

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
BIOMEDICÍNSKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ**



**DIPLOMOVÁ  
PRÁCE**

**2018**

**MIROSLAV BÍM**





**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Název v jazyce práce**

Modelace a analýza dopadů úniku nebezpečných chemických látek a směsí z podniku Synthos  
Kralupy a.s.

**Název v angličtině**

Modeling and Analysis of Leakage of Hazardous Chemicals and Mixtures from Synthos  
Kralupy a.s.

Diplomová práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva

Studijní obor: Civilní nouzové plánování

Vedoucí práce: Ing. Jiří Halaška, Ph.D.

**Bc. Miroslav Bím**

---

**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. Miroslav Bím**  
Studijní obor: Civilní nouzové plánování  
Téma: **Modelace a analýza dopadů úniku nebezpečných chemických látek a směsí z podniku Synthos Kralupy a.s.**  
Téma anglicky: Modeling and Analysis of Leakage of Hazardous Chemicals and Mixtures from Synthos Kralupy a.s.

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


Předmětem diplomové práce bude analýza úniku nebezpečných chemických látek z provozu společnosti Synthos Kralupy a.s. V teoretické části bude obecně popsána problematika chemických havárií a s ní související právní předpisy. Dále bude popsán provoz chemického podniku Synthos s důrazem na seznam vyráběných a při výrobě používaných nebezpečných chemických látek. V praktické části bude zpracována analýza rizik podniku. Dále bude s pomocí softwarových nástrojů vymodelován možný únik vybraných nebezpečných chemických látek z podniku a analyzovány jejich dopady. Následně bude zanalyzován systém zabezpečení a způsob řešení modelového úniku nebezpečných chemických látek, který bude následně zhodnocen pomocí SWOT analýzy. V závěru práce bude provedeno zhodnocení získaných informací a navržena doporučující opatření pro řešení mimořádných událostí v případě úniku nebezpečných chemických látek z podniku.

### Seznam odborné literatury:

- [1] LACINA, Petr, MIKA Otakar J. a ŠEBKOVÁ Kateřina, Nebezpečné chemické látky a směsi, ed. 1., Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013, ISBN 978-80-210-6475-1
- [2] SMETANA, Marek a KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše, Havarijní plánování: varování, evakuace, poplachové plány, povodňové plány, ed. 1., Brno: Computer Press, 2010, 166 s., ISBN 978-80-251-2989-0
- [3] ŠENOVSKÝ, Michail, Nebezpečné látky II, ed. 2. aktualizované vydání, Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, ISBN 9788073850005

Vedoucí: Ing. Jiří Halaška, Ph.D.  
Konzultant: Ing. Martin Staněk

Zadání platné do: 20.08.2019

  
.....  
vedoucí katedry / pracoviště

  
.....  
děkan

V Kladně dne 02.10.2017

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Modelace a analýza dopadů úniku nebezpečných chemických látek a směsí z podniku Synthos Kralupy a.s. vypracoval 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).

V Kladně dne 16.05.2018

.....

podpis

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat Ing. Jiřímu Halaškovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, cenné rady a odborný dohled. Děkuji také Ing. Martinu Staňkovi za cennou pomoc při konzultaci práce. Velice také děkuji zaměstnancům podniku Synthos Kralupy a.s., zejména panu Richardu Havránkovi za poskytnutí podkladů a konzultací, díky kterým mohla být tato práce vytvořena.

## **Abstrakt**

V dnešní době stále stoupá poptávka po možnostech využití produktů chemického průmyslu, s tímto trendem se ovšem zvyšují i bezpečnostní nároky na toto odvětví. Cílem práce je poukázat na následky, které může způsobit únik nebezpečné chemické látky ze zásobníku v chemickém podniku Synthos Kralupy a.s. a navrhnout doporučující opatření vedoucí k řešení mimořádné události.

Předmětem teoretické části práce je shrnutí potřebných informací o problematice chemických havárií. Dále je v práci popsána česká i evropská legislativa týkající se tématu. Nedílnou součástí teoretické části je popis problematiky chemických havárií, jejich příčiny, následky, prevence a dokumentace. Jako samostatný bod je uvedena historie významných chemických havárií ve světě a v České republice. Dále je popsána definice chemické látky a její klasifikace. Rovněž je zde charakterizován samotný podnik Synthos Kralupy a.s.

První oblast praktické části diplomové práce se zabývá analýzou rizik podniku. Podstatným bodem práce je dále modelace úniku amoniaku, 1,3-butadienu a styrenu pomocí softwarových nástrojů ALOHA a TerEx. Následně je vypracována SWOT analýza a návrh doporučujících opatření vedoucí k řešení mimořádné události.

Podklady pro zpracování diplomové práce byly čerpány z veřejných zdrojů a z interních dokumentů podniku Synthos Kralupy a.s. Jedná se o dostupné literární a internetové zdroje, bezpečnostní dokumentaci podniku, ale též konzultace s odborníky na problematiku prevence závažných havárií, konkrétně s pracovníky objektu Synthos a Záchraného hasičského sboru České republiky, územní odbor Mělník.

Přínosem práce je shrnutí získaných informací o podniku a dané problematice, která může vést k závažné chemické havárii. Dále jsou zde uvedeny možnosti rozvoje podniku v oblasti prevence závažných havárií. Přínosem je také vytvořená analýza rizik podniku Synthos Kralupy a.s., modelace jednotlivých úniků a SWOT analýza.

