebo požití či průniku kůží mohou vyvolat rakovinu nebo zvýšit její výskyt;
- m) mutagenní – chemické látky a směsi, které při vdechnutí nebo požití či průniku kůží mohou vyvolat dědičné genetické poškození nebo zvýšit jeho výskyt;
- n) toxické pro reprodukci – chemické látky a směsi, které při vdechnutí nebo požití či průniku kůží mohou vyvolat nebo zvýšit výskyt nedědičných nepříznivých účinků na

potomstvo nebo zhoršení mužských nebo ženských reprodukčních funkcí či schopností;

- o) nebezpečné látky pro životní prostředí – chemické látky a směsi, které při vstupu do životního prostředí představují nebo mohou představovat okamžité nebo pozdější nebezpečí pro jednu či více složek životního prostředí. [18]

2.5.3 Toxické látky

Toxické (jedovaté) látky se v České republice skladují a přepravují o objemech až stovek tun. Nejvíce je zastoupen amoniak, který má velmi široké uplatnění (např. jako chladicí medium). Mezi další vysoce toxické látky, které jsou u nás skladovány ve velkých množstvích, patří chlorovodík, fosgen, kyanovodík, sirouhlík, chlór, formaldehyd, sulfan, fluorovodík atd. V případě havárie s některou zmíněnou látkou, by vzniklo pro obyvatelstvo obrovské nebezpečí.

Velmi nebezpečné jsou také různé sklady agrochemikálií. Při havárii těchto skladů by mohlo dojít k ohrožení nejen zdraví lidí, ale i k poškození životního prostředí toxickými látkami a chemickými směsi, které mají specifické vlastnosti.

Významnou úlohu při hodnocení toxického účinku chemických látek na obyvatelstvo mají některé vlastnosti chemických látek. Tyto vlastnosti můžeme také označit jako „varovné“. Jedná se především o velmi malé koncentrace, které člověk subjektivně cítí zpravidla bez jakýchkoliv dalších příznaků. [16]

Vysoce toxické látky mohou vznikat také při hoření těch nejběžnějších věcí, které používáme denně. Např. kyanovodík se může uvolňovat při hoření některých umělých vláken i bez přístupu vzduchu.

2.5.4 Hořlavé látky

S hořlavými látkami se dostáváme do styku každý den. Ať se již jedná o různé druhy motorové nafty, automobilových benzínů, lehkých topných olejů atd. Hoření těchto látek je při haváriích jeden z nejničivějších faktorů.

2.5.5 Výbušné látky

Mnoho nebezpečných chemických látek ve směsi se vzduchem v přítomnosti otevřeného plamene vybuchuje. Může se však jednat i o jiné události, které výbuch iniciují (jiskry, nedopalek, horké povrchy atd.). Aby došlo k výbuchu, je zapotřebí určitá koncentrace

plynů či par chemické látky, která se vyskytuje v ovzduší. Oblastí výbušnosti nazýváme koncentrační rozpětí, kdy dochází k výbuchům par chemické látky ve směsi se vzduchem. Ohraničení této oblasti určujeme jako dolní a horní hranici výbušnosti.

Chemické látky, které mají příliš nízkou dolní hranici výbušnosti, jsou pro obyvatelstvo nejnebezpečnější. Patří mezi ně velmi dobře známé a rozsáhle využívané výbušné plyny (např. methan, směs propan-butan, propan, butan, oxid uhelnatý, vodík atd.). [16]

2.6 MODELOVÁNÍ NÁSLEDKŮ CHEMICKÝCH HAVÁRIÍ

Průmyslové chemické havárie patří k významným faktorům možného ohrožení zdraví, životů lidí a poškození životního prostředí. Jelikož v některých případech není možné zabránit vzniku chemické havárie, je nutné alespoň co nejvíce minimalizovat následky chemických havárií.

V těchto případech můžeme postupovat dvěma rozdílnými druhy opatření:

- Opatření operativní specifikujeme jako opatření, která můžeme použít těsně před chemickou havárií nebo při vzniklé chemické havárii.
- Opatření systémová specifikujeme systémovým přístupem k minimalizaci možnosti vzniku průmyslových chemických havárií a událostí, které vedou k havarijním dějům.

K tomu, abychom mohli realizovat oba typy opatření, je nejdůležitější uvědomit si, jaké projevy a následky mohou potenciální průmyslové chemické havárie mít.

2.6.1 Typy modelování

Modelování průmyslové chemické havárie a jejich následků můžeme rozdělit podle toho, jaké očekáváme cíle nebo jak velkou dostupnost nezbytných informací očekáváme:

- Havarijní modelování používáme v situacích bezprostředně po vzniku havárie, kdy je velmi důležité, aby odhad projevů a následků chemické průmyslové havárie byl co nejrychlejší. Tato modelace je z velké části ovlivněna množstvím a kvalitou informací, které jsou dostupné. Dále je nutné, aby obsluha daného programu či technologie byla dostatečně kvalifikovaná pro tuto práci. Kvalifikovaná osoba by měla mít spolehlivé informace o stavu a parametrech daného zařízení, informace o dosavadním průběhu havárie i o okolních podmínkách ovlivňujících projevy a následky havárie. Při havarijním modelování je nutnost využívání těch nejjednodušších nástrojů k modelaci úniku chemických látek. Jednoduché musí být i zadávání parametrů na

vstupu. Výsledek získaných hodnot by měl být přehledný a jednoznačný i když v některých situacích to nelze. Nejnázornějším výsledkem je grafika (např. mapové podklady) s vypočtenými parametry. Tento způsob je nejvhodnější pro rychlou orientaci při chemické průmyslové havárii. Účelná forma modelovacího nástroje je počítačový program.

- Prognostické modelování se užívá především při analýzách možných následků potenciálních havárií. Výstupy tohoto modelování se používají jako vstupy pro havarijní modelování, kdy jsou určité druhy projevů vyhodnoceny napřed a při havárii jsou využity jako orientační. Používají se také k rychlému stanovení maximálních projevů a následků chemických průmyslových havárií. Dále jsou výsledky použitelné i pro orgány státní správy při vyhodnocení rizik v okolí průmyslových podniků. K prognostickému modelování lze využít jak více vstupních informací, tak i jejich přesnější specifikaci. Tento modelovací nástroj obsahuje podrobné zadání jednotlivých vstupních parametrů pro výpočet. Asi nejvhodnější formou je komplexní počítačový program, který by řešil jednotlivé havarijní projevy odděleně s využitím společné databázové základny.
- Znalecké modelování je typ modelování, který se vyznačuje nejpřesnějšími výsledky. Znaleckým modelováním se většinou modelují již proběhlé havarijní události nebo přesně definované případy potenciálních havárií. Při znaleckém modelování jsou k dispozici přesně známé parametry a stavy technologického zařízení, které vedou k havárii, ale i možná verifikace výsledků modelovaných vyhodnocení s následky chemické průmyslové havárie. Znalecké modelování používá velmi podobné nástroje jako modelování prognostické. V některých případech musí využívat i verifikaci výsledků z důvodu zvýšené přesnosti a ověření všech výsledků.

2.6.2 Odhad následků havárií s nebezpečnými chemickými látkami

Nejvíce využívané modelování při analýze možných následků potenciálních chemických havárií je modelování prognostické. Výstupy se většinou dají použít jako vstupní data pro havarijní modelování. Jisté druhy chemických nebezpečných havárií bývají vyhodnoceny s větším časovým předstihem a při vzniklé havárii jsou tyto výstupy použity, sice jen k orientačnímu, ale především velmi rychlému stanovení maximálních projevů a následků chemické havárie.

Existují dva způsoby jak odhadnout co nejlépe havarijní následek. Můžeme použít jak výpočtové metody, tak i počítačové programy.

Když budeme chtít odhadnout následek havárie na základě výpočtů, lze použít dvě varianty. Pro orientační zjištění lze použít výpočetních vztahů, které nám různé havarijní projevy nasimulují. Výsledky těchto vztahů jsou ovšem zatíženy větší nepřesností a bývají nadhodnoceny. [21]

Druhou variantou je využití softwarových produktů, které nám pomohou promítnout pracovní podmínky, vlastnosti unikajících látek i vlivy okolí na rozsah poškození nebo zamoření. Díky těmto promítnutím dalších podmínek dojde k urychlení, ale dojde také k přesnějším získaným výstupům. Tento způsob modelování havarijních následků a dopadů v současné technické a technologické praxi převažuje.

2.6.3 Odhad toxického působení

U předběžné prognózy je stěžejní určit rozsah jednotlivých zón (zraňující, smrtelné) a je také důležité předpokládat jakým směrem se bude vzniklý oblak šířit. Když odhadujeme, musíme vždy počítat s těmi nejhoršími podmínkami, např. únik celého obsahu, volný terén, nejhorší povětrnostní podmínky. Je třeba mít na paměti, že k tomu, aby se chemické látky šířily dál v atmosféře, mají velmi silný vliv tyto meteorologické parametry:

- vertikální teplotní gradient,
- rychlost a směr větru,
- atmosférická difuze. [23]

2.7 POČÍTAČOVÁ PODPORA K MODELOVÁNÍ NÁSLEDKŮ CHEMICKÝCH HAVÁRIÍ

Po celém světě je dnes vyvíjena a používána velká škála různých systémů a programů, které jsou méně či více složité, mají různé určení, které na základě vložených údajů o druhu události nebo například o druhu látky nebo zadané toxické koncentraci, umí spočítat vzdálenost rozptylu uniklé látky a další hodnoty, které jsou velmi přínosné pro posouzení vlivu na okolí. Výsledky se mohou zobrazit jak ve formě textu, tak i v podobě obrázků nebo jiné grafiky. Nejvíce se tyto programy odlišují cenou, která je při velké složitosti a přesnosti výpočtu a výsledku pochopitelná. Tyto programy se nejvíce využívají při činnostech jako je posuzování účinků nebezpečných látek na životní prostředí nebo také například v havarijním plánování. Při některých situacích je možné využít výsledky z těchto programů i k ochraně

obyvatelstva. Programy na modelování následků havárií může obsluhovat jen kvalifikovaná osoba. Je tedy třeba o těchto programech něco znát a umět se v nich orientovat. Obecně platí, že čím je daná osoba kvalifikovanější, tím rychlejší je pak při vzniklé havárii reakce. [21] Základní význam modelování havarijních následků pro ochranu obyvatelstva především v zónách havarijního plánování je v tom, že jak vlastní provozovatelé, tak i kompetentní státní orgány mohou přijímat účinné opatření preventivního charakteru, ale také opatření ochrany, záchrany a likvidace následků. Problematika důsledného modelování havarijních následků je v podmínkách České republiky nedoceněná, jak vyplývá z šetření, které je uvedeno dále.

2.7.1 Systémy pro modelování a hodnocení vlivů průmyslových chemických havárií a podobných událostí

V rámci analýzy systémů pro modelování a hodnocení vlivů průmyslových chemických havárií byl vyhotoven průzkum v dostupném spektru výrobců SW prostředků ve světě i v ČR.

Za vznik SW prostředků mohou velké průmyslové havárie z druhé poloviny 20. století, s obrovskými úniky nebezpečných chemických látek, např. Seveso (Itálie), Bhópál (Indie) a Flixborough (Velká Británie). Tyto programy umožňují různou rychlostí a přesností modelovat průběh chemických havárií, při kterých došlo k úniku toxických, výbušných a hořlavých chemických látek.

Po celém světě jsou v současnosti vyvíjeny a používány rozmanité programy a systémy, které mají velmi různorodé a specifické zaměření. Tyto programy jsou schopny z vložených údajů, např. druh události, druh havarovaného zařízení, druh látky, vypočítat vzdálenost šíření uniklé chemické látky, předpokládanou koncentraci a další hodnoty, které jsou vhodné pro posuzování vlivu na okolí, ale i pro samostatné části havarovaného zařízení.

Výstupy se zobrazují v textové, ale i v grafické formě. V dnešní době je nejdůležitější, hned po možnostech SW programů, cena. Ta je však zcela odpovídající za složitost a přesnost výpočtu. Tyto SW programy se používají, mezi jinými, například při posuzování nebezpečných vlivů na životní prostředí nebo v procesech výstavby nových průmyslových zařízení či jako hodnocení bezpečnosti zařízení. [24]

Pro úplnost jsou uvedeny některé další zahraniční programy:

- Dow index model for toxics
- Charm (Radian Corporation, USA)

- Degadis (US Coastguard)
- Hegadas (SHELL)
- Denz/Crunch (SRD, UK)
- Haste (ERT, USA)
- Slab (Lawrence-Livermore National Laboratory, USA)
- Phast (Technica, UK)
- Trace (SAFER CORPORATION, USA)
- Drift (SRD, UK)
- Superatmos (AD Little)

2.7.2 Rozdělení SW modelů

SW modely se rozdělují na čtyři druhy:

- screeningové modely (Gross Screening Models),
- jednoduché modely (Intermediate Models),
- pokročilé modely (Advanced Models),
- specializované modely (Specialized Models).

Screeningové a jednoduché modely, které nejsou náročné na velké množství vstupních údajů, nabízejí konzervativní výsledky – tedy výsledky, které jsou mírně nadhodnocené. Tento přístup je pochopitelný, protože se jedná o modely, které jsou určeny pro rychlou aplikaci v praxi, kdy s ohledem na časové nevýhody a možnosti uživatele není možné získat vstupní data, zejména o povětrnostních podmínkách v požadované kvalitě. Tyto modely musí zůstat tedy pouze u odhadů např. rychlosti větru, vlhkosti apod. Úkony provádí kvalifikovaný specialista na základě subjektivního pozorování kupříkladu průvodních jevů. Z praxe je však doloženo, že obzvláště v náročnějších situacích, uživatel ocení přínos těchto jednoduchých modelů, neboť jejich využitím získá velmi rychlou odpověď na základní otázky, mezi které patří například, zda je nutné uvažovat přesah nebezpečných koncentrací za určitou vzdálenost či nikoliv.

Pokročilé modely ve většině případů požadují kromě výkonného počítače také další externí digitální pracovní zařízení. Tyto složité modely totiž potřebují rozsáhlá meteorologická data a údaje o koncentracích emitovaných látek v ovzduší, která lze obstarat z rozsáhlé sítě externích stanic, které jsou rozmístěny nad inkriminovanou oblastí. Jedná se

tedy o modely převážně určené pro stacionární použití. Vyžadují také podrobné informace o terénu (tzv. komplexní terén), tedy rozmístění terénních překážek a jejich rozměry atd.

Specializované modely jsou hojně používané pro předpověď rozptylu zvláštních materiálů či nebezpečných nákladů, jako jsou bojové chemické látky či biologické zbraně. Modely pro rozptyl těžkého plynu jsou používány také v chemickém průmyslu, pro modelování emisních vleček vznikajících jak při běžném provozu, tak především při havarijních únicích. Tyto modely již vyžadují zadávat hodnoty mnoha termodynamických veličin a podrobná meteorologická data. [33]

2.7.3 Kritéria porovnávání příslušných SW nástrojů

Aby bylo možné různé softwarové nástroje porovnávat, muselo být nadefinováno třináct základních posuzovacích kritérií, které je možné využít při samotném výběru příslušného SW nástroje.

Tyto kritéria jsou:

- uživatelská přívětivost a vhodně navržené rozhraní (scelovače, ovladače, barvy apod.),
- požadavky na hardwarovou podporu,
- nároky na znalosti a dovednosti uživatele,
- cena SW nástroje a požadavky na další výdaje (např. přidružené instalace, výcvikové kurzy, manuály apod.),
- míra využitelnosti nástroje a schopnost modelovat daný typ znečištění,
- rozsah požadovaných vstupních údajů,
- schopnost modelu počítat ztrátu znečišťující látky mokrou a suchou depozicí,
- schopnost modelu zahrnout do výpočtů také příslušné chemické procesy probíhající v atmosféře,
- schopnost modelu počítat různě dlouhé trvání úniků (tj. jak časově krátké, tak i dlouhodobé úniky),
- velikost území, pro které model dokáže počítat koncentrace znečišťující látky (jako minimum se udává vzdálenost 1 až 5 km od zdroje),
- schopnost modelu zahrnout do výpočtu vliv charakteru okolního terénu (tj. stavby, les, volnou krajinu apod.),
- formát výstupních informací, jejich srozumitelnost a použitelnost pro případné další využití,

- rating modelu, zkušenosti s jejich použitím apod. (např. odkazy u U.S. EPA nebo v pracích uznávaných odborníků). [36]

2.7.4 Dostupné SW programy v České republice

V České republice se používají moderní a rychlé modelovací nástroje pro vyhodnocení havarijních dopadů a projevů nebezpečných chemických látek a chemických směsí. Mezi tyto nástroje patří TerEx a ROZEX Alarm. Tyto programy jsou vyvíjeny a distribuovány v České republice. SW program TerEx je ovšem rozšířenější, i zde hraje jednu z hlavních rolí cena, než ROZEX Alarm.

2.7.4.1 TerEx

Jedná se o nástroj pro velmi rychlou prognózu dopadů a následků působení nebezpečných chemických látek nebo nástražných výbušných systémů. Často se jedná o zneužití nebezpečných látek určitou teroristickou skupinou s cílem poškodit či vyřadit integritu společnosti. TerEx je vytvořen jako počítačový program, který koresponduje s grafickým informačním systémem pro přímé zobrazení výsledků v mapách.

TerEx je určen pro jednotky IZS při zásahu, pro co nejrychlejší určení rozsahu ohrožení a pro zrealizování následných opatření pro ochranu obyvatel. TerEx může použít, například velitel zásahu na místě nebo v řídicím centru operační důstojník. Jako základ pro předpověď havarijních dopadů a následků je zde použita konzervativní prognóza. Po přenesení do praxe to lze vyložit tak, že výstupy odpovídají takovým požadavkům, při kterých s určitostí dojde k maximálním možným dopadům a následkům na okolí – nejhorší varianta.

TerEx dává uživateli možnost výběru vyhodnocení ze čtyř základních situací:

- TOXI – únik toxické nebezpečné látky – vyhodnocuje dosah a tvar oblaku, jehož kontury jsou dány dávkou toxické látky
- VCE, UVCE – únik výbuchu schopné nebezpečné látky – modely vyhodnocují dosah působení vzdušné rázové vlny, vyvolané detonací směsi látky se vzduchem (u modelu PLUME – déletrvající únik plynu do oblaku, déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku, pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku; u modelu PUFF – jednorázový únik plynu do oblaku, jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku)

- POOL FIRE, JET FIRE, FLASH FIRE a BLEVE – únik hořlavé nebezpečné látky – modely vyhodnocují dosah působení tepelné radiace požárů.

U efektu FLASH FIRE dělíme: BLEVE – ohrožení nádrže plošným požárem, JET FIRE – destrukční masivní únik plynu se zahořením, POOL FIRE – hoření louže kapaliny nebo vroucí kapaliny

- TEROR – použití výbušiny – vyhodnocuje dosah působení vzdušné rázové vlny, vyvolané detonací výbušného systému na okolí detonace [22]

Pro modelování samotné je kromě výběru příslušné látky a požadovaného modelu nutné zadat ještě následující vstupní údaje:

- celkové množství uniklé látky,
- střední rychlost větru v přízemní vrstvě,
- teplotu vzduchu,
- typ převažujícího povrchu v prostoru potenciálního šíření oblaku (korekce vlivu drsnosti povrchu),
- oblačnou pokrývku v procentech,
- dobu vzniku a průběhu havárie (den – noc, roční doba). [28]

Mezi přednosti programu TerEx patří jeho vysoký komfort a jednoduchost ovládání. Parametry lze volit přímo z nabízených možností. Velkou výhodou tohoto programu je funkčnost i při neúplném zadání. To velice usnadňuje práci zejména v kritických situacích kdy hraje velkou roli psychický stres. [22]

Program TerEx je vůči některým jiným programům, vybaven vlastní databází nejčastěji používaných nebezpečných chemických látek. Ke každé látce lze po kliknutí na tlačítko s vlastnostmi, zjistit mnoho informací:

- základní informace o dané látce (H – věty, P – věty, symboly nebezpečnosti),
- fyzikálně – chemické vlastnosti látky,
- havarijní a toxické vlastnosti látky,
- možné havarijní modely, které lze pro danou látku použít,
- vlastní popis dané látky (zraňující projevy, první pomoc při zasažení danou látkou, hasební prostředky, způsob ochrany atd.). [37]

S programem TerEx je možné dosáhnout velmi kvalitních výsledků jak pro kvalifikovaného experta, tak i pro člověka, který není specialista na chemii či pyrotechniku,

jako je například pracovník krizového řízení. Jak již bylo zmíněno výše, z nabídek je uživatel přímo nasměrován k zadání přesných podmínek. Následné výstupy programu TerEx jsou jednoduše a srozumitelně zobrazeny, tudíž pak velmi urychlí rozhodování v kritické situaci. Toho je dosaženo tak, že jsou veškeré informace promítnuty do mapy.

TerEx poskytuje výstupy v textovém formátu či v datových souborech XML. Modelovací systém je také vybaven možností synchronního krokování např. pro nutnost vizuální animace.

Tento program je nenáročný pokud se jedná o HW a SW nároky. Při vykreslování výstupů do mapy můžeme použít lokální mapové systémy nebo se připojit na služby Státního mapového centra. [22]

V současnosti je program TerEx k dispozici s více jak 900-ti nebezpečnými chemickými látkami, které tento program dokáže ihned vyhodnotit. Je možné další rozšíření, ale to jen v případě speciálního přání zákazníka.

Jako velká výhoda se jeví to, že na přání zákazníka je možné dodat přímo konkrétní soubor nebezpečných chemických látek a směsí, které zákazník opravdu potřebuje a využije. na modelování havarijních dopadů. [27]

Program pracuje v českém a anglickém jazyce s možností přepínání těchto dvou jazyků. Program je také cenově i uživatelsky dostupný českému uživateli. [29]

2.7.4.2 ROZEX Alarm

Program ROZEX Alarm je softwarový nástroj, který obsahuje rozsáhlou databázi přibližně 8 000 chemických látek. Program je určen pro podnikatelské subjekty, pro orgány státní správy, ale i pro zásahové složky, které se podílejí na likvidaci vzniklé havárie, která je spojená s únikem nebezpečné chemické látky. Kromě toho lze využít tento program i k přípravě modelových řešení možných úniků nebezpečných látek a prognózování dopadů havarijních událostí v rámci analýzy a hodnocení rizik. [25]

Program disponuje celkem 19-ti druhy havarijních scénářů spojených s jednorázovým nebo kontinuálním únikem látek ze zařízení s následkem požáru, výbuchu nebo rozptýlu toxické látky v atmosféře. Získané výstupy lze následně vyexportovat do mapových podkladů systému GIS.

K modelování následků havarijních událostí je přistupováno jako k filozofii maximálních možných dopadů chemické havárie. Tento přístup zajišťuje velmi přesnou

prognózu dopadů havárie. Avšak počet vstupních parametrů potřebných pro výpočet je omezen na nutné minimum. [26]

2.7.4.2.1.1 Fyzikální parametry v programu ROZEX Alarm

Pro modelování v programu ROZEX Alarm je po výběru látky a modelu nutné zadat následující fyzikální parametry:

- skupenství unikající látky,
- teplotu látky v zařízení při úniku,
- hodnotu přetlaku látky v zařízení,
- velikost průměru kruhového otvoru, jehož plocha je ekvivalentem otvoru nekruhového o stejné ploše skutečné trhliny na aparátu,
- výška sloupce kapaliny v zařízení (vzhledem k umístění únikového otvoru),
- rychlost větru v přízemní vrstvě atmosféry,
- třídu atmosférické stability,
- typ převažujícího povrchu v prostoru potenciálního šíření oblaku (korekce vlivu drsnosti povrchu),
- hodnotu zvolené koncentrace tvořící okraj toxického oblaku,
- teplotu vyteklé kapaliny (teplota látky v zařízení před únikem),
- plochu, kterou zaujme kapalná látka po úniku ze zařízení,
- množství látky v havarovaném zařízení.

2.7.4.2.1.2 Modelování rozptylu látek v atmosféře pomocí programu ROZEX Alarm

ROZEX Alarm kvalifikuje úniky toxických látek program z hlediska dosahu a tvaru vzniklého oblaku při zvolené mezní koncentraci dané chemické látky. Pro modelování rozptylu plynů v atmosféře nabízí program tyto varianty:

- jednorázový únik toxické látky – neutrální plyn: řeší dosah oblaku toxické látky, jejíž molekula je lehčí než vzduch, uniklé v krátkém časovém intervalu;
- jednorázový únik toxické látky – těžký plyn: řeší dosah oblaku toxické látky, jejíž molekula je těžší než vzduch, uniklé v krátkém časovém intervalu;
- kontinuální únik toxické látky – neutrální plyn: řeší dosah oblaku toxické látky, jejíž molekula je lehčí než vzduch, unikající o známém množství v delším časovém intervalu;

- kontinuální únik toxické látky – těžký plyn: řeší dosah oblaku toxické látky, jejíž molekula je těžší než vzduch, unikající o známém množství v delším časovém intervalu;
- kontinuální únik toxické látky otvorem – neutrální plyn: řeší dosah oblaku toxické látky, jejíž molekula je lehčí než vzduch, unikající otvorem známé velikosti v delším časovém intervalu;
- kontinuální únik toxické látky otvorem – těžký plyn: řeší dosah oblaku toxické látky, jejíž molekula je těžší než vzduch, unikající otvorem známé velikosti v delším časovém intervalu. [26]

Zpracování prognózy následků průmyslových havárií je zpracováno formou studie obsahující popis vyhodnocovaného zdroje rizika, havarijního scénáře a výsledky modelování v numerické a grafické podobě. Součástí výsledků je i jejich komentář. [24]

2.7.5 Dostupný SW v Evropské unii a jinde ve světě

V Evropské unii existuje celá řada SW prostředků k modelaci a hodnocení úniků chemických látek do atmosféry. Pracují v anglickém jazyce, případně v jazyce státu vzniku (němčina atd.). Ve většině případů vyžadují vysoce kvalifikovanou obsluhu. Podle stupně náročnosti jsou dostupné v cenových relacích tisíců až desetitisíců Euro.

2.7.5.1.1 ALOHA – Areal Locations of Hazardous Atmosphere (USA)

Aloha patří mezi jednoduché počítačové programy, ve kterých lze provádět výpočty úniků průmyslových chemických látek a modelování šíření oblaků uniklé látky do okolí. I přes svou jednoduchost je nutná kvalifikovaná obsluha. [31]

Program pracuje s níže uvedenými vstupními informacemi:

- informace o uniklé chemické látce – program obsahuje kolem 652 chemických látek používaných v průmyslu, včetně jejich fyzikálně – chemických vlastností;
- informace o stavu atmosféry – třídy atmosférické stability, rychlost a směr větru, teplota vzduchu, drsnost zemského povrchu, oblačnost, vlhkost vzduchu;
- informace o zdroji úniku – je možné zadat čtyři druhy zdrojů a jejich parametry (1. přímý zdroj; 2. louže; 3. zásobník; 4. potrubí).

1. Přímý zdroj

Tento typ zdroje je možné použít, jen v případě pokud je známé celkové množství uniklé chemické látky, která vstupuje přímo do atmosféry. Při tomto výpočtu není počítáno s

vypařováním kapaliny, lze jej ovšem použít pro látky v plynném skupenství. Při výpočtu jsou zadávány parametry:

- typ úniku (jednorázový nebo kontinuální);
- množství uniklé látky nebo rychlost úniku;
- výška zdroje nad zemí.

Výstupem je například vzdálenost šíření mraku, časové vyjádření určité koncentrace a hodnota koncentrace v daném místě s libovolnými souřadnicemi. Grafiku velikosti oblaku je možno využít k záznamu do mapy při spojení programu s geografickým informačním systémem.

2. Louže

Tato volba zdroje je vhodná pro modelování vypařování rozlité kapaliny z louže látky, která již neuniká. Při výpočtu jsou zadávány parametry:

- plocha rozlité kapaliny;
- objem, hmotnost nebo hloubka louže;
- typ podkladu;
- teplota podkladu;
- teplota uniklé látky.

3. Zásobník

Tento modul lze využít pro modelování úniku látky z poškozeného zásobníku a následného vypařování do ovzduší. Při výpočtu jsou zadávány parametry:

- typ zásobníku a jeho prostorová orientace (kulový, válcový vertikální, válcový horizontální);
- průměr, výška nebo objem zásobníku;
- stav látky v zásobníku;
- teplota uskladněné látky;
- hmotnost nebo objem látky;
- typ a rozměry únikového otvoru (obdélníkový nebo kruhový);
- typ úniku (proražená díra v plášti nebo krátké potrubí), výška otvoru nad dnem;
- typ podkladu a jeho teplota;
- přítomnost záchytné jímky a případně její rozměry. Modul je schopen automaticky vyhodnotit tlak v zásobníku.

4. Potrubí

Tento modul je vhodný pro modelování rozptylu plynu unikajícího z potrubí. Modul nelze použít pro kapaliny. Při výpočtu jsou zadávány parametry:

- průměr a délka potrubí;
- zda je poškozené potrubí napojeno na zásobník;
- drsnost, teplota a tlak v potrubí. [21]

Mezi nevýhody patří, verze pouze v anglickém jazyce a k zobrazování výstupů používá anglosaské měrné jednotky. Další významnou nevýhodou je vyhodnocení pouze toxických následků úniků nebezpečných látek. Výhodou je jeho dostupnost – je volně stažitelný. [31]

2.7.5.1.2 DEGADIS (USA)

Jedná se o SW prostředek vyvinutý v USA pro účely pobřežní stráže a pro Plynárenský výzkumný ústav k simulování disperze a chování nebezpečných hořlavých plynů. [32]

2.7.5.1.3 CHARM (USA)

Velmi vysoce profesionální počítačový program pro prognostické modelování následků chemických havárií, který vyžaduje vysoce specializovanou obsluhu s velkým přehledem v dané problematice. Program CHARM vyhodnocuje toxické i exotermní projevy závažných havárií. Program má možnost grafické interpretace výsledků do mapových podkladů. Může spolupracovat s americkým krizovým systémem EIS Infobook. [24]

2.7.5.1.4 EFFECTS 4

EFFECTS 4 je počítačový program, ve který umožňuje prognostické modelování následků havárií. Jde o program tzv. vědeckého typu, u kterého je nutnost, aby obsluha byla specializovaná a měla veliký přehled dané problematiky. Jedná se o program špičkové kvality, ale tomu odpovídá i nutnost detailní znalosti modelované havarijní události.

Program vyhodnocuje exotermní i toxické projevy závažných havárií, ale je zde absence grafické interpretace výsledků do mapových podkladů .

Prostředky s přibližně stejnými atributy:

- Damage (Německo),

- Save (Německo),
- Phast (Velká Británie),
- Sevex view (Belgie).

2.7.5.1.5 EOD Frontline/CBRNE Response

EOD Frontline/CBRNE Response je softwarová aplikace pro krizové řízení. Není zaměřená pouze na pyrotechnické, ale i v případě na chemické havárie. Představuje úplné řešení pro řízení celé akce, pomáhá při koordinaci a přijímání rozhodnutí.

Softwarová aplikace EOD Frontline je informační manažerský systém, který má za úkol zkvalitnit koordinaci, rozhodování a zadávání úkolů při pyrotechnickém zabezpečení (EOD), teroristického použití zbraní hromadného ničení, náhodných nebo záměrných úniků nebezpečných chemických látek.

Aplikace EOD Frontline využívá tři druhy oblastí ohrožení:

- Oblasti výbuchu u výbušnin.
- Oblasti ohrožení bojovými chemickými látkami (šíření povětrnostními vlivy).
- Oblasti ohrožení průmyslovými toxickými materiály (šíření povětrnostními vlivy).

Aplikaci EOD Frontline funguje jako systém hlášení NATO. EOD lze snadno přizpůsobit také pro připojení k národním či mezinárodním systémům hlášení. Vytipované nebezpečné území, je zobrazováno na mapě. Ve své základní verzi obsahuje rozšířené funkce pro práci s mapami, zpracování zpráv, komunikační modul, možnosti zobrazení pozic jednotek a klíčových základen. Aplikace EOD Frontline je vhodná pro integraci do softwarových systémů pro velení a řízení. [30]

3 PRAKTICKÁ ČÁST – MODELACE NÁSLEDKŮ CHEMICKÝCH HAVÁRIÍ

3.1 POPIS MODELACE A NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK

K úniku toxických látek dochází u mnoha různých objektů, jenž chemické látky vyrábí, skladují či s nimi jen manipulují. Tyto chemické látky mohou uniknout do ovzduší, půdy nebo vody.

První modelování proběhlo v českém programu ROZEX Alarm, byly použity reálné situace a látky. Byl modelován amoniak, motorová nafta a LPG.

Pro druhou modelaci byla vytvořena fiktivní firma, která je postavena na reálných látkách. Jedná se o firmu, která ve svém areálu skladuje acetylén, motorovou naftu a kyselinu sírovou. K modelaci úniku byl použit český program TerEx.

V závěru praktické části je výsledek porovnání výstupů motorové nafty z obou programů. Modelovací programy jsou popsány v teoretické části.

Informace o chemických látkách, které jsou dále zmíněny, byly čerpány z více zdrojů. Všechny zdroje jsou uvedeny za poslední uvedenou látkou.

3.1.1 ROZEX Alarm

K modelaci v programu ROZEX Alarm byly zvoleny fiktivní situace s reálnými chemickými látkami.

a) Amoniak

Čistý amoniak (NH_3) je za normálních podmínek bezbarvý plyn, který velmi silně čpí. Má zásaditou povahu, je žíravý a dráždivý. Za vysokého tlaku se amoniak skladuje jako kapalina. Dobře se rozpouští ve vodě a reaguje s kyselinami za vzniku amonné soli.

Amoniak a amonné sloučeniny jsou v zemědělství nejpoužívanější hnojiva. Amoniak se také používá jako bělicí a čistící přípravek v průmyslu. Je používán v nejrůznějších průmyslových procesech.

Amoniak je důležitou součástí přírodního koloběhu dusíku. Vzniká za rozkladu organických materiálů. Suchozemští živočichové vylučují dusík ve formě močoviny (sloučenina amoniaku a oxidu uhličitého). V důsledku mikrobiálních reakcí se močovina rozpadá a uvolňuje amoniak.

b) Motorová nafta

Motorová nafta je z chemického hlediska směs kapalných uhlovodíků. Je destilována a rafinována z ropy, při teplotách 150 °C až 370 °C. Vznětovou charakteristiku určuje cetanové číslo. Tato nafta je používána jako palivo do vznětových motorů.

Nafta se začala používat počátkem 20. století. Jako vynálezce vznětového spalovacího motoru je veden Rudolf Diesel, německý vynálezce. Díky němu se dnes motorová nafta nazývá diesel. Jedná se o hořlavou kapalinu III. třídy nebezpečnosti s bodem vzplanutí nad 55°C. Směsná motorová nafta v sobě zahrnuje biosložku, která má hygroskopickou vlastnost. Může dojít k znehodnocení paliva tím, že budeme palivo velmi dlouho skladovat nebo ho skladovat nevhodně.

c) Propan-butan (LPG)

LPG (Liquefied Petroleum Gas) je zkapalněný ropný plyn. Jedná se o směs uhlovodíkových plynů, používaných jako palivo do spalovacích spotřebičů a vozidel. LPG je novodobější označení směsi topného plynu, známou jako propan-butan. Využívá se jako palivo pro vytápění, osvětlování a dále také jako palivo pro zážehové motory. Plní se do tlakových lahví, které se poté používají jako přenosné zásobníky topného plynu v domácnostech. LPG narušuje přírodní pryž, musí být tedy všechna těsnění vyrobena ze syntetických látek.

3.1.2 TerEx

Pro modelaci v programu TeRex byly zvoleny látky dle informací z reálné existující firmy tak, aby vzniklé úniky chemických látek, byly co nejreálnější.

a) Acetylén

Acetylén (C_2H_2) je bezbarvý hořlavý a výbušný plyn. Má velmi silný česnekový zápach, avšak čistý acetylén nemá žádný zápach. Dobře se rozpouští ve vodě a je lehčí než vzduch. Jedná se tedy o velmi nebezpečný plyn, který má sklony k výbušnému rozkladu vlivem působení teploty nebo nárazu.

Acetylén lze vyrábět několika způsoby. Vysokoteplotním štěpením zemního plynu či benzínu a nebo rozkladem karbidu vápenatého. Acetylén se používá při výrobě plastů, ale také k svařování a řezání kovů.

V našem případě se jedná o zkapalněný acetylén, který může být iniciován k výbuchu nárazem. Vysoká výbušnost acetylénu se snižuje jeho rozpuštěním v kapalině. Nejvhodnější kapalina je aceton. Tlakové láhve jsou plněny malým tlakem a neplní se více acetylénem nežli je aceton schopný pojmout. Při čerpání acetylénu z lahví musí být láhve postave kolmo.

Acetylén nesmí za žádných okolností přijít do styku s chlorem. Pokud by k tomu došlo, tak s pomocí slunečního světla by došlo k prudké explozi.

b) Motorová nafta

Vypsáno již výše.

c) Kyselina sírová

Kyselina sírová (H_2SO_4) je rozdělována podle čistoty a celkového obsahu H_2SO_4 na:

- technickou,
- čistou,
- akumulátorovou,
- odpadní.

Obsah H_2SO_4 se pohybuje mezi 20 až 98%. Použití kyseliny sírové je velmi široké (výroba papíru, výroba hnojiv, chemický a farmaceutický průmysl, zpracování ropy, textilní průmysl, atd.).

Čistá kyselina sírová (dále už jen kyselina) má kapalnou, olejovitou konzistenci, je bez zápachu a její barevná škála se pohybuje od žluté barvy po hnědou. Za normální teploty není výbušná ani nehoří. V koncentrovaném stavu odnímá z okolí vlhkost. V jakémkoliv poměru je mísitelná s vodou. Pokud dojde ke styku kyseliny s organickou látkou následuje velmi bouřlivá oxidační reakce s vznikem tepla. Při kontaktu par zředěné kyseliny s některými kovy začne vznikat lehce hořlavý a ve směsi se vzduchem explozivní vodík.

Pokud je kyselina koncentrovaná, může rozpouštět hliník, měď a jejich slitiny. Velmi odolný prvek je olovo.

Jak již bylo zmíněno, kyselina je neomezeně mísitelná s vodou, tudíž i zředěné roztoky mají silně žíravé vlastnosti. Na hladinou se mohou vypařovat žíravé páry. V koncentrovaném stavu může kyselina způsobit samovznícení hořlavých látek. [1, 2, 3, 41, 42]

3.2 VSTUPNÍ ÚDAJE POUŽITÉ PŘI MODELACÍCH

3.2.1 ROZEX Alarm

3.2.1.1 Amoniak

Železniční cisterna, ve které se nachází amoniak, má objem 60 m³ a je plněna na maximálně 85 %. Maximální provozní tlak je 2,9 MPa. Teplota amoniaku je 25 °C.

- a) Jednorázový únik toxické látky – neutrální plyn, hmotnost uniklé látky je 32 000 kg. Rychlost větru se mění (1 m/s; 3 m/s). Jsou zvoleny podmínky středně stabilní a neutrální.
- b) Kontinuální únik toxické látky otvorem - neutrální plyn, hmotnost uniklé látky je 32 000 kg. Rychlost větru se mění (1 m/s; 3 m/s). Jsou zvoleny podmínky středně stabilní a neutrální.

3.2.1.2 Motorová nafta

Motorová nafta je skladována v dvoukomorové dvouplášťové ocelové nadzemní nádrži o objemu 2500 l. V době modelovaného úniku se nachází v této nádrži maximálně 1000 l motorové nafty. Z této nádrže uniká nafta ven a tvoří louži. Tento únik se označuje jako únik hořlavé látky se vznikem plošného požáru. Bylo modelováno pět situací s pěti průměry louže (1 m; 2 m; 5 m; 10 m; 20 m).

K modelaci byly použity další podmínky například, že dochází k požáru louže motorové nafty na průmyslové ploše.

3.2.1.3 Propan-butan

Nadzemní válcový horizontální jednoplášťový ocelový zásobník o celkovém nominálním objemu 100 m³ (plnění na maximální objem 85 % nominálního objemu), délka 14,6 m a průměr 3 m. Zásobník je usazen na betonových patkách ve šterkovém podloží. Hmotnost uniklé látky je 45 000 kg. Tato látka byla modelována těmito metodami:

- a) Jednorázový únik hořlavé látky – těžký plyn (rychlost větru 2 m/s; 5 m/s)
- b) Požár s efektem BLEVE
- c) Únik hořlavé látky se vznikem plošného požáru
- d) Plošný odpar hořlavé látky z louže – těžký plyn

e) Plošný odpar hořlavé látky z louže – neutrální plyn

3.2.2 TerEx

3.2.2.1 Acetylén

Acetylén v nádrži o obsahu 3500 kg, při teplotě 15 °C. Při modelaci acetylénu byly použity dvě metody:

- a) Metoda PLUME (výtokový oblak vznikající z kontinuálního zdroje úniku) – při modelování touto metodou byly určeny tři velikosti otvorů, kterými dojde k únikům (0,1 m; 0,5 m; 1 m) a otvor se nachází ve výšce 20 cm od dna nádoby. Rychlost větru se mění (2 m/s; 5 m/s).
- b) Metoda PUFF (mrak rozšiřující se ve všech směrech v důsledku jednorázového úniku) – při modelaci metodou PUFF byly zvoleny dvě rychlosti větru (2 m/s; 5 m/s) a byly zvoleny tři množství uniklé látky (100 kg; 300 kg; 1000 kg).

Dále byly k modelaci použity další podmínky, které jsou stejné pro obě výše uvedené metody. V modelacích dochází k úniku acetyleny na průmyslové ploše, na obloze se vyskytuje 0 % mraků. K úniku dochází v noci, ráno nebo večer a jsou zvoleny nejhorší podmínky – inverze a izotermie.

3.2.2.2 Motorová nafta

Motorová nafta je skladována v dvoukomorové dvouplášťové ocelové nadzemní nádrži o objemu 2500 l. V době modelovaného úniku se nachází v této nádrži maximálně 1000 l motorové nafty. Z této nádrže uniká nafta ven a tvoří louži. Tento únik se označuje jako požár louže – POOL FIRE (hoření látky, která se vypařuje z vrstvy kapaliny). Bylo modelováno pět situací s pěti průměry louže (1 m; 2 m; 5 m; 10 m; 20 m).

K modelaci byly použity další podmínky například, že dochází k požáru louže motorové nafty na průmyslové ploše, na obloze se vyskytuje 0 % mraků. K požáru dochází v noci, ráno nebo večer a jsou zvoleny nejhorší podmínky – inverze a izotermie.

3.2.2.3 Kyselina sírová

Kyselina sírová se skladuje v nerezové nádrži o obsahu 1000 kg. V této nádrži je kyselina chráněna před přímým slunečním světlem. Při modelaci kyseliny sírové byly použity dvě metody:

- a) Metoda PLUME (pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku) – při modelování touto metodou byly určeny tři velikosti louží (1 m²; 5 m²; 20 m²). Rychlost větru stoupá (2 m/s; 5 m/s).
- b) Metoda PUFF (mrak rozšiřující se ve všech směrech v důsledku jednorázového úniku) – při modelaci metodou PUFF byly zvoleny dvě rychlosti větru (2 m/s; 5 m/s) a byly zvoleny tři množství uniklé látky (100 kg; 300 kg; 1000 kg).

Dále byly k modelaci použity další podmínky, které jsou stejné pro obě výše uvedené metody. V modelacích dochází k úniku kyseliny sírové na průmyslové ploše, na obloze se vyskytuje 0 % mraků. K úniku dochází v noci, ráno nebo večer a jsou zvoleny nejhorší podmínky – inverze a izotermie, teplota 15 °C a velikost otvoru – 0,1 m.

3.3 MODELACE

V této části jsou tabulky s výsledky modelací z programů ROZEX a TerEx.

3.3.1 Výsledné tabulky z programu ROZEX Alarm

Modelace v programu ROZEX Alarm (verze 2.1) byla provedena na Vysoké škole báňské – Technické university Ostrava a velice velkou měrou bylo přispěno z TLP, spol. s.r.o. Podmínky modelace jsou uvedeny u každého modelování jednotlivě.

3.3.1.1 Amoniak

Amoniak je v železniční cisterně, která má objem 60 m³ a je plněna na max. 85 %. Maximální provozní tlak je 2,9 MPa. V cisterně se nachází 32 000 kg, při teplotě 25 °C.

3.3.1.1.1 Metoda – jednorázový únik toxické látky

3.3.1.1.1.1 *Rychlost větru 1 m/s, koncentrace definovaná uživatelem*

Teplota látky: 25 °C

Hmotnost uniklé látky: 32000 kg

Rychlost větru: 1 m/s

Typ atmosférické stálosti: F – Středně stabilní podmínky

Typ povrchu pro šíření oblaku: Městská a průmyslová oblast

Koncentrace definovaná uživatelem: 14 676 ppm

Maximální dosah oblaku:	2100 m
Doba tvorby oblaku:	35 min

3.3.1.1.1.2 Rychlost větru 1 m/s, 50% mortalita pro expozici 5 až 10 minut

Teplota látky: 25 °C

Hmotnost uniklé látky: 32000 kg

Rychlost větru: 1 m/s

Typ atmosférické stálosti: F – Středně stabilní podmínky

Typ povrchu pro šíření oblaku: Městská a průmyslová oblast

50% mortalita pro expozici 5 až 10 minut, zraňující při okamžité expozici:

0,0087 kg/m³, 12000 ppm

Maximální dosah oblaku:	2230 m
Doba tvorby oblaku:	37 min

3.3.1.1.1.3 Rychlost větru 3 m/s, koncentrace definovaná uživatelem

Teplota látky: 25 °C

Hmotnost uniklé látky: 32000 kg

Rychlost větru: 3 m/s

Typ atmosférické stálosti: D – Neutrální podmínky

Typ povrchu pro šíření oblaku: Městská a průmyslová oblast

Koncentrace definovaná uživatelem: 14 676 ppm

Maximální dosah oblaku:	1110 m
Doba tvorby oblaku:	6,2 min

3.3.1.1.1.4 Rychlost větru 3 m/s, 50% mortalita pro expozici 5 až 10 minut

Teplota látky: 25 °C

Hmotnost uniklé látky: 32000 kg

Rychlost větru: 3 m/s

Typ atmosférické stálosti: D – Neutrální podmínky

Typ povrchu pro šíření oblaku: Městská a průmyslová oblast

50% mortalita pro expozici 5 až 10 minut, zraňující při okamžité expozici:

0,0087 kg/m³, 12000 ppm

Maximální dosah oblaku:	1180 m
Doba tvorby oblaku:	6,5 min

3.3.1.1.2 Metoda – kontinuální únik toxické látky otvorem

3.3.1.1.2.1 Rychlost větru 1 m/s, 50% mortalita pro expozici 5 až 10 minut

Teplota látky: 25 °C

Přetlak látky v zařízení: 1000 kPa

Ekvivalentní průměr otvoru: 0,08 m

Výška hladiny nad otvorem: 2 m

Rychlost větru: 1 m/s

Typ atmosférické stálosti: F – Středně stabilní podmínky

Typ povrchu pro šíření oblaku: Městská a průmyslová oblast

50% mortalita pro expozici 5 až 10 minut, zraňující při okamžité expozici:

0,0087 kg/m³, 12000 ppm

Maximální dosah oblaku:	1770 m
-------------------------	--------

3.3.1.1.2.2 Rychlost větru 3 m/s, 50% mortalita pro expozici 5 až 10 minut

Teplota látky: 25 °C

Přetlak látky v zařízení: 1000 kPa

Ekvivalentní průměr otvoru: 0,08 m

Výška hladiny nad otvorem: 2 m

Rychlost větru: 3 m/s

Typ atmosférické stálosti: D – Neutrální podmínky

Typ povrchu pro šíření oblaku: Městská a průmyslová oblast

50% mortalita pro expozici 5 až 10 minut, zraňující při okamžité expozici:

0,0087 kg/m³, 12000 ppm

Maximální dosah oblaku:	330 m
-------------------------	-------

3.3.1.2 Motorová nafta

Motorová nafta je skladována v dvoukomorové, dvouplášťové, ocelové nadzemní nádrži o objemu 2500 l. V době modelovaného úniku se nachází v této nádrži 1000 l motorové nafty.

3.3.1.2.1 Průměr louže 1 m

Viditelný dosah plamene: 3,1 m

Popáleniny I. stupně při expozici 1 min ve vzdálenosti od plamene: 4 m

Zápal suchého dřeva při expozici 3 min ve vzdálenosti od plamene: 2 m

Dosah působení na nechráněné osoby od okraje plamene pro 50% mortalitu osob				
Expozice [s]	15	60	120	180
Vzdálenost [m]		2	2	3

3.3.1.2.2 Průměr louže 2 m

Viditelný dosah plamene: 5 m

Popáleniny I. stupně při expozici 1 min ve vzdálenosti od plamene: 7 m

Zápal suchého dřeva při expozici 3 min ve vzdálenosti od plamene: 3 m

Dosah působení na nechráněné osoby od okraje plamene pro 50% mortalitu osob				
Expozice [s]	15	60	120	180
Vzdálenost [m]	2	3	4	5

3.3.1.2.3 Průměr louže 5 m

Viditelný dosah plamene: 8,4 m

Popáleniny I . stupně při expozici 1 min ve vzdálenosti od plamene: 17 m

Zápal suchého dřeva při expozici 3 min ve vzdálenosti od plamene: 7 m

Dosah působení na nechráněné osoby od okraje plamene pro 50% mortalitu osob				
Expozice [s]	15	60	120	180
Vzdálenost [m]	6	8	10	12

3.3.1.2.4 Průměr louže 10 m

Viditelný dosah plamene: 15 m

Popáleniny I . stupně při expozici 1 min ve vzdálenosti od plamene: 35 m

Zápal suchého dřeva při expozici 3 min ve vzdálenosti od plamene: 13 m

Dosah působení na nechráněné osoby od okraje plamene pro 50% mortalitu osob				
Expozice [s]	15	60	120	180
Vzdálenost [m]	9	16	20	24

3.3.1.2.5 Průměr louže 20 m

Viditelný dosah plamene: 28 m

Popáleniny I . stupně při expozici 1 min ve vzdálenosti od plamene: 72 m

Zápal suchého dřeva při expozici 3 min ve vzdálenosti od plamene: 28 m

Dosah působení na nechráněné osoby od okraje plamene pro 50% mortalitu osob				
Expozice [s]	15	60	120	180
Vzdálenost [m]	18	32	41	49

3.3.1.3 Propan-butan

Nadzemní válcový horizontální jednoplášťový ocelový zásobník o celkovém nominálním objemu 100 m³ (plnění na maximální objem 85 % nominálního objemu), délka

14,6 m a průměr 3 m. Zásobník je usazen na betonových patkách ve šterkovém podloží. Hmotnost uniklé látky je 45 000 kg. Tato látka byla modelována těmito metodami:

3.3.1.3.1.1 Jednorázový únik hořlavé látky – těžký plyn (rychlost větru 2 m/s)

Teplota látky: 25°C

Teplota okolního vzduchu: 25°C

Hmotnost uniklé látky: 45000 kg

Rychlost větru: 2 m/s

Maximální vzdálenost epicentra od místa výbuchu	280 m
Dosah zóny mortality osob efektem FLASH FIRE od místa úniku	380 m
Dosah hranice DMV od místa úniku	380 m

3.3.1.3.1.2 Jednorázový únik hořlavé látky – těžký plyn (rychlost větru 5 m/s)

Teplota látky: 25°C

Teplota okolního vzduchu: 25°C

Hmotnost uniklé látky: 45000 kg

Rychlost větru: 5 m/s

Maximální vzdálenost epicentra od místa výbuchu	370 m
Dosah zóny mortality osob efektem FLASH FIRE od místa úniku	540 m
Dosah hranice DMV od místa úniku	540 m

3.3.1.3.1.3 Požár s efektem BLEVE

Obsah zásobníku: 45 t

Maximální doba životnosti ohnivé koule	13 s
Maximální dosah okraje ohnivé koule	110 m
Maximální průměr ohnivé koule	210 m
5% mortalita nechráněných osob (vzdálenost od epicentra)	250 m
10% mortalita nechráněných osob (vzdálenost od epicentra)	230 m
25% mortalita nechráněných osob (vzdálenost od epicentra)	210 m
50% mortalita nechráněných osob (vzdálenost od epicentra)	180 m
75% mortalita nechráněných osob (vzdálenost od epicentra)	150 m
99% mortalita nechráněných osob (vzdálenost od epicentra)	110 m

3.3.1.3.1.4 Únik hořlavé látky se vznikem plošného požáru

Velikost louže (průměr): 10 m

Viditelný dosah plamene: 22 m

Popáleniny I. stupně při expozici 1 min ve vzdálenosti od plamene: 41 m

Zápal suchého dřeva při expozici 3 min ve vzdálenosti od plamene: 15 m

Dosah působení na nechráněné osoby od okraje plamene pro 50% mortalitu osob				
Expozice [s]	15	60	120	180
Vzdálenost [m]	11	18	24	28

3.3.1.3.1.5 Plošný odpar hořlavé látky z louže – těžký plyn

Teplota látky: 25°C

Teplota okolního vzduchu: 25°C

Velikost louže – průměr: 10 m

Rychlost větru: 2 m/s

Dosah zóny mortality osob efektem FLASH FIRE od místa úniku	79 m
Dosah hranice DMV od místa úniku	79 m

3.3.1.3.1.6 Plošný odpar hořlavé látky z louže – neutrální plyn

Teplota látky: 25°C

Velikost louže – průměr: 10 m

Rychlost větru: 2 m/s

Typ atmosférické stálosti: D – Neutrální podmínky

Typ povrchu pro šíření oblaku: Městská a průmyslová oblast

Maximální vzdálenost epicentra od místa výbuchu	9 m
Dosah zóny mortality osob efektem FLASH FIRE od místa úniku	14 m
Zóna ohrožení od epicentra výbuchu > 100 kPa	5 m
Zóna ohrožení od epicentra výbuchu > 30 kPa	10 m
Zóna ohrožení od epicentra výbuchu > 10 kPa	23 m
Maximální vzdálenost pro dosah vlny 10 kPa od úniku	32 m

3.3.2 Výsledné tabulky z programu TerEx

Modelace v programu TerEx (verze 3.1.0) byla provedena na Universitě obrany. Podmínky modelace jsou uvedeny u každého modelování jednotlivě.

3.3.2.1 Acetylen

Acetylen je uskladněn v nádrži o obsahu 3500 kg, při teplotě 15 °C.

3.3.2.1.1 Metoda PLUME

1) Průměr únikového otvoru: 0,1 m

Rychlost větru v přízemní vrstvě: 2 m/s

Pokrytí oblohy oblaky: 0 %

Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer

Typ atmosférické stálosti: F - inverze

Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 366 m (1200,79 ft.)
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním
NUTNÝ ODSUN OSOB 457 m (1499,34 ft.)
Závažné poškození budov
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 355 m (1164,7 ft.)
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 721 m (2365,49 ft.)

2) Průměr únikového otvoru: 0,1 m

Rychlost větru v přízemní vrstvě: 5 m/s

Pokrytí oblohy oblaky: 0 %

Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer

Typ atmosférické stálosti: F - inverze

Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 144 m (472,441 ft.)
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním
NUTNÝ ODSUN OSOB 217,5 m (713,583 ft.)
Závažné poškození budov
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 162,5 m (533,137 ft.)
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 359,5 m (1179,46 ft.)

3.3.2.1.1.1 Velikost únikového otvoru 0,5 m, zvyšující se rychlost větru

1) Průměr únikového otvoru: 0,5 m

Rychlost větru v přízemní vrstvě: 2 m/s

Pokrytí oblohy oblaky: 0 %

Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer

Typ atmosférické stálosti: F - inverze

Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 2284 m (7493,44 ft.)
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním
NUTNÝ ODSUN OSOB 2635,5 m (8646,65 ft.)
Závažné poškození budov
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 2086,5 m (6845,47 ft.)
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 4057,5 m (13312 ft.)

- 2) Průměr únikového otvoru: 0,5 m
 Rychlost větru v přízemní vrstvě: 5 m/s
 Pokrytí oblohy oblaky: 0 %
 Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
 Typ atmosférické stálosti: E - inverze
 Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 889 m (2916,67 ft.)
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním
NUTNÝ ODSUN OSOB 1229 m (4032,15 ft.)
Závažné poškození budov
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 933 m (3061,02 ft.)
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 1994 m (6541,99 ft.)

3.3.2.1.1.2 Velikost únikového otvoru 1 m, zvyšující se rychlost větru

- 1) Průměr únikového otvoru: 1 m
 Rychlost větru v přízemní vrstvě: 2 m/s
 Pokrytí oblohy oblaky: 0 %
 Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
 Typ atmosférické stálosti: F - inverze
 Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 5011 m (16440,3 ft.)
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním
NUTNÝ ODSUN OSOB 5605 m (18389,1 ft.)
Závažné poškození budov
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 4472 m (14671,9 ft.)
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 8538 m (28011,8 ft.)

- 2) Průměr únikového otvoru: 1 m
 Rychlost větru v přízemní vrstvě: 5 m/s
 Pokrytí oblohy oblaky: 0 %
 Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
 Typ atmosférické stálosti: E - inverze

Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 1941 m (6368,11 ft.)
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním
NUTNÝ ODSUN OSOB 2592 m (8503,94 ft.)
Závažné poškození budov
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 1984 m (6509,19 ft.)
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 4168 m (13674,5 ft.)

3.3.2.1.2 Metoda PUFF

3.3.2.1.2.1 Rychlost větru 2 m/s, zvyšující se uniklé množství plynu

1) Celkové uniklé množství plynu: 100 kg

Rychlost větru v přízemní vrstvě: 2 m/s

Pokrytí oblohy oblaky: 0 %

Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer

Typ atmosférické stálosti: F – inverze

Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 153 m (501,969 ft.)
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním
NUTNÝ ODSUN OSOB 163 m (534,777 ft.)
Závažné poškození budov
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 136 m (446,194 ft.)
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 233 m (764,436 ft.)

2) Celkové uniklé množství plynu: 300 kg

Rychlost větru v přízemní vrstvě: 2 m/s

Pokrytí oblohy oblaky: 0 %

Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer

Typ atmosférické stálosti: F – inverze

Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 228 m (748,032 ft.)
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním
NUTNÝ ODSUN OSOB 240 m (787,402 ft.)
Závažné poškození budov
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 201 m (659,449 ft.)
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 340 m (1115,49 ft.)

- 3) Celkové uniklé množství plynu: 1000 kg
- Rychlost větru v přízemní vrstvě: 2 m/s
- Pokrytí oblohy oblaky: 0 %
- Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
- Typ atmosférické stálosti: F – inverze
- Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 353 m (1158,14 ft.)
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním
NUTNÝ ODSUN OSOB 365 m (1197,51 ft.)
Závažné poškození budov
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 307 m (1007,22 ft.)
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 516 m (1692,91 ft.)

3.3.2.1.2.2 Rychlost větru 5 m/s, zvyšující se uniklé množství plynu

- 1) Celkové uniklé množství plynu: 100 kg
- Rychlost větru v přízemní vrstvě: 5 m/s
- Pokrytí oblohy oblaky: 0 %
- Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
- Typ atmosférické stálosti: E – inverze
- Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 118 m (387,139 ft.)
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním
NUTNÝ ODSUN OSOB 141 m (462,598 ft.)
Závažné poškození budov
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 114 m (374,016 ft.)
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 211 m (692,257 ft.)

- 2) Celkové uniklé množství plynu: 300 kg
 Rychlost větru v přízemní vrstvě: 5 m/s
 Pokrytí oblohy oblaky: 0 %
 Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
 Typ atmosférické stálosti: E – inverze
 Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 176 m (577,428 ft.)
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním
NUTNÝ ODSUN OSOB 207,5 m (680,774 ft.)
Závažné poškození budov
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 168,5 m (552,822 ft.)
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 307,5 m (1008,86 ft.)

- 3) Celkové uniklé množství plynu: 1000 kg
 Rychlost větru v přízemní vrstvě: 5 m/s
 Pokrytí oblohy oblaky: 0 %
 Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
 Typ atmosférické stálosti: E – inverze
 Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 272 m (892,388 ft.)
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním
NUTNÝ ODSUN OSOB 314,5 m (1031,82 ft.)
Závažné poškození budov
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 256,5 m (841,535 ft.)
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 465,5 m (1527,23 ft.)

3.3.2.2 Motorová nafta

Motorová nafta je skladována v dvoukomorové, dvouplášťové, ocelové nadzemní nádrži o objemu 2500 l. V době modelovaného úniku se nachází v této nádrži 1000 l motorové nafty.

3.3.2.2.1 Metoda POOL – FIRE

- 1) Průměr hořící louže: 1 m
 Poloměr louže : 0,5 m (1,64 ft.)

Popáleniny 1.st : 2 m (6,56 ft.)
Mortalita 10% : 1 m (3,28 ft.)
Mortalita 50% : 1 m (3,28 ft.)
Zápal suchého dřeva : 0 m (0 ft.)
Narušení pevnosti oceli : 0 m (0 ft.)
Ohrožení osob - popáleniny 1.stupně tepelnou radiací ve vzdálenosti od okraje louže
NUTNÝ ODSUN OSOB 2 m (6,56 ft.)

2) Průměr hořící louže: 2 m

Poloměr louže : 1 m (3,28 ft.)

Popáleniny 1.st : 5 m (16,4 ft.)
Mortalita 10% : 3 m (9,84 ft.)
Mortalita 50% : 3 m (9,84 ft.)
Zápal suchého dřeva : 1 m (3,28 ft.)
Narušení pevnosti oceli : 1 m (3,28 ft.)
Ohrožení osob - popáleniny 1.stupně tepelnou radiací ve vzdálenosti od okraje louže
NUTNÝ ODSUN OSOB 5 m (16,4 ft.)

3) Průměr hořící louže: 5 m

Poloměr louže : 2,5 m (8,2 ft.)

Popáleniny 1.st : 12 m (39,4 ft.)
Mortalita 10% : 7 m (23 ft.)
Mortalita 50% : 6 m (19,7 ft.)
Zápal suchého dřeva : 2 m (6,56 ft.)
Narušení pevnosti oceli : 2 m (6,56 ft.)
Ohrožení osob - popáleniny 1.stupně tepelnou radiací ve vzdálenosti od okraje louže
NUTNÝ ODSUN OSOB 12 m (39,4 ft.)

4) Průměr hořící louže: 10 m

Poloměr louže : 5 m (16,4 ft.)

Popáleniny 1.st : 25 m (82 ft.)
Mortalita 10% : 15 m (49,2 ft.)
Mortalita 50% : 13 m (42,7 ft.)
Zápal suchého dřeva : 5 m (16,4 ft.)
Narušení pevnosti oceli : 5 m (16,4 ft.)
Ohrožení osob - popáleniny 1.stupně tepelnou radiací ve vzdálenosti od okraje louže
NUTNÝ ODSUN OSOB 25 m (82 ft.)

5) Průměr hořící louže: 20 m

Poloměr louže : 10 m (32,8 ft.)

Popáleniny 1.st :	50 m (164 ft.)
Mortalita 10% :	29 m (95,1 ft.)
Mortalita 50% :	26 m (85,3 ft.)
Zápal suchého dřeva :	14 m (45,9 ft.)
Narušení pevnosti oceli :	10 m (32,8 ft.)
Ohrožení osob - popáleniny 1.stupně tepelnou radiací ve vzdálenosti od okraje louže	
NUTNÝ ODSUN OSOB	50 m (164 ft.)

3.3.2.3 Kyselina sírová

Kyselina sírová se skladuje v nerezové nádrži o obsahu 1000 kg.

3.3.2.3.1 Metoda PLUME

3.3.2.3.1.1 Louže kapaliny o ploše 1 m², zvyšující se rychlost větru

1) Teplota kapaliny v louži: 15 °C

Plocha louže kapaliny: 1 m²

Rychlost větru v přízemní vrstvě: 2 m/s

Pokrytí oblohy oblaky: 0 %

Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer

Typ atmosférické stálosti: F - inverze

Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou	
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB	12 m (39,3701 ft.)
[Koncentrace IDLH: 15 mg/m ³ (Aktuální: 14,22 mg/m ³)]	
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku	18 m (59,0551 ft.)

2) Teplota kapaliny v louži: 15 °C

Plocha louže kapaliny: 1 m²

Rychlost větru v přízemní vrstvě: 5 m/s

Pokrytí oblohy oblaky: 0 %

Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer

Typ atmosférické stálosti: E - inverze

Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou	
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB	8 m (26,2467 ft.)
[Koncentrace IDLH: 15 mg/m ³ (Aktuální: 12,81 mg/m ³)]	
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku	12 m (39,3701 ft.)

3.3.2.3.1.2 Louže kapaliny o ploše 5 m², zvyšující se rychlost větru

- 1) Teplota kapaliny v louži: 15 °C
Plocha louže kapaliny: 5 m²
Rychlost větru v přízemní vrstvě: 2 m/s
Pokrytí oblohy oblaky: 0 %
Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti: F - inverze
Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou	
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB	28 m (91,8635 ft.)
[Koncentrace IDLH: 15 mg/m ³ (Aktuální: 14,99 mg/m ³)]	
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku	42 m (137,795 ft.)

- 2) Teplota kapaliny v louži: 15 °C
Plocha louže kapaliny: 5 m²
Rychlost větru v přízemní vrstvě: 5 m/s
Pokrytí oblohy oblaky: 0 %
Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti: E - inverze
Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou	
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB	18 m (59,0551 ft.)
[Koncentrace IDLH: 15 mg/m ³ (Aktuální: 13,91 mg/m ³)]	
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku	27 m (88,5827 ft.)

3.3.2.3.1.3 Louže kapaliny o ploše 20 m², zvyšující se rychlost větru

- 1) Teplota kapaliny v louži: 15 °C
Plocha louže kapaliny: 20 m²
Rychlost větru v přízemní vrstvě: 2 m/s

Pokrytí oblohy oblaky: 0 %

Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer

Typ atmosférické stálosti: F - inverze

Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 59 m (193,57 ft.)
[Koncentrace IDLH: 15 mg/m ³ (Aktuální: 14,82 mg/m ³)]
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku 88,5 m (290,354 ft.)

2) Teplota kapaliny v louži: 15 °C

Plocha louže kapaliny: 20 m²

Rychlost větru v přízemní vrstvě: 5 m/s

Pokrytí oblohy oblaky: 0 %

Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer

Typ atmosférické stálosti: E - inverze

Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 36 m (118,11 ft.)
[Koncentrace IDLH: 15 mg/m ³ (Aktuální: 14,76 mg/m ³)]
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku 54 m (177,165 ft.)

3.3.2.3.2 Metoda PUFF

3.3.2.3.2.1 Rychlost větru 2 m/s, zvyšující se množství uniklého plynu

1) Celkové uniklé množství plynu: 100 kg

Rychlost větru v přízemní vrstvě: 2 m/s

Pokrytí oblohy oblaky: 0 %

Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer

Typ atmosférické stálosti: F – inverze

Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 1627 m (5337,93 ft.)
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku 2268 m (7440,95 ft.)
[Koncentrace IDLH: 15 mg/m ³ (Aktuální: 14,97 mg/m ³)]

- 2) Celkové uniklé množství plynu: 300 kg
 Rychlost větru v přízemní vrstvě: 2 m/s
 Pokrytí oblohy oblaky: 0 %
 Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
 Typ atmosférické stálosti: F – inverze
 Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou	
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB	2578 m (8458,01 ft.)
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku	3372 m (11063 ft.)
[Koncentrace IDLH: 15 mg/m ³ (Aktuální: 14,99 mg/m ³)]	
[Koncentrace IDLH: 15 mg/m ³ (Aktuální: 15 mg/m ³)]	

- 3) Celkové uniklé množství plynu: 1000 kg
 Rychlost větru v přízemní vrstvě: 2 m/s
 Pokrytí oblohy oblaky: 0 %
 Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
 Typ atmosférické stálosti: F – inverze
 Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou	
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB	4266 m (13996,1 ft.)
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku	5208 m (17086,6 ft.)
[Koncentrace IDLH: 15 mg/m ³ (Aktuální: 14,98 mg/m ³)]	

3.3.2.3.2.2 Rychlost větru 5 m/s, zvyšující se množství uniklého plynu

- 1) Celkové uniklé množství plynu: 100 kg
 Rychlost větru v přízemní vrstvě: 5 m/s
 Pokrytí oblohy oblaky: 0 %
 Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
 Typ atmosférické stálosti: E – inverze
 Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou	
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB	1008 m (3307,09 ft.)
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku	1725 m (5659,45 ft.)
[Koncentrace IDLH: 15 mg/m ³ (Aktuální: 14,9 mg/m ³)]	

- 2) Celkové uniklé množství plynu: 300 kg
 Rychlost větru v přízemní vrstvě: 5 m/s
 Pokrytí oblohy oblaky: 0 %
 Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
 Typ atmosférické stálosti: E – inverze
 Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 1603 m (5259,19 ft.)
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku 2555 m (8382,55 ft.)
[Koncentrace IDLH: 15 mg/m ³ (Aktuální: 14,97 mg/m ³)]

- 3) Celkové uniklé množství plynu: 1000 kg
 Rychlost větru v přízemní vrstvě: 5 m/s
 Pokrytí oblohy oblaky: 0 %
 Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
 Typ atmosférické stálosti: E – inverze
 Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 2659 m (8723,75 ft.)
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku 3935 m (12910,1 ft.)
[Koncentrace IDLH: 15 mg/m ³ (Aktuální: 14,96 mg/m ³)]

3.4 VÝSLEDKY MODELOVÁNÍ

Při modelacích z hlediska uživatele je SW TerEx jednodušší ve smyslu zadávání vstupních informací o úniku chemické látky. Stačí několik důležitých informací a program namodeluje danou látku. Konečným prvkem je např. nezbytná evakuace osob nebo nutný odsun osob. Konečné prvky, mě osobně, přišly nadhodnocené.

SW ROZEX Alarm potřebuje velmi mnoho vstupních dat. Ovšem výsledek je, dle mého názoru, úměrný nebezpečí.

Výsledné modelace, by mohly být použity jako příklad k názorné ukázce použití modelovacích SW, HZS v krajích.

3.4.1 Porovnání modelací motorové nafty z programů TerEx a ROZEX Alarm

Porovnávání modelace motorové nafty v programu TerEx a v programu ROZEX Alarmu je velice obtížné. Oba programy jsou stavěny na stejném základu. Myslím si, že TerEx, jak už bylo výše napsáno, při minimálním vkladu počátečních dat nemůže navrhnout ochranu a postupy, které by byly nejbližší realitě. Program ROZEX Alarm potřebuje mnoho vstupních informací na jejichž základech lze vybudovat co nejpřesnější modelovou situaci a lze se pak co nejlépe připravit na danou situaci či co nejlépe předejít úniku chemické látky.

4 PRAKTICKÁ ČÁST – SROVNÁNÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ SOFTWAREVÝCH PROGRAMŮ

4.1 VYUŽÍVÁNÍ SOFTWAREVÝCH PROGRAMŮ V ČR

Na tomto místě jsou uvedeny výsledky místního šetření, které bylo provedeno formou dotazů emailovou poštou. Dotazy byly směřovány, jak na jednotlivé krajské úřady, tak i na krajská ředitelství hasičských záchranných sborů.

Byly položeny 2 otázky:

- 1) Zda krajský úřad nebo krajský hasičský sbor má k dispozici nějaké programy k modelaci nebo hodnocení dopadů chemických havárií.
- 2) V případě, že byl program k modelaci nebo hodnocení dopadů chemických havárií k dispozici na daném krajském úřadě nebo krajském hasičském sboru, byla otázka dále směřována na zjištění určitého druhu programu.

4.1.1 Využití softwarových programů na krajských úřadech ČR

Tab. č. 1 – Tabulka krajů

Kraj	Program k modelaci	Kraj	Program k modelaci
Praha	Neodpovězeno	Královéhradecký kraj	Neodpovězeno
Středočeský kraj	Nepoužíváno	Pardubický kraj	Nepoužíváno
Jihočeský kraj	Nepoužíváno	Vysočina	Neodpovězeno
Plzeňský kraj	Neodpovězeno	Jihomoravský kraj	Neodpovězeno
Karlovarský kraj	Neodpovězeno	Olomoucký kraj	Nepoužíváno
Ústecký kraj	Nepoužíváno	Moravskoslezský kraj	Nepoužíváno
Liberecký kraj	Neodpovězeno	Zlínský kraj	TerEx

Jak vyplývá z výše uvedené tabulky, většina krajských úřadů nevyužívá softwarových programů k modelaci úniku chemických látek.

4.1.2 Využití softwarových programů v krajských hasičských záchranných sborech ČR

Tab. č. 2 – Tabulka s krajskými hasičskými záchrannými sbory

Krajský hasičský sbor	Program k modelaci	Krajský hasičský sbor	Program k modelaci
Praha	–	Královéhradecký kraj	ROZEX Alarm
Středočeský kraj	ROZEX Alarm	Pardubický kraj	Medis Alarm, ROZEX Alarm
Jihočeský kraj	–	Vysočina	–
Plzeňský kraj	Medis Alarm, ROZEX Alarm	Jihomoravský kraj	–
Karlovarský kraj	Aloha, ROZEX Alarm	Olomoucký kraj	Aloha
Ústecký kraj	–	Moravskoslezský kraj	Aloha
Liberecký kraj	Aloha	Zlínský kraj	Aloha, ROZEX Alarm

Jak vyplývá z výše uvedené tabulky, více jak polovina krajských hasičských záchranných sborů (dále jen HZS) využívá softwarových programů k modelaci úniku chemických látek (znak – vyjadřuje, žádnou odpověď nebo nevyužívání SW programu).

4.1.3 Vyhodnocení průzkumu

Z výše umístěných tabulek vyplývá, že programy k modelaci úniku chemických látek mají své uplatnění. Krajské úřady je příliš nevyužívají, což je nepochopitelné, hlavně kvůli modelaci domino efektů. Ovšem HZS by některé programy k modelaci mít měly.

Je pravda, že HZS a ani krajský úřad ze zákona tento program mít nemusí. Pokládám ovšem za důležité, aby HZS alespoň jedním programem k modelaci disponovaly. Pokud by HZS programy nevlastnily, mohly by je vlastnit alespoň krajské úřady.

Z opačné strany je pochopitelné, že je na tuto problematiku velmi často nahlíženo úsporným pohledem. Docela často chybí na tyto SW nástroje finance (SW nástroj Aloha je

volně stažitelný z internetu). V mnoha případech je důležitější např. koupit nové zásahové vozidlo či obleky hasičů. V této situaci je dobré zjistit, která z těchto dvou věcí zachrání více lidských životů. Já si myslím, že daleko více životů zachrání připravenost a rychlost zásahu na namodelované situaci.

5 ZÁVĚR

Diplomová práce zpracovává téma možného využití počítačové podpory při zjišťování možných následků a dopadů průmyslových havárií, kde hrají hlavní roli nebezpečné chemické látky. Počítačová podpora v oblasti prevence a řešení následků průmyslových havárií má velmi významný post. Dle mého názoru je počítačová podpora velmi dobrý nástroj pro všechny složky IZS a díky které, mohou urychlenou analýzou řešit vzniklou situaci a předcházet tak vzniku závažnějších následků průmyslových chemických havárií.

Po zkušenosti s modelováním v obou programech si trůfám tvrdit, že program ROZEX Alarm je z hlediska uživatele více detailnější, přesnější a propracovanější. Snaží se co nejvíce informací zjistit od uživatele, aby výsledná čísla byla opravdu velmi přesná. Je to opravdu velmi dobrý nástroj k modelování následků chemických havárií a vřele ho doporučuji každému, kdo pracuje s analýzou a hodnocením rizik nebezpečných chemických látek.

Program TerEx je modelovací program, který se mi však jeví méně přesnější a propracovanější. TerEx nepotřebuje mnoho vstupních dat. Tudíž si myslím, že i jeho výsledky nebudou nejpresnější. Na druhé straně umožňuje rychleji vyhodnotit závažnou chemickou havárii a to především tím, že požaduje jen základní vstupní údaje a data, která se snadno a rychle vkládají do výše zmíněného modelovacího programu.

Nutností je si uvědomit, že veškerý počítačový software není vyvíjen především pro integrovaný záchranný systém, případně státní správu. Měl by také sloužit prakticky všem objektům, které vyrábějí, přepravují nebo jinak nakládají s nebezpečnými chemickými látkami.

Z výsledků průzkumu vyplývá, že většina HZS vlastní SW nástroj na modelaci úniku chemických látek a naopak krajské úřady SW nevlastní až na výjimku. Nezáleží na tom, zda se v určitém kraji vyskytuje či nevyskytuje továrna, která vyrábí či jen manipuluje s chemickými látkami. Přece nemůžeme vědět dne ani hodiny, kdy dojde k nějaké havárii s chemickými látkami při přepravě. V ČR roste silniční přeprava chemických látek každým dnem. V případě nehody a následném úniku musí být reakce velmi rychlá a připravenost hraje při této události hlavní roli.

6 SEZNAM ZKRATEK

HZS – Hasičský záchranný sbor

KÚ – Krajský úřad

IZS – Integrovaný záchranný systém

SW – Software

7 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ

Při vymezování základních pojmů, můžeme vycházet z platné národní odborné legislativy, ale zároveň i z výkladového terminologického slovníku pojmů používaných v analýze a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií. Níže uvedené základní pojmy jsou z praktického důvodu řazeny přísně abecedně, což umožňuje rychlé a snadné vyhledávání.

V této kapitole, jak jsem již výše uvedl, jsem použil více slovníků. Veškeré zdroje jsou uvedeny u posledního základního pojmu.

Analýza rizika – analýza nebezpečí při určité činnosti nebo v určitém systému a odhad úrovně rizika pro lidi, životní prostředí a majetek. Výsledky analýzy rizika pak lze použít pro hodnocení rizika. Analýzu rizika rozdělujeme na: kvalitativní, semikvalitativní nebo kvantitativní

CLP – [Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures - Klasifikace, označování a balení látek a směsí] toto nařízení bylo přijato Evropským parlamentem a Radou v prosinci 2008 a vešlo v platnost ke 20. lednu 2009. Toto nařízení vychází ze zkušeností směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES. Cílem nařízení je sjednotit všechna kritéria pro klasifikaci a označování chemických látek a směsí.

Efekt BLEVE – [Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion] exploze vyplývající z poruchy nádoby obsahující kapalinu při teplotě výrazně vyšší než je její bod varu za normálních (atmosférických) podmínek. Exploze mraku par (VCE) kapalina nemusí být hořlavá, aby způsobila efekt BLEVE. Tento efekt se většinou spojuje s úniky hořlavých kapalin z nádob. V těchto případech jsou úniky způsobeny okolními požáry.

Evropské hospodářské společenství (EHS) – mezinárodní organizace existující v letech 1958 až 1993, která byla vytvořena, aby podporovala ekonomickou integraci mezi Belgií, Francií, Německem, Itálií, Lucemburskem a Nizozemskem.

Evropské společenství (ES) – Evropská unie.

Exploze mraku par (VCE) – exploze po iniciaci oblaku směsi hořlavých par, plynu nebo aerosolu se vzduchem (v otevřeném prostoru). Rychlost hoření je dostatečně vysoká pro vznik významného přetlaku. K dosažení ničivých přetlaků je v oblaku potřeba určitých částečných ohraničení (stěn) nebo překážek (potrubí, vagóny, apod.). Dnes pod tento termín spadá i dříve užívaný termín exploze neohraničeného mraku par (UVCE).

Havárie – náhlá, neplánovaná a nežádoucí událost, která vznikla v souvislosti s provozem technického zařízení. Způsobila zranění či smrt lidí, poškození majetku a životního prostředí.

H – věty – jedná se o standardní věty o nebezpečnosti chemických látek a jejich směsí, jsou součástí harmonizovaného systému klasifikace a označování chemikálií a nahrazují dřívější R – věty.

IAEA – TECDOC – 727 (Relative ranking) – metoda, která je definována dokumentem č. 727 z roku 1996, vydaným Mezinárodním úřadem pro atomovou energii (IAEA) ve Vídni a slouží pro posuzování rizika v chemickém průmyslu.

Jednorázový únik – únik určitého množství látky v krátké době, většinou v několika sekundách. Jedná se o okamžité uvolnění obsahu nebezpečné látky.

Kontinuální únik – únik určitého konstantního množství látky, který trvá delší dobu, která musí být, minimálně po dobu tvorby maximální velikosti oblaku.

Modelování – analýza rizika určitý zjednodušený popis vybraných vlastností studovaného objektu a dějů v něm probíhajících pro pochopení přírody a zobecnění jejich zákonitostí. Např. se modelují scénáře a odhadují se jejich fyzikální účinky a jejich pravděpodobnost.

Model PLUME – laminárně - difúzní model rozptylu oblaku uvolněné látky při kontinuálním (semikontinuálním) úniku do okolní atmosféry. (Plume – výtokový oblak vznikající z kontinuálního zdroje úniku).

Model PUFF – laminárně - difúzní model rozptylu oblaku uvolněné látky při jednorázovém úniku do okolní atmosféry. (Puff – mrak rozšiřující se ve všech směrech v důsledku jednorázového úniku).

Mžikový požár [Flash Fire] – hoření hořlavé směsi plynů nebo par se vzduchem, při kterém se plamen šíří podzvukovou rychlostí, tudíž nedojde ke tvorbě významného přetlaku, který by mohl způsobit tlaková poškození.

Nebezpečná látka – vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemická směs, uvedené v zákoně č. 59/2006 Sb. v příloze č. 1 k tomuto zákonu v části 1 tabulce I nebo splňující kritéria stanovená v příloze č.1 tohoto zákona v části 1 tabulce II a přítomné v objektu nebo zařízení jako surovina, výrobek, vedlejší produkt, zbytek nebo meziprodukt,

včetně těch látek, u kterých se dá důvodně předpokládat, že mohou vzniknout v případě havárie.

Objekt – celý prostor nebo soubor prostorů, v němž je uložena jedna nebo více nebezpečných látek v jednom nebo více zařízeních.

Požár louže [Pool Fire] – hoření látky, která se vypařuje se z vrstvy kapaliny.

Požár typu ohnivá koule [Fireball] – atmosférické hoření mraku hořlavina – vzduch, ze kterého je energie emitována hlavně ve formě sálavého tepla. Vnitřní jádro úniku hořlaviny je složeno z téměř čisté hořlaviny, načež vnější vrstva, ve které se nejprve vyskytne zapálení, je hořlavá směs hořlavina – vzduch. Jelikož začnou dominovat vznášivé síly horkých plynů, hořící mrak stoupá a dostává kulovitý tvar.

Prevence – organizační a technická opatření nebo činnosti, jejichž cílem je předejít závažné havárii a vytvořit podmínky pro zajištění opatření na zmírnění dopadů možné závažné havárie a havarijní připravenosti.

P – věty – jsou standardizované pokyny pro bezpečné zacházení s chemickými látkami a jejich směsmi, jsou součástí harmonizovaného systému klasifikace a označování chemikálií a nahrazují dřívější S – věty.

REACH – vstoupil v platnost 1. června 2007 na základě nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 z 18. prosince 2006 a týká se látek vyráběných v EU nebo do ní dovážených v množství větším než 1 tuna ročně, které musí být během 11 let postupně registrovány.

Riziko – pravděpodobnost vzniku nežádoucího účinku, ke kterému dojde během určité doby a za určitých okolností.

Scénář – popis rozvoje závažné havárie nebo popis rozvoje příčinných a následných na sebe i posloupně probíhajících událostí, a to buď spontánně probíhajících a nebo probíhajících jako činnosti lidí, které mají za účel zvládnout průběh závažné havárie.

Skladování – uložení určitého množství nebezpečných látek pro účely uskladnění do bezpečného opatrování nebo udržování v zásobě.

Sprinkler – samočinné sprchové hasicí zařízení.

Tryskový požár [Jet Flame] – hoření směsi kapaliny a par, vytékající pod tlakem velkou rychlostí z únikového otvoru (často nadzvukovou rychlostí) s vysokým stupněm

turbulencí a velkým množstvím přisávaného vzduchu. Následkem těchto podmínek pro hoření dochází k vysoké tepelné radiaci. Vizuálně se požár jeví jako výšleh plamene a následně jako hořící pochodeň.

UN ECE's [Convention on the Transboundary Effects of Industrial Accidents] – Úmluva o účincích průmyslových havárií překračující hranice států, také nazvaná jako Helsinská úmluva, podepsaná 17. března 1992.

Zařízení – technická nebo technologická jednotka, ve které je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována a která zahrnuje také všechny části nezbytné pro provoz, například stavební objekty, potrubí, skladovací tankoviště, stroje, průmyslové dráhy a nákladové prostory.

Závažná havárie – mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu nebo zařízení, v němž je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, přepravována nebo skladována a vedoucí k vážnému ohrožení nebo vážnému dopadu na životy a zdraví lidí, hospodářských zvířat a životní prostředí nebo k újmě na majetku.

Zdroj rizika (nebezpečí) – vlastnost nebezpečné látky nebo fyzikální situace vyvolávat možnost vzniku závažné havárie.

Zóna havarijního plánování – území v okolí objektu nebo zařízení, v němž krajský úřad, v jehož působnosti se nachází objekt nebo zařízení, uplatňuje požadavky havarijního plánování formou vnějšího havarijního plánu [3, 5, 6, 12, 13, 15, 38, 39]

8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] LACINA, Petr, Otakar J MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. Nebezpečné chemické látky a směsi. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013, 131 s. ISBN 978-80-210-6475-1.
- [2] ČAPOUN, Tomáš a Otakar Jiří MIKA. Chemické havárie. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo vnitra, Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009, 149 s. ISBN 978-80-86640-64-8.
- [3] KROUPA, Miroslav a Milan ŘÍHA. Průmyslové havárie. 2. vyd. Praha: Armex, 2010, 154 s. Skripta pro střední a vyšší odborné školy. ISBN 978-80-86795-87-4X.
- [4] Zákon č. 488/2009 Sb., kterým se mění zákon č. 59/2006 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky.
- [5] Terminologický slovník: Krizové řízení a plánování obrany státu [online]. 15.10.2009, 15.10.2009 [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovník-krizove-řízení-a-planování-obrany-státu.aspx>
- [6] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Zavádění směrnice SEVESO II [online]. 2003 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/zavadeni_smernice_seveso
- [7] Havárie: Zákony o haváriích. FRANTIŠEK. ČSCHI. URPPZ [online]. 2011 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <http://www.cschi.cz/urppz/havarie.asp>
- [8] MARTÍNEK, Bohumír. Ochrana člověka za mimořádných událostí: příručka pro učitele základních a středních škol. Vyd. 2., opr. a rozš. Praha, 2003, 119 s. ISBN 80-866-4008-6.
- [9] SLABOTINSKÝ, Jiří a Stanislav BRÁDKA. Ochrana osob při chemickém a biologickém nebezpečí. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 109 s. ISBN 80-866-3493-0.
- [10] ANTUŠÁK, Emil a Stanislav BRÁDKA. Úvod do teorie krizového managementu I. Vyd. 2. Praha: Oeconomica, 2003, 109 s. ISBN 80-245-0548-7.

- [11] HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR ČESKÉ REPUBLIKY. Ochrana obyvatelstva: Varování [online]. 2014 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/varovani-obyvatelstva-v-ceske-republice.aspx>
- [12] Právní rámec prevence závažných havárií. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2008 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: http://mzp.cz/cz/pravni_ramec_havarii
- [13] ROSICKÁ, Zdena, Libor BENEŠ a Petr FLEISSIG. Vita in societate segura. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2004, 132 s. ISBN 978-80-7395-117-7.
- [14] BÁRTLOVÁ, Ivana a Miloš PEŠÁK. Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003. SPBI Spektrum. Červená řada ; 33. ISBN 978-80-7385-005-0.
- [15] RICHTER, Rostislav. Výkladový slovník krizového řízení [online]. Vyd. 1. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2010 [cit. 2014-04-23]. ISBN 978-80-86640-54-9
- [16] MAŠEK, Ivan, Otakar J MIKA a Miloš ZEMAN. Prevence závažných průmyslových havárií. Vyd. 1. Brno: VUT FCH, 2006. ISBN 80-214-3336-1.
- [17] Otakar J MIKA a Miloš ZEMAN. Ochrana obyvatelstva. Vyd. 1. Brno: VUT FCH, 2007, 116 s. ISBN 978-80-214-3449-3.
- [18] STŘEDA, Ladislav, Stanislav BRÁDKA a Markéta BLÁHOVÁ. Nebezpečné chemické látky a ochrana proti nim. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2006, 116 s. ISBN 80-866-4063-9.
- [19] MIKA, Otakar J, Průmyslové havárie. Vyd. 1. Praha: Existencialia, 2003, 126 s. ISBN 80-7254-455-1.
- [20] ISATECH. Průmyslová bezpečnost [online]. 2014 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <http://www.isatech.cz/>
- [21] BARTLOVÁ, Ivana. Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 138 s. ISBN 80-866-3430-2.
- [22] MIKA, Otakar Jiří. Rescue Report. Modelování havarijních dopadů nebezpečných chemických látek. 2011, roč. 2011, č. 4, s. 16-18. DOI: 1212- 0456.

- [23] MIKA, Otakar Jiří. Nutnost modelování následků chemického terorismu. Informační zpravodaj: Institut ochrany obyvatelstva. 2005, roč. 16, č. 2, s. 37 - 53.
- [24] HRABĚ, Jan. Analýza dostupných SW pro modelování dopadů možných úniků NL do ovzduší. Praha: T-Soft a.s.. 2006
- [25] TLP, spol. s r. o. Rozex Alarm [online]. 2014 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <http://www.tlp-emergency.com/rozex.html>
- [26] DÍTĚ, Miroslav. TLP, spol. s r.o. Havarijní plánování [online]. 2006, 30 s. [cit. 23. 4. 2014]. Dostupné z: http://www.cizp.cz/files/=3873/TLP_Bc.Dite_Havarijni_planovani.pdf
- [27] TEREX - teroristický expert. T-Soft a.s.. Krizové řízení [online]. 2012 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <https://www.tsoft.cz/terex>
- [28] BARTA, Jiří a Tomáš LUDÍK. TerEx – modelování a simulace. Studijní pomůcka pro předmět KRIZOVÉ SCÉNAŘE [online]. 2012, s. 29 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <http://moodle.unob.cz>
- [29] T-soft a.s. [online]. 2012 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <https://www.tsoft.cz/>
- [30] EOD frontline. AURA, s.r.o. EOD Frontline: AURA [online]. 2014 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <http://www.aura.cz/cz/eod-frontline.php>
- [31] Cameo companion. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Cameo Companion [online]. 2009 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <http://www2.epa.gov>
- [32] Project Technical Documents: DEGADIS. Enviromental software and services [online]. 1995-2002 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z <http://www.ess.co.at/HITERM/MODELS/degadis.html>
- [33] MACDONALD, Robert. THEORY AND OBJECTIVES OF AIR DISPERSION MODELLING [online]. 2003[cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <https://www.deq.state.ok.us>
- [34] Original Seveso Directive 82/501/EEC. ENVIROMENTAL SOFTWARE AND SERVICES. ESS[online]. 1995-2014 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <http://www.ess.co.at/HITERM/REGULATIONS/82-501-eec.html>

- [35] Original Seveso Directive 96/82/EC. ENVIROMENTAL SOFTWARE AND SERVICES. ESS [online]. 1995-2014 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <http://www.ess.co.at/HITERM/REGULATIONS/96-82-eec.html>
- [36] Regulatory - Air. IOWA DNR. Iowa department of natural resources [online]. 2014 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <http://www.iowadnr.gov/InsideDNR/RegulatoryAir/afo/files/section4>
- [37] SKŘEHOT, Petr a Jan BUMBA. Prevence nehod a havárií. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009, 341 s. ISBN 978-80-86973-73-9.
- [38] Echa [online]. 2013 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <http://echa.europa.eu/cs/regulations/clp>
- [39] EU's REACH. EUobserver [online]. 2014 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <http://euobserver.com/>
- [40] Seznam ÚNMZ. Seznam ČSN ÚNMZ [online]. 2014 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <http://seznamcsn.unmz.cz/>
- [41] Bojový řád jednotek požární ochrany. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, 561 s. ISBN 978-80-7385-026-5.
- [42] KRAKOVSKÝ, Jaroslav. Příručka velitele 2. Nové Město nad Metují: Hasiči, s.r.o., Nové Město nad Metují, 2005, 222 s.

9 SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1 – Tabulka krajů63

Tab. č. 2 – Tabulka s krajskými hasičskými záchrannými sbory.....64

10 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Obrázek úvodní stránky z programu TerEx (Armáda ČR)

Příloha 2: Tabulka výstupu z programu TerEx – Acetylén

Příloha 3: Oblast možného výbuchu v programu TerEx – Acetylén

Příloha 4: Výstup z programu ROZEX Alarm – Acetylén

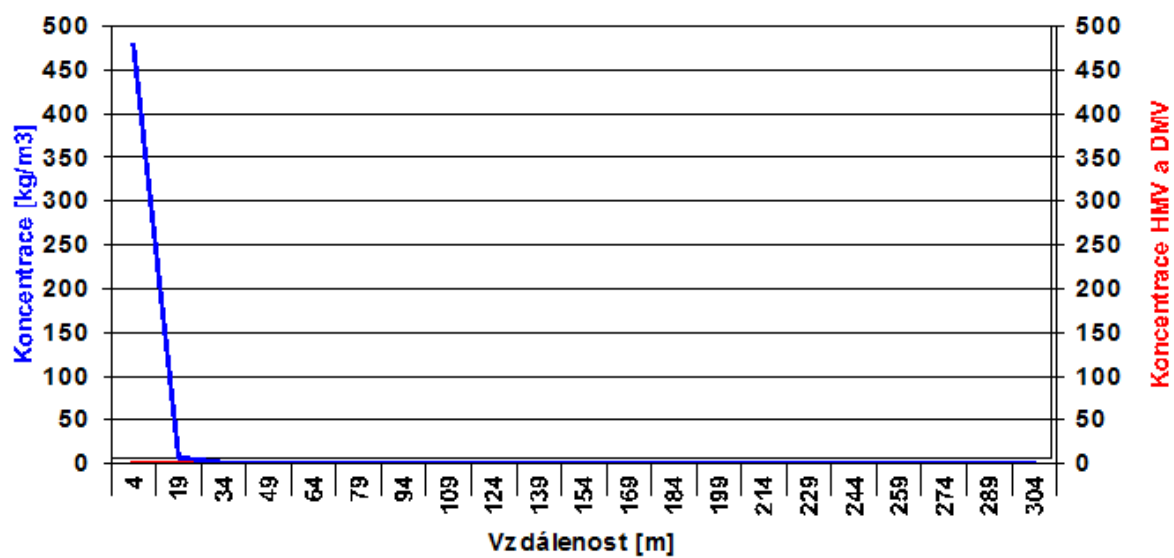
Příloha 1: Obrázek úvodní stránky z programu TerEx (Armáda ČR)



Příloha 2: Tabulka výstupu z programu TerEx – Acetylén

TerEx Verze 3.1.0	08:23:14	30.04.2014	Licence pro : Univerzita obrany Brno
=====			
Událost: TE140430_0823			
Model:			
PUFF - Jednorázový únik plynu do oblaku			
Látka:			
Acetylen			
Celkové uniklé množství plynu: 100 kg			
Rychlost větru v přízemní vrstvě: 1 m/s			
Pokrytí oblohy oblaky: 0 %			
Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer			
Typ atmosférické stálosti: F - inverze			
Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha			
Hodnocená látka nemá závažné toxické účinky na lidský organismus			
Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku			
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 153 m (501,969 ft.)			
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním			
NUTNÝ ODSUN OSOB 163 m (534,777 ft.)			
Závažné poškození budov			
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 136 m (446,194 ft.)			
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem			
DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 233 m (764,436 ft.)			

Příloha 3: Oblast možného výbuchu v programu TerEx – Acetylén



Příloha 4: Výstup z programu ROZEX Alarm – Amoniak



MODELOVÁNÍ

Úvodní stránka | Vybrat látku | Předběžné vyhodnocení | Volba havarijního projevu | Archiv |

Vybraná látka: amoniak (Zkapalněný plyn)

©1991 - 2003 TLP s.r.o., Verze: 2.1.399 FINAL

Výpočet

1. Jednorázový únik toxické látky - neutrální plyn

Popis
Zadejte požadované hodnoty nutné pro výpočet úniku nebezpečné látky.

Akce
Volba havarijního projevu

Vybrat látku

Verze pro tisk

Uložit vyhodnocení

Konec
Odhlásit

ZVOLENÁ NEBEZPEČNÁ LÁTKA:

amoniak (Zkapalněný plyn)

ZADÁNÍ:

Teplota látky (°C)

Hmotnost uniklé látky (kg)

Rychlost větru (m/s)

Typ atmosférické stálosti

Typ Povrchu pro šíření oblaku

Volba toxické koncentrace

- 50% mortalita pro expozici 5-10 minut, zraňující při okamžité expozici 0,0087 kg/ m³, 12000 ppm
- IDLH - expozice 30 minut bez trvalých změn na organismus 0,00036 kg/ m³, 500 ppm
- Koncentrace definovaná uživatelem: kg/ m³
- Koncentrace definovaná uživatelem: ppm

VÝSLEDKY VÝPOČTU

Maximální dosah oblaku:	1180 [m]
Doba tvorby oblaku:	6,5 [min]

DATUM A ČAS VÝPOČTU

26.5.2014 17:44:23