



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Ochrana zaměstnanců společnosti SPOLANA a.s.
v souvislosti s únikem chemických látek uvnitř areálu**

**Protection of the Employees of Company
SPOLANA a.s. Related to Leakage of Chemical
Substances inside the Areal**

Diplomová práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Civilní nouzové plánování
Vedoucí práce: Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.

Bc. Sandra Kudrnová

Kladno, květen 2018

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Akademický rok: 2017/2018

Z a d á n í d i p l o m o v é p r á c e

Student: **Bc. Sandra Kudrnová**
Studijní obor: Civilní nouzové plánování
Téma: **Ochrana zaměstnanců společnosti SPOLANA a.s. v souvislosti s únikem chemických látek uvnitř areálu**
Téma anglicky: Protection of the Employees of Company SPOLANA a.s. Related to Leakage of Chemical Substances inside the Areal

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Předmětem diplomové práce bude zhodnotit rizika související s výrobou chemických látek, která vyplývají pro zaměstnance společnosti SPOLANA a.s. V teoretické části bude popsána problematika závažných havárií způsobených nebezpečnými chemickými látkami a směsmi. V praktické části budou zhodnoceny účinky vybraných chemických látek a na základě analýzy vyhodnocena rizika úniku ve vztahu k zaměstnancům podniku. Dále bude provedena komparace dopadů vybraných chemických látek. Pomocí softwarového nástroje budou namodelovány dopady havárií s únikem vybraných chemických látek na základě zpracovaného scénáře. Získaná data budou vyhodnocena a následně navržena opatření pro ochranu zaměstnanců společnosti SPOLANA a.s.

Seznam odborné literatury:

- [1] ČAPOUN, Tomáš, Chemické havárie, ed. 1., Praha: MV - generální ředitelství hasičského záchranného sboru ČR, 2009, ISBN 978-80-86640-64-8
- [2] MAŠEK, Ivan a kol., Prevence závažných průmyslových havárií, ed. 1., Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2006, 98 s., ISBN 80-214-3336-1
- [3] SKŘEHOT, Petr, Prevence nehod a havárií, ed. 1., Česko: PINK PIG, 2009, 341 s., ISBN 978-80-86973-70-8

Vedoucí: Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.

Zadání platné do: 20.08.2019


.....
vedoucí katedry / pracoviště


.....
děkan

V Kladně dne 02.10.2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem **Ochrana zaměstnanců společnosti SPOLANA a.s. v souvislosti s únikem chemických látek uvnitř podniku** vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně 18. května 2018

Sandra Kudrnová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé diplomové práce panu Mgr. Zdeňku Honovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu, trpělivost, cenné rady a také čas, který mi věnoval. Mé poděkování patří též zaměstnancům společnosti SPOLANA a.s. za spolupráci při získávání údajů pro praktickou část práce.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou ochrany zaměstnanců společnosti SPOLANA a.s. v souvislosti s únikem chemických látek uvnitř areálu. Cílem práce je zhodnocení účinků vybraných látek a vyhodnocení rizika úniku vztahující se k zaměstnancům podniku.

Byla provedena analýza úniků nebezpečných chemických látek na území České republiky v letech 2000-2015. Z výsledků této analýzy byla určena nejčastější příčina, havarijní účinek a činnost, při které dochází k úniku nebezpečných chemických látek nejčastěji.

Na základě zvoleného scénáře jsou v práci namodelovány havárie chemických látek ethylendichloridu, amoniaku, chloru a chlorovodíku, a to pomocí softwarového nástroje ALOHA. V návaznosti na takto získaná data byla provedena komparace dopadů zmíněných látek. Modelováním byly získány informace o dosazích zraňujících koncentrací, které ve všech případech přesahovaly hranice objektu. Dále bylo prověřeno možné ohrožení osob v areálu podniku. Z výsledků vyplývá, že největší dopad na zdraví a životy zaměstnanců by ze všech vybraných látek měl únik chloru.

V závěru práce je zhodnocen současný stav ochrany zaměstnanců před nebezpečím souvisejícím s únikem nebezpečných látek a navržena další opatření k posílení této ochrany.

Klíčová slova:

Amoniak; analýza; havárie; chlor; modelace; nebezpečná chemická látka; SPOLANA a.s.

Abstract

The diploma thesis studies the protection of employees of SPOLANA a.s. in relation to a spill of chemical substances within the company premises. The thesis analyses the effects of selected substances and assesses the risk of spill related to the employees of the company.

The author has analyzed the spills of dangerous chemical substances in the Czech Republic in the period from 2000 to 2015. The results of the analysis show the most common cause and emergency effect, as well as the activity during which the dangerous substances spill occurs most frequently.

Based on the selected scenario, the thesis provides models of chemical substances spills of ethylendichloride, ammonia, chlorine and hydrogen chloride, using the ALOHA software. Analyzing the data collected in the models, the impacts of the aforementioned substances have been compared. The model examples provide information on the ranges of harmful concentrations, which in all cases have exceeded the premises' borders. Furthermore, the thesis verifies the danger for persons in the company premises. It follows from the results that a chlorine spill would have the most serious impact of all the selected substances on the health and lives of the employees.

In the conclusion, the thesis assesses the current state of protection of employees against the risk of dangerous substances spill and suggests further measures to reinforce the protection.

Keywords:

Accident; ammonia; analysis; chlorine; hazardous chemical substance; modelling; SPOLANA a.s.

OBSAH

1 ÚVOD.....	9
2 SOUČASNÝ STAV	10
2.1 Nebezpečné chemické látky	10
2.1.1 Účinky NL.....	10
2.1.2 Toxicita NL	12
2.2 Šíření plynů a par toxických látek.....	15
2.2.1 Faktory ovlivňující šíření oblaku toxických látek	16
2.3 Legislativa související s NL.....	19
2.4 Havárie s únikem NL	21
2.4.1 Vnější projevy havárií s únikem NL	22
2.4.2 Příčiny havárií s únikem NL.....	22
2.4.3 Dopady havárií s únikem NL	24
2.4.4 Příklady havárií s únikem NL.....	24
2.5 Systém prevence závažných havárií.....	27
2.5.1 Direktivy SEVESO.....	27
2.5.2 Zákon o prevenci závažných havárií	28
2.6 Problematika přepravy nebezpečných věcí	32
2.7 Popis společnosti SPOLANA a.s.	34
3 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY	37
4 METODIKA	38
5 VÝSLEDKY	41
5.1 Zhodnocení vybraných NL	42
5.2 Analýza úniků NL na území ČR.....	46
5.3 Scénář a následná modelace úniků vybraných NL	51
5.3.1 Modelace úniku EDC pomocí programu ALOHA.....	52
5.3.2 Modelace úniku amoniaku pomocí programu ALOHA.....	56

5.3.3 Modelace úniku chloru pomocí programu ALOHA	60
5.3.4 Modelace úniku chlorovodíku pomocí programu ALOHA	64
5.3.5 Komparace dopadů vybraných NL ve vztahu k zaměstnancům společnosti SPOLANA a.s.	68
5.4 Zhodnocení ochrany zaměstnanců související s únikem NL a návrhy opatření ...	70
5.4.1 OOPP	72
5.4.2 Zajištění první pomoci.....	73
5.4.3 Systém plynové detekce	74
5.4.4 Systém varování, evakuace a ukrytí zaměstnanců	77
6 DISKUZE	82
7 ZÁVĚR.....	91
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	92
9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	93
10 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	100
11 SEZNAM TABULEK	101
12 SEZNAM PŘÍLOH.....	102

1 ÚVOD

Chemické látky jsou součástí našeho každodenního života. V současné době je na nich společnost závislá, proto se chemický průmysl neustále rozvíjí. To potvrzuje fakt, že se na našem území nachází několik desítek společností nakládajících s chemickými látkami.

S nakládáním s těmito látkami je spojeno i riziko vzniku chemických havárií, které nejsou ojedinělé. K nejzávažnějšími chemickým haváriím ve světě se řadí havárie v italském Sevesu s únikem dioxinů, v indickém Bhópálu s únikem methylisokyanátu či v rumunském Baia Mare s únikem kyanidů. Tyto události byly podnětem ke vzniku a postupnému zdokonalování direktiv SEVESO, které byly implementovány do našeho právního řádu a díky kterým se vyvinul systém prevence závažných havárií. Tento systém má za úkol zajistit předcházení závažným haváriím, které mohou negativně ovlivnit jak obyvatelstvo, tak zaměstnance daného chemického závodu. Právě zaměstnanci jsou v případě úniku chemických látek ohroženi nejvíce, a proto je nutné, aby zaměstnavatel zajistil jejich ochranu a udržoval kvalitní systém havarijní prevence.

Téma diplomové práce se zaměřuje právě na ochranu zaměstnanců při úniku chemických látek uvnitř areálu společnosti s nimi nakládající. Pro analýzu zmíněné problematiky byla vybrána společnost SPOLANA a.s., která představuje jeden z největších chemických závodů v České republice (dále „ČR“). Byly zhodnoceny účinky látek, které jsou významné z hlediska vzniku závažné havárie. Pomocí programu ALOHA byly namodelovány úniky vybraných látek a na základě výsledků byla určena látka, která by měla v případě úniku nejzávažnější dopady na zdraví a životy zaměstnanců. V závěru byla vyhodnocena stávající opatření vztahující se k ochraně zaměstnanců související s únikem chemických látek a navržena opatření další.

Téma diplomové práce jsem si vybrala proto, že riziko vzniku závažných havárií u stacionárních zařízení považuji za vysoké. Vzhledem ke skutečnosti, že jsem zaměstnancem společnosti SPOLANA a.s., zvolila jsem si k analýze právě tento subjekt.

2 SOUČASNÝ STAV

2.1 Nebezpečné chemické látky

Za nebezpečné chemické látky (dále „NL“) lze označit takové látky, které nepříznivě působí na zdraví lidí či životní prostředí. Tato vlastnost je neoddělitelně spojena s existencí dané látky a určuje její chemické a fyzikální vlastnosti [1].

2.1.1 Účinky NL

Každá NL se vykazuje svými účinky, přičemž pro prevenci a organizaci opatření je nejvýznamnější toxicita, hořlavost a výbušnost [2].

Toxikologické účinky

Toxicitu určuje množství látky, které je po vstřebání schopné vyvolat změny vedoucí až k zániku organismu. Toxická látka způsobuje otravu jak v jednorázových dávkách, tak v dávkách nepatrných, jejichž účinek se sčítá. Kromě množství je významný i druh látky, expozice a druh organismu, na který látka působí [2, 3, 4].

Mezi toxické látky řadíme kyanovodík, fosgen, chlor, chlorovodík, formaldehyd, oxid dusičitý, oxid uhličitý, sirovodík, sirouhlík, amoniak aj. Důležitým faktem je, že toxické látky mohou vznikat při hoření látek netoxických [2, 3].

Hořlavé účinky

Hořlavé účinky má např. motorová nafta, automobilový benzín, lehké topné oleje, benzen, toluen, aceton nebo etylalkohol. Aby vzniklo hoření, je kromě hořlaviny nutná přítomnost oxidačního prostředku (pevné, kapalné, plynné látky či vzduchu) a iniciační energie (plamen, teplo, statická elektřina či jiskra) [2].

Jako teplotu vzplanutí označujeme takovou teplotu, při které za normálního tlaku páry látky krátce vzplanou a ihned uhasnou. Čím nižší je teplota vzplanutí, tím je látka nebezpečnější [5, 6].

Teplota vznícení je nejnižší teplota horkého povrchu, při které se vhodná směs plynů či par vybraných látek spolu se vzduchem na předepsaném zařízení a za předepsaných podmínek vznítí [4].

Intenzita tepelného záření, doba expozice a teplota vzniklého dýmu jsou faktory, které ovlivňují účinky požáru na člověka. Dojde-li k požáru uvnitř objektu, hrozí udušení osob, protože zplodiny hoření vytěsňují vzdušný kyslík. I nehořlavé

materiály představují určité riziko. Například u kovových konstrukcí může kvůli vysoké teplotě dojít ke zborcení celé budovy, jelikož materiál konstrukcí ztratí svoji pevnost, což způsobí zhroucení [2].

Výbušné účinky

Některé NL smíšené se vzduchem vybuchují po iniciaci určitou energií jako je např. jiskra, elektrický výboj nebo otevřený plamen. Aby ovšem k výbuchu došlo, je nutné dosáhnout určité koncentrace par a plynů v ovzduší, kterou nám určuje koncentrační rozpětí. V tomto rozpětí páry látek ve směsi se vzduchem vybuchují. Spodní hodnota koncentrace je nejnižší možná koncentrace hořlavé látky ve směsi s oxidačním prostředkem (vzduch, kyslík), která je při dané iniciační energii schopna šířit plamen, a nazýváme ji dolní koncentrační mez výbušnosti. Oproti tomu horní koncentrační mez výbušnosti je nejvyšší koncentrace hořlavé látky ve směsi s oxidačním prostředkem, jež je stále výbušná. Nejnebezpečnější jsou tedy ty látky, které mají nízkou dolní mez výbušnosti. Uvedené hodnoty se udávají v objemových procentech nebo v g/m^3 [1, 3].

Mezi výbušné látky řadíme např. zemní plyn, svítiplyn, propan-butan, acetylen nebo vodík. Tyto látky jsou svou fyzikální podstatou hořlavé, při zapálení v koncentračním rozpětí navíc vybuchují. Mimo výbuchů těchto látek se můžeme setkat i s výbuchy, které vznikají zvýšením tlaku v zařízeních jako jsou parní kotle, tlakové zásobníky, potrubí produktodů apod. Za určitých podmínek může výbušnou směs tvořit i prach např. dřevný, uhelný nebo moučný. Zvýšenou opatrnost je třeba věnovat i provozům s průmyslovými výbušninami [2, 6].

Prioritní nebezpečný účinek

To, jaký účinek dané NL je nejnebezpečnější, nám určuje prioritní nebezpečný účinek, což je takový účinek dané látky, k jehož vyvolání v poměru s ostatními účinky stačí nejnižší koncentrace látky v ovzduší. Jako příklad uvedeme amoniak. Již jeho inhalace v koncentraci 500 mg/m^3 v ovzduší po dobu jedné minuty způsobí nevratné poškození zdraví. Amoniak ale také ve směsi se vzduchem vybuchuje, avšak až při dolní koncentrační mezi výbušnosti $100\,000 \text{ mg/m}^3$. Při havárii s únikem amoniaku by nás tedy ohrožovala především jeho toxicita, která představuje prioritní nebezpečný účinek pro amoniak. Právě pro případ havárie s únikem NL je nezbytné správně určit prioritní nebezpečný účinek [1].

2.1.2 Toxicita NL

Schopnost NL působit na živé organismy nepříznivě se nazývá toxicita. V organismech musí NL projít důležitými procesy, kterými jsou:

- absorpce a vstřebávání do organismu,
- transport a distribuce,
- metabolismus,
- vylučování,
- interakce s místem účinku [7, 8].

Výsledkem výše zmíněných procesů je toxický účinek. Tento účinek je tedy následkem interakce mezi NL a biologickým systémem, kdy NL působí na organismus (vyvolává účinek), ale i organismus působí na NL (proces zvaný biotransformace). Znamená to, že účinek nemusí být vždy vyvolaný danou látkou, ale i jejím metabolitem [7].

Vliv na celkový účinek dané látky má:

- druh látky,
- dávka,
- expozice,
- stav organismu,
- účinky dalších látek [1].

Typy účinků NL

Negativní účinky NL lze rozdělit na akutní a chronické. Akutní přicházejí po jednorázovém působení NL. Chronické účinky se naopak projevují při působení dlouhodobém (týdny až roky), a to i v malých dávkách, které se mohou v těle hromadit [8].

K nejčastějším místům účinku NL patří játra (hepatotoxický účinek), ledviny (nefrotoxický účinek), centrální i periferní nervová soustava (neurotoxický účinek), srdce a krevní oběh (kardiotoxický účinek). Tyto účinky označujeme jako orgánovou toxicitu [7].

Vztah dávky a účinku

Účinek je závislý na dávce NL. Zpravidla platí, že čím větší dávka, tím větší účinek. V případě, že podáme skupině jedinců jednoho živočišného druhu dávku látky, která se postupně zvyšuje, zpočátku nezpůsobíme žádný toxický účinek. Až po překročení určité prahové dávky se u některých jedinců mohou projevit příznaky otravy. Bude-li dávka stoupat, příznaky se budou projevovat u stále většího procenta testovaných [9].

Za zásadní považujeme akutní účinek. V toxikologii se nejčastěji stanovuje dávka, která usmrtí 50 % pokusných zvířat, nazýváme ji letální dávka a označujeme LD₅₀ (Lethal Dose). Tuto hodnotu vyjadřujeme v miligramech či gramech určité látky na 1 kg živé váhy pokusného zvířete [8].

Dále se můžeme setkat s pojmem letální koncentrace (dále „LC₅₀“), což je koncentrace látky, u které se předpokládá, že usmrtí 50 % pokusných zvířat vystavených po určitou dobu účinkům látky. Efektivní koncentrace – EC₅₀ je koncentrace, která při desetiminutovém působení vyvolává objektivní účinek u 50 % osob (čichový vjem, mírnou otravu bez následků, otravu s následky atd.) Koncentrace se vyjadřují nejčastěji v mg/l, mg/m³ případně v objemových procentech nebo ppm (parts per milion – částice na jeden milion) [8, 10, 11].

Jelikož se velikost jednotlivých dávek obvykle zjišťuje pokusy na zvířatech, je obtížné tyto údaje přenést na člověka. Orientačně platí, že člověk je 2× citlivější než kůň a prase, 3× než skot, koza a ovce, 5× než pes a přibližně 10× než krysa [2].

Expozice

Expozice představuje vystavení organismu působení NL. Způsob, kterým určitá látka vnikne do organismu, nazýváme branou vstupu, podle které rozlišuje expozici inhalační (vdechováním), perorální (ústí přes zažívací systém) a perkutánní (vstřebávání kůží). V následující tabulce 1 – „Expoziční limitní hodnoty“ jsou popsány limity expozice [1, 12].

Tabulka 1 – Expoziční limitní hodnoty [1, 8, 12]

Limitní hodnota	Popis
Immediately Dangerous to Life and Health (dále „IDLH“)	<p>Představuje označení maximální koncentrace látky, která se nachází v ovzduší a které může být po dobu 30 min vystaven zdravý pracovník, přičemž musí být schopný uniknout bez ztráty života a nevratných poškození na zdraví.</p>
Přípustný expoziční limit – PEL	<p>Udává celosměnový časově vážený průměr koncentrací plynů, par či aerosolů v pracovním prostředí, jimž může být v osmihodinové či kratší směně týdenní pracovní doby vystaven zaměstnanec, aniž by u něj došlo k poškození zdraví či k ohrožení jeho pracovní schopnosti a výkonnosti, a to i při celoživotní pracovní expozici.</p>
Nejvyšší přípustná koncentrace (dále „NPK“)	<p>Určuje koncentraci NL v ovzduší, které nesmí být zaměstnanec vystaven v žádném úseku směny.</p>
No Observed Effect Level – NOEL	<p>Je nejvyšší koncentrace nebo dávka, při jejímž dosažení stále není pozorován žádný nežádoucí efekt.</p>
Lowest Observed Effect Level - LOEL	<p>Označuje nejnižší koncentraci, při jejímž dosažení je již pozorován nežádoucí efekt.</p>
Emergency Response Planning Guidelines (dále „ERPG“)	<p style="text-align: center;">ERPG-1</p> <p>Označuje hodnotu maximální koncentrace dané látky v prostředí, do které lze předpokládat, že skoro všichni přítomní lidé by mohli být nechráněni po dobu 60 min, přičemž by pocítili pouze mírné a přechodné nepříznivé zdravotní účinky nebo zpozorovali výrazně nepříjemný zápach.</p>

	<p>ERPG-2</p> <p>Označuje hodnotu maximální koncentrace dané látky v prostředí, do které lze předpokládat, že skoro všichni přítomní lidé by mohli být nechráněni po dobu 60 min, aniž by pocítili nebo by se u nich objevily nevratné nebo vážné následky, které by mohly narušit schopnost k podniknutí záchranné činnosti.</p> <p>ERPG-3</p> <p>Označuje hodnotu maximální koncentrace dané látky v prostředí, do které lze předpokládat, že skoro všichni přítomní lidé by mohli být nechráněni po dobu 60 min, aniž by pocítili nebo by se u nich objevily účinky mající vliv na zdraví nebo život.</p>
--	--

Míra účinku NL v organismu

Závažnost otravy určuje věk, pohlaví, tělesná hmotnost, zdravotní stav, momentální fyzický a psychický stav. Platí, že vnímavější k účinku NL jsou:

- děti,
- starší osoby,
- ženy,
- hubení lidé,
- nemocní jedinci,
- lidé oslabení fyzickou námahou či psychickou zátěží [7].

2.2 Šíření plynů a par toxických látek

Z hlediska úniku toxické látky je nutné znát, jak se šíří především jejich plyny a páry, jelikož ty mohou ohrozit velký počet osob. K tomu je třeba znát relativní molekulovou hmotnost vzduchu, která činí přibližně 29 g/mol. Jestliže mají látky tuto hmotnost nižší než 29 g/mol, jsou lehčí než vzduch a stoupají vzhůru do ovzduší. Takovou látkou je např. amoniak nebo oxid uhelnatý. Ovšem za nepříznivých meteorologických

podmínek, nebo pokud jsou látky skladovány ve zkapalněném stavu, může dojít ke vzniku těžké mlhy a lehký plyn se může šířit při zemi [1, 3, 5].

Látky s vyšší relativní molekulovou hmotností, než má vzduch (např. chlór nebo fosgen) se drží se při zemi. Tyto plyny jsou nebezpečné především v podzemních prostorách, a to i tehdy jsou-li netoxické jako např. dusík nebo oxid uhličitý. Jejich nebezpečnost spočívá v tom, že z podzemních prostor vytěsňují kyslík a v případě, že jeho obsah ve vzduchu klesne pod 17 %, stane se vzduch nedýchatelným [5].

Nebezpečí mohou způsobit také netoxické látky, které jsou skladovány nebo přepravovány jako zkapalněné či stlačené plyny. Dojde-li k jejich nekontrolovatelnému úniku, plyn se začne odpařovat a odnímat ve velkém množství energii z okolí. To se projeví prudkým snížením teploty, což představuje riziko vzniku omrzlin u přítomných osob a defektu konstrukčního materiálu [13].

Ihned potom, co se uvolní toxická látka do ovzduší, dojde ke vzniku primárního oblaku, který je tvořen plyny, parami a aerosoly. Primární oblak má vysokou koncentraci toxických látek a působí relativně krátce. Šíří se ve směru větru do různých vzdáleností, což závisí na druhu látky, meteorologických podmínkách a konfiguraci terénu. Tento oblak je schopný kontaminovat terén toxickou látkou, která se za příznivých podmínek odpaří a vytvoří sekundární oblak, který má sice nižší koncentraci toxické látky, ale jeho účinek je dlouhodobý [14].

2.2.1 Faktory ovlivňující šíření oblaku toxických látek

To, jak se oblak toxických látek šíří, ovlivňují následující faktory:

- zdroj úniku a jeho umístění,
- druh a množství NL,
- fyzikálně-chemické a toxikologické vlastnosti NL,
- rozloha oblasti, kterou NL zamořila,
- způsob úniku a rozptýlení,
- počasí a další meteorologické podmínky,
- uspořádání terénu [1, 15].

Zdroj úniku NL

Zdroj úniku NL představuje jeden z faktorů, který ovlivňuje šíření oblaku dané látky. Podle vojenského taktického hlediska existuje zdroj šíření bodový, mnohabodový a liniový. Bodový zdroj může představovat havarovaná cisterna či jeden chemický provoz, to znamená, že se látka bude šířit z jednoho bodu. Mnohabodovým zdrojem může být havárie dopravního řetězce, skupiny výrobních zařízení či skladů, přičemž se látka bude rozšiřovat z několika bodů. Za liniový zdroj můžeme označit havárii transportního řetězce, kdy se látka bude šířit souvisle [14].

Způsob rozptýlu NL

Šíření oblaku toxické látky ovlivňuje i její rozptýlení, to je podmíněno charakterem havarovaného objektu, vnějšími projevy havárie a druhem látky. Rozlišujeme dva základní způsoby rozptýlu – mechanický a termický. Mechanický způsob je takový, kdy se rozptýlí pevná, kapalná nebo plynná látka při samotném uvolnění látky z kontejneru nebo při rozptýlení výbuchem, prostřednictvím trysky nebo pod tlakem. Naopak termický způsob představuje odpaření látky teplem díky hoření pyrotechnických směsí, kdy její páry kondenzují v chladné atmosféře a vznikne jemný aerosol. Tento způsob je možný při požárech chemických provozů, kdy může vzniknout i velké množství spalných produktů toxických pro organismus [14].

Meteorologické podmínky

Pro šíření toxické látky jsou také podstatné meteorologické podmínky. Teplota ovlivňuje tenzi par, koncentraci látky v ovzduší a stupeň kontaminace v terénu. Čím vyšší je teplota, tím snazší je pro toxickou látku pronikat do organismu [14].

Rychlost a směr větru působí na stálost primárního i sekundárního oblaku toxické látky a rychlost jejich šíření a odpařování. Nejvhodnější rychlostí pro šíření NL je rychlost kolem $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Čím je rychlost větru vyšší, efektivita zasažení klesá [14].

Vertikální stálost atmosféry také výrazně ovlivňuje šíření NL. Je charakterizována teplotním gradientem, což je rozdíl teplot ve výšce 0,5 m a 2 m, a rychlostí větru. Existují tři stupně vertikální stálosti atmosféry, které jsou popsány v následující tabulce 2 – „Stupně vertikální stálosti atmosféry“ [14].

Tabulka 2 – Stupně vertikální stálosti atmosféry [1, 14, 16]

Stupeň	Příčina vzniku	Období vzniku	Příznivost pro šíření
Inverze	Rychlé ochlazení zemského povrchu, přičemž teplota stoupá s výškou	Bezvětrné zimní období	Příznivá pro šíření toxického oblaku
Izotermie	Stabilní rovnováha vzduchu	Oblačná rána a večery	Příznivá pro šíření toxického oblaku
Konvekce	Přehřátí zemského povrchu	Jasně teplé dny	Nepříznivá pro šíření toxického oblaku

Vlhkost vzduchu ovlivňuje stabilitu toxických látek v terénu, déšť totiž odplavuje kapalně a pevně látky, sníh zase snižuje rychlost vypařování NL a zvyšuje jejich stálost v terénu [14, 16].

Uspořádání terénu

Členitost a charakter terénu, pokrytost a druh půdy mají vliv na šíření toxické látky. V případě inverze toxický oblak obtéká předměty a nerovnosti, vyplňuje doliny a rokliny, to způsobuje, že se toxická látka hromadí v podzemí (ve sklepech, podzemních drahách a úkrytech). Vzrostlé keře a stromy, zástavba ve městech a hrubý povrch zpomalují pohyb toxického oblaku a v případě příznivých podmínek dokáží usnadnit tvorbu ohnisek kontaminace. Co se týče druhu půdy, ta má vliv na rychlost vypařování NL, její stabilitu v terénu a pronikání do země [14].

2.3 Legislativa související s NL

V této kapitole jsou přiblíženy právní předpisy, jejichž cílem je ochránit především zdraví člověka a životní prostředí při činnostech spojených s NL.

Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (chemický zákon)

Tento právní předpis stanoví, jaká práva a povinnosti mají právnické osoby (dále „PO“) a podnikající fyzické osoby (dále „PFO“) při nakládání s NL, kam se řadí výroba, klasifikace, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh, používání, vývoz a dovoz NL [17].

Chemický zákon také upravuje správnou laboratorní praxi a působnost správních orgánů v oblasti ochrany před nežádoucími účinky chemických látek a směsí. V zákoně jsou zapracovány příslušné předpisy Evropské unie (dále „EU“) a je zde návaznost na přímo použitelné předpisy EU [17].

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí – Classification, Labelling and Packing of substances and mixtures (dále „CLP“)

Toto nařízení vychází z Globálně harmonizovaného systému klasifikace a označování chemikálií. Vzniklo za účelem zajištění vysoké úrovně ochrany zdraví a životního prostředí a rovněž volného pohybu NL, směsí a předmětů. Nařízení CLP je závazné pro státy Evropského hospodářského prostoru (dále „EHP“), který je tvořen všemi členskými státy EU spolu s Islandem, Lichtenštejnskem a Norskem, a to ve všech průmyslových odvětvích. Nařízení CLP ukládá výrobcům, dovozcům a uživatelům NL či směsí způsob klasifikace, označování a balení těchto látek a směsí před jejich uvedením na trh [18, 19].

Podle nařízení CLP je nutné označit každou NL nebo směs:


- výstražnými symboly nebezpečnosti, viz obrázek 1 – „Výstražné symboly nebezpečnosti“,
- signálními slovy – varování nebo nebezpečí,
- standardními větami o nebezpečnosti tzv. H – větami,
- pokyny pro bezpečné užívání tzv. P – větami,

- případně doplňkovými označeními tzv. EUH větami [20].

Označení NL podle CLP je znázorněno na obrázku 2 – „Označení chloru podle CLP“.



Obrázek 1 – Výstražné symboly nebezpečnosti [21]

Prvky označení	
Výstražný symbol nebezpečnosti	
Signální slovo	Nebezpečí
Standardní věty o nebezpečnosti	H270 Může způsobit nebo zesílit požár; oxidant. H331 Toxický při vdechování. H319 Způsobuje vážné podráždění očí. H335 Může způsobit podráždění dýchacích cest. H315 Dráždí kůži. H400 Vysoce toxický pro vodní organismy.
Pokyny pro bezpečné zacházení	P403 Skladujte na dobře větraném místě. P308+P313 Při expozici nebo podezření na ni vyhledejte lékařskou pomoc. P314 Necítíte-li se dobře, vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření. P273 Zabraňte uvolnění do životního prostředí.
Další nebezpečnost POZOR! Nepoužívejte společně s jinými výrobky. Může uvolňovat nebezpečné plyny (chlor).	

Obrázek 2 – Označení chloru podle CLP [22]

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky – Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals (dále „REACH“)

Nařízení REACH upravuje povinnosti týkající se registrace, hodnocení, povolování a omezování chemických látek a směsí v rámci EU a EHP. Tyto povinnosti se vztahují na výrobce, dovozce, distributora a následného uživatele chemických látek a směsí. Nařízení REACH udává postupy pro shromažďování a vyhodnocování údajů o vlastnostech a rizicích chemických látek a směsí jak průmyslových, tak používaných v běžném životě s cílem zajistit, aby se na území států EU a EHP nakládalo pouze s takovými chemickými látkami a směsmi, u kterých jsou známy jejich nebezpečné vlastnosti [23, 24].

2.4 Havárie s únikem NL

Prakticky všude může dojít k úniku NL. Stacionární zařízení představují největší ohrožení z hlediska rozsahu havárie, u mobilních zdrojů dochází k haváriím naopak častěji [11].

Při havárii s únikem NL dochází k:

- toxickému rozptylu,
- požáru,
- výbuchu,
- znečištění ovzduší,
- znečištění vody [12].

Podle druhu unikající látky rozlišujeme havárie s únikem NL, havárie s únikem radioaktivních látek a havárie s únikem ropných látek. Pro tuto diplomovou práci jsou klíčové havárie s únikem NL [4].

Havárie chemických provozů a zařízení nejsou ojedinělé a může k nim dojít buď úmyslně (terorismus, války), anebo neúmyslně během zpracování, skladování nebo převozu NL. Vznik havárií je zpravidla spojen s určitou pracovní činností, jako je najíždění, odstavování či běžný chod určitého provozu [12, 15].

2.4.1 Vnější projevy havárií s únikem NL

Při haváriích s únikem NL jsou charakteristické její vnější projevy, které nám umožňují určit, jestli došlo k úniku NL či nikoliv. Patří sem:

- viditelné projevy, jako je dým, mlha, neobvyklá barva kouře nebo plamene, drobné výbuchy atd.,
- změny v okolí havárie, kde můžeme pozorovat neobvyklé zbarvení vegetace, úhyn ptactva či jiných drobných zvířat,
- akustické projevy, kdy je možné slyšet praskání konstrukcí nebo syčení unikajícího plynu,
- typický zápach některých NL [3, 4].

2.4.2 Příčiny havárií s únikem NL

Každá havárie s únikem NL má svoji příčinu. Důležité pro prevenci vzniku těchto havárií je se příčinami zabývat, analyzovat je a následně jim předcházet. Rozlišujeme následující kategorie, přičemž ty nejdůležitější jsou dále popsány. Jsou to:

- technické příčiny,
- technologické příčiny,
- živelní pohromy,
- selhání lidského faktoru,
- teroristický útok [1, 15].

Za technické příčiny označujeme poruchy strojů, zařízení a prostředků. Tyto poruchy mohou být způsobeny:

- nedostatečným zabezpečením proti vnitřnímu přetlaku, vibracím, teplotě, vnějším vlivům či látkám způsobujícím korozi,
- defektem svárů a přírub,
- mechanickým poškozením potrubí a nádob z důvodu koroze či nárazu,

- poruchou na bezpečnostních systémech (např. pojistné a bezpečnostní ventily),
- závadou na pomocných zařízeních (např. kompresory, čerpadla, ventilátory),
- selháním řídicích systémů (např. průtokoměry, řídicí jednotky, čidla) [1].

Technologické příčiny představují odchylky od daných provozních podmínek, kterými jsou:

- vadné měření důležitých veličin v daném procesu (např. teplota, množství, tlak),
- vznik vedlejších produktů, nečistot či zbytků, u kterých lze předpokládat nežádoucí vedlejší reakce,
- závady manuálních dodávek NL,
- chyby při samotném spouštění či odstavování procesů,
- defekty na pomocných zařízeních (např. chlazení, přívod vzduchu či elektrická energie) [1].

Chybami, které vznikají z důvodu selhání lidského faktoru, jsou.:

- pochybení operátora,
- odstavení bezpečnostního systému (např. z důvodu častých planých poplachů),
- záměna NL,
- chyby v komunikaci,
- nedostatečná, nevhodná či neúplná oprava a údržba,
- neodborná manipulace s NL,
- nedodržování předepsaných zásad a pracovních postupů [1].

V důsledku vzniku výše zmíněných příčin může dojít:

- k celkové ruptuře pláště zařízení nebo zlomení potrubí,
- k drobným otvorům v plášti zařízení nebo potrubí,
- k poškození přečerpávacích částí,
- k malým únikům během manipulace s NL nebo úkapům netěsnostmi [12].

2.4.3 Dopady havárií s únikem NL

Důležitým kritériem pro klasifikaci havárií jsou jejich dopady, které je nezbytné zaznamenávat a sledovat. Napomáhají totiž ke zlepšení preventivních opatření a k předcházení opětovnému vzniku. V této problematice dopady představují:

- poškození zdraví,
- škody na majetku,
- škody na životním prostředí,
- škody socioekonomického charakteru (ztráta domova, ztráta zaměstnání atd.) [1, 12].

2.4.4 Příklady havárií s únikem NL

V této kapitole jsou uvedeny některé příklady havárií s únikem NL, které se staly na stacionárních a mobilních zařízeních jak v zahraničí, tak v ČR.

Zahraničí

Seveso 1976

V sobotu 10. července 1976 v malém chemickém závodě na výrobu pesticidů nacházejícím se 15 km od Milána došlo k úniku NL. V tu dobu byly chladicí mechanismy vypnuty a došlo k exotermické reakci, kvůli které se uvolnil tlakový ventil. Do ovzduší unikl toxický oblak, který obsahoval cca 1 kg dioxinu. Následkem jeho působení zahynuly tisíce zvířat a došlo ke kontaminaci půdy. Zhruba 37 000 lidí bylo vystaveno působení dioxinu, což mělo dlouhodobé účinky na zdraví, obzvláště na dýchací systém a oběhovou soustavu. Především u dětí se rozvinula kožní onemocnění

a mnoho těhotných žen se rozhodlo ze strachu z postižení jejich nenarozených dětí podstoupit potrat. Tato tragédie dala podnět ke tvorbě směrnice SEVESO I [25].

San Carlos de la Rapita 1978

V tomto španělském městě došlo 11. července 1978 k nehodě automobilové cisterny, která převážela 23,5 t zkapalněného propanu. Plášť cisterny se roztrhl a následně došlo k požáru. Příčina havárie nebyla zcela objasněna. V úvahu připadalo přeplnění cisterny (povolené množství bylo 19,4 t), anebo boční náraz do zdi a následná ruptura pláště. Zemřelo 215 lidí a dalších 67 bylo závažně popáleno [26].

Bhópál 1984

V noci ze 2. na 3. prosince 1984 došlo k úniku více než 40 t plynného methylisokyanátu z továrny na výrobu pesticidů, která se nacházela uprostřed indického města Bhópál. Okamžitě zahynulo cca 3 800 lidí, dalších několik tisíc zemřelo na následky onemocnění či zranění (v počtu obětí se zdroje rozcházejí). Tato havárie byla způsobena provozními chybami, nedostatky v konstrukci a při údržbě, nedostačujícím proškolením zaměstnanců a ekonomickými opatřeními přijímanými na úkor bezpečnosti [27, 28].

Enschede 2000

V nizozemském městě Enschede došlo dne 13. května 2000 k výbuchu v továrně na výrobu pyrotechniky. Nejdříve začalo hořet mimo budovu, ale pak se požár rozšířil na dva plné kontejnery s pyrotechnikou, což vedlo k řetězové reakci a následné explozi přibližně 177 t pyrotechniky. Výbuchy prakticky zničily celou okolní oblast, zabily 23 lidí, téměř 1 000 osob zranily a zničily cca 1 000 budov. Díky této události byly pyrotechnické látky zahrnuty do směrnice SEVESO II [29, 30].

Baia Mare 2000

V rumunském odkališti úpravny vod v Baia Mare došlo 30. ledna 2000 k protržení hráze a následnému znečištění vodních toků kyanidy a těžkými kovy, což mělo i přeshraniční dopad. K havárii došlo kvůli špatnému zabezpečení nádrže, která nevydržela nápor náhle vypuštěné přebytečné vody. Hráz byla opravena a úniky toxických látek zastaveny až druhý den. Lidé byli dočasně ohroženi především kontaminací pitné vody. Nejvíce byla postižena příroda, obzvláště pak vodní organismy [1, 31].

Toulouse 2001

V průmyslové zóně v jižní části města Toulouse v továrně na výrobu hnojiv došlo dne 21. září 2001 k velkému výbuchu dusičnanu amonného. Bezprostředně zemřelo 31 lidí, tisíce osob byly zraněny, 29 z nich utrpělo vážná poranění a někteří přišli nevratně o sluch. Výbuch také poškodil 25 000 budov. Příčina tragédie nebyla objasněna [32].

Česká republika

Záluží 1974

V chemických závodech československo-sovětského přátelství začalo dne 19. července 1974 hořet a následně došlo k výbuchu způsobenému etanem vytékajícím z praskliny v potrubí, která se vytvořila kvůli nedostatečné tloušťce materiálu. V důsledku této největší průmyslové katastrofy u nás zemřelo 15 lidí, 124 osob bylo zraněno a bylo poškozeno zhruba 300 budov [33].

Ústí nad Labem 2002

K jednomu z největších požárů došlo dne 22. listopadu 2002 ve Spolku pro chemickou a hutní výrobu v Ústí nad Labem. Příčinou byl nedodržený pracovní postup v několika bodech. Vzniklá škoda přesáhla 2 miliardy korun [34].

Želátovice 2005

Ve večerních hodinách 6. června 2005 začal v areálu soukromého podniku unikat 70% roztok kyseliny dusičné. Odpařováním vznikl oblak, ale díky dobrým povětrnostním podmínkám se rozplynul a neohrozil tak okolní obyvatelstvo. Příčinou bylo pravděpodobně načerpání kyseliny vyšší koncentrace, než je přípustné, což zapříčinilo vznik otvoru v plášti cisterny. Do nemocnice bylo převezeno 19 lidí, přičemž se jednalo především o členy integrovaného záchranného systému [35].

Záluží 2015

V Litvínově – Záluží dne 13. srpna 2015 explodovala etylenová jednotka. Kvůli poklesu dodávky chladicí vody došlo k poškození technologie a k úniku oblaku výbušné směsi, což vedlo k explozi a následnému požáru. Naštěstí nebyl nikdo zraněn, neunikly žádné škodliviny do ovzduší, ale došlo k velkým škodám na majetku [36, 37].

2.5 Systém prevence závažných havárií

Systém prevence závažných havárií má za cíl snížit pravděpodobnost vzniku chemické havárie a omezovat negativní dopady na zdraví a životy obyvatel, hospodářská zvířata, majetek a životní prostředí [2, 12].

Závažná havárie představuje především závažný únik NL, požár nebo výbuch a je charakterizována:

- mimořádností,
- částečnou či úplnou neovladatelností,
- časovým a prostorovým ohraničením [38].

Závažná havárie vzniká v souvislosti s užíváním objektu, kde se NL nachází, a ohrožuje zdraví a životy lidí a zvířat nebo má dopad na životní prostředí a majetek [38].

2.5.1 Direktivy SEVESO

Pro země, které jsou součástí EU, jsou zpracovány závazné dokumenty určující povinnosti výrobců, provozovatelů i orgánů státní správy v oblasti prevence závažných havárií. Za stěžejní dokumenty této problematiky lze označit direktivy SEVESO [39].

SEVESO I

V roce 1976 došlo v italském městě SEVESO k chemické havárii, která vedla ke vzniku směrnice SEVESO I – Směrnice Rady 82/501/EHS o nebezpečí závažných havárií při určitých průmyslových činnostech. Tato směrnice z roku 1982 ukládala provozovatelům technologických zařízení ohlašovací povinnost, povinnost zpracovat bezpečnostní zprávu a havarijní plán, povinnost poskytnout informace a dále stanovovala povinnosti správním orgánům v oblasti prevence závažných havárií [40, 41].

SEVESO II

V roce 1996 byla směrnice SEVESO I nahrazena konkrétnější směrnicí SEVESO II – Směrnice Rady 96/82/ES o kontrole nebezpečí závažných havárií, která se zabývala především systémem řízení bezpečnosti a posilování kontrol. Došlo také k úpravě seznamu NL tak, že na něj byly zařazeny i látky nebezpečné pro životní prostředí. Pro

určení celkového množství NL v podniku bylo také zavedeno sčítání množství jednotlivých NL [41].

Po přijetí směrnice došlo k několika závažným haváriím a tato byla následně novelizována směrnicí rady 2003/105/ES. Kvůli havárii v Enschede, Toulouse a Baia Mare byly zapracovány podstatné změny upravující především oblast skladování a zpracovávání látek v těžebním průmyslu, oblast výroby a skladování výbušnin, pyrotechniky a hnojiv na bázi dusičnanu amonného. Díky novým znalostem z oblasti karcinogenních látek byl rozšířen seznam karcinogenů a bylo sníženo limitované množství u látek nebezpečných pro životní prostředí [40, 41].

SEVESO III

V roce 2012 nahradila předcházející směrnici směrnice SEVESO III (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností NL a o změně a následném zrušení směrnice Rady 96/82/ES) zohledňující především změny týkající se klasifikace NL podle nařízení CLP. Byly provedeny také úpravy, jejichž cílem bylo dosažení vysokého stupně ochrany, zjednodušení právní ochrany a administrativy. Uvedená směrnice byla implementována do českého právního řádu zákonem č. 224/2015, Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů (zákon o prevenci závažných havárií), který nahradil zákon č. 59/2006, Sb. [40].

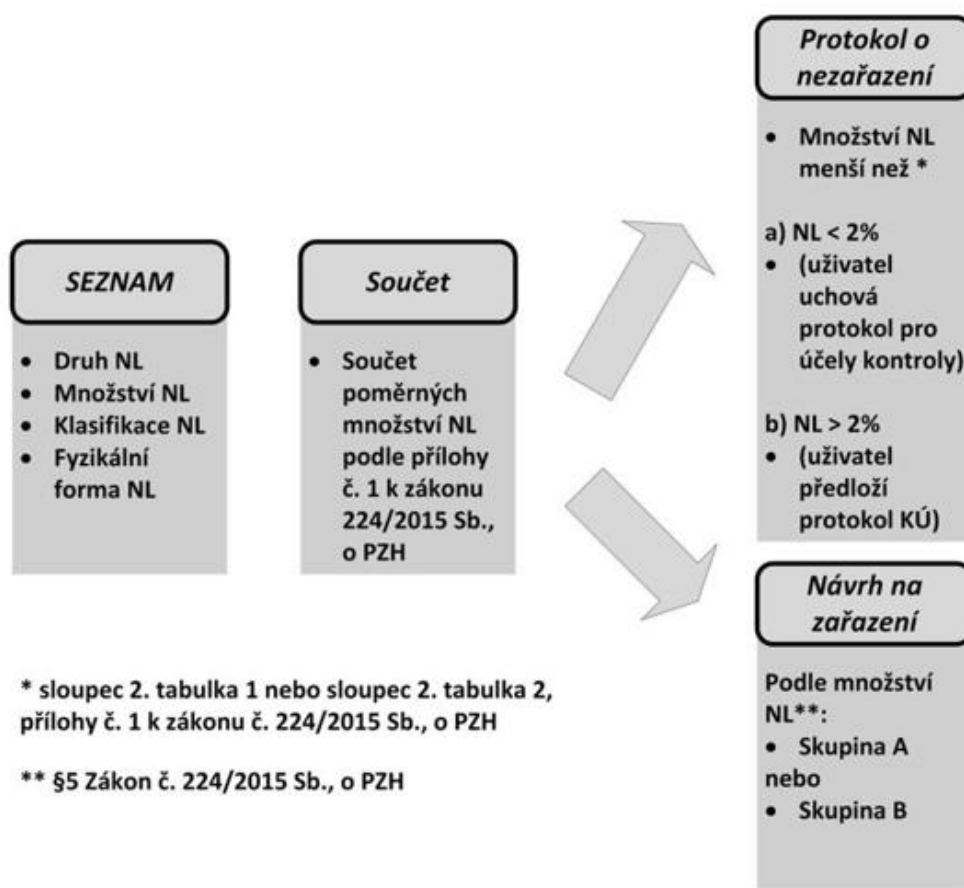
2.5.2 Zákon o prevenci závažných havárií

Tento zákon je hlavním právním předpisem pro oblast prevence závažných havárií u stacionárních zařízení v ČR. Má za cíl snížit pravděpodobnost vzniku chemických havárií a omezit jejich negativní dopady. Upravuje povinnosti PO a PFO, které užívají nebo v budoucnu budou užívat objekt s NL, a také pojednává o kompetencích orgánů veřejné správy na úseku prevence závažných havárií způsobených NL [41].

Proces zařazení nebo nezařazení objektu do příslušné skupiny

Každá PO nebo PFO má povinnost zjistit, zda se na její objekt zákon o prevenci závažných havárií vztahuje či nikoliv. Pokud se v daném objektu nachází nebo bude nacházet NL v takovém množství, které je stejně nebo větší, než uvádí zákon o prevenci závažných havárií, stává se PO nebo PFO, která tento objekt užívá nebo bude užívat,

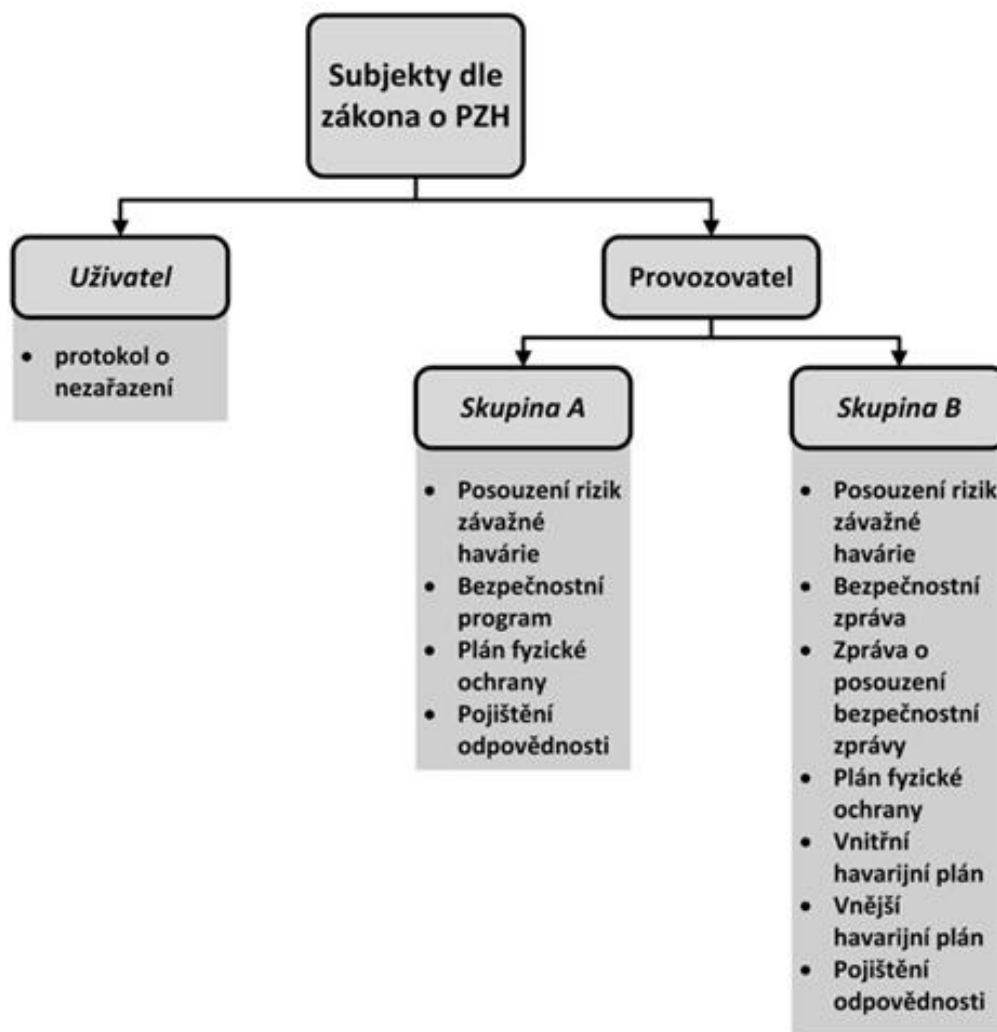
provozovatelem objektu. Pokud je nebo bude v objektu NL v menším množství, než je uvedeno v zákoně o prevenci závažných havárií, stává se PO nebo PFO, která tento objekt užívá nebo bude užívat, uživatel objektu. Uživatel i provozovatel zpracuje seznam látek, ve kterém uvede druh, množství, klasifikaci a fyzikální formu všech NL, které se nacházejí v objektu. Na základě tohoto seznamu provede součet poměrných množství NL podle vzorce a podmínek uvedených v příloze zmíněného zákona. Podle výsledků zpracuje buď protokol o nezařazení nebo návrh na zařazení do skupiny A nebo B. Tento postup je znázorněn na obrázku 3 – „Proces zařazení subjektu do příslušné skupiny“ [39].



Obrázek 3 – Proces zařazení subjektu do příslušné skupiny [42]

Dokumentace podle zákona o prevenci závažných havárií

Od subjektů je podle zákona o prevenci závažných havárií vyžadováno zpracování dokumentace, kterou můžeme vidět na následujícím obrázku 4 – „Dokumentace“.



Obrázek 4 – Dokumentace [42]

Posouzení rizik, které je základem a součástí bezpečnostního programu a bezpečnostní zprávy, obsahuje:

- identifikaci zdrojů rizik,
- analýzu rizik,
- hodnocení rizik [43].

Bezpečnostní program, který vypracovává provozovatel skupiny A, zahrnuje:

- základní informace o objektu,
- posouzení rizik závažné havárie,
- popis zásad, cílů a politiky prevence závažných havárií,
- popisy systému řízení bezpečnosti,
- závěrečné shrnutí [43].

Provozovatel objektu skupiny B zpracovává bezpečnostní zprávu, která je oproti bezpečnostnímu programu rozsáhlejší a obsahuje:

- základní informace o objektu,
- popisné, informační a datové části (technický popis objektu a informace o okolním prostředí),
- posouzení rizik závažné havárie,
- popis zásad, cílů a politiky prevence závažných havárií,
- popis systému řízení bezpečnosti,
- popis preventivních bezpečnostních opatření k omezení vzniku a následků závažné havárie,
- závěrečná ustanovení [43].

Bezpečnostní program i bezpečnostní zprávu schvaluje krajský úřad (dále „KÚ“), který vydává rozhodnutí o schválení této bezpečnostní dokumentace. Provozovatelé obou skupin také musí sjednat pojištění odpovědnosti pro případ vzniku škody v důsledku závažné havárie [39].

Dále provozovatel skupiny B předkládá KÚ zprávu o posouzení bezpečnostní zprávy, kde jsou uvedeny:

- základní údaje o objektu,
- soupis změn provedených v objektu,
- hodnocení, zda mají změny vliv na bezpečnost provozu,
- závěrečné zhodnocení výsledků [43].

V plánu fyzické ochrany je uvedeno následující:

- analýza možných neoprávněných činností nebo útoků,
- identifikace režimových opatření,
- požadavky na fyzickou ostrahu,
- vymezení technických prostředků,
- způsob, kterým se stanoví rozsah těchto bezpečnostních opatření [44].

Provozovatel skupiny B dále zpracovává vnitřní havarijný plán, v němž jsou uvedena přijímaná opatření v objektu při vzniku závažné havárie za účelem zmírnění jejích následků. Také poskytuje písemné podklady pro stanovení zóny havarijního plánování a zpracovávání vnějšího havarijního plánu, které předkládá KÚ a hasičskému záchrannému sboru kraje současně s bezpečnostní zprávou [39].

2.6 Problematika přepravy nebezpečných věcí

Kromě rizika vzniku závažné havárie na stacionárním zařízení, kde se NL nachází, může dojít k úniku NL i při jejich přepravě. Ta je považována za nejrizikovější úkon související s NL. Proto jsou na transport NL, které se z hlediska jejich přepravy označují jako nebezpečné věci, kladeny specifické požadavky zajišťující bezpečnější přepravu [45].

U dopravní nehody s únikem NL je doba úniku určena vyprázdněním nádoby, přičemž nejhorším možným případem je okamžitý únik veškeré látky, která se v nádobě nacházela. U mobilních zdrojů nikdy nemůžeme předpokládat místo úniku, jelikož látka může uniknout kdekoli na trase. Vzhledem k existenci velkého množství negativních faktorů ovlivňujících bezpečnou přepravu nebezpečných věcí nemůžeme předem odhadnout následky takové nehody [46].

NL se přepravují po silnici, železnici, letecky či vodní dopravou. Jednotlivé druhy přeprav jsou upraveny konkrétními dohodami:

- ADR (Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route) = Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí – pro silniční přepravu,

- RID (Reglement international concernant le transport des marchandises dangereuses par chemins de fer) = Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí – pro železniční přepravu,
- IMDG CODE (International Maritime Dangerous Goods Code) = Mezinárodní námořní kodex nebezpečných věcí – pro námořní přepravu,
- IATA-DGR (Dangerous Goods Regulations), která je vydaná Asociací pro mezinárodní leteckou přepravu (IATA) = Předpisy mezinárodní asociace letecké přepravy pro přepravu nebezpečných věcí – pro leteckou přepravu,
- ADN (Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures) = Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách [46].

V ČR je nejvíce využívána silniční přeprava nebezpečných věcí. Podle dohody ADR jsou nebezpečné věci klasifikovány a rozděleny do 13 tříd podle jejich nebezpečnosti, přičemž každá třída představuje skupinu nebezpečných věcí mající společnou hlavní nebezpečnou vlastnost. Tato dohoda dále upravuje balení a značení přepravovaných látek a značení vozidel je přepravujících. Vozidla, která přepravují nebezpečné věci, se označují podle UN systému a bezpečnostními značkami [1, 47].

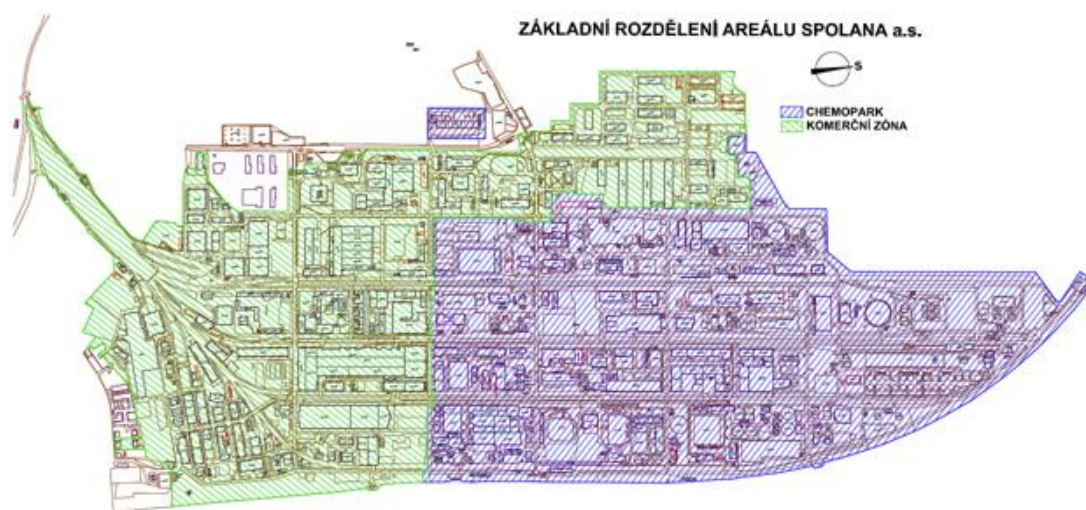
UN systém využívá k označování vozidel bezpečnostní oranžové tabulky, v jejichž dolní polovině je uvedeno identifikační číslo látky či skupiny látek tzv. UN kód, a v horní polovině identifikační číslo nebezpečnosti jinak zvané Kemlerův kód. UN kód je čtyřmístné číslo, které identifikuje jednotlivé látky a některé směsi. Toto číslo je přiřazeno podle registru Organizace spojených národů různým látkám, které vzhledem ke svým vlastnostem patří do jedné skupiny. V registru existuje více než 3 000 položek. Kemlerův kód je složen ze dvou nebo tří číslic popisujících základní vlastnosti látky. První číslice představuje hlavní nebezpečí, a jestliže je zdvojená, dané nebezpečí je zvýšené. V případě, že se na druhém místě vyskytuje nula, znamená to, že další nebezpečí neexistuje. Písmeno X označuje zákaz hašení vodou [1, 9, 26].

Ke značení vozidel přepravujících nebezpečné věci se také používají bezpečnostní značky ve tvaru čtverce postaveného na vrchol pod úhlem 45°. Tyto značky jsou rozděleny na horní a dolní polovinu. Horní část slouží pro vyobrazení symbolu a do dolní části se uvádí text a číslo třídy [47].

Dohoda ADR klade požadavky nejenom na značení vozidel, ale také na osádku vozidla, dopravní jednotky, průvodní doklady, obaly, průjezdy tunely atd. [47].

2.7 Popis společnosti SPOLANA a.s.

V ČR je rozvinutý chemický průmysl, což představuje vysoké riziko úniku NL. Jednou ze společností zabývajících se výrobou NL je i SPOLANA a.s., která je podle zákona o prevenci závažných havárií zařazena do skupiny B. Tento podnik leží severně od obce Neratovice po obou březích řeky Labe v katastrálním území obcí Libiš a Neratovice. V podniku se nachází celkem 599 objektů, ale pouze 403 je využívaných, sídlí zde i několik externích firem. Areál je rozdělen na zónu CHEMOPARK s výrobními technologiemi a na komerční zónu, která se skládá především z administrativních budov a pomocných provozů. Rozdělení je znázorněno na obrázku 5 – „Základní rozdělení areálu společnosti SPOLANA a.s.“. Ve společnosti pracuje cca 750 zaměstnanců, spolu s pracovníky externích firem se v době od 7.00 do 15.00 v areálu vyskytuje zhruba 1 030 osob, v odpoledních a nočních hodinách kolem 160 osob [48].



Obrázek 5 – Základní rozdělení areálu společnosti SPOLANA a.s. [49]

Nejbližší obec sousedící s areálem společnosti SPOLANA a.s. je obec Libiš, která je vzdálená zhruba 450 m západně a oddělena od areálu ochranným lesním pásmem [48].

Společnost SPOLANA a.s. se zabývá výrobou:

- polyvinylchloridu (dále „PVC“),
- surovin pro polyamidová vlákna a konstrukční plasty (kaprolaktam),
- anorganických produktů (chlornan sodný, kyselina sírová, síran amonný) [48].

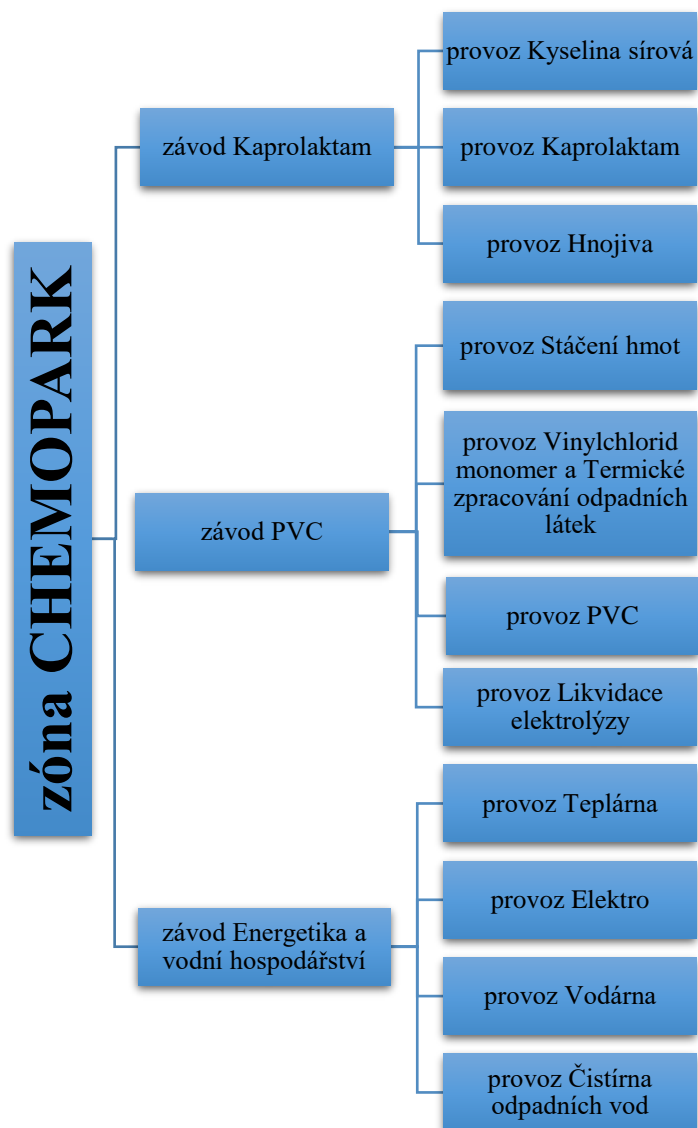
Společnost má vlastní teplárnu, kde je vyráběna elektrická energie a technologická pára pro celý komplex. Dále disponuje vlastním zařízením zajišťujícím úpravu a čištění vod, také provozuje skládku odpadů. Společnost má k dispozici zhruba 40 km železniční vlečky a přístav pro lodní transport na řece Labi [48].

Činnosti mající vliv na bezpečnost a vznik závažné havárie:

- vykládání surovin (např. stáčení železničních cisteren),
- skladování surovin,
- výroba surovin,
- nakládání výrobků (např. plnění železničních cisteren),
- pomocné technologie (výroba energií) [48].

Zóna CHEMOPARK

V zóně CHEMOPARK se nachází celkem tři výrobní závody – Kaprolaktam, PVC a Energetika a vodní hospodářství. Tyto výrobní závody se dále dělí na jednotlivé provozy. Struktura je znázorněna na následujícím obrázku 6 – „CHEMOPARK“ [48].



Obrázek 6 – CHEMOPARK [48]

3 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

Tato diplomová práce se zabývá hodnocením rizik souvisejících s výrobou chemických látek, které vyplývají pro zaměstnance společnosti SPOLANA a.s.

Teoretická část se věnuje problematice závažných havárií způsobených nebezpečnými chemickými látkami a směsmi.

V praktické části jsou zhodnoceny účinky vybraných chemických látek a na základě analýzy vyhodnocena rizika úniku vztahující se k zaměstnancům podniku.

Na základě zpracovaného scénáře jsou pomocí softwarového nástroje ALOHA namodelovány dopady havárií s únikem vybraných chemických látek. Tyto dopady jsou dále komparovány.

V práci jsou navržena opatření pro ochranu zaměstnanců společnosti SPOLANA a.s., a to na základě vyhodnocení získaných dat.

Hypotézy

H1: Technická příčina představuje nejčastější příčinu vzniku havárií s únikem NL ze stacionárních zařízení.

H2: Nejčastější činností, při které dochází k úniku NL v ČR, je nakládka/vykládka.

H3: Amoniak by ze všech vybraných látek měl v případě úniku největší dopady na zdraví a životy zaměstnanců společnosti SPOLANA a.s.

4 METODIKA

Během zpracování této diplomové práce byly použity všeobecně platné vědecké metody, především analýza, dedukce, indukce, komparace, modelování a simulace, pozorování a syntéza, které jsou popsány v následující tabulce 3 – „Použité metody“.

Tabulka 3 – Použité metody

Metoda	Popis
Analýza	Metoda určená k rozložení zkoumaného jevu na základní části, k identifikaci jejich nezbytných vlastností, k následnému pochopení jejich podstaty a zákonitosti. V této práci je metoda použita v praktické části k analyzování vybraných NL a úniků NL na území ČR. Dále byla analyzována současná opatření, a to pomocí SWOT analýzy.
Dedukce	Takový myšlenkový proces, kdy se od obecných tvrzení vyvozují tvrzení konkrétnější. V práci je použita ke zpracování výsledků a vyvození závěru.
Indukce	Jedná se o formulaci všeobecně platných pravidel, principů a zákonitostí v souvislosti s řešenou problematikou. V práci je metoda použita ke zpracování teoretické části.
Komparace	Je srovnávací metoda, která slouží ke zjištění znaků shody a odlišnosti zkoumaného předmětu. Tento postup byl využit ve výsledcích při porovnání jednotlivých NL a jejich dopadů.
Modelování a simulace	Modelování a simulace zjednodušeně vyobrazí určitý problém především po stránce grafické. Pro modelaci úniků jednotlivých NL byl použit softwarový nástroj ALOHA a výsledky modelace byly graficky zpracovány programem MARPLOT.
Pozorování	Systematická a plánovaná činnost, jejímž cílem je získat popis a výsledky dané problematiky. Bylo využito k získání podkladů pro zpracování práce.
Syntéza	Spojuje jednotlivé prvky v celek a je využita v cíli práce.

Program ALOHA a MARPLOT

Tyto softwarové nástroje jsou součástí databázového systému CAMEO (Computer-Aided Management of Emergency Operations), který je vyvinut organizacemi NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) a EPA (Environmental Protection Agency) [50].

Program ALOHA představuje nástroj, který slouží pro modelování úniků NL do atmosféry, přičemž zohledňuje fyzikálně-chemické vlastnosti látek. Po zadání údajů o zdroji rizika, atmosférických podmínkách, charakteru okolní krajiny, informací o chemických vlastnostech a množství NL je program schopen namodelovat následky úniku NL [12].

Výsledky jsou prezentovány vykreslenými oblastmi, které jsou ohraničené limitními koncentracemi, graficky zpracovány a přeneseny prostřednictvím mapového nástroje MARPLOT do mapy. Program ALOHA počítá koncentrace NL pomocí dvou modelů rozptylu: Gaussův model a model těžkého plynu. Pro tuto diplomovou práci byl vybrán model těžkého plynu a zvoleny toxikologické hodnoty ERPG [50].

Pro výslednou modelaci byly zadány skutečné rozměry zásobníků i s reálným množstvím NL, které se v daných zásobnících nachází.

Atmosférické podmínky byly zvoleny následovně:

- Teplota vzduchu – byla vybrána na základě průměrné denní teploty v Neratovicích v letech 1994-2017, což je 10,4 °C;
- Směr větru (západní) a jeho rychlost (1,7 m/s), které byly naměřeny z výšky 10 m nad zemí, oblačnost (polojasno bez inverze) a vlhkost vzduchu (50 %) byly získány z interní dokumentace, kterou zpracoval Český hydrometeorologický ústav [48, 51].

Dále bylo provedeno zjištění koncentrace NL v budovách v okolí jednotlivých zásobníků a v hlavní budově, přičemž počet ohrožených lidí byl zadán dle skutečného stavu.

SWOT analýza

Tato analýza představuje univerzální metodu, která hodnotí a mapuje daný jev. Umožňuje vidět daný problém ze čtyř úhlů pohledu, kterými jsou:

- silné stránky – vnitřní podmínky, které umožňují rozvíjet klady dané oblasti,
- slabé stránky – vnitřní nedostatky, které je třeba eliminovat nebo alespoň snižovat,
- příležitosti – vnější možnosti ke zlepšení, které je třeba je intenzivně využívat,
- hrozby – nežádoucí ohrožení, na které je třeba se připravit [52].

SWOT analýza je v této práci zaměřena na dosažení optimální ochrany zaměstnanců při úniku NL. Tato analýza je zpracována ve výsledcích práce a její bilance je rozebrána v diskuzi.

5 VÝSLEDKY

Ve výsledcích bylo provedeno zhodnocení vybraných NL. Ze všech látek nacházejících se ve společnosti SPOLANA a.s., byly vybrány plyny a kapaliny, které jsou toxické a významné pro vznik závažné havárie. Tyto NL byly popsány a komparovány.

Dále byly analyzovány úniky NL ze stacionárních zařízení na území ČR. Výsledky této analýzy byly použity pro scénář modelace havárie s únikem NL. Modelace byla provedena pomocí programu ALOHA, přičemž zadané vstupní údaje byly zvoleny tak, aby odpovídaly reálnému stavu.

V závěru práce je zhodnocena současná ochrana zaměstnanců související s únikem NL v areálu dané společnosti a následně jsou navržena opatření.

5.1 Zhodnocení vybraných NL

Ke zhodnocení daných NL byly vybrány toxické plynné a kapalné látky (podle CLP), které jsou významné z hlediska možného vzniku závažné havárie ohrožující zaměstnance podniku. Těmto kritériím odpovídají ve společnosti SPOLANA a.s. čtyři NL, které jsou uvedené v tabulce 4 – „Vybrané NL“.

Množství jednotlivých látek bylo získáno součtem množství v zásobnících, potrubích a cisternách. Bylo zjištěno, že v areálu se nachází nejvíce ethylendichloridu (dále „EDC“), a to 10 530 t. Amoniak je v areálu 1 122 t, chloru 390 t a chlorovodíku 78 t.

Nejnižší NPK má chlor ($1,5 \text{ mg/m}^3$), je tedy z tohoto hlediska nejvíce ohrožující z vybraných NL. Následuje chlorovodík s koncentrací 15 mg/m^3 a EDC s koncentrací 20 mg/m^3 . Nejvyšší NPK – 36 mg/m^3 má amoniak.

Z pohledu toxikologické koncentrace (LC_{50}) představuje největší ohrožení z vybraných NL chlor, který má nejnižší hodnotu LC_{50} (293 ppm), další je chlorovodík s koncentrací 6 248 ppm a EDC s koncentrací 7 000 ppm. Nejvyšší hodnotu koncentrace má amoniak (9 464 ppm).

Na závěr byly hodnoceny havarijní koncentrace IDLH a ERPG-1. Nejnižší hodnoty těchto koncentrací má chlor (IDLH: 10 ppm, ERPG-1: 1 ppm). Chlorovodík a EDC mají stejnou hodnotu IDLH, a to 50 ppm, ale liší se v hodnotách ERPG-1, chlorovodík má koncentraci 3 ppm a EDC 50 ppm. Amoniak má sice limitní koncentraci ERPG-1 25 ppm, ale hodnota IDLH činí 300 ppm, takže je z pohledu havarijních koncentrací nejméně ohrožující NL.

Tabulka 4 – Vybrané NL [48, 53, 54]

Název látky	Množství (t)	NPK (mg/m ³)	LC ₅₀ (1 h., potkan, inhalačně, ppm)	IDLH (ppm)	ERPG-1 (ppm)
EDC	10 530	20	7 000	50	50
Amoniak	1 122	36	9 464	300	25
Chlor	390	1,5	293	10	1
Chlorovodík	78	15	6 248	50	3

V následujících tabulkách (tabulka 5 – „Popis EDC“, tabulka 6 – „Popis amoniaku“, tabulka 7 – „Popis chloru“ a tabulka 8 – „Popis chlorovodíku“) jsou charakterizovány vybrané NL.

Tabulka 5 – Popis EDC [55]

Název látky	EDC
Popis	bezbarvá kapalina (tmavne při vystavení vzduchu, vlhkosti a světlu) se zápachem po chloroformu
Klasifikace	extrémně hořlavá, toxická při vdechování, pravděpodobně karcinogenní, škodlivá pro vodní organismy
Molekulová hmotnost	98,96 g/mol
Krátkodobá expozice	pára dráždí oči, kůži a dýchací cesty, edém plic, poškození ledvin a jater, snížení vědomí a úmrtí
Dlouhodobá expozice	dermatitida, narušení funkce ledvin a jater, pravděpodobný vznik nádorových onemocnění
Symptomy	inhalace a ingesce: bolest v krku, nevolnost, zvracení, kašel, závrať, ospalost a bezvědomí kůže: zarudnutí oči: zarudnutí, bolest

Tabulka 6 – Popis amoniaku [56]

Název látky	Amoniak
Popis	bezbarvý plyn s ostrým dusivým zápachem;
Klasifikace	hořlavý, pod tlakem – po zahřátí může explodovat, toxický při vdechování, žíravý, vysoce toxický pro vodní organismy
Molekulová hmotnost	17,0 g/mol
Krátkodobá expozice	omrzliny, otok v krku, poleptání očí, kůže a dýchacích cest, edém plic
Dlouhodobá expozice	chronický zánět horních cest dýchacích, chronické obstrukční plicní poruchy
Symptomy	inhalace: pocit pálení, kašel, bolest v krku, ztížené dýchání kůže: zarudnutí, bolest, puchýře, popáleniny, omrzliny (kapalný amoniak) oči: zarudnutí, bolest, těžké popáleniny, omrzliny (kapalný amoniak)

Tabulka 7 – Popis chloru [57]

Název látky	Chlor
Popis	zelenožlutý plyn s pronikavým zápachem
Klasifikace	pod tlakem – po zahřátí explozivní, smrtelný při vdechování, toxický, žíravý, vysoce toxický pro vodní organismy
Molekulová hmotnost	70,9 g/mol
Krátkodobá expozice	slzení, poleptání očí, kůže, dýchacích cest, omrzliny, astma, pneumonitida, edém plic, smrt
Dlouhodobá expozice	chronické záněty a poruchy funkce respiračního traktu, zubní eroze

Symptomy	inhalace: kašel, bolest v krku, ztížené dýchání, sípání, dušnost kůže (kapalný chlor): omrzliny, pocit pálení, zarudnutí, popáleniny oči: zarudnutí, bolest, slzení, popáleniny
-----------------	---

Tabulka 8 – Popis chlorovodíku [58]

Název látky	Chlorovodík
Popis	bezbarvý plyn s pronikavým zápachem
Klasifikace	pod tlakem – po zahřátí explozivní, toxický při vdechování, žiravý
Molekulová hmotnost	36,5 g/mol
Krátkodobá expozice	omrzliny, žiravé účinky – oči, kůže, dýchací cesty, astma, otok v krku, edém plic, pneumonitida
Dlouhodobá expozice	chronické záněty dýchacích cest a snížená funkce plic, zubní eroze, nádorová onemocnění
Symptomy	inhalace: kašel, bolest v krku, ztížené dýchání, pocit pálení, dušnost kůže: omrzliny (kapalný chlorovodík), bolest, zarudnutí, závažné popáleniny oči: zarudnutí, bolest, rozmazané vidění, závažné popáleniny, omrzliny (kapalný chlorovodík)

Z předešlých údajů lze konstatovat, že amoniak, chlor a chlorovodík jsou plynné látky, kdežto EDC je kapalina. Nutno však zdůraznit, že amoniak, chlor i chlorovodík se uchovávají i přepravují jako zkapalněné plyny.

Všechny vybrané NL mají charakteristický zápach. Amoniak a chlorovodík jsou bezbarvé NL. Látka EDC je také bezbarvá NL, ale při styku se vzduchem, vlhkostí a světlem tmavne. Chlor je zelenožlutý plyn.

Amoniak a EDC jsou i hořlavé látky. Amoniak, chlor a chlorovodík mohou explodovat, pokud jsou skladovány či přepravovány pod tlakem. Tyto tři látky jsou také žíravé. U EDC se předpokládá, že by mohla být i karcinogenní látkou. Všechny látky mají negativní vliv především na dýchací systém, oči a kůži.

Jedinou z výše uvedených NL, která je lehčí než vzduch, je amoniak. V případě havárie tedy stoupá vzhůru. Avšak, jak bylo zmíněno, amoniak je skladován jako zkapalněný plyn, což znamená, že při havárii může dojít ke vzniku těžké mlhy, a tudíž se může šířit při zemi stejně jako EDC, chlor a chlorovodík.

5.2 Analýza úniků NL na území ČR

V následující tabulce 9 – „Havárie s únikem NL ze stacionárních zařízení na území ČR“ jsou uvedeny závažné havárie podle zákona o prevenci závažných havárií, ke kterým došlo na území ČR v letech 2000–2015. Na základě získaných informací byly analyzovány příčiny vzniku havárií, činnosti, při nichž k haváriím došlo, a havarijní účinek.

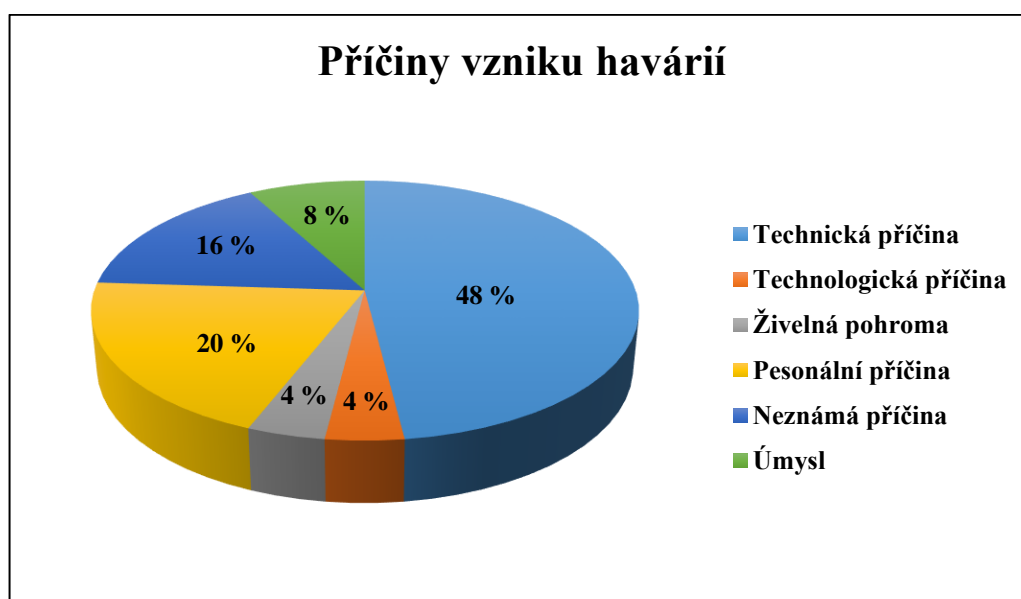
Tabulka 9 – Havárie s únikem NL ze stacionárního zařízení na území ČR [59, 60]

Datum	Místo	Havarijní účinek	Činnost	Příčina
21. 7. 2000	Spolana a.s. - Neratovice	toxický účinek	skladování	technická příčina
15. 8. 2002	Spolana a.s. - Neratovice	toxický účinek	skladování	živelní pohroma
26. 12. 2002	BorsodChem MCHZ s.r.o. - Ostrava	výbuch	proces výroby	neznámá příčina
13. 1. 2003	Sellier & Bellot a.s. - Vlašim	výbuch	nakládka/vykládka	neznámá příčina
9. 1. 2006	Lučební závody Draslovka a.s. - Kolín	toxický účinek	nakládka/vykládka	technická příčina
11. 12. 2007	ČEPRO a.s. - Hájek	toxický účinek	skladování	technická příčina

9. 3. 2010	DEZA a.s. - Otrokovice	požár/výbuch	proces výroby	technologická příčina
8. 9. 2010	Sokolovská uhelná a.s. - Vřesová	toxický účinek/požár	oprava/údržba	selhání lidského faktoru
20. 4. 2011	Explosia a.s. - Semtín	výbuch	proces výroby	technická příčina
17. 5. 2011	SITA CZ a.s. - Ostrava	toxický účinek	nakládka/vykládka	technická příčina
1. 1. 2012	Slovácké strojířny a.s. - Postřelmov	požár	–	úmysl
29. 3. 2012	Synthesia a.s. - Semtín	požár/výbuch	–	úmysl
21. 8. 2012	Synthesia a.s. - Semtín	výbuch/toxický účinek	proces výroby	technická příčina
7. 11. 2012	ArcelorMitall a.s. - Ostrava	toxický účinek/výbuch	oprava/údržba	selhání lidského faktoru a technická příčina
17. 10. 2013	Paramo a.s. - Pardubice	toxický účinek	nakládka/vykládka	selhání lidského faktoru
7. 6. 2014	Penta s.r.o. - Chrudim	toxický účinek	skladování	technická příčina
15. 1. 2015	Synthesia a.s. - Semtín	výbuch	proces výroby	technická příčina
17. 3. 2015	Výzkumný ústav organických syntéz a.s. - Rybitví	požár	proces výroby	technická příčina
15. 6. 2015	STV GROUP a.s. - Rataje	požár	proces výroby	neznámá příčina
22. 7. 2015	Paramo a.s. - Pardubice	toxický účinek	nakládka/vykládka	technická příčina

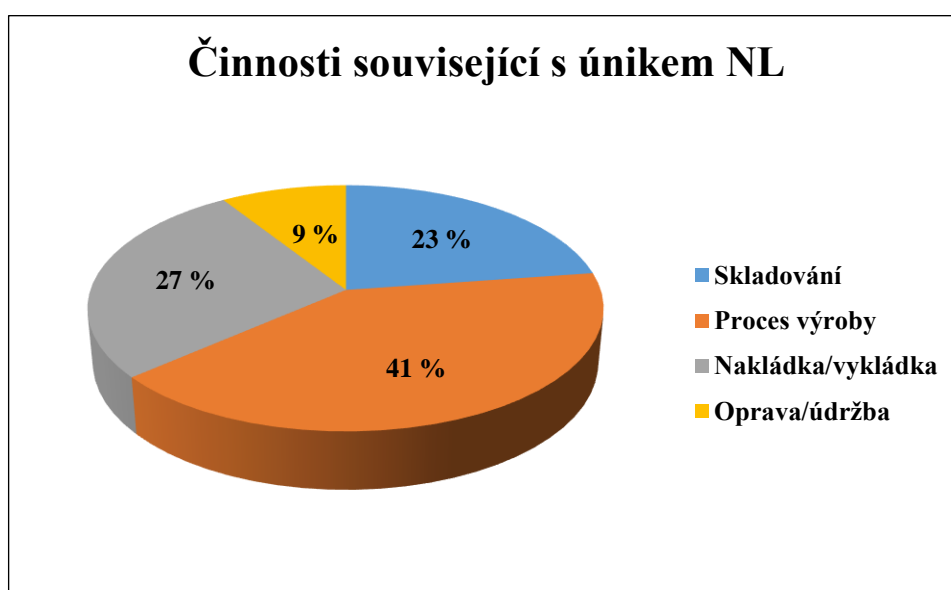
13. 8. 2015	Unipetrol RPA s.r.o. - Záluží u Mostu	výbuch/požár	proces výroby	technická příčina
9. 9. 2015	Poličské strojírný a.s. -Polička	výbuch/požár	nakládka/vykládka	selhání lidského faktoru
21. 9. 2015	Sellier & Bellot a.s. - Vlašim	výbuch	skladování	neznámá příčina
22. 9. 2015	TEREOS TTD a.s. - Dobruška	výbuch/požár/ toxický účinek	proces výroby	selhání lidského faktoru

Bylo hodnoceno dvacet čtyři havárií, přičemž jedna havárie vznikla kombinací technické příčiny a selhání lidského faktoru. Na následujícím obrázku 7 – „Příčiny vzniku havárií“ vidíme, že se na vzniku havárií s únikem NL nejvíce podílely příčiny technické, které měly za následek dvanáct případů, což činí 48 % z celkového počtu. Ve 20 % případů z celkového počtu se jednalo o selhání lidského faktoru tedy lidskou chybu, která způsobila pět havárií. Úmyslně byly způsobeny dvě havárie (8 % ze všech hodnocených havárií). Technologickou příčinou byla způsobena jedna havárie a jedna havárie byla způsobena živelní pohromou, což představuje 4 % ze všech hodnocených havárií. V 16 % případů nebylo možné příčinu vyhodnotit (čtyři havárie).



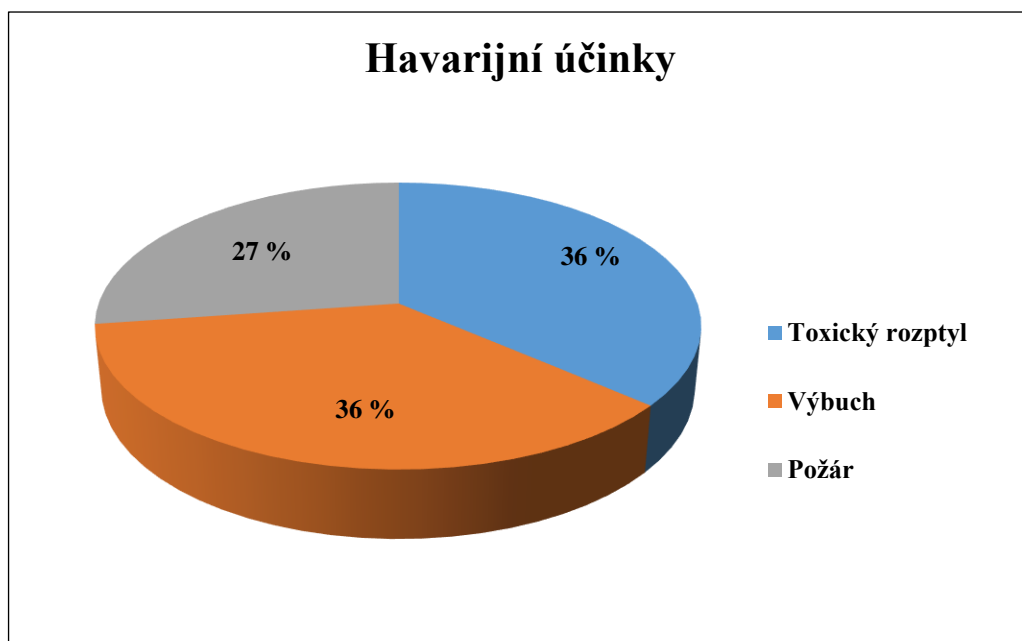
Obrázek 7 – Příčiny vzniku havárií

Dále byly analyzovány činnosti, při kterých došlo k haváriím. U výše zmiňovaných dvou úmyslně zapříčiněných havárií nebyla činnost hodnocena, protože se jednalo o úmysl, který neměl spojitost s činností v objektu. Na obrázku 8 – „Činnosti související s únikem NL“ vidíme, že nejčastěji látky unikly při samotném procesu výroby NL, a to v devíti případech, což představuje 41 % z hodnocených havárií. K šesti haváriím – 27 % z celkového počtu došlo během nakládky či vykládky NL. Při skladování NL došlo k pěti haváriím, tj. 23 % z celku. Během oprav a údržby došlo ke dvěma haváriím (9 % z hodnocených havárií).



Obrázek 8 – Činnosti související s únikem NL

Závěrem byl hodnocen havarijní účinek analyzovaných havárií. Nutno zdůraznit, že v případě osmi havárií došlo ke kombinaci účinků. Na obrázku 9 – „Havarijní účinky“ lze vidět, že u dvanácti havárií došlo k toxickému rozptylu NL a ve stejném počtu i k výbuchu, což představuje 36 % z celku u obou typů účinků. Požár poté nastal u 27 % z hodnocených havárií, tj. devět havárií.



Obrázek 9 – Havarijní účinky

Z analýzy úniku NL na území ČR vyplývá, že nejčastější příčinou vzniku havárií v letech 2000–2015 byla příčina technická. Z hlediska vykonávané činnosti došlo k nejvíce haváriím při samotném procesu výroby. Toxický rozptyl NL a výbuch představují havarijní účinky, ke kterým došlo ve většině případů havárií.

5.3 Scénář a následná modelace úniků vybraných NL

Na základě analýzy úniku NL na území ČR byl vytvořen společný scénář pro modelace úniků jednotlivých NL. Dne 12. dubna 2018 ve 12.00 hod. dochází během výroby kvůli defektu sváru na zásobnících EDC, amoniaku, chloru, a chlorovodíku ke vzniku otvoru a následnému toxickému rozptylu daných látek. V danou dobu se v podniku nachází 1 030 pracovníků.

Otvory ve všech zásobnících vybraných NL mají stejné parametry, které jsou uvedeny v následující tabulce 10 – „Údaje o defektu“.

Tabulka 10 – Údaje o defektu

Údaj	Hodnota
Délka otvoru v zásobníku	10 cm
Šířka otvoru v zásobníku	2 cm
Umístění otvoru v zásobníku	15 % výšky (od spodní části zásobníku)

Atmosférická data, která byla zadána jako jeden ze vstupních údajů do softwarového programu ALOHA pro modelace vybraných NL, jsou uvedena v tabulce 11 – „Atmosférická data“. Data ohledně okolní krajiny byla zvolena podle skutečnosti (zastavěné území obklopené stromy a jinými porosty). Pro modelace byl zvolen model těžkého plynu.

Tabulka 11 – Atmosférická data

Údaj	Hodnota
Vítr	západní (270°)
Rychlost větru	1,7 m/s (měřeno v 10 m)
Oblačnost	polojasno
Teplota vzduchu	10,4 °C
Inverze	žádná
Třída stability	B (mírně labilní)
Relativní vlhkost	50 % (průměrná)

5.3.1 Modelace úniku EDC pomocí programu ALOHA

Kromě zadání atmosférických dat a údajů o defektu sváru, které byly u všech modelací vybraných látek stejné, bylo pro modelaci jednotlivých NL třeba zadat údaje o každém zásobníku. Údaje o zásobníku s EDC jsou uvedeny v tabulce 12 – „Vstupní údaje o válcovém zásobníku s EDC“.

Tabulka 12 – Vstupní údaje o válcovém zásobníku s EDC [48]

Údaj	Hodnota
Průměr nádrže	9,5 m
Délka nádrže	13,82 m
Objem nádrže	980 m ³
Množství NL v nádrži	919 t

Na základě hodnot ERPG, které jsou uvedeny v tabulce 13 – „Hodnoty ERPG u EDC“, byly modelovány úniky NL.

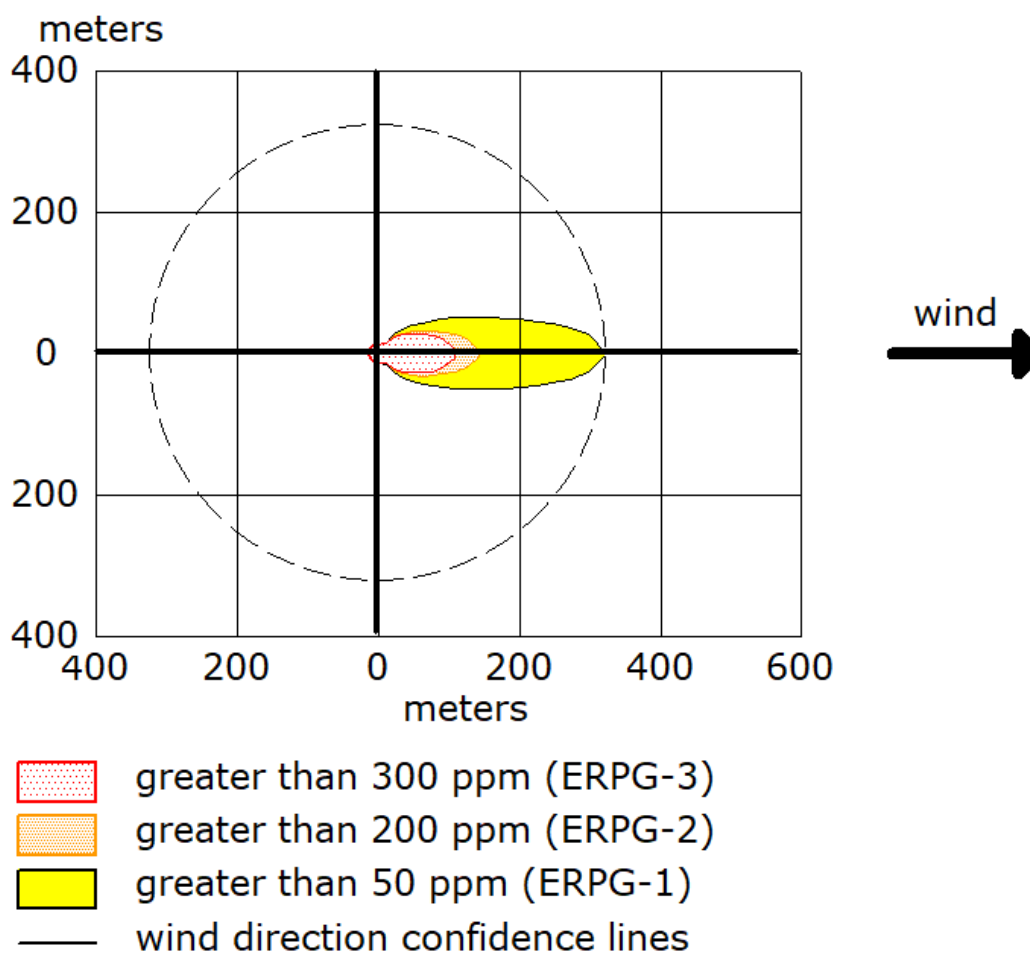
Tabulka 13 – Hodnoty ERPG u EDC [61]

ERPG	Hodnota v ppm
ERPG-3	> 300
ERPG-2	> 200
ERPG-1	> 50

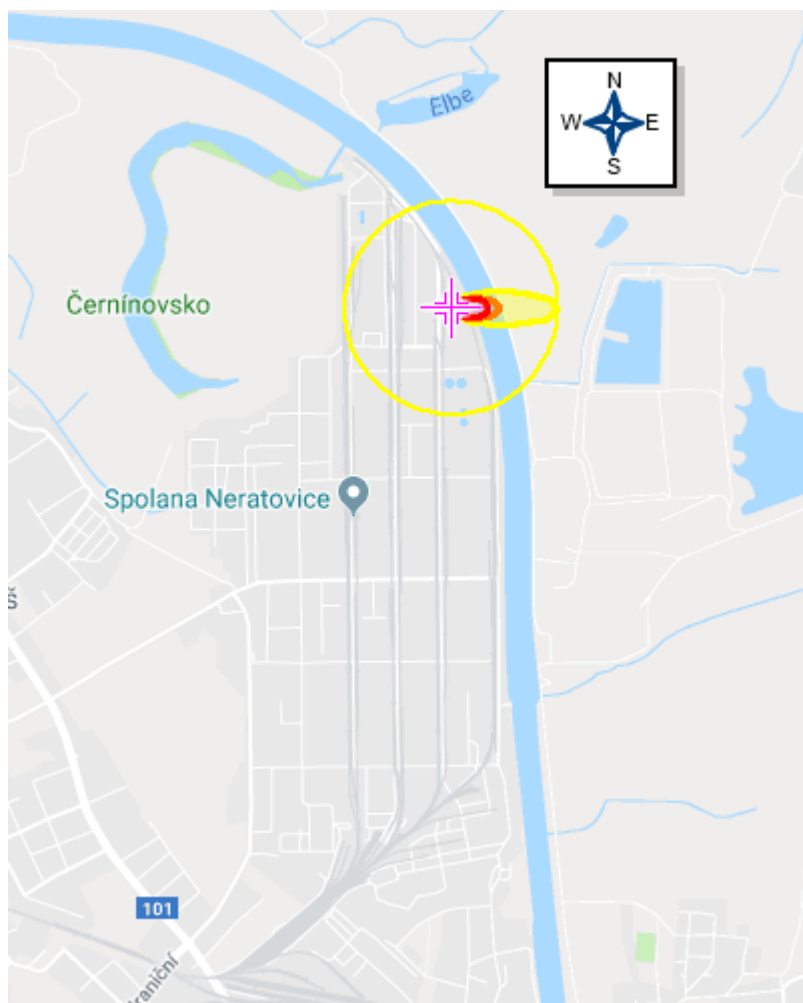
Po zadání vstupních údajů byly zjištěny nebezpečné zóny, které jsou znázorněny na obrázku 10 – „Nebezpečné zóny EDC“. Tyto zóny dosahují následujících vzdáleností:

- ERPG-3 (červená barva) – 109 m (4 986 m²),
- ERPG-2 (oranžová barva) – 142 m (7 277 m²),
- ERPG-1 (žlutá barva) – 324 m (26 030 m²).

Oblast ohraničená čárkovanou linií by byla v ohrožení v případě změny směru větru a představovala by rozlohu 329 714 m². Na obrázku 11 – „Znázornění úniku EDC“ jsou nebezpečné zóny zaneseny do mapy. Při této modelované havárii celkem uniklo 1 172 kg EDC.

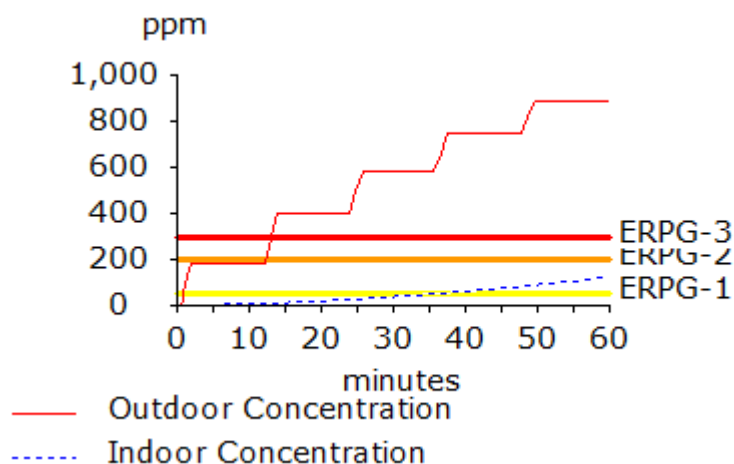


Obrázek 10 – Nebezpečné zóny EDC [61]



Obrázek 11 – Znázornění úniku EDC [62]

Dále jsme zkoumali pravděpodobné ohrožení osob v budově, která se nachází nejbližší k zásobníku EDC. Jedná se o budovu, jež je od zásobníku vzdálena 54 m po směru větru a běžně se v ní nacházejí dva zaměstnanci. Na obrázku 12 – „Koncentrace EDC v zájmovém bodě“ vidíme křivky znázorňující koncentraci EDC v zájmovém bodě a čase. Ve venkovním prostředí koncentrace EDC dosáhla nejvýše 879 ppm, takže přesáhla ERPG-3 téměř 3×. Uvnitř budovy byla nejvyšší koncentrace EDC 122 ppm, to znamená, že byla pouze vyšší než hodnota ERPG-1.

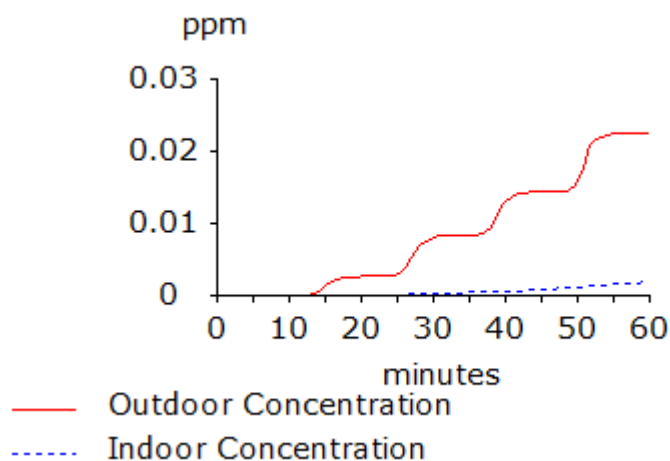


Obrázek 12 – Koncentrace EDC v zájmovém bodě [61]

U každé modelace úniku NL byla zjištěna pravděpodobná koncentrace dané NL v hlavní budově a jejím okolí. V této budově se nachází zhruba 75 zaměstnanců, což představuje největší hustotu lidí v celém areálu. Do počtu lidí nebyly počítány případné návštěvy, které přes hlavní budovu musí vždy projít.

Lidé v této budově by byli nejvíce ohroženi v případě, že by vál severní vítr, změnili jsme tedy směr větru ze západního na severní, ostatní vstupní údaje jsme ponechali stejné.

Na obrázku 13 – „Koncentrace EDC v hlavní budově“ je znázorněna koncentrace EDC v hlavní budově, která se nachází 1 450 m vzdušnou čarou od zásobníku s EDC. Vidíme, že koncentrace uvnitř budovy byla téměř nulová (0,00191 ppm) a ve venkovním prostředí dosahovala nejvíce 0,0222 ppm.



Obrázek 13 – Koncentrace EDC v hlavní budově [61]

5.3.2 Modelace úniku amoniaku pomocí programu ALOHA

Další modelovanou látkou byl amoniak. Údaje o rozměrech zásobníku a o množství amoniaku, který se v něm nacházel, jsou popsány v tabulce 14 – „Vstupní údaje o kulovém zásobníku s amoniakem“.

I u amoniaku byly pro modelaci nebezpečných zón použity hodnoty ERPG, viz tabulka 15 – „Hodnoty ERPG u amoniaku“.

Tabulka 14 – Vstupní údaje o kulovém zásobníku s amoniakem [48]

Údaj	Hodnota
Průměr nádrže	12,4 m
Objem nádrže	1 000 m ³
Množství NL v nádrži	556 t

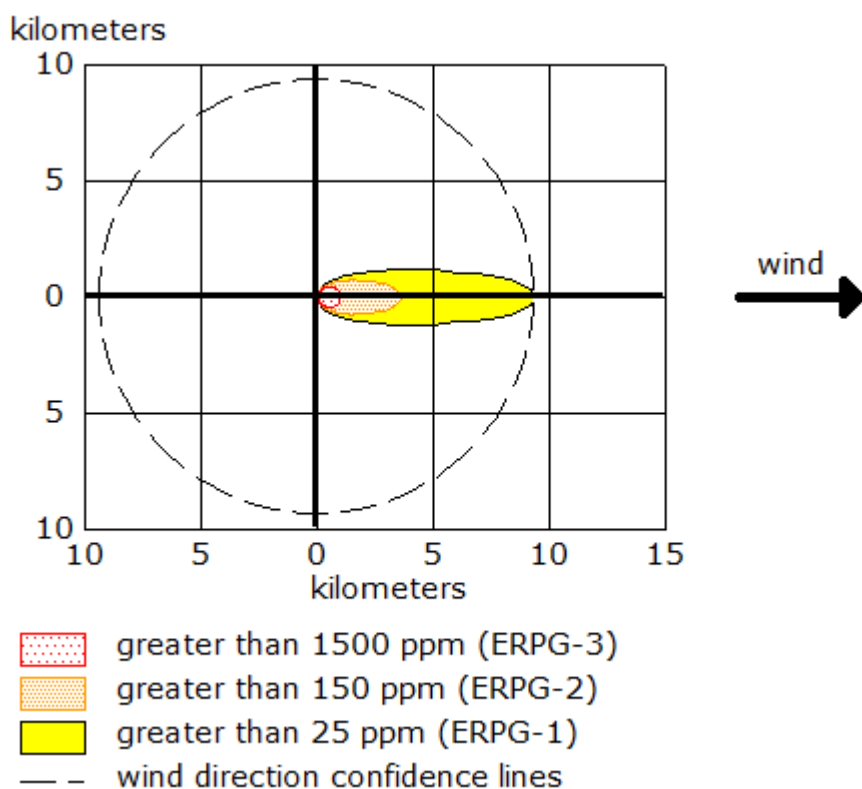
Tabulka 15 – Hodnoty ERPG u amoniaku [61]

ERPG	Hodnota v ppm
ERPG-3	> 1 500
ERPG-2	> 150
ERPG-1	> 25

Nebezpečné zóny u amoniaku dosahují následujících vzdáleností:

- ERPG-3 (červená barva) – 935 m (644 748 m²),
- ERPG-2 (oranžová barva) – 3,6 km (4,23 km²),
- ERPG-1 (žlutá barva) – 9,4 km (18 km²).

Při změně větru by představovala oblast ohrožení (čárkovaná linie) 278 km². Všechny zóny jsou vyobrazeny na obrázku 14 – „Nebezpečné zóny amoniak“. Tyto oblasti jsou také zakresleny do mapy, viz obrázek 15 – „Znázornění úniku amoniaku“. Při havárii kulového zásobníku s amoniakem celkem uniklo 115 575 kg NL.

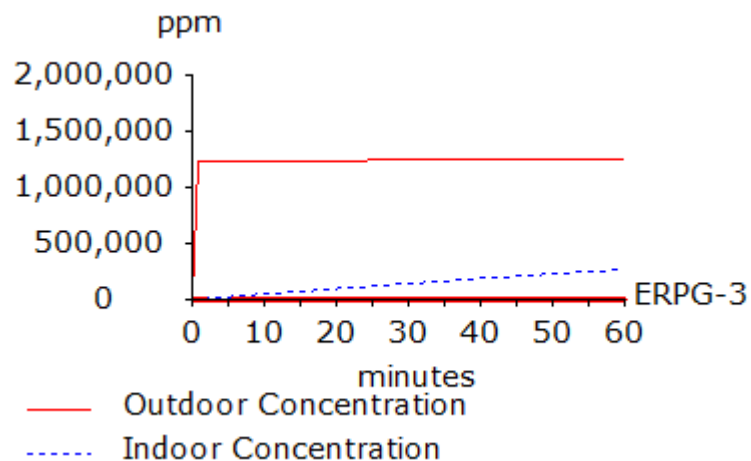


Obrázek 14 – Nebezpečné zóny amoniak [61]



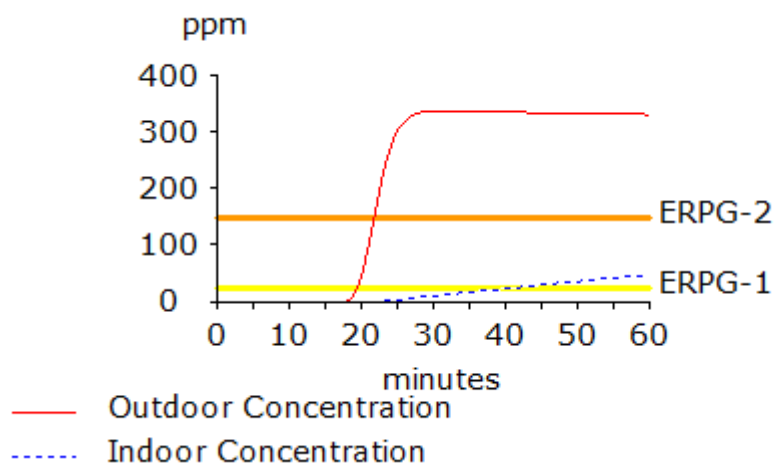
Obrázek 15 – Znárodnění úniku amoniaku [62]

Budova, kde se obvykle nacházejí dva zaměstnanci, je vzdálená 19 m jižně od zásobníku amoniaku. Na obrázku 16 – „Koncentrace amoniaku v zájmovém bodě“ je znázorněna venkovní koncentrace v okolí budovy, která byla 1 230 000 ppm, koncentrace uvnitř budovy poté dosáhla hodnoty 265 000 ppm. Venkovní koncentrace přesáhla koncentraci ERPG-3 více než $800 \times$ a koncentrace uvnitř budovy téměř $180 \times$.



Obrázek 16 – Koncentrace amoniaku v zájmovém bodě [61]

Hlavní budova se nachází 1 506 m vzdušnou čarou od zásobníku s amoniakem. Venkovní koncentrace dosáhla nejvýše 338 ppm, přesáhla tedy koncentraci ERPG-2. Koncentrace uvnitř budovy činila nejvýše 48 ppm a přesáhla pouze koncentraci ERPG-1, viz obrázek 17 – „Koncentrace amoniaku v hlavní budově“.



Obrázek 17 – Koncentrace amoniaku v hlavní budově [61]

5.3.3 Modelace úniku chloru pomocí programu ALOHA

Třetí modelovanou látkou byl chlor, přičemž údaje o zásobníku, ve kterém se nachází, jsou uvedeny v tabulce 16 – „Vstupní údaje o válcovém zásobníku s chlorem“.

Hodnoty ERPG u chloru jsou uvedeny v tabulce 17 – „Hodnoty ERPG u chloru“.

Tabulka 16 – Vstupní údaje o válcovém zásobníku s chlorem [48]

Údaj	Hodnota
Průměr nádrže	2,7 m
Délka nádrže	14 m
Objem nádrže	80 m ³
Množství NL v nádrži	85 t

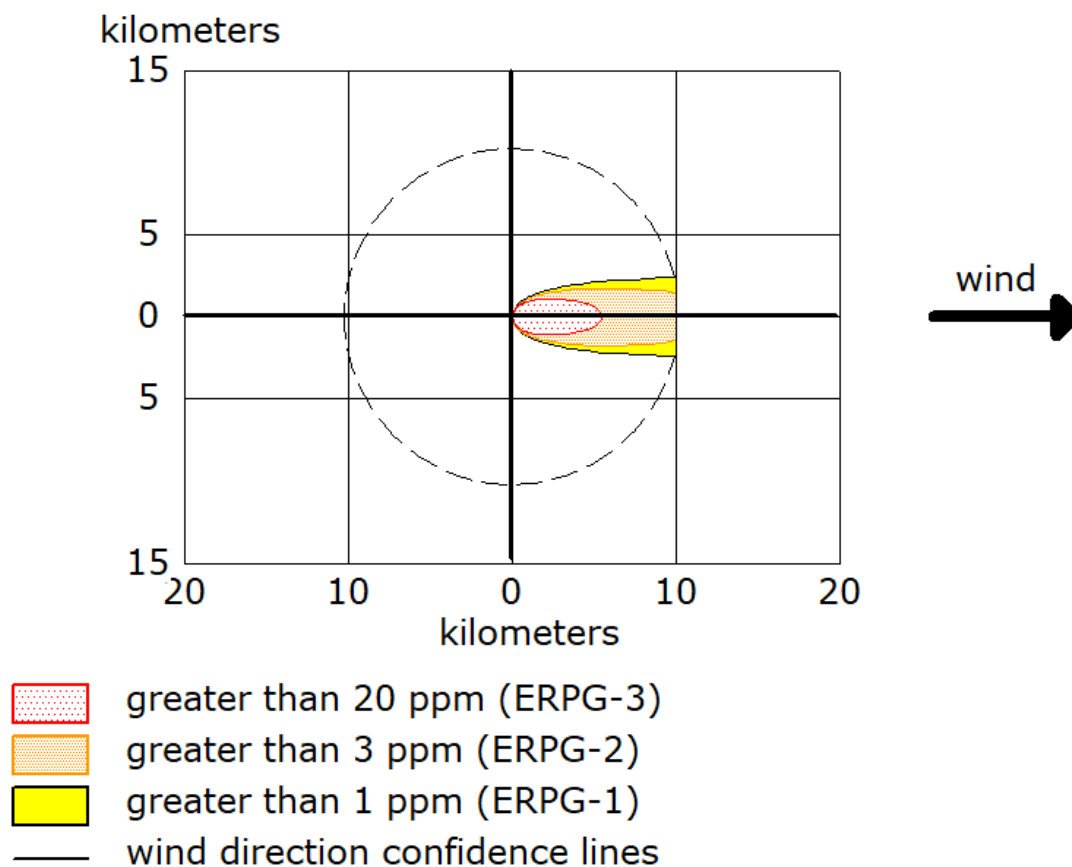
Tabulka 17 – Hodnoty ERPG u chloru [61]

ERPG	Hodnota v ppm
ERPG-3	> 20
ERPG-2	> 3
ERPG-1	> 1

Vzdálenosti nebezpečných zón u chloru jsou následující:

- ERPG-3 (červená barva) – 5,5 km (9,5 km²),
- ERPG-2 (oranžová barva) – více než 10 km (30,8 km²),
- ERPG-1 (žlutá barva) – více než 10 km (38,8 km²).

Zde oblast ohrožení při změně směru větru (čárkovaná linie) představuje 332 km². Všechny zóny můžeme vidět na obrázku 18 – „Nebezpečné zóny chlor“. Na obrázku 19 – „Znázornění úniku chloru“ jsou oblasti zakresleny do mapy. Při této simulované havárii uniklo celkem 63 371 kg chloru a NL unikala celkem 53 min.



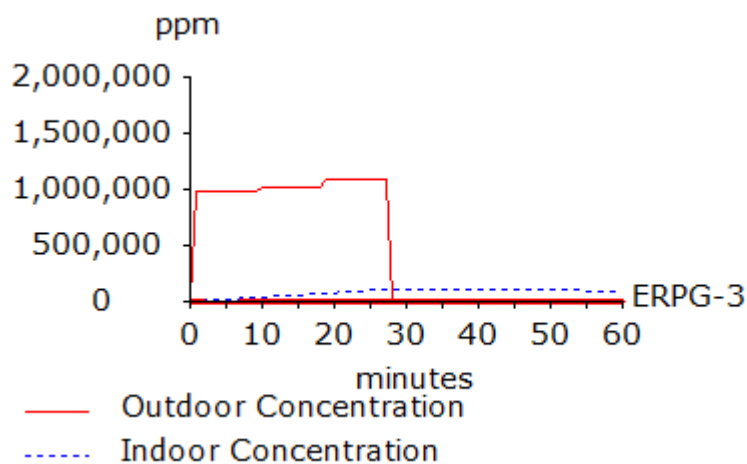
Note: Threat zone picture is truncated at the 10 km limit.

Obrázek 18 – Nebezpečné zóny chlor [61]



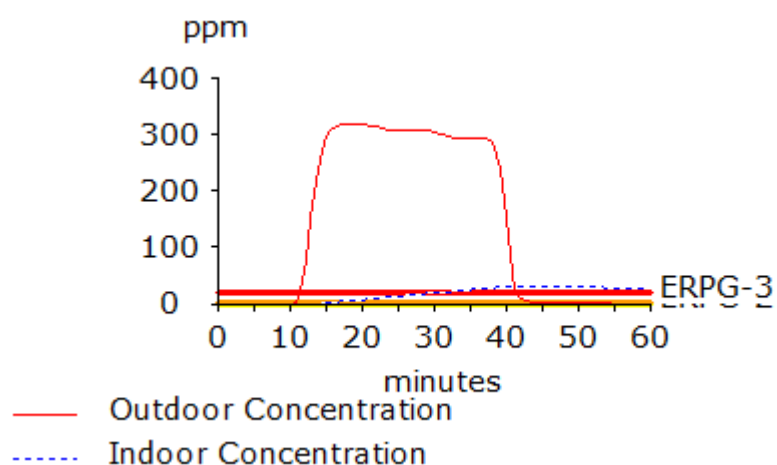
Obrázek 19 – Znáznornění úniku chloru [62]

V nejbližší budově, která je vzdálená 31 m jižně od zásobníku chloru, se zpravidla nachází jeden zaměstnanec. V okolí budovy byla nejvyšší koncentrace chloru 1 070 000 ppm, takže přesáhla hodnotu ERPG-3 přesně 53 500×. Uvnitř budovy činila nejvyšší koncentrace chloru 107 000 ppm, což je 5 350× více, než je hodnota ERPG-3. Znáznornění výše uvedených koncentrací vidíme na obrázku 20 – „Koncentrace chloru v zájmovém bodě“.



Obrázek 20 – Koncentrace chloru v zájmovém bodě [61]

V případě úniku chloru by byla v ohrožení hlavní budova, která se nachází 1 141 m vzdušnou čarou od zásobníku s chlorem. Křivky koncentrací jsou znázorněny na obrázku 21 – „Koncentrace chloru v hlavní budově“. Koncentrace v okolí budovy dosáhla nejvýše 318 ppm, a tudíž přesáhla koncentraci ERPG-3 téměř 16×. Koncentrace uvnitř budovy byla nejvýše 31,7 ppm a přesáhla koncentraci ERPG-3 1,5×.



Obrázek 21 – Koncentrace chloru v hlavní budově [61]

5.3.4 Modelace úniku chlorovodíku pomocí programu ALOHA

Poslední modelovanou látkou byl chlorovodík. V tabulce 18 – „Vstupní údaje o válcovém zásobníku s chlorovodíkem“ jsou uvedeny údaje o daném zásobníku.

Potřebné hodnoty pro modelaci havárie zásobníku s chlorovodíkem jsou uvedeny v tabulce 19 – „Hodnoty ERPG u chlorovodíku“.

Tabulka 18 – Vstupní údaje o válcovém zásobníku s chlorovodíkem [48]

Údaj	Hodnota
Průměr nádrže	2,94 m
Délka nádrže	13 m
Objem nádrže	88 m ³
Množství NL v nádrži	72,8 t

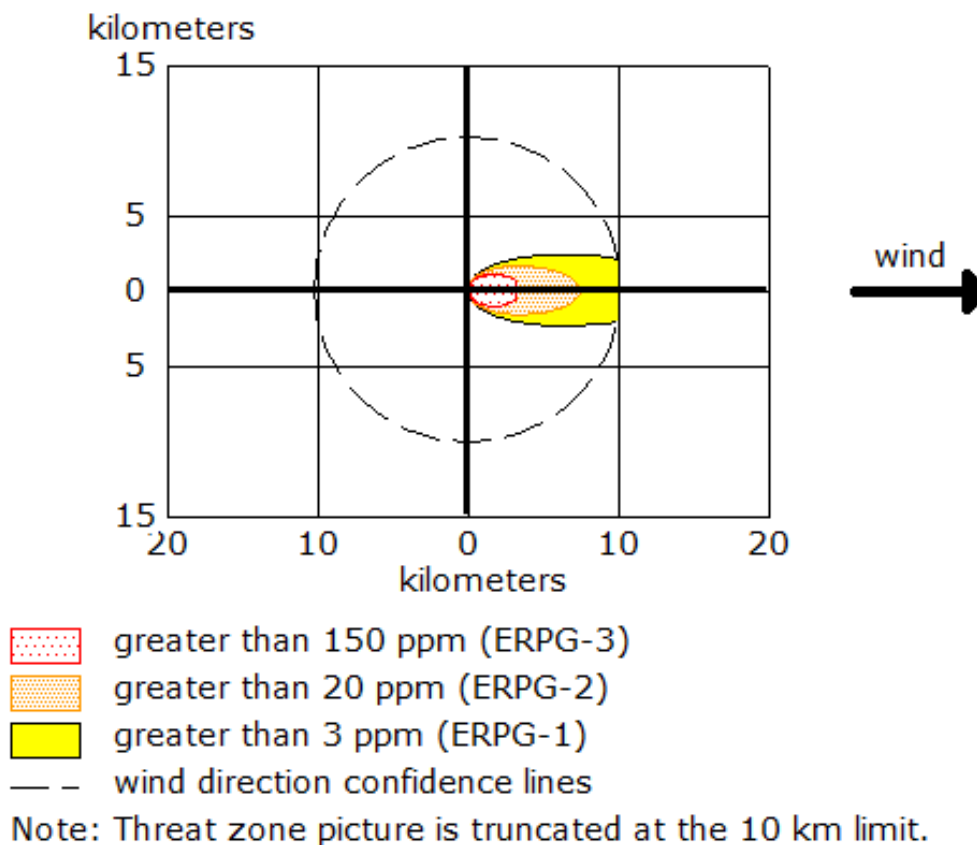
Tabulka 19 – Hodnoty ERPG u chlorovodíku [61]

ERPG	Hodnota v ppm
ERPG-3	> 150
ERPG-2	> 20
ERPG-1	> 3

Vzdálenosti, kterých dosahují jednotlivé nebezpečné zóny, jsou následující:

- ERPG-3 (červená barva) – 3,2 km (5,58 km²),
- ERPG-2 (oranžová barva) – 7,4 km (18,8 km²),
- ERPG-1 (žlutá barva) – více než 10 km (40,4 km²).

Oblast, která by byla v ohrožení v případě změny větru (čárkovaná linie), činí 327 km². Jednotlivé zóny jsou zobrazeny na obrázku 22 – „Nebezpečné zóny chlorovodík“ a na obrázku 23 – „Znázornění úniku chlorovodíku“ jsou zaneseny do mapy. V případě havárie zásobníku s chlorovodíkem uniklo 66 043 kg NL a celkem chlorovodík unikl 51 min.

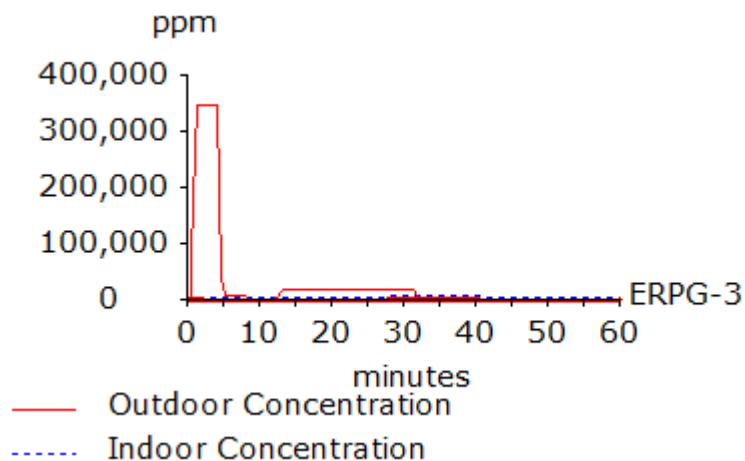


Obrázek 22 – Nebezpečné zóny chlorovodík [61]



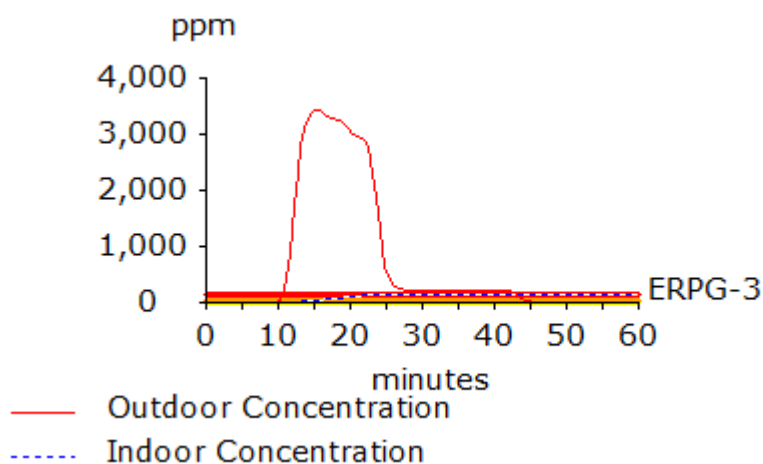
Obrázek 23 – Znárodnění úniku chlorovodíku [62]

Budova, kde se nachází běžně dva zaměstnanci, se nachází 86 m jihozápadně od zásobníku s chlorovodíkem. Na obrázku 24 – „Koncentrace chlorovodíku v zájmovém bodě“ jsou vykresleny křivky koncentrací. Koncentrace v okolí budovy dosahovala nejvýše 344 000 ppm, takže v tento moment přesáhla hranici hodnoty ERPG-3 téměř 2 300×. Koncentrace uvnitř budovy byla nejvýše 5 970 ppm, a tudíž přesáhla hodnotu ERPG-3 přibližně 40×.



Obrázek 24 – Koncentrace chlorovodíku v zájmovém bodě [61]

I v případě úniku chlorovodíku by byla hlavní budova, která se nachází 737 m vzdušnou čarou od zásobníku s chlorovodíkem, ohrožena. Koncentrace v okolí této budovy dosáhla nejvýše 3 430 ppm, přesáhla tedy koncentraci ERPG-3 téměř 23×. Koncentrace uvnitř budovy činila nejvýše 154 ppm, přesáhla tedy 1,03× hodnotu koncentrace ERPG-3. Koncentrace jsou znázorněny na obrázku 25 – „Koncentrace chlorovodíku v hlavní budově“.



Obrázek 25 – Koncentrace chlorovodíku v hlavní budově [61]

5.3.5 Komparace dopadů vybraných NL ve vztahu k zaměstnancům společnosti SPOLANA a.s.

Z tabulky 20 – „Komparace získaných výsledků z modelací“ je zřejmé, že největších vzdáleností ERPG (ERPG-1: 5,5 km, ERPG-2: více než 10 km, ERPG-3: více než 10 km) dosáhl chlor. Chlorovodík sice pokrývá u ERPG-1 větší rozlohu než chlor (chlorovodík 40,4 km², chlor 38,8 km²), ale je nutné zdůraznit, že tato informace je odečtena z mapy, přičemž program ALOHA omezuje vzdálenost na 10 km, kterou obě tyto látky přesáhly. Jelikož chlor pokrývá větší rozlohu ERPG-3 i ERPG-2 než chlorovodík, lze předpokládat, že kdyby program ALOHA neměl výše zmíněné omezení, byla by i rozloha ERPG-1 u chloru větší než u chlorovodíku. Chlorovodík je tedy v této oblasti hodnocení druhý, třetí je amoniak a poslední EDC.

Nejkratší dobu unikl chlorovodík (51 min) a o dvě minuty déle chlor. Vzhledem k tomu, že program ALOHA omezuje dobu úniku na 60 min, můžeme u látek EDC a amoniaku pouze říci, že unikaly déle než 60 min.

Množství uniklého amoniaku představovalo 115 575 kg, což znamená, že této látky uniklo nejvíce ze všech komparovaných. Únik chlorovodíku byl druhý největší, následoval chlor a nejméně uniklo EDC.

Dále bylo hodnoceno překročení hodnoty ERPG-3 v daných budovách, a to z důvodu, že překročení této koncentrace by pravděpodobně způsobilo poškození zdraví či smrt jedince. Z modelace vyplývá, že nejvíce je ohrožen člověk nacházející se v budově, která je nejbližší vybranému zásobníku s chlorem. Hodnota koncentrace ERPG-3 v okolí objektu byla totiž překročena 53 500× a uvnitř objektu 5 350×. Druhý největší přesah koncentrace ERPG-3 byl uvnitř a vně budovy, která se nachází v blízkosti zásobníku chlorovodíku, dále v budově poblíž zásobníku s amoniakem a jejím okolí. Nejmenší přesah koncentrace ERPG-3 byl zjištěn vně budovy nacházející se nedaleko zásobníku s EDC.

Nakonec jsme určovali koncentrace jednotlivých NL v hlavní budově, přičemž byl změněn směr větru ze západního na severní. Největšího přesahu hodnoty ERPG-3 v okolí této budovy dosáhl chlorovodík, který tuto hodnotu překročil 23×, druhý byl chlor. Naopak nejvíce překročil hodnotu ERPG-3 uvnitř budovy chlor (1,5× větší koncentrace), poté chlorovodík. Amoniak a EDC nepřesáhly hodnoty ERPG-3.

Tabulka 20 – Komparace získaných výsledků z modelací [61]

Název látky	EDC	Amoniak	Chlor	Chlorovodík
Vzdálenost ERPG-3	109 m (4 986 m ²)	935 m (644 748 m ²)	5,5 km (9,5 km ²)	3,2 km (5,58 km ²)
Vzdálenost ERPG-2	142 m (7 277 m ²)	3,6 km (4,23 km ²)	> 10 km (30,8 km ²)	7,4 km (18,8 km ²)
Vzdálenost ERPG-1	324 m (26 030 m ²).	9,4 km (18 km ²)	> 10 km (38,8 km ²)	> 10 km (40,4 km ²)
Doba úniku	> 60 min	> 60 min	53 min	51 min
Celkové množství uniklé NL	1 172 kg	115 575 kg	63 371 kg	66 043 kg
Přesah koncentrační hodnoty ERPG-3 – nejbližší budova	vně: 3×	vně: 800×	vně: 53 500×	vně: 2 300×
	uvnitř: –	uvnitř: 180×	uvnitř: 5 350×	uvnitř: 40×
Přesah koncentrační hodnoty ERPG-3 – hlavní budova	vně: –	vně: –	vně: 16×	vně: 23×
	uvnitř: –	uvnitř: –	uvnitř: 1,5×	uvnitř: 1,03×

5.4 Zhodnocení ochrany zaměstnanců související s únikem NL a návrhy opatření

V každém chemickém podniku existuje zvýšené riziko úniku NL. Společnost SPOLANA a.s. má pro účely ochrany zaměstnanců a zvládnutí mimořádných událostí (dále „MU“) jednotku hasičského záchranného sboru podniku (dále „HZSP“) s vlastními technickými prostředky. Těmi jsou stabilní a polostabilní hasicí zařízení, mobilní technické prostředky, dopravní technické prostředky a technické prostředky chemické služby HZSP [48].

Ke zhodnocení ochrany zaměstnanců při úniku NL byla provedena SWOT analýza, viz tabulka 21 – „SWOT analýza“, přičemž byly vybrány následující oblasti:

- osobní ochranné pracovní prostředky (dále „OOPP“),
- prostředky pro zajištění první pomoci,
- systém plynové detekce,
- systém varování,
- systém evakuace,
- systém ukrytí.

Tabulka 21 – SWOT analýza

Interní analýza	
Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> • Pravidelná cvičení • OOPP • Odborně vyškolení zaměstnanci HZSP pro poskytnutí první pomoci • Vlastní sanitní vůz • Cvičné varovné poplachy 	<ul style="list-style-type: none"> • Výjimka v nošení OOPP • Zastaralé a nevhodné bezpečnostní sprchy • Nevhodně umístěné výplachy očí s fyziologickým roztokem • Nevhodně nastavené hodnoty detekčních zařízení • Zastaralé objekty – netěsnící okna • Neúplné informace o ukrytí • Nepřehledné informace o evakuaci a ukrytí
Externí analýza	
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> • Vybudování převlékárny a kontrola OOPP • Nové bezpečnostní sprchy • Lepší řešení umístění výplachů očí • Nově nastavené hodnoty detekčních zařízení • Osobní detektory • Výměna oken • Doplnění informací o ukrytí • Přehledné pokyny k evakuaci a ukrytí 	<ul style="list-style-type: none"> • Naturogenní MU • Antropogenní MU • Narušení ekonomické stability

Vybrané oblasti jsou dále charakterizovány a na základě vlastního zhodnocení jsou doporučena opatření.

5.4.1 OOPP

Zaměstnanci jsou povinni trvale používat v zóně CHEMOPARK následující OOPP:

- ochrannou přilbu,
- ochranné brýle (případně obličejové štíty),
- ochranný pracovní oděv,
- pracovní obuv,
- ochranou únikovou masku pro případ evakuace [48].

Pokud je zaměstnanec na cestě do nebo ze zaměstnání a pohybuje se v zóně CHEMOPARK, výše uvedené OOPP mít nemusí. Tato výjimka také platí pro specifické činnosti jako je např. práce v extrémních polohách [48].

Povinnost mít OOPP platí i pro návštěvy, externí zaměstnance, řidiče, kontrolní orgány apod. nacházející se v zóně CHEMOPARK. Vybavení OOPP těmto osobám zajišťuje odpovědný pracovník [48].

Ve výrobních provozech jsou specifické OOPP, které, pokud je to nutné, musí být použity přednostně před klasickými OOPP. Mezi speciální OOPP patří vzduchové dýchací a ochranné masky, filtry, chrániče sluchu, ochranné rukavice apod. [48].

Životnost OOPP je pravidelně kontrolována a v případě potřeby jsou OOPP vyměňovány. Plnění povinnosti řádně používat OOPP stanovené zaměstnancům je pravidelně kontrolováno [48].

Zhodnocení a návrh opatření

Zaměstnancům jsou OOPP postupně obměňovány za modernější, staré sice poskytují ochranu, ale mnohdy znesnadňují práci. Brýle nejsou některým zaměstnancům pohodlné a dochází k jejich zamlžování. Brýle, které jsou zaměstnancům nově poskytovány, jsou vytvořeny z materiálu odolného vůči poškrábání a zamlžování. Jsou stejně jako přilby navrženy s ohledem na jejich pohodlnost. V případě, že zaměstnanec nosí brýle dioptrické, jsou mu poskytnuty brýle speciální. Pracovní oděv a obuv jsou navrženy s ohledem na prostředí, v němž zaměstnanec pracuje.

Negativum je spatřováno v tom, že pracovníci nejsou povinni používat OOPP při odchodu a příchodu do práce i přesto, že procházejí zónou CHEMOPARK, kde hrozí

reálné nebezpečí úniku NL. S ohledem na toto nebezpečí by bylo vhodné zmíněnou výjimku zrušit a zřídit převlékárnu před samotným vstupem do zóny CHEMOPARK. Po převlečení do pracovního oděvu by pracovníci měli být na příslušné vrátnici zkontrolováni a v případě zjištění nedostatků spočívajících v chybějících OOPP by neměli být do zóny CHEMOPARK vpouštěni.

5.4.2 Zajištění první pomoci

Odbornou předlékařskou první pomoc zajišťuje jednotka HZSP, ve které jsou zařazeni odborně vyškolení zaměstnanci. Tato jednotka má k dispozici vlastní sanitní vůz s plnou výbavou, jehož osádka se skládá z řidiče a záchranáře, případně z řidiče a dvou záchranářů. Ti dokáží v případě potřeby zajistit základní životní funkce pacienta, jeho stabilizaci a následné předání zdravotnické záchranné službě [48].

Bezpečnostní sprchy a výplachy očí

V areálu se nachází třicet jedna bezpečnostních sprch a jedenáct výplachů očí v podobě očních sprch či nástěnných výplachů očí s fyziologickým roztokem (viz příloha 1 a příloha 2). Tyto prostředky zajištění první pomoci slouží k oplachu těla a vypláchnutí očí při potřísnění NL [48].

Všechny bezpečnostní sprchy a výplachy očí jsou výrazně označeny zelenou bezpečnostní značkou a jsou udržovány v čistotě. Zaměstnanci jsou seznámeni s umístěním bezpečnostních sprch a výplachů očí. Kvalita vody ve sprchách je každoročně ověřována [48].

Zhodnocení a návrh opatření

Možnost poskytnutí první pomoci postiženému jednotkou HZSP je hodnocena jako optimální, neboť HZSP disponuje vlastním sanitním vozem a vyškolenými pracovníky. Může tudíž v případě potřeby poskytnout odbornou pomoc postiženému zaměstnanci rychleji než zdravotnická záchranná služba nacházející se mimo areál.

Co se týče bezpečnostních sprch, bylo zjištěno, že některé z nich jsou vybaveny kohoutkem s automatickým vypínáním. To znamená, že při jejich použití je nutná nepřetržitá obsluha, neboť kohoutek je třeba jednou rukou držet, což ztěžuje provádění očisty potřísněného povrchu těla. Minimálně tyto sprchy by bylo vhodné obměnit. Z důvodu většího komfortu pro zasažené zaměstnance lze doporučit i výměnu ostatních starších sprch.

Nástěnné výplachy očí s fyziologickým roztokem jsou na některých místech umístěny nevhodně tak, že jsou v letním období vystaveny slunečnímu svitu, vysychají, a je třeba jejich častá výměna. Takto nevhodně umístěné výplachy očí by bylo účelné buď vyměnit za oční sprchy (pokud to dovolují konstrukční parametry, vodovodní rozvody a kanalizace), nebo je umístit na jiné místo. V případě druhého zmíněného řešení je třeba brát v úvahu dodržení doběhové vzdálenosti z místa možného vzniku potřísnění.

5.4.3 Systém plynové detekce

Systém plynové detekce slouží k nepřetržitému měření přítomnosti hořlavých a toxických NL v ovzduší. Tento systém při dosažení koncentračních limitů NL spustí na panelu jednotlivých provozů a na operačním středisku hasičského záchranného sboru podniku (dále „OS HZSP“) signalizaci případně stabilní hasicí zařízení [48].

Mezi prvky tohoto systému patří:

- snímače (detektory, senzory), které reagují na přítomnost plynu v ovzduší,
- vyhodnocovací jednotky, které vyhodnotí signál ze snímače a dále signalizují dosažení mezních koncentrací,
- přenosový systém, které přenáší signály z vyhodnocovací jednotky na OS HZSP, kde jsou tyto informace zpracovány na vyhodnocovacím systému a dále archivovány,
- vyhodnocovací systém, který kompletně sbírá data z jednotlivých vyhodnocovacích jednotek. Získaná data zpracovává, vyhodnocuje, eviduje a poskytuje důležité informace k zásahu [48].

Ve společnosti SPOLANA a.s. je používán první a druhý stupeň signalizace plynové detekce. V případě překročení koncentračního limitu prvního stupně, je spuštěn první stupeň signalizace plynové detekce ohlašující reakci snímače na přítomnost NL v okolí daného detektoru. Tento stupeň je ohlášen jak opticky, tak akusticky na příslušném panelu provozu a opticky na OS HZSP. Směnový mistr případně jiná pověřená osoba musí ihned zajistit kontrolu v prostoru, kde se daný detektor nachází. Pokud je zdroj úniku NL zjištěn, musí být zlikvidován. Jestliže zdroj zjištěn není, ale NL je v ovzduší smyslově detekována, musí být ihned přivolána jednotka HZSP [48].

Byl-li překročen koncentrační limit druhého stupně, dojde ke spuštění druhého stupně signalizace plynové detekce ohlašující reakci snímače na přítomnost NL v okolí daného snímače. Tento signál je rovněž ohlášen opticky i akusticky na příslušném panelu provozu, ale na rozdíl od prvního stupně je ohlášen akusticky i opticky na OS HZSP a je automaticky přenesen do výjezdového systému HZSP. Jednotka tedy ihned po obdržení signálu vyjíždí na místo události. Směnový mistr případně jiná pověřená osoba i při tomto stupni signalizace neprodleně zajistí kontrolu a při zjištění zdroje úniku NL i jeho likvidaci. Jednotka HZSP měří množství NL přístrojem GasAlert či Dräger X a detekčními trubičkami [48].

Pro další rozbor této problematiky byla vybrána detekce v prostorách skladování a stáčení chloru a skladování amoniaku.

Skladování a stáčení chloru

Vnitřní prostory skladu chloru jsou vybaveny čtyřmi detektory a prostory stáčení chloru dvěma detektory. Všechny zásobníky chloru a potrubní trasy pro plnění chloru do železničních cisteren jsou vybaveny bezpečnostními ventily, které jsou instalovány na potrubních větvích jednotlivých zásobníků. Tyto ventily se automaticky zavírají v případě spuštění signalizace systému plynové detekce nebo zásahu obsluhy pomocí havarijních tlačítek. Automaticky se také odstaví přivětrávací a odvětrávací ventily a uzavřou se výtlačné klapky [48].

Je-li překročena koncentrace chloru – 2 ppm v okolí detektoru, spustí se první stupeň plynové detekce. Jestliže je koncentrace chloru v okolí detektoru vyšší než 8,3 ppm, je spuštěn druhý stupeň plynové detekce [48].

Skladování amoniaku

Ve skladu amoniaku se nachází devět detektorů plynové detekce. U detekčního systému amoniaku se spouští kromě prvního stupně signalizace ještě předalarm, tzv. nultý stupeň, který je nastaven na 52 ppm. Jestliže je koncentrace amoniaku v okolí detektoru vyšší než 600 ppm, dojde k zahájení prvního stupně signalizace plynové detekce, a pokud je koncentrace amoniaku vyšší než 800 ppm, spustí se druhý stupeň. Je-li zahájen druhý stupeň signalizace detektoru pod zásobníkem spolu s detektorem, který je umístěn na obvodu zásobníku, automaticky se spustí hasicí zařízení a uzavřou se armatury amoniaku u zásobníku, čímž dojde k oddělení skladu amoniaku od celé technologie [48].

Zhodnocení a návrh opatření

Při hodnocení detektorů dvou výše zmíněných NL jsme uvažovali tak, že první stupeň signalizace by se měl spustit při překročení hodnoty NPK u dané NL.

Hodnoty koncentrace, při nichž se spustí druhý stupeň signalizace, by měly odpovídat havarijní akční úrovni (dále „HAU“), což je taková koncentrace látky v ovzduší, kdy je nutné vyvést osoby ze zamořeného prostoru do 20 minut od zahájení inhalace. [1]

Při převodu z mg/m^3 na ppm je hodnota NPK u chloru 0,5 ppm a první stupeň signalizace u chloru je nastaven na koncentraci 2 ppm. Hodnota koncentrace HAU u chloru je 3 ppm, přičemž druhý stupeň signalizace se spustí při koncentraci 8,3 ppm. [63]. Hodnoty obou signalizací plynové detekce chloru nepovažujeme za vhodné zvolené a doporučovali bychom je snížit na 0,5 ppm (1. stupeň) a 2 ppm (2. stupeň).

U amoniaku je po převodu z mg/m^3 na ppm hodnota NPK 52 ppm a hodnota HAU 500 ppm [64]. Detekční systém u amoniaku má kromě prvního a druhého stupně plynové signalizace ještě tzv. předalarm, který je nastaven na 52 ppm. Při dosažení této hodnoty však nedochází ke spuštění havarijních systémů. Dospěli jsme k závěru, že hodnota předalarmu je optimální, jelikož přesně odpovídá hodnotě NPK. V tomto případě bychom hodnotu prvního stupně plynové signalizace nastavili na hodnotu IDLH, která je u amoniaku 300 ppm. Navrhujeme tedy snížení současné hodnoty tohoto stupně, která je nastavena na 600 ppm. Hodnota druhého stupně plynové signalizace je nastavena na 800 ppm, ale i u této NL bychom navrhovali její změnu tak, aby odpovídala hodnotě HAU (500 ppm).

Dále bychom doporučovali vybavení pracovníků, kteří přímo pracují s danou NL (stáčení, skladování, výroba) osobními detektory. Pracovníci by měli mít tyto detektory připevněny na pracovním oblečení tak, aby je neomezovaly při jejich pracovních činnostech. Vzhledem k tomu, že detektory při překročení dané koncentrace varují pracovníka prostřednictvím zvukového, světelného a vibračního alarmu, může být pracovník upozorněn ještě před tím, než se spustí samotná signalizace plynové detekce a může se tedy dostat dříve na bezpečné místo. Takovéto detektory navíc mohou ukládat hodnoty naměřených koncentrací, což umožňuje vytvoření celkového přehledu o tom, v jakých koncentracích dané NL se pracovník pohybuje.

5.4.4 Systém varování, evakuace a ukrytí zaměstnanců

Tato kapitola se zabývá systémem varování, evakuace a ukrytí zaměstnanců.

Varování

Zaměstnanci podniku jsou v případě hrozícího nebezpečí varování následujícími varovnými prostředky:

- varovným systémem, který se skládá z podnikového rozhlasu, bezdrátových přijímačů, hlasových sirén a umožňuje vstup do varovných systémů připojených obcí v okolí,
- sirénou interního obslužného systému HZSP, která slouží jako záloha,
- telefonní sítí podniku,
- místními varovnými systémy (např. hlasité telefony, radiostanice) [48].

Varovný systém společnosti je ověřován každou první středu v měsíci po skončení zkoušky jednotného systému varování a vyrozumění hasičského záchranného sboru ČR, tedy po 12. hodině. Provádějí se také cvičné poplachy, před jejichž vyhlášením jsou zaměstnanci vždy vyrozuměni o skutečnosti, že se jedná o poplach cvičný [48].

Chemický poplach

V případě, že dojde k úniku NL v takovém množství, které by mohlo zapříčinit poškození dýchacích cest, vznik akutní otravy nebo by převýšilo 10 % dolní meze výbušnosti a hrozilo by nebezpečí výbuchu či požáru, je varovným systémem vyhlášen chemický poplach, který má tři stupně [48].

Chemický poplach prvního stupně se vyhláší tehdy, jde-li o únik NL místního charakteru a nepřesahuje tak hranice výrobního provozu. Vyhláší jej směnový mistr nebo jiná pověřená osoba ve svém provozu a informuje OS HZSP o jeho vyhlášení. OS HZSP následně informuje ostatní zaměstnance podniku prostřednictvím varovného systému [48].

Chemický poplach druhého stupně je vyhlášen tehdy, jedná-li se o únik NL přesahující území výrobního závodu, ale nepřekračující hranice celého podniku. Vyhláší jej OS HZSP kolísavým tónem sirény po dobu 140 vteřin [48].

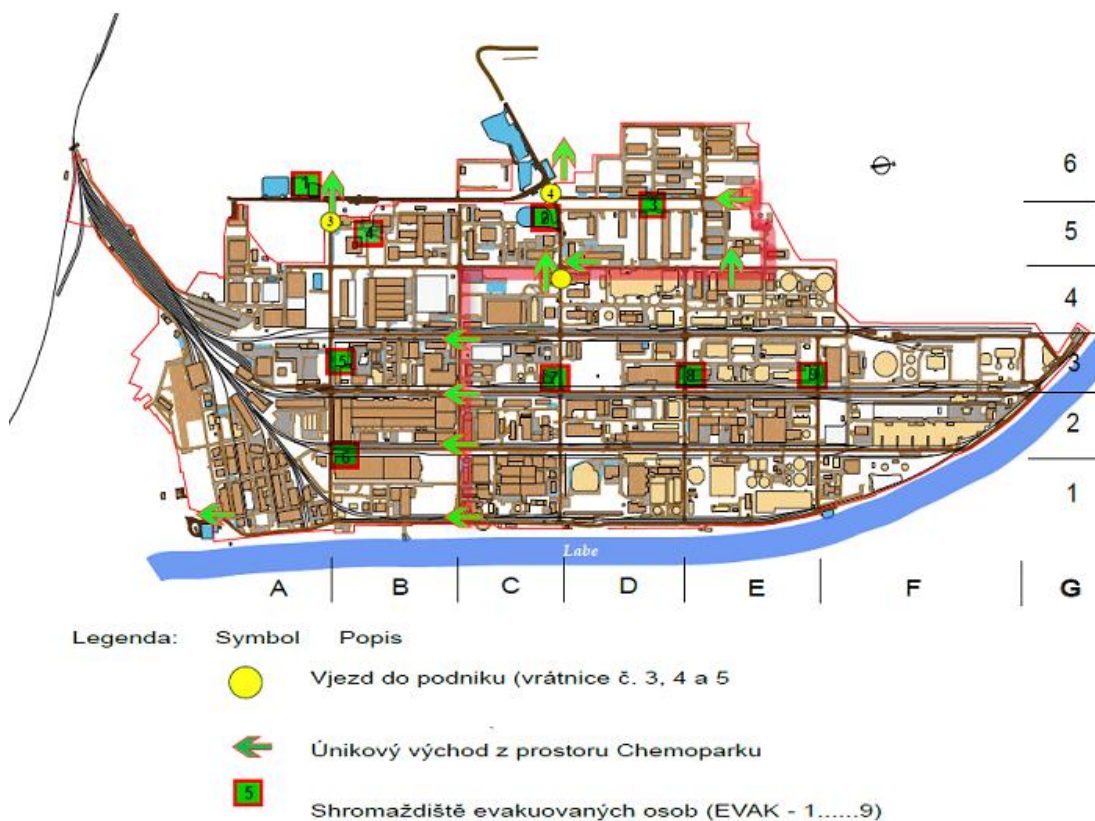
Chemický poplach třetího stupně je poplach, který informuje o úniku NL přesahující hranice areálu podniku nebo v případě, že je patrné, že k přesahu dojde. Vyhlašuje je OS HZSP kolísavým tónem sirény, který trvá 140 vteřin [48].

Pracovníci mají při vyhlášení chemického poplachu povinnost:

- Přerušit telefonické hovory s výjimkou těch, které jsou nezbytně nutné pro zvládnutí situace (zajištění chodu technologie, odstavování výrobních jednotek, varování pracovníků, organizace nutných činností).
- Poslouchat podnikový rozhlas (po zaznění podnikové sirény).
- Zavřít dveře a okna.
- Nekouřit.
- Vypnout elektrické spotřebiče, uhasit oheň či přerušit práce s ohněm.
- Vypnout klimatizaci.
- Připravit si OOPP.
- Řídit se instrukcemi svého vedoucího či velitele zásahu a dbát pokynů pracovníků HZSP, ostražky podniku, zdravotnické záchranné služby či Policie ČR.
- Použít ochranné pomůcky (osoby určené k zajišťování provozu na zařízení nebo jeho odstavení) [48].

Evakuace a ukrytí

Dojde-li k ohrožení většího počtu zaměstnanců na zdraví či životech, vyhlašuje směnový mistr nebo velitel zásahu HZSP evakuaci výrobního závodu. Evakuační trasa se určí s ohledem na konkrétní meteorologickou situaci a informace od OS HZSP. Směnový mistr po dohodě s velitelem zásahu určí místo shromažďování evakuovaných osob. Únikové cesty a shromaždiště evakuovaných jsou znázorněny na obrázku 26 – „Evakuace“ [48].



Obrázek 26 – Evakuace [48]

Jestliže je třeba evakuovat celý areál, evakuace se vyhláší na pokyn velitele zásahu prostřednictvím varovného systému. Směr evakuace, místa shromažďování a opuštění areálu určuje velitel zásahu na základě informací z OS HZS, který má ve spolupráci s ostrahou podniku na starosti koordinaci dopravy [48].

Mezi zásady evakuace v podniku SPOLANA a.s. patří:

- Zavřít okna.
- Vypnout PC a elektrické spotřebiče, uhasit oheň či přerušit práce s ohněm.
- Použít OOPP (jedná-li se o únik NL).
- Opustit pracoviště a vzít s sebou osobní zavazadla.
- Nepoužívat výtahy.
- Uzamknout kanceláře, případně další místnosti.
- Dbát zvýšené opatrnosti, aby nedošlo k úrazu.

- Zaregistrovat se na shromaždišti evakuovaných.
- Řídit se pokyny, které jsou vyhlášovány varovným systémem a sdělovány odpovědnými pracovníky a orgány [48].

Ukrytí zaměstnanců v případech, kdy to povaha havárie vyžaduje, se řeší přímo na pracovišti. To vyžaduje následující opatření:

- Zavřít dveře a okna.
- Vypnout elektrické spotřebiče, uhasit oheň či přerušit práce s ohněm.
- Vypnout klimatizaci.
- Připravit si OOPP.
- Řídit se pokyny od nadřízeného.
- V případě evakuace se řídit výše zmíněnými zásadami [48].

Zhodnocení a návrh opatření

Vzhledem k tomu, že ve společnosti SPOLANA a.s. se provádí přibližně šest cvičení MU ročně, viz tabulka 22 – „Cvičení“, předpokládáme, že HZSP i samotní zaměstnanci vědí, jak postupovat v případě evakuace. Cvičení jsou vždy navrhována na celý rok a po jejich skončení jsou vždy písemně vyhodnocena. Na základě nedostatků zjištěných při cvičení jsou navržena opatření k jejich odstranění ve stanovené termínu [48].

Tabulka 22 – Cvičení [48]

Rok	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Počet cvičení	6	8	5	4	5	4	4

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Počet cvičení	4	5	5	6	6	7	9	8

Cvičný chemický poplach je realizován vždy každou první středu v měsíci po zkoušce sirén. To je důležité nejen pro zkoušku sirén a místního rozhlasu, ale také

proto, aby zaměstnanci uměli tento poplach rozpoznat. Mimo to jsou také nepravidelně prováděny cvičné varovné poplachy.

Za nedostatek, který může snížit účinnost ukrytí osob v budovách areálu v případě úniku NL, jsou považována nedostatečně těsnící okna. Je třeba provést jejich výměnu nebo alespoň upravit povinnosti zaměstnanců tak, že v případě úniku NL nestačí okna pouze zavřít, ale je nutné jejich utěsnění vhodným materiálem.

Jelikož většina NL se šíří při zemi, bylo by účelné doplnit do pokynů k ukrytí, že není vhodné se zdržovat v přízemních a sklepních prostorách, ale naopak ve vyšších patrech budovy na závětrné straně ve směru šíření NL.

Ve většině budov se nacházejí sprchy, které by bylo možné využít pro osobní dekontaminaci. Jejich použití však není upraveno a bylo by tedy vhodné problematiku dekontaminace zařadit do pokynů pro zaměstnance. Dále by bylo žádoucí zmínit, že je třeba se vyhnout zvýšené fyzické námaze a jednat co možná nejklidněji.

Všechny pokyny ohledně evakuace a ukrytí jsou uvedeny ve vnitřní dokumentaci, což považujeme za nedostatečné a nevhodné vzhledem k tomu, že v případě havárie musí zaměstnanci jednat co možná nejrychleji. Proto bychom doporučovali postup evakuace a ukrytí shrnout v přehledných bodech umístěných na vhodných místech, a to i s přihlédnutím k tomu, že v areálu společnosti se mohou nacházet i další osoby, které do vnitřní dokumentace nemají přístup.

6 DISKUZE

Tato diplomová práce se zabývá problematikou ochrany zaměstnanců společnosti SPOLANA a.s. v souvislosti s jejich ohrožení únikem chemických látek uvnitř areálu. Cílem práce bylo zhodnocení rizik vyplývajících z výroby a nakládání s NL pro zaměstnance pracující v areálu společnosti SPOLANA a.s.

Pro zhodnocení rizik byly ze všech NL nacházejících se v podniku vybrány toxické kapaliny a plyny, které jsou významné z hlediska možného vzniku závažné havárie. Těmito NL jsou EDC, amoniak, chlor a chlorovodík. Z hlediska nejnižší přípustné koncentrace, toxikologické koncentrace a havarijních koncentrací představuje největší riziko pro zaměstnance společnosti chlor.

Dále byla provedena analýza úniku NL na území ČR, k nimž došlo v období let 2000–2015. Z analýzy byl vyvozen závěr, že největší podíl na vzniku závažných havárií mají technické příčiny (48 % z celkového počtu havárií zahrnutých do analýzy). Další významnou příčinou vedoucí ke vzniku závažných havárií podílející se na jejich celkovém počtu 20 % je selhání lidského faktoru. První hypotéza „Technická příčina představuje nejčastější příčinu vzniku havárií s únikem NL ze stacionárních zařízení“ byla tedy potvrzena.

Naše výsledky se shodují s výsledky S. Halmemiese, který uvádí, že nejčastějšími příčinami vzniku chemických havárií jsou příčiny technické (39 % z jejich celkového počtu) a poté následují příčiny selhání lidského faktoru (26 % z celkového počtu) [65]. Z výzkumu A. Bernatíka vyplývá, že největší podíl na vzniku havárií (48 %) mají závady materiálu a následují chyby člověka (s podílem 31 %) [66]. Po zobecnění výsledků jeho výzkumu je zřejmé, že tyto se shodují s výsledky výzkumu hlavních příčin havárií S. Halmemiese i s našimi zjištěnými. V tabulce 23 – „Přehled výsledků jednotlivých autorů – příčiny“ jsou uvedeny výsledky zjištěné zmíněnými autory a autorkou této diplomové práce.

Tabulka 23 – Přehled výsledků jednotlivých autorů – příčiny

Výsledky autorky	Výsledky S. Halmemiese	Výsledky A. Bernatíka
Technická příčina – 48 %	Technická příčina – 39 %	Vady materiálu – 48 %
Selhání lidského faktoru – 20 %	Selhání lidského faktoru – 26 %	Chyba člověka – 31 %
Neznámá příčina – 16 %	Procesní chyba – 25 %	Chemická reakce – 12 %
Úmysl – 8 %		Jiné příčiny – 18 %
Technologická příčina – 4 %		Vnější vlivy – 7 %
Živelní pohroma – 4 %		

Byly také studovány činnosti, při kterých dochází k úniku NL. Bylo zjištěno, že nejčastěji NL unikají při samotném procesu výroby (41 %), poté při nakládce/vykládce (27 %). Při skladování došlo k úniku NL ve 23 % případů a během oprav či údržby v 9 % z celkového počtu hodnocených havárií. Druhá hypotéza „Nejčastější činnosti, při které dochází k úniku NL v ČR, je nakládka/vykládka“ nebyla potvrzena.

Dále byla zjišťována četnost jednotlivých havarijních účinků se závěrem, že nejčastějšími účinky jsou toxický rozptyl a výbuch (36 % v obou případech). K požáru došlo ve 27 % případů havárií.

P. Skřehot na základě statistiky událostí v databázi ARIA (Analysis, Research and Information on Accidents) dochází k závěru, že nejčastějším havarijním účinek při

úniku NL je toxický rozptyl (45,3 %), poté požár (45,1 %) a nakonec výbuch (5,9 %). Podle zjištění A. Bernatíka dochází v důsledku havárií nejčastěji k toxickému rozptylu a požáru (21 % u obou typů účinku) a ve 12 % dochází k explozi. Nutno podotknout, že oba zmínění autoři prováděli analýzu většího počtu havárií (A. Bernatík zahrnul do svého výzkumu 530 havárií a P. Skřehot 32 301 havárií) a to i mimo území ČR. Závěry analýz zmíněných autorů se rozcházejí s výsledky zjištěnými v rámci této diplomové práce. Shrnutí je obsaženo v tabulce 24 – „Přehled výsledků jednotlivých autorů – havarijní účinky“ [12, 66].

Tabulka 24 – Přehled výsledků jednotlivých autorů – havarijní účinky [12, 66]

Výsledky autorky	Výsledky P. Skřehota	Výsledky A. Bernatíka
Toxický rozptyl – 36 %	Toxický rozptyl – 45,3 %	Toxický rozptyl – 21 %
Požár – 27 %	Požár – 45,1 %	Požár – 21 %
Výbuch – 36 %	Výbuch – 5,9 %	Výbuch – 12 %
	Pád materiálu či rozlet fragmentů – 2,6 %	Znečištění ovzduší – 17 %
	Emise záření nebo únik radioaktivní látky – 0,3 %	Znečištění vody – 45 %

V této práci byly vymodelovány úniky všech čtyř zvolených NL, a to softwarovým nástrojem ALOHA. U všech modelovaných NL byly zvoleny totožné vstupní údaje týkající se scénáře, atmosférických dat, okolní krajiny a otvorů v zásobnících. Lišily se pouze údaje o velikosti a tvaru zásobníků, tedy i množství jednotlivých NL. Atmosférické údaje byly získány ze statistických dat, ostatní vstupní údaje byly zadány podle skutečného stavu. Uvedené modelace předpokládají nejhorší variantu úniku. V případě reálné situace lze předpokládat, že na rozdíl od modelovaného scénáře, by po určitém čase od počátku úniku NL mohlo dojít k jeho zastavení a výsledné koncentrace by v tomto případě byly nižší.

Dosahy zraňujících koncentrací, které jsme získali na základě hodnot ERPG, byly za pomoci aplikace MARPLOT zakresleny do mapy. Nebezpečné zóny dosahovaly největších rozsahů při úniku chloru, přičemž zvýšená koncentrace chloru byla více než 10 km od místa havárie.

Dále jsme prověřovali možné ohrožení osob, které se běžně nacházejí v budovách nejbližše jednotlivým zásobníkům a v hlavní budově, kde je největší hustota výskytu lidí. Dospěli jsme k závěru, že největšího přesahu koncentrace ERPG-3 ve zmíněných budovách dosahuje chlor.

Vypočtené hodnoty jsou vysoké, proto lze předpokládat mortalitu lidí při únicích všech namodelovaných NL. Oblasti ohrožení u každé látky přesahovaly hranice areálu, takže je pravděpodobné, že účinky NL by postihly i okolní obyvatelstvo.

Podle vyhodnocených údajů by chlor měl ze všech vybraných látek při úniku největší dopad na životy a zdraví zaměstnanců. Tato látka je z hodnocených NL nejvýznamnější z hlediska NPK, LC₅₀ a havarijních koncentrací (IDLH, ERPG). Oblasti ohrožení u chloru dosahovaly největšího rozsahu a koncentrace chloru v budovách byla překročena nejvíce ze všech koncentrací hodnocených NL. Třetí hypotéza „Amoniak by ze všech vybraných látek měl v případě úniku největší dopady na zdraví a životy zaměstnanců společnosti SPOLANA a.s.“ nebyla potvrzena.

Amoniak, u kterého jsme předpokládali, že bude pro zaměstnance nejvíce ohrožující, byl nejméně významný ze všech hodnocených NL z hlediska NPK, LC₅₀ a havarijní koncentrace IDLH. Koncentrace ERPG u amoniaku byla třetí nejvyšší tedy méně významná. Předposlední byl amoniak i v rozsahu oblastí ohrožení a přesahu koncentrace ERPG-3 v budovách. Avšak množství amoniaku, které při modelaci uniklo, bylo největší ze všech hodnocených látek. Nutno podotknout, že amoniak v případě úniku sice nepředstavuje největší ohrožení pro zaměstnance podniku, ale i přesto je pro ně vysoce nebezpečný stejně jako ostatní hodnocené NL.

Podle A. Anderson patří amoniak a chlor k pěti nejvýznamnějším NL, které jsou spojené se zdravotními následky [67]. Z tabulky 25 – „Osoby se zdravotními následky při úniku amoniaku a chloru“ je patrné, že sice došlo k většímu počtu nehod s únikem amoniaku, ale v přepočtu na jednu nehodu mělo více osob zdravotní následky v důsledku nehod s únikem chloru. Jelikož v naší simulované havárii chlor

přesáhl koncentraci ERPG-3 v budovách vícekrát než amoniak, můžeme dovodit, že i v tomto případě by se vyskytlo více osob se zdravotními následky při zasažení chlorem než amoniakem.

Tabulka 25 – Osoby se zdravotními následky při úniku amoniaku a chloru [67]

Název látky	Počet nehod	Počet osob se zdravotními následky	Počet osob se zdravotními následky/nehoda
Amoniak	468	1 153	2,5
Chlor	192	763	3,9

V závěru jsme hodnotili stávající opatření vztahující se k ochraně zaměstnanců při úniku NL. V tabulce 26 – „SWOT analýza“ jsou uvedeny silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby, ke kterým jsme přiřadili váhu a hodnocení. Váhy značí důležitost položek jednotlivých kategorií a jejich součet se rovná 1. Naše spokojenost s položkami je vyjádřena hodnocením od 1 do 5 u silných stránek a příležitostí, to znamená, že čím více jsme byly s položkou spokojeni, tím vyšší jsme jí přidělili číslo. U slabých stránek a hrozeb se hodnotila naše nespokojenost a to od -1 do -5, tedy čím více jsme byly nespokojeni, tím nižší číslo jsme položce přiřadili. Váhy a hodnocení jednotlivých položek byly mezi sebou vynásobeny a vynásobené hodnoty sečteny.

Tabulka 26 – SWOT analýza

Silné stránky	Váha	Hodnocení	Součin
Pravidelná cvičení	0,25	4	1
OOPP	0,3	3	0,9
Odborně vyškolení zaměstnanci HZSP pro poskytnutí první pomoci	0,2	5	1
Vlastní sanitní vůz	0,15	5	0,75
Cvičné varovné poplachy	0,1	5	0,5
Součet			4,15

Slabé stránky			
Výjimka v nošení OOPP	0,15	-3	-0,45
Zastaralé a nevhodné bezpečnostní sprchy	0,2	-5	-1
Nevhodně umístěné výplachy očí s fyziologickým roztokem	0,2	-5	-1
Nevhodně nastavené hodnoty detekčních zařízení	0,25	-3	-0,75
Zastaralé objekty – netěsnící okna	0,075	-3	-0,225
Neúplné informace o ukrytí	0,1	-4	-0,4
Nepřehledné informace o evakuaci a ukrytí	0,025	-3	-0,075
Součet			-3,9
Příležitosti			
Vybudování převlékárna a kontrola OOPP	0,15	3	0,45
Nové bezpečnostní sprchy	0,175	5	0,875
Lepší řešení umístění výplachů očí	0,175	5	0,875
Nově nastavené hodnoty detekčních zařízení	0,2	3	0,6
Osobní detektory	0,125	4	0,5
Výměna oken	0,05	3	0,15
Doplnění informací o ukrytí	0,1	4	0,4
Přehledné pokyny k evakuaci a ukrytí	0,025	3	0,075
Součet			3,925
Hrozby			
Naturogenní MU	0,3	-5	-1,5
Antropogenní MU	0,5	-5	-2,5
Narušení ekonomické stability	0,2	-4	-0,8
Součet			-4,8
Celkem			-0,625

U silných stránek za nejdůležitější považujeme OOPP, jelikož představují přímou ochranu zaměstnance při úniku NL. Do OOPP patří ochranná přilba, brýle, pracovní oděv a pracovní obuv, takže chrání celé tělo člověka. V případě úniku NL je součástí OOPP úniková maska, která chrání před inhalací škodlivé látky. V některých provozech jsou ovšem ještě staré typy OOPP, které někdy znesnadňují práci. Také chybí možnost nasadit si OOPP před vstupem do CHEMOPARKU.

Velmi důležitá jsou pravidelná cvičení simulující únik NL a to proto, že je nutné se připravovat na MU tak, aby v případě úniku NL byl znám a nacvičen postup záchranných a likvidačních prací. Těmito cvičeními se procvičují především schopnosti, dovednosti a znalosti HZSP a bývají do nich zapojeni i zaměstnanci. Jsme spokojeni především s tím, že se cvičení provádějí přibližně 6× ročně a že jsou řádně vyhodnocena. Bylo by ovšem vhodné přidat cvičení, která nejsou předem nahlašována, aby došlo nejenom k procvičení, ale i k ověření připravenosti HZSP.

Odborně vyškolení zaměstnanci HZSP pro poskytnutí první pomoci a sanitní vůz HZSP SPOLANA považujeme za silnou stránku z toho důvodu, že je postižený ošetřován bezprostředně po zasažení NL až do doby, než přijede zdravotnická záchranná služba. Za důležitější považujeme odborně vyškolené pracovníky, neboť k používání sanitního vozu jsou pracovníci nutní, avšak i bez sanitního vozu dokáží vyškolení pracovníci pacienta ošetřit.

Cvičné varovné poplachy pokládáme ve srovnání s ostatními položkami za nejméně důležitou silnou stránku. Poplachy jsou cvičně spouštěny minimálně 1× do měsíce. V případě úniku NL by měl zaměstnanec ihned poznat, že se jedná o únik NL, a rychle na danou MU zareagovat.

Za nejslabší stránku z hlediska ochrany zaměstnanců při úniku NL považujeme nevhodně zvolené hodnoty signalizací plynové detekce. Doporučovali bychom snížit hodnoty koncentrací následovně:

- první stupeň signalizace u chloru – z 2 ppm na 0,5 ppm,
- druhý stupeň signalizace u chloru – z 8,3 ppm na 2 ppm,
- první stupeň signalizace u amoniaku – z 600 ppm na 300 ppm,
- druhý stupeň signalizace u amoniaku – z 800 ppm, na 500 ppm.

Uvažovali jsme tak, že první stupeň plynové signalizace by měl odpovídat hodnotě NPK a druhý stupeň plynové signalizace hodnotě HAU. U amoniaku se při hodnotě 52 ppm, což je hodnota odpovídající hodnotě NPK, spustí předalarm. To považujeme za žádoucí, ale i přesto je třeba konstatovat, že hodnoty prvního a druhého stupně signalizace jsou nastaveny na vysokou koncentraci. V tomto případě bychom nastavené koncentrace snížili na hodnoty koncentrací IDLH (první stupeň) a HAU (druhý stupeň). Snížení nastavených hodnot představuje jednu z příležitostí. Další příležitost, která s touto problematikou souvisí, je pořízení osobních detektorů pro pracovníky, kteří pracují s danou NL. Tyto detektory upozorní pracovníka na zvýšení koncentrace dané látky v ovzduší včas, naměřené hodnoty mohou také ukládat a tím pomoci vytvořit celkový přehled o koncentracích v daném pracovním prostředí.

Za druhou nejdůležitější slabou stránku považujeme zastaralé a nevhodné bezpečnostní sprchy a nesprávně umístěné výplachy očí. V případě zasažení člověka NL jsou bezpečnostní sprchy a výplachy očí nedílnou součástí poskytnutí první pomoci, proto je důležité, aby byly plně funkční. Může se totiž stát, že výplachy očí s fyziologickým roztokem budou vyschlé právě ve chvíli, kdy dojde k úniku NL, anebo osoba nebude mít možnost ovládat bezpečnostní sprchu pouze jednou rukou. Proto za další příležitost považujeme obnovu sprch tak, aby byly vybaveny kohoutkem bez automatického vypínání, a také přemístění výplachů očí s fyziologickým roztokem na vhodná místa nebo zřízení oční sprchy náhradou za tyto výplachy.

Další slabou stránkou je výjimka nošení OOPP. Je důležité, aby zaměstnanci nosili OOPP v zóně CHEMOPARK i v případě, že jdou z/do práce. Únik NL hrozí v celé této zóně kdykoli, takže tato výjimka není vhodná. Proto bychom ji doporučovali zrušit, zřídit převlékárny před vstupem do zóny CHEMOPARK a zavést kontrolu povinnosti používat OOPP.

Nevhodné jsou také neúplné informace o ukrytí. Vzhledem k tomu, že alespoň částečně jsou zakotveny v interní legislativě, je tato položka zařazena až jako pátá z hlediska důležitosti. Jejich doplnění je však nutné proto, aby případné ukrytí osob proběhlo co možná nejlépe a lidé věděli, jakým způsobem při něm postupovat. S tím souvisí i nepřehledné informace o evakuaci a ukrytí. Tyto jsou uvedeny pouze ve vnitřní dokumentaci, do které nemohou nahlížet návštěvy. Také z hlediska nedostatku času není vhodné řešení úpravou těchto pokynů pouze v interní dokumentaci. Doporučujeme

tyto postupy přehledně shrnout v bodech a zpřístupnit na vhodných místech. Doplnění informací o ukrytí a přehledné pokyny k evakuaci a ukrytí jsou dalšími příležitostmi podniku.

V případě úniku NL zaměstnanci využijí k úkrytu budovy v areálu. Problémem ovšem je, že okna většiny budov dobře netěsní. Další příležitostí podniku je tedy výměna oken nebo alespoň uvedení informace o utěsnění oken vhodným materiálem. Dále by bylo vhodné využít sprchy uvnitř objektů k osobní dekontaminaci.

Za hrozby považujeme antropogenní a naturogenní MU a narušení ekonomické stability podniku. Antropogenní MU je událost způsobená člověkem, která by v našem případě vedla k ohrožení zaměstnanců únikem NL. Nikdy nelze vyloučit chybu způsobenou selháním lidského činitele a zároveň tuto chybu nemůžeme předpovědět. Proto tuto hrozbu považujeme za nejpodstatnější.

Za hlavní naturogenní MU, ke které může dojít ve společnosti SPOLANA a.s., považujeme povodeň. Jelikož se tato společnost rozkládá na obou březích řeky Labe, byla již několikrát zaplavena, následkem čehož došlo k únikům NL. Naturogenní události se dají alespoň částečně předpovídat, navíc společnost SPOLANA a.s. má zpracovaný povodňový plán, z toho důvodu tyto hrozby z hlediska důležitosti řadíme až za antropogenní MU. Poslední hrozbou je narušení ekonomické stability, které by mohlo vést ke snížení investic v oblasti ochrany zaměstnanců.

Bilance SWOT analýzy vyšla v záporném čísle, takže je nutné přijmout opatření v oblasti ochrany zaměstnanců související s únikem NL. Podstatná je eliminace nebo alespoň snížení počtu slabých stránek. Vhodné je využít příležitosti a zachovat si silné stránky. Hrozby nelze zcela eliminovat, ale je nutné, aby na ně společnost SPOLANA a.s. byla připravena.

7 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala ochranou zaměstnanců společnosti SPOLANA a.s. související s jejich ohrožením únikem chemických látek uvnitř areálu.

V teoretické části byly popsány NL, právní předpisy s nimi související, systém prevence závažných havárií a problematika přepravy nebezpečných věcí. Dále byla charakterizována společnost SPOLANA a.s. a přiblížena její činnost.

Cílem práce bylo zhodnocení účinků konkrétních chemických látek. Na základě zvolených kritérií byly vybrány látky: EDC, amoniak, chlor a chlorovodík.

Dále bylo provedeno vyhodnocení rizik úniku a komparace dopadů zmíněných látek. Podle zvoleného scénáře byly pomocí softwarového nástroje ALOHA namodelovány dopady havárií s únikem NL. Z výsledků modelování vyplývá, že nejnebezpečnější látkou z hlediska ohrožení zaměstnanců jejím únikem by byl chlor.

V návaznosti na vyhodnocení získaných dat byla navržena opatření ke zlepšení ochrany zaměstnanců společnosti SPOLANA a.s. před nebezpečím způsobeným únikem NL.

Z výsledků a diskuze vyplývá, že hypotéza H1 byla potvrzena a hypotézy H2 a H3 potvrzeny nebyly. Cíl diplomové práce byl splněn.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CLP	Classification, Labelling and Packing of substances and mixtures
ČR	Česká republika
EDC	Ethylendichlorid
EHP	Evropský hospodářský prostor
ERPG	Emergency Response Planning Guidelines
EU	Evropská unie
HZSP	Hasičský záchranný sbor podniku
IDLH	Immediately Dangerous to Life and Health
KÚ	Krajský úřad
LC ₅₀	Letální koncentrace
MU	Mimořádná událost
NL	Nebezpečná chemická látka
NPK	Nejvyšší přípustná koncentrace
OOPP	Osobní ochranné pracovní prostředky
OS HZSP	Operační středisko hasičského záchranného sboru podniku
PFO	Podnikající fyzická osoba
PO	Právnícká osoba
PVC	Polyvinylchlorid
REACH	Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČAPOUN, Tomáš a kol. *Chemické havárie*. 1. vydání. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009, 149 s. ISBN 978-80-86640-64-8.
- [2] ŠÍN, Robin. *Medicína katastrof*. 1. vydání. Praha: Galén, 2017, 351 s. ISBN 9788074922954.
- [3] MIKA, Otakar J. *Průmyslové havárie*. 1. vydání. Praha: Triton, 2003, 126 s. ISBN 80-7254-455-1.
- [4] LINHART, Petr a kol. *Ochrana člověka za mimořádných událostí pro střední školy*. 1. vydání. Praha: Fortuna, 2003, 93 s. ISBN 80-7168-869-X.
- [5] MAŠEK, Ivan a kol. *Prevence závažných průmyslových havárií*. 1. vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2006, 98 s. ISBN 80-214-3336-1.
- [6] MARTÍNEK, Bohumír. *Ochrana člověka za mimořádných událostí: příručka pro učitele základních a středních škol*. Vyd. 2., opr. a rozš. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2003, 118 s. ISBN 8086640086.
- [7] BALOG, Karol. *Základy toxikologie*. 1. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1998, 105 s. ISBN 8086111296.
- [8] SKŘEHOT, Petr a kol. *Prevence nehod a havárií: 1. díl: Nebezpečné látky a materiály*. 1. vydání. Česko: PINK PIG, 2009, 341 s. ISBN 978-80-86973-70-8.
- [9] LINHART, Igor. *Toxikologie: interakce škodlivých látek s živými organismy, jejich mechanismy, projevy a důsledky*. 2., upr. a rozš. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2014, 412 s. ISBN 9788070808771.
- [10] MATOUŠEK, Jiří a LINHART, Petr. *CBRN: chemické zbraně*. 1. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005, 151 s. ISBN 808663471X.
- [11] KROUPA, Miroslav. *Chování obyvatelstva v případě havárie s únikem nebezpečných chemických látek: příručka pro orgány státní správy, územní samosprávy, právnické osoby a podnikající fyzické osoby a obyvatelstvo*. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2004, 46 s. ISBN 80-86640-23-X.

- [12] SKŘEHOT, Petr a kol. *Prevence nehod a havárií: 2. díl: Mimořádné události a prevence nežádoucích následků*. 1. vydání. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009, 595 s. ISBN 978-80-86973-73-9.
- [13] LACINA, Petr a kol. *Nebezpečné chemické látky a směsi*. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013, 131 s. ISBN 978-80-210-6475-1.
- [14] *Ochrana obyvatelstva v případě krizových situací a mimořádných událostí nevojenského charakteru II*. 1. vydání. Brno: Tribun EU, 2014, 304 s. ISBN 9788026307242.
- [15] ŠTĚTINA, Jiří a kol. *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*. 1. vydání. Praha: Grada, 2014, 557 s. ISBN 9788024745787.
- [16] KROUPA, Miroslav a ŘÍHA, Milan. *Průmyslové havárie*. 1. vydání. Praha: Armex, 2007, 169 s. ISBN 978-80-86795-49-2.
- [17] Česká republika. *Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů*.
- [18] Understanding CLP. *ECHA* [online]. Helsinky, Finland: European Chemicals Agency [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/regulations/clp/understanding-clp>
- [19] Mixture classification. *ECHA* [online]. Helsinky, Finland: European Chemicals Agency [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/support/mixture-classification>
- [20] Nařízení (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci a označování látek a směsí = nařízení CLP. *SZÚ* [online]. Praha: SZÚ, 2017 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/navrh-narizeni-ghs-o-klasifikaci-a-oznacovani-latek-a-smesi-1>
- [21] Nebezpečné látky. *HZS ČR* [online]. Praha: GŘ HZS ČR, c2017 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/nebezpecne-latky.aspx>

- [22] Bezpečnostní list. *Spolana* [online]. Neratovice: Spolana, 2011 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: http://www.spolana.cz/CZ/Produkty/Documents/BL_Chlor_%20kapalny_techicky_CZ.pdf
- [23] Chemicals (REACH). *Your Europe* [online]. Brussels, Belgium: European Commission, 2017 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: https://europa.eu/youreurope/business/product/chemicals-reach/index_en.htm
- [24] Understanding REACH. *ECHA* [online]. Helsinki, Finland: ECHA [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/regulations/reach/understanding-reach>
- [25] Seveso Disaster – 1976. *DEVASTATING DISASTERS* [online]. 2015 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <https://devastatingdisasters.com/seveso-disaster-1976/>
- [26] MIKA, Otakar J a POLÍVKA, Lubomír. *Radiační a chemické havárie*. 1. vydání. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010, 169 s. ISBN 978-80-7251-321-5.
- [27] The Bhopal disaster: How it happened. *The New York Times* [online]. New York: The New York Times Company, 1985 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <http://www.nytimes.com/1985/01/28/world/the-bhopal-disaster-how-it-happened.html?pagewanted=all>
- [28] The Bhopal disaster and its aftermath: a review. *NCBI* [online]. Broughton: BioMed Central, 2005 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1142333/>
- [29] Enschede, 13 years after Europe's largest explosion. *I am Greek* [online]. I am Greek, 2013 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <https://www.iamgreek.nl/in-the-netherlands/2013/05/13/enschede,-13-years-after-europes-largest-explosion/>
- [30] Seveso inspection guide. *Igamaot* [online]. Inspectorate for the environment and spatial planning ministry for the environment, spatial planning and regional development, 2008 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: https://www.igamaot.gov.pt/wp-content/uploads/guiaseveso-partea-ingl.apdf_.pdf

- [31] PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Nebezpečné chemické látky a chemické přípravky a průmyslové nehody*. 1. vydání. Praha: Vydavatelství PA ČR, 2008, 420 s. ISBN 9788072512751.
- [32] AZF accident de l'usine. *Universalis* [online]. Encyclopædia Universalis [en ligne], 2017 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <https://www.universalis.fr/encyclopedie/accident-de-l-usine-azf/>
- [33] Tragickou nehodu v Záluží způsobil šlendrián při údržbě. *Mostecko* [online]. Mostecko, 2014 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <http://www.mosteckoonline.cz/aktuality/tragickou-nehodu-v-zaluzi-zpusobil-slendrian-pri-udrzbe/>
- [34] BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*. 2. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, 172 s. ISBN 9788073850050.
- [35] Novinky.cz. *Kyselina dusičná ohrozila 19 lidí, jsou v nemocnici* [online]. Borgis, 2005 [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: <http://www.novinky.cz/krimi/58121-kyselina-dusicna-ohrozila-19-lidi-jsou-v-nemocnici.html>
- [36] Výbuch v chemických závodech v Litvínově. *BOZP info* [online]. Praha: VÚBP, 2016 [cit. 2017-12-23]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/vybuch-v-chemickych-zavodech-v-litvinove>
- [37] Policie zveřejňuje výsledky vyšetřování výbuchu v chemičce. *Emostecko* [online]. Meziboří: Emostecko, 2016 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <http://www.emostecko.cz/zpravy/most/8883-online-police-zverejnuje-vysledky-vysetrovani-vybuchu-v-chemicce-obvinila-dva-zamestnance>
- [38] Česká republika. *Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů*
- [39] BARTLOVÁ, Ivana. *Prevence a připravenost na závažné havárie*. 2. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2017, 67 s. ISBN 9788073851842.

- [40] Právní předpisy. *Mapis* [online]. Praha: VÚBP [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <https://mapis.vubp.cz/OPPZH/ZS/Prehled/ClanekDetail.aspx?guid=c1b7a588-233c-41ab-96cc-a9f649451b76>
- [41] *Ochrana obyvatelstva a krizové řízení: skripta*. 1. vydání. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015, 323 s. ISBN 9788086466620.
- [42] Prevence závažných havárií. *HZS ČR* [online]. GŘ HZS ČR, c2017 [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/krizove-rizeni-a-cnp-prevence-zavaznych-havarii-prevence-zavaznych-havarii.aspx>
- [43] Česká republika. *Vyhláška č. 227/2015 Sb., o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku*
- [44] Česká republika. *Vyhláška č. 225/2015 Sb., o stanovení rozsahu bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu zařazeného do skupiny A nebo skupiny B*
- [45] KLUSÁK, Hynek a ŠEVČÍKOVÁ, Marie. *Bezpečnost práce při zacházení s chemickými látkami – příručka*. Praha: Český úřad bezpečnosti práce, 1997, 16 s.
- [46] SASKA, Tomáš a NOVÁK, Jan. *Stanovení pásem ohrožení při přepravě nebezpečných věcí*. In: *Věda a krizové situace 2009: konference mladých vědeckých pracovníků: sborník přednášek*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009, 93 s. ISBN 978-80-7372-528-0
- [47] MILETÍN, Jiří a KONEČNÝ, Pavel. *ADR 2017: přeprava nebezpečných věcí po silnici dle Evropské dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí: příručka pro školení řidičů a osob podílejících se na přepravě nebezpečných věcí dle Dohody ADR*. 1. vydání, Praha: M Konzult, 2017, 159 s. ISBN 978-80-902202-5-6.
- [48] Interní dokumentace společnosti Spolana a.s.
- [49] Areál podniku. *Spolana* [online]. Neratovice: Spolana [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <http://www.spolana.cz/CZ/SluzbyAAreal/Stranky/Areal-podniku.aspx>
- [50] BARTA, Jiří a LUDÍK, Tomáš. *ALOHA – modelování a simulace: (Studijní pomůcka pro předmět KRIZOVÉ SCÉNÁŘE)*. 1. vydání, Brno: Univerzita obrany, 2012, 39 s.

- [51] Průměrné měsíční teploty v Neratovicích. *Počasí v Neratovicích* [online]. Neratovice, 2017 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://www.nera-weather.estranky.cz/clanky/prumery.html>
- [52] SWOT analýza. *Mendelu.cz* [online]. Brno: Mendelova univerzita [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: http://user.mendelu.cz/xbadal/Studijni%20opory/Hospodarska%20informatika/Stud_mat/SWOT%20anal%FDza.pdf
- [53] Česká republika. *Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci*
- [54] The National Institute for Occupational Safety and Health. *CDC* [online]. Atlanta: CDC, 2012 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>
- [55] 1,2-DICHLOROETHANE. *INCHEM* [online]. International Programme on Chemical Safety [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics0250.htm>
- [56] AMMONIA. *INCHEM* [online]. International Programme on Chemical Safety [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics0414.htm>
- [57] CHLORINE. *INCHEM* [online]. International Programme on Chemical Safety [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: AMMONIA. *INCHEM* [online]. International Programme on Chemical Safety [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics0126.htm>
- [58] HYDROGEN CHLORIDE. *INCHEM* [online]. International Programme on Chemical Safety [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: AMMONIA. *INCHEM* [online]. International Programme on Chemical Safety [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics0163.htm>
- [59] Interní statistický přehled Generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru
- [60] eMars. *European Commission* [online]. European Commission, 2017 [cit. 2018-02-28]. Dostupné z: <https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/search>

- [61] ALOHA Software. *EPA* [online]. Washington: NOAA [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>
- [62] MARPLOT Software. *EPA* [online]. Washington: NOAA [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/marplot-software>
- [63] Únik chloru. *Bojový řád jednotek požární ochrany: taktické postupy zásahu*. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2017, s. 6.
- [64] Únik čpavku (amoniaku). *Bojový řád jednotek požární ochrany: taktické postupy zásahu*. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2017, s. 6.
- [65] HALMEMIES, Sakari. Chemical accidents. *Lamk.fi* [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.lamk.fi/english/projects/omnipresent/Documents/Chemical-accidents-19092016.pdf>
- [66] BERNATÍK, Aleš. Analýza nebezpečí a rizik. *Fakulta bezpečnostního inženýrství* [online]. Ostrava: Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2016 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/U3V/cs/materialy/U3V_AnalyzaRizik.pdf
- [67] ANDERSON, Ayana. Top Five Chemicals Resulting in Injuries from Acute Chemical Incidents. *CDC* [online]. CDC, 2015 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss6402a6.htm>

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Výstražné symboly nebezpečnosti	20
Obrázek 2 – Označení chloru podle CLP	20
Obrázek 3 – Proces zařazení subjektu do příslušné skupiny	29
Obrázek 4 – Dokumentace.....	30
Obrázek 5 – Základní rozdělení areálu společnosti SPOLANA a.s.	34
Obrázek 6 – CHEMOPARK.....	36
Obrázek 7 – Příčiny vzniku havárií	48
Obrázek 8 – Činnosti související s únikem NL	49
Obrázek 9 – Havarijní účinky	50
Obrázek 10 – Nebezpečné zóny EDC.....	53
Obrázek 11 – Znázornění úniku EDC.....	54
Obrázek 12 – Koncentrace EDC v zájmovém bodě	55
Obrázek 13 – Koncentrace EDC v hlavní budově	55
Obrázek 14 – Nebezpečné zóny amoniak.....	57
Obrázek 15 – Znázornění úniku amoniaku.....	58
Obrázek 16 – Koncentrace amoniaku v zájmovém bodě	59
Obrázek 17 – Koncentrace amoniaku v hlavní budově	59
Obrázek 18 – Nebezpečné zóny chlor	61
Obrázek 19 – Znázornění úniku chloru	62
Obrázek 20 – Koncentrace chloru v zájmovém bodě.....	63
Obrázek 21 – Koncentrace chloru v hlavní budově.....	63
Obrázek 22 – Nebezpečné zóny chlorovodík	65
Obrázek 23 – Znázornění úniku chlorovodíku	66
Obrázek 24 – Koncentrace chlorovodíku v zájmovém bodě.....	67
Obrázek 25 – Koncentrace chlorovodíku v hlavní budově.....	67
Obrázek 26 – Evakuace	79

11 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Expoziční limitní hodnoty	14
Tabulka 2 – Stupně vertikální stálosti atmosféry.....	18
Tabulka 3 – Použité metody	38
Tabulka 4 – Vybrané NL	43
Tabulka 5 – Popis EDC	43
Tabulka 6 – Popis amoniaku.....	44
Tabulka 7 – Popis chloru	44
Tabulka 8 – Popis chlorovodíku	45
Tabulka 9 – Havárie s únikem NL ze stacionárního zařízení na území ČR	46
Tabulka 10 – Údaje o defektu.....	51
Tabulka 11 – Atmosférická data	51
Tabulka 12 – Vstupní údaje o válcovém zásobníku s EDC.....	52
Tabulka 13 – Hodnoty ERPG u EDC	52
Tabulka 14 – Vstupní údaje o kulovém zásobníku s amoniakem.....	56
Tabulka 15 – Hodnoty ERPG u amoniaku	56
Tabulka 16 – Vstupní údaje o válcovém zásobníku s chlorem.....	60
Tabulka 17 – Hodnoty ERPG u chloru	60
Tabulka 18 – Vstupní údaje o válcovém zásobníku s chlorovodíkem	64
Tabulka 19 – Hodnoty ERPG u chlorovodíku.....	64
Tabulka 20 – Komparace získaných výsledků z modelací	69
Tabulka 21 – SWOT analýza.....	71
Tabulka 22 – Cvičení.....	80
Tabulka 23 – Přehled výsledků jednotlivých autorů – příčiny	83
Tabulka 24 – Přehled výsledků jednotlivých autorů – havarijní účinky	84
Tabulka 25 – Osoby se zdravotními následky při úniku amoniaku a chloru.....	86
Tabulka 26 – SWOT analýza.....	86

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Bezpečnostní a oční sprcha

Příloha 2 – Nástěnné výplachy očí s fyziologickým roztokem

Příloha 1 – Bezpečnostní a oční sprcha



Příloha 2 – Nástěnné výplachy očí s fyziologickým roztokem