## **Klíčová slova**

Nebezpečná chemická látka, havarijní plánování, modelace, Synthos, ALOHA, TerEx.

## **Abstract**

The demand for using the products of the chemical industry is rising, with this trend also increases the safety requirements for this sector. The thesis focuses on the consequences of the leak a dangerous chemical substances from the reservoir in the chemical company Synthos Kralupy a.s. and propose the measures to resolve the situation.

The theoretical part of the thesis is a summary of the necessary information on the problems of chemical accidents. The thesis describes the Czech and European legislation on the problems of chemical accidents. In theoretical part of thesis is also the description of chemical accidents, their causes, consequences, prevention and documentation. At the end of this charter is presented the history of major chemical accidents in the world and in the Czech Republic, the definition of chemical substance and characterizing the company Synthos Kralupy a.s.

The first practical part of the Thesis is about analysing business risk. An important point of Thesis is the modeling of leakage of ammonia, 1,3 butadiene and styrene using ALOHA and TerEx software tools. Then is elaborated a SWOT analysis and a proposal of recommended measures leading to the resolution of an extraordinary incident.

The materials for the thesis were taken from public sources and from internal documents of Synthos Kralupy a.s. Specifically from the available literary and internet resources, the company's security documentation, and also consultations with experts on the prevention of major accidents, specifically with the staff of the Synthos facility and the the Rescue fire brigade of the Czech Republic, the Mělník Territorial Department.

The benefit of the thesis is a summary of the obtained information about the company and the issue, which can lead to a serious chemical accident. Then are presented the possibilities of the company's development in the field of prevention of major accidents. The benefit of this these is also risk analysis of Synthos Kralupy a.s., modeling of individual leakages and SWOT analysis.

## **Keywords**

Dangerous chemical, emergency planning, modeling, Synthos, ALOHA, TerEx.



## Obsah

1	Úvod.....	13
2	Současný stav .....	14
2.1	Základní pojmy .....	14
2.1.1	Krizové řízení .....	14
2.1.2	Analýza rizik .....	14
2.1.3	Havárie .....	14
2.1.4	Závažná havárie.....	14
2.1.5	Nebezpečná chemická látka, nebezpečná směs.....	15
2.1.6	Zóna havarijního plánování.....	15
2.1.7	Informování obyvatelstva.....	15
2.1.8	Mimořádná událost.....	16
2.1.9	Domino efekt.....	17
2.1.10	Bezpečnostní dokumentace .....	17
2.2	Právní normy v oblasti prevence závažných havárií .....	17
2.2.1	SEVESO I .....	17
2.2.2	SEVESO II .....	18
2.2.3	SEVESO III.....	18
2.2.4	Zákon č. 239/2000 Sb.....	18
2.2.5	Zákon č. 224/2015 Sb.....	18
2.2.6	Zákon č. 350/2011 Sb.....	19
2.2.7	Vyhláška č. 225/2015 Sb.....	19
2.2.8	Vyhláška č. 328/2001 Sb.....	19
2.3	Havarijní plánování .....	20
2.3.1	Havarijní plány .....	21
2.3.2	Plán fyzické ochrany .....	21
2.3.3	Vnitřní havarijní plán .....	22
2.3.4	Vnější havarijní plán a zóna havarijního plánování .....	23
2.3.5	Bezpečnostní zpráva.....	24
2.4	Nebezpečné látky.....	25
2.4.1	Fyzikálně-chemické vlastnosti .....	26
2.5	Faktory ovlivňující šíření nebezpečných chemických látek.....	26
2.5.1	Teplota prostředí .....	27

2.5.2	Rychlost a směr větru .....	27
2.5.3	Vlhkost vzduchu a srážky .....	27
2.5.4	Charakter a konfigurace terénu .....	27
2.6	Označování, identifikace a klasifikace nebezpečných chemických látek a směsí.....	27
2.6.1	CAS číslo.....	27
2.6.2	Kemlerův kód .....	28
2.6.3	UN kód .....	28
2.6.4	S – věty.....	29
2.6.5	Klasifikace a označení chemických látek a směsí.....	29
2.7	Evakuace.....	30
2.8	Prostředky individuální ochrany.....	30
2.8.1	Dětské ochranné vaky .....	31
2.8.2	Dětské ochranné kazajky.....	31
2.8.3	Dětské ochranné masky.....	31
2.8.4	Prostředky individuální ochrany pro dospělé.....	32
2.9	Improvizovaná ochrana .....	32
2.9.1	Ochrana hlavy, obličeje a očí .....	33
2.9.2	Ochrana trupu .....	33
2.9.3	Ochrana rukou a nohou .....	33
2.10	Kontaminace a dekontaminace .....	34
2.11	Chemické havárie .....	34
2.12	Chemické havárie v historii .....	35
2.12.1	Seveso.....	35
2.12.2	Havárie v Bhópálu.....	36
2.12.3	Flixborough .....	36
2.13	Chemické havárie v historii ČR.....	37
2.14	Synthos Kralupy a.s.....	38
2.14.1	Vnější havarijní plán podniku .....	38
2.14.2	Vlastní síly a pro středky podniku Synthos Kralupy, a.s .....	40
3	Cíl práce a hypotézy.....	41
4	Metodika .....	42
4.1	Sběr dat a podkladů .....	42
4.2	Analytické metody.....	42

4.2.1	Analýza rizik .....	42
4.2.2	SWOT analýza .....	42
4.2.3	Modelování.....	43
4.2.4	Program ALOHA .....	43
4.2.5	TerEx .....	44
4.2.6	Vyhodnocení modelací.....	44
5	Výsledky .....	47
5.1	Analýza rizik.....	47
5.1.1	Frekvence .....	47
5.1.2	Následky.....	48
5.1.3	Míra rizika .....	50
5.1.4	Vyhodnocení analýzy .....	52
5.2	Amoniak .....	53
5.2.1	Popis .....	53
5.2.2	Reakce amoniaku .....	54
5.2.3	Zdravotní rizika .....	54
5.3	1,3-butadien .....	55
5.3.1	Popis .....	55
5.3.2	Zdravotní rizika .....	56
5.3.3	Reakce 1,3-butadienu .....	56
5.4	Styren.....	57
5.4.1	Popis .....	57
5.4.2	Reakce styrenu .....	58
5.4.3	Zdravotní rizika .....	58
5.5	Scénář úniku a zadávání vstupních hodnot.....	60
5.5.1	Zadávání vstupních hodnot do programu ALOHA .....	61
5.5.2	Zadávání vstupních hodnot do programu TerEx .....	61
5.6	Modelace úniku amoniaku.....	62
5.6.1	Vstupní hodnoty .....	62
5.6.2	Výstupní hodnoty .....	63
5.6.3	Vzniklé koncentrace .....	63
5.7	Modelace úniku 1,3-butadienu .....	68
5.7.1	Vstupní hodnoty .....	68

5.7.2	Výstupní hodnoty .....	69
5.7.3	Vzniklé koncentrace .....	69
5.8	Modelace úniku styrenu.....	73
5.8.1	Vstupní data.....	73
5.8.2	Výstupní hodnoty .....	74
5.9	Komparace ALOHA a TerEx .....	79
5.10	Doporučený postup při zásahu úniku .....	80
5.10.1	HZS ČR a HZSP Synthos.....	80
5.10.2	Policie.....	81
5.10.3	Zdravotnická záchranná služba. ....	81
5.10.4	Vyhlášení III. stupně mimořádné události .....	82
5.11	Taktické cvičení.....	83
5.11.1	HZS .....	83
5.11.2	Policie ČR .....	84
5.11.3	Městská policie Kralupy nad Vltavou .....	84
5.11.4	Zdravotní záchranná služba a ASČR Kralupy nad Vltavou.....	84
5.12	SWOT analýza podniku Synthos Kralupy.....	85
5.12.1	Vyhodnocení SWOT analýzy.....	86
5.13	Doporučující opatření .....	87
5.14	Vyhodnocení hypotéz .....	87
6	Diskuze .....	89
7	Závěr .....	94
8	Seznam použitých zkratk .....	96
9	Seznam použitých zdrojů.....	98
10	Seznam tabulek .....	104
11	Seznam obrázků .....	106
12	Seznam příloh.....	107

# 1 Úvod

V ČR je značně rozvinutý chemický průmysl, který ovšem představuje i řadu potencionálních rizik spojených s únikem nebezpečných chemických látek a směsí. V tomto průmyslu je velice důležitá prevence závažných havárií s ohledem na ochranu obyvatelstva a životního prostředí. Jak v ČR, tak ve světě došlo v minulých dekádách k řadě havárií s únikem nebezpečných chemických látek (Bhopál, Seveso, Spolana Neratovice). K haváriím s únikem NCHL může dojít při výrobě, přepravě či používání látky a příčina může být jak antropogenního tak přírodního charakteru.

Jedním z významných chemických podniků v ČR je Synthos Kralupy a.s. sídlící v Kralupech nad Vltavou. Tento podnik je součástí areálu chemických výroby Kralupy, který se skládá z několika zařízení, v nichž provozují své činnosti různí provozovatelé. V zařízeních Synthos se vyrábí, zpracovává a manipuluje s velkým množstvím nebezpečných látek. Tyto látky jsou klasifikovány jako látky zdraví škodlivé, extrémně hořlavé, vysoce hořlavé, vysoce toxické, toxické, oxidující, výbušné, karcinogenní, mutagenní a v neposlední řadě nebezpečné pro životní prostředí. Některé nebezpečné látky jako amoniak, styren, propen, butadien, ropa atd. jsou v podniku Synthos Kralupy a.s. i přímo skladovány. Ke skladování jsou určeny nadzemní nádrže a zásobníky umístěné v areálu.

Nadzemní nádrže za normálních podmínek nepředstavují významný zdroj ohrožení. K ohrožení může například dojít při jejich mechanickém poškození. Pokud nastane poškození zásobníku, stává se z nadzemní nádrže významný zdroj rizika. Může však nastat i spousta jiných důvodů vedoucích k úniku látek, jako je přečerpávání, únik z výrobního zařízení, poškození ventilů trubek, lidská chyba apod. Tato hrozba, únik nebezpečných chemických látek, může ohrozit nejen zaměstnance, ale i obyvatelstvo žijící v okolí areálu chemického podniku a životní prostředí.

První část diplomové práce je zaměřená na stručnou charakteristiku závažných havárií, charakteristiku právních předpisů týkajících se prevence závažných havárií, klasifikaci nebezpečných látek, havarijní připravenost a ochranu obyvatelstva při chemické havárii. Druhá část se následně zabývá analýzou rizik, modelací úniku nebezpečné látky z podniku Synthos, SWOT analýzou a návrhy doporučujících opatření pro daný podnik.

## **2 Současný stav**

### **2.1 Základní pojmy**

#### **2.1.1 Krizové řízení**

Krizovým řízením se dle zákona 240/2000 o krizovém řízení rozumí souhrn řídicích činností orgánů krizového řízení zaměřených na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik. Dále plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s přípravou na krizové situace a jejich řešením, nebo ochranou kritické infrastruktury [1].

#### **2.1.2 Analýza rizik**

Analýzu rizik lze chápat jako proces pochopení povahy rizika a následného stanovení úrovně rizika. Analýzou rizik se také rozumí zvážení relevantních scénářů hrozeb s cílem posoudit zranitelnost a možný dopad narušení nebo zničení prvků kritické infrastruktury [2].

#### **2.1.3 Havárie**

Havárií se rozumí mimořádná událost, ke které dojde v souvislosti s provozem technických zařízení a budov, dále při nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a při jejich přepravě nebo při nakládání s nebezpečnými odpady. Havárií je mimořádné závažné zhoršení nebo mimořádné závažné ohrožení jakosti povrchových nebo podzemních vod. Za havárii se vždy považují případy závažného zhoršení nebo mimořádného ohrožení jakosti povrchových nebo podzemních vod nebezpečnými látkami. Dále se za havárii považují případy technických poruch a závad zařízení k zachycování, skladování, dopravě a odkládání látek uvedených v odstavci [2].

#### **2.1.4 Závažná havárie**

Závažná havárie je mimořádná událost, která je částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená. Do závažných havárií se řadí zejména závažný únik nebezpečné látky, požár nebo výbuch, který vznikl v souvislosti s užíváním objektu. Dále pro tuto událost platí, že vede k vážnému ohrožení na životech a zdraví obyvatel, zvířat, životního prostředí nebo majetku [2].

### **2.1.5 Nebezpečná chemická látka, nebezpečná směs**

Nebezpečnou chemickou látku nebo chemickou směs lze chápat jako látku či směs, která splňuje stanovená kritéria týkající se fyzikální nebezpečnosti, nebezpečnosti pro zdraví nebo nebezpečnosti pro životní prostředí. Tyto látky a směsi se klasifikují podle příslušných tříd nebezpečnosti. Tyto třídy jsou stanoveny v nařízení CLP. Zde jsou definovány jak třídy, tak kategorie nebezpečnosti. Třídou nebezpečnosti se rozumí povaha fyzikální nebezpečnosti nebo nebezpečnosti pro zdraví či životní prostředí. Mezi ně patří např. výbušniny, hořlavé kapaliny, oxidující tuhé látky atd. Kategorii nebezpečnosti se rozumí rozdělení kritérií v rámci každé třídy nebezpečnosti s upřesněním závažnosti nebezpečnosti (vyjadřuje stupeň nebezpečnosti neboli kategorii v rámci určité třídy) [3,4].

### **2.1.6 Zóna havarijního plánování**

Zóna havarijního plánování je území v okolí objektů zařazených do skupiny B, dle zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií. V této zóně jsou uplatňovány požadavky havarijního plánování formou vnějšího havarijního plánu. Vnitřní hranici tvoří areál objektu. Vnější hranice je stanovena dle vyhlášky MV č. 226/2015 Sb., o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury [5].

### **2.1.7 Informování obyvatelstva**

Informování je souhrn organizačních, technických a provozních opatření k předávání zpráv obyvatelstvu a dalším cílovým skupinám. Informuje se o opatřeních přijímaných k ochraně života, zdraví, majetku a životního prostředí při hrozbě nebo vzniku mimořádné události. Informování obyvatelstva je proces, který je praktikován ve třech základních fázích:

- Preventivní – informování před mimořádnou událostí;
- aktuální fáze – informování při bezprostřední hrozbě nebo vzniku mimořádné události;
- obnova – informování po mimořádné události [6].

### 2.1.8 Mimořádná událost

Mimořádná událost je každé škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací [6]. Obecně lze mimořádné události dělit podle příčiny vyvolané:

- Přírodními jevy;
- lidským činitelem;
- společné příčiny (např. změna klimatu vlivem produkce skleníkových plynů apod.).

Základní složky integrovaného záchranného systému (IZS) zajišťují nepřetržitou pohotovost pro příjem ohlášení vzniku mimořádné události, její vyhodnocení a neodkladný zásah v místě mimořádné události. Stupeň poplachu vyhláší po příjezdu na místo události velitel zásahu podle poplachového plánu IZS (či HZS kraje) [6]. Podle závažnosti mimořádné události se rozlišují tyto poplachové stupně:

- 1. stupeň poplachu IZS;
- 2. stupeň poplachu IZS;
- 3. stupeň poplachu IZS;
- zvláštní stupeň poplachu IZS.

Závažnost mimořádné události lze posuzovat také podle stupně aktivace traumatologického plánu zdravotnické záchranné služby (ZZS) [6]. Stupeň se řídí podle počtu postižených na:

- 1. stupeň – 0 až 10 postižených (jednotlivci);
- 2. stupeň – 11 až 100 postižených;
- 3. stupeň – 101 až 1000 postižených;
- zvláštní stupeň – nad 1000 postižených.



### **2.1.9 Domino efekt**

Domino efektem se rozumí možnost zvýšení pravděpodobnosti vzniku nebo následků závažné havárie. Tato pravděpodobnost je způsobena důsledkem vzájemné blízkosti zařízení, objektů nebo skupiny objektů a umístění nebezpečných látek [2].

### **2.1.10 Bezpečnostní dokumentace**

Jedná se o soubor dokumentace obsahující informace o podniku, okolí a areálu podniku. Dále je zde zařazen popis zařízení a soupis nebezpečných látek v podniku. Nezbytná je také identifikace a analýza rizik havárií, preventivní opatření a opatření týkající se připravenosti na řešení havárií a minimalizace následků. Nedílná část je i mapová dokumentace [7].

## **2.2 Právní normy v oblasti prevence závažných havárií**

### **2.2.1 SEVESO I**

Kvůli důsledkům vážného úniku dioxinu z chemického podniku v Sevesu v Itálii (1976) vzniknul impuls pro vydání Směrnice Rady 82/501/EEC nazývaná též jako SEVESO I direktiva. Tento dokument měl za cíl sjednotit a zharmonizovat legislativu, která se týká připravenosti na závažné průmyslové havárie. SEVESO I direktiva zadává provozovateli povinnosti vypracovat havarijní plány, které budou zahrnovat opatření přijímaná uvnitř objektu při vzniku závažné havárie. Může však vzniknout situace, že by následky havárie přesáhly území podniku. V ten moment je povinností provozovatele vypracovat i vnější havarijní plány, které se stávají součástí havarijního plánu regionu. Další povinností provozovatele je vypracovat bezpečnostní studii, ve které sdělí příslušným orgánům informace o přesáhnutí limitů nebezpečných látek. Rozsah této studie záleží na množství nebezpečných látek, které souvisí i s mírou hrozícího nebezpečí [8].

### **2.2.2 SEVESO II**

Směrnice Rady 96/82/EC nazývaná též jako SEVESO II direktiva na rozdíl od SEVESO I nerozlišuje výrobu nebezpečných látek. V tomto dokumentu je seznam nebezpečných látek upraven na minimum. Povinností provozovatele je dle SEVESO II zavést bezpečnostní management [8].

### **2.2.3 SEVESO III**

V současné době je v EU platná směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU nazývaná též jako SEVESO III. ze dne 4. července 2012 o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek a o změně a následném zrušení směrnice evropské rady 96/82/EU (SEVESO II.) [9].

V roce 2008 bylo rozhodnuto, že stávající směrnice Seveso II je potřeba přezkoumat a bylo stanoveno, co se potřebuje změnit. Zjistilo se, že je třeba provést některé drobné úpravy, které povedou k vyjasnění a aktualizaci některých ustanovení směrnice. Dále úpravy zlepšily provádění a prosazování směrnice při současném zachování nebo mírném zlepšení úrovně ochrany zdraví a životního prostředí. Účelem změn bylo směrnici sladit s nařízením CLP a také vyjasnit, vylepšit nebo přidat některá ustanovení pro zajištění lepšího a soudržnějšího provádění a prosazování právních předpisů. Cílem bylo dosáhnout vysoké úrovně ochrany, a současně co nejvíce zjednodušit právní úpravu a omezit administrativní zátěž [10].

### **2.2.4 Zákon č. 239/2000 Sb.**

Zákon č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému vymezuje integrovaný záchranný systém. Stanovuje složky IZS a jejich působnost. Dále stanovuje působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků, práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na mimořádné události a při záchranných a likvidačních pracích a při ochraně obyvatelstva [11].

### **2.2.5 Zákon č. 224/2015 Sb.**

Předmětem zákona č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů je zapracování příslušných předpisů Evropské unie. Dále zákon stanoví systém prevence závažných havárií

pro objekty, ve kterých je umístěna nebezpečná látka, s cílem snížit pravděpodobnost vzniku a omezit následky závažných havárií na životy a zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetek v těchto objektech a v jejich okolí. Tato právní norma stanoví povinnosti právnických nebo podnikajících fyzických osob, které užívají nebo budou užívat objekt, ve kterém je umístěna nebezpečná látka a působnost orgánů veřejné správy na úseku prevence závažných havárií způsobených nebezpečnými látkami [2].

#### **2.2.6 Zákon č. 350/2011 Sb.**

Zákon č. 350/2011 Sb. o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů. Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropské unie. Upravuje práva a povinnosti právnických osob a podnikajících fyzických osob při výrobě, klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh, používání, vývozu a dovozu chemických látek [12].

#### **2.2.7 Vyhláška č. 225/2015 Sb.**

Vyhláška č. 225/2015 Sb. vyhláška o stanovení rozsahu bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu zařazeného do skupiny A nebo skupiny B upravuje požadavky na rozsah analýzy možností neoprávněných činností a provedení případného útoku na objekt. Dále určuje kategorii a povahu režimových opatření, zajištění fyzické ostrahy, kategorii technických prostředků a způsob stanovení rozsahu bezpečnostních opatření přijímaných v objektu [13].

#### **2.2.8 Vyhláška č. 328/2001 Sb.**

Vyhláška č. 328/2001 Sb. Ministerstva vnitra o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému pojednává o zásadách koordinace složek integrovaného záchranného systému. Dále pojednává o součinnosti mezi vedoucími složek IZS a organizací členění na místě zásahu. Také stanovuje koordinaci složek na strategické operační a taktické úrovni [14].

## 2.3 Havarijní plánování

Havarijním plánováním se rozumí komplex opatření vytvářejících havarijní připravenost regionu - oblasti, okresu, obce. Dále také subjektu k řešení mimořádných událostí, vzniklých v důsledku technických a technologických havárií. V neposlední řadě i v důsledku působení přírodních živlů a následnému vzniku těchto havárií [15].

Havarijní připraveností se rozumí příprava opatření na odvrácení dopadů havárií nebo alespoň na jejich zmírnění. Toto zahrnuje zpracování scénářů možných závažných havárií, odezvy na závažné havárie, řízení odezvy na možné závažné havárie, přípravu prostředků a pomůcek nutných pro odezvu na závažné havárie [15].

Havarijní plánování je soubor činností, postupů a vazeb uskutečňovaných ministerstvy a jinými ústředními správními úřady, krajskými a obecními úřady a dotčenými právníckými osobami nebo podnikajícími fyzickými osobami k plánování opatření, nebo k provádění záchranných a likvidačních prací při vzniku mimořádných událostí a pro plánování preventivních opatření. Toto se vždy použije v rámci existujících sil a prostředků, jako je např. integrovaný záchranný systém [15].

Cílem havarijního plánování je především:

1. Zvýšit uvědomění si možných rizik a provedení jejich analýzy - analýza rizik.
2. Minimalizovat a zmírnit škodlivé účinky mimořádné události na životy a zdraví osob, životní prostředí, hospodářská zvířata, majtkové a kulturní hodnoty.
3. Stanovit opatření k odvrácení nebo omezení účinků a následků mimořádné události a způsob odstranění nastalých škod [15].

Související témata havarijního plánování jsou pojmy: krizové řízení a nejhorší možný scénář.

Krizové řízení je souhrn řídicích činností orgánů krizového řízení zaměřených na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik a plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s přípravou na krizové situace a jejich řešením, nebo ochranou kritické infrastruktury [1].

Nejhorší možný scénář je scénář pro událost, kdy dojde k úniku veškerého obsahu nebezpečné látky z objektu zařízení nebo zásobníku a následky této události představují nejhorší možné působení nebo následek pro lidi, zvířata, životní prostředí a majetek [41].

### **2.3.1 Havarijní plány**

Výstupem havarijního plánování jsou havarijní plány. Havarijní plány jsou písemné dokumenty určené k podpoře při provádění záchranných a likvidačních prací pro mimořádnou událost bez vyhlášení krizového stavu. Problematiku zpracovávání havarijních plánů řeší obecně zákon o IZS. Havarijní plány lze mimo jiné rozdělit na havarijní plány objektové a havarijní plány územní, které jsou přílohou krizového plánu kraje [15, 16].

Typy havarijních plánů:

- Havarijní plán kraje;
- vnější havarijní plán;
- vnitřní havarijní plán [16].

### **2.3.2 Plán fyzické ochrany**

Provozovatel objektu zařazeného do skupiny A nebo B je povinen zpracovat plán fyzické ochrany pro daný objekt. Provozovatel zašle plán fyzické ochrany a jeho změny krajskému úřadu a krajskému ředitelství Policie České republiky [2].

Bezpečnostní opatření uvedené v plánu fyzické ochrany:

- Analýza možností neoprávněných činností a provedení případného útoku na objekt;
- režimová opatření;
- fyzická ostraha;
- technické prostředky.

Rozsah bezpečnostních opatření přijímaných v objektu stanoví provozovatel vnitřním předpisem. Prováděcí právní předpis stanoví požadavky rozsahu analýzy, kategorie a povahy režimových opatření, požadavky na zajištění fyzické ostrahy. Dále prostředky a jejich vymezení a způsob stanovení rozsahu bezpečnostních opatření přijímaných v objektu [2].

Provozovatel je dále povinen přijmout a zajistit bezpečnostní opatření pro fyzickou ochranu objektu. Tyto opatření jsou uvedeny v plánu fyzické ochrany za účelem zabránění vzniku závažné havárie a zmírnění jejích následků na životy a zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetek. Je nutné pravidelně, alespoň jednou za rok, dodržet provedení funkční zkoušky bezpečnostních opatření. O provedených zkouškách se pořídí zápis, který se uchovává po dobu 3 let [2].

### **2.3.3 Vnitřní havarijní plán**

Provozovatel objektu zařazeného do skupiny B je povinen zřídit vnitřní havarijní plán. V plánu se stanoví opatření přijímaná uvnitř objektu při vzniku závažné havárie. Účelem je zmírnění následků havárie na životy a zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetek [2].

Vnitřní havarijní plán obsahuje:

1. Jména, příjmení a funkční zařazení fyzických osob, které jsou provozovatelem pověřeny k realizaci preventivních bezpečnostních opatření.
2. Scénáře možných havárií, scénáře odezvy na možné havárie, scénáře řízení odezvy na možné havárie a matice odpovědnosti za jednotlivé fáze odezvy na možné havárie.
3. Popis možných následků závažné havárie.
4. Popis činností nutných ke zmírnění následků závažné havárie.
5. Přehled ochranných zásahových prostředků, se kterými provozovatel disponuje.
6. Způsob vyrozumění dotčených orgánů a varování osob.
7. Opatření pro výcvik a plán havarijních cvičení.
8. Opatření k podpoře zmírnění následků závažné havárie mimo objekt, při zohlednění dopravní a technické infrastruktury, sídelních útvarů, významných krajinných prvků, zvláště chráněných území.
9. Přehled sil a prostředků složek integrovaného záchranného systému a dalších subjektů podílejících se na řešení závažné havárie [2].

Provozovatel na základě rozhodnutí krajského úřadu zahrne do vnitřního havarijního plánu preventivní bezpečnostní opatření vztahující se k možnému vzniku domino efektu. Dále ve vnitřním havarijním plánu uvede přehled dokumentů zpracovaných pro řešení mimořádných událostí. Provozovatelé objektů zařazených do skupiny B, které jsou umístěny

ve společném vymezeném prostoru, mohou na základě společné dohody zpracovat vnitřní havarijní plán společně [2].

Provozovatel postupuje podle vnitřního havarijního plánu v případě, kdy k závažné havárii již došlo, její vznik již nelze odvrátit nebo její vznik lze důvodně očekávat [2].

Je nutné mít vnitřní havarijní plán dostupný tak, aby byl dostupný osobám pověřeným k provádění opatření vnitřního havarijního plánu, složkám integrovaného záchranného systému a osobám vykonávajícím kontrolu. V neposlední řadě provozovatel zajistí aktualizaci vnitřního havarijního plánu při každé změně [2].

#### **2.3.4 Vnější havarijní plán a zóna havarijního plánování**

Vnější havarijní plán a zóna havarijního plánování musí být zpracovány pro objekty zařazené do skupiny B. Provozovatel tohoto objektu je povinen spolupracovat s krajským úřadem a jím pověřenými organizacemi a institucemi. Dále spolupracuje s HZS kraje na zajištění havarijní připravenosti, informování veřejnosti a preventivně výchovné činnosti v oblasti vymezené vnějším havarijním plánem. Provozovatel dále udržuje a provozuje v zóně havarijního plánování koncové prvky varování. Provozovatel objektu zařazeného do skupiny B zpracuje podklady pro stanovení zóny havarijního plánování a zpracování vnějšího havarijního plánu [17]. Podklady pro stanovení zóny havarijního plánování a zpracování vnějšího havarijního plánu obsahují:

- Identifikační údaje provozovatele;
- jméno a příjmení fyzické osoby odpovědné za zpracování těchto podkladů;
- popis závažné havárie, která může vzniknout v objektu;
- přehled možných následků závažné havárie;
- přehled preventivních bezpečnostních opatření;
- seznam a popis technických prostředků využitelných při odstraňování následků závažné havárie;
- opatření k podpoře nápravných opatření mimo objekt;
- další nezbytné údaje vyžádané krajským úřadem (specifikaci technických prostředků, plán únikových cest a evakuačních prostorů, a dále údaje vyžádané HZS) [17].

Rozdělení Vnějšího havarijního plánu:

- Informační část;
- operativní část;
- plány konkrétních činností.

Krajský úřad stanoví zónu havarijního plánování na základě podkladů předložených provozovatelem podniku. Krajský úřad zajistí veřejné projednání vnějšího havarijního plánu a jeho aktualizace [17].

HZS kraje zpracuje podle zákona 239/2000 Sb. o IZS vnější havarijní plán. HZS kraje vyžaduje při zpracování vnějšího havarijního plánu součinnost orgánů kraje a obcí a dalších subjektů, je-li to nezbytné. Dále HZS kraje prověří vnější havarijní plán z hlediska jeho aktuálnosti nejméně jednou za 3 roky [11].

### **2.3.5 Bezpečnostní zpráva**

Provozovatel objektu zařazeného do skupiny B zpracuje na základě posouzení rizik závažné havárie bezpečnostní zprávu [2].

Bezpečnostní zpráva objektu obsahuje:

- Základní informace;
- technický popis;
- informace o složkách životního prostředí v okolí objektu;
- posouzení rizik;
- popis zásad, cílů a politiky prevence závažných havárií;
- popis systému řízení bezpečnosti;
- popis preventivních bezpečnostních opatření k omezení vzniku a následků závažné havárie;
- závěrečné shrnutí;
- jména právnických a fyzických osob, které vypracovávali bezpečnostní zprávu.



V bezpečnostní zprávě provozovatel je povinen stanovit zásady bezpečnosti a spolehlivosti přiměřené zjištěnému nebezpečí při stavbě, provozu a údržbě jakéhokoli zařízení, jeho vybavení a infrastruktury spojené s jeho provozem, které představují nebezpečí závažné havárie. Dále vypracovává zásady vnitřního havarijního plánu a poskytne informace k vypracování vnějšího havarijního plánu. Provozovatel také zahrne do bezpečnostní zprávy bezpečnostní opatření vztahující se k možnému vzniku domino efektu. Tato opatření jsou nezbytná v případě vzniku závažné havárie [2].

## **2.4 Nebezpečné látky**

Nebezpečné látky se postupem času až do dnešních dnů staly neodmyslitelnou součástí našeho běžného života. Toto je důležitý důvod proč se touto problematikou zabývat. Velkou pozornost musíme věnovat při jejich výrobě, používání, skladování či přepravě. Musí se předcházet únikům, požárům či výbuchům při manipulaci s nebezpečnými látkami, což lze jen za předpokladu, že známe charakteristiku a vlastnosti dané nebezpečné látky. Při úniku, požáru i výbuchu je chování látek charakterizováno fyzikálně-chemickými vlastnostmi a technicko-bezpečnostními parametry [18].

Při chemické havárii může dojít k úniku chemických látek, které mohou vykazovat řadu nebezpečných vlastností. Nebezpečné chemické látky a směsi jsou takové, které obsahují jednu a více nebezpečných fyzikálně-chemických vlastností [19].

### 2.4.1 Fyzikálně-chemické vlastnosti

Fyzikálně-chemické vlastnosti charakterizují danou látku pomocí konstant. Některé látky jsou účinné ve svojí původní podobě, jiné vyžadují, aby byly převedeny do podoby soli, nebo jiné formy. Mezi nejzásadnější fyzikálně-chemické vlastnosti zařazujeme:

1. Molekulovou hmotnost, která je u každého prvku uvedena v periodické soustavě prvků, a jedná se o poměr látky o hmotnosti  $m$  a jejím látkovém množství. Pomocí této veličiny lze stanovit chování par v prostoru. Díky tomu lze určit, zda jsou páry lehčí nebo těžší než vzduch.
2. Tlak nasycených par neboli tenze nasycených par, je maximální množství par, které se může za určitých podmínek vytvořit nad povrchem látky. Pomocí tohoto tlaku lze vypočítat koncentraci plynné hořlavé složky.
3. Teplotu varu, při níž je tlak okolního prostředí roven tlaku nasycených par. Za podmínky, čím nižší je teplota varu hořlavé kapaliny, tím je pravděpodobnější, že dojde ke vzniku výbušné směsi.
4. Rozpustnost, schopnost látky rozpouštět se ve vodě nebo v jiných kapalinách. Rozpustnost má význam zejména při stanovení chemické látky a volbě hasební látky.
5. Toxicitu udává míra vlivu jedovaté látky působící na živý organismus.
6. Viskozita [18, 20].

### 2.5 Faktory ovlivňující šíření nebezpečných chemických látek

Nepříznivý účinek nebezpečných chemických látek může postihnout osoby, zvířata, majetek, nebo životní prostředí. Tento účinek je ovlivněn mnoha faktory. Během úniku a následného šíření NCHL mají vliv zejména fyzikálně-chemické vlastnosti látky, množství uniklé látky, rychlost jakou dochází k úniku do ovzduší, meteorologické podmínky a charakter terénu. Mezi základní vlivy fyzikálně-chemických vlastností na šíření NL lze zařadit zejména teplotu varu dané látky. Na bodu varu závisí, jakým způsobem bude nebezpečná látka unikat do ovzduší. Dále měrné teplo ovlivňuje rychlost a hmotnost výronu a odparu nebezpečné látky. Molekulová hmotnost je jedna z dalších vlastností, podle níž lze určit, zda látka bude tvořit těžké páry a šířit se při zemi, nebo bude stoupat vzhůru [21].

### **2.5.1 Teplota prostředí**

Jak teplota vzduchu, tak teplota půdy může výrazně ovlivnit šíření nebezpečných chemických látek. Teplota ovlivňuje fyzikální vlastnosti látky a dobu jejího účinku. Vyšší teploty výrazně ovlivňují tenzi par a koncentraci látky v ovzduší, ale snižují její stálost v terénu. Vysoké teploty také usnadňují průnik toxické látky do organismu. Díky tomu se zvyšují nároky na používání prostředků individuální ochrany [22].

### **2.5.2 Rychlost a směr větru**

Rychlost a směr přízemního větru výrazně ovlivňují prostorový účinek nebezpečných látek. Směr větru se udává podle světových stran. Rychlost větru ovlivňuje homogenitu oblaku toxické látky a rychlost šíření v prostoru. Nejpříznivější šíření toxické látky v terénu je cca 3 m/s. S rostoucí rychlostí větru klesá účinnost látky [22].

### **2.5.3 Vlhkost vzduchu a srážky**

Vlhkost vzduchu a srážky mohou v důsledku hydrolyzy ovlivnit stabilitu toxických látek v terénu. Déšť může kontaminovat vodní zdroje [22].

### **2.5.4 Charakter a konfigurace terénu**

Charakter terénu může výrazně ovlivnit šíření nebezpečných látek. Mezi nejvýraznější vlivy patří členitost terénu, pokrytost a druh půdy. Při inverzi má toxický oblak tendenci obtékat terénní nerovnosti, předměty a také vyplňuje údolí a rokle. Vegetace, zástavba a různé povrchy terénu mohou mít vliv na zpomalení šíření toxické látky v prostředí [22].

## **2.6 Označování, identifikace a klasifikace nebezpečných chemických látek a směsí**

Je mnoho způsobů jak identifikace dosáhnout. Tradiční a nejvíce používán je UN kód doplněn Kemlerovým kódem, dále existuje možnost využití CAS [23].

### **2.6.1 CAS číslo**

CAS je mezinárodní číslo, sloužící k jednoznačné identifikaci látky v systému Chemical Abstracts Services [23].

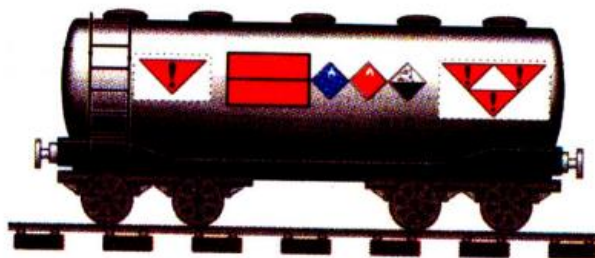
## 2.6.2 Kemlerův kód

Kemlerův kód je číslo, které označuje povahu nebezpečí. V některých případech jsou číslice doplněna o písmeno X. Pomocí tohoto kódu je docíleno rychlého určení nebezpečnosti látky nebo směsi. První číslice označuje primární nebezpečí, další sekundární číslice označují nebezpečí vedlejší, nebo dodatečné. Pokud jsou číslice zdvojeny nebo ztrojeny, tak to určuje stupňování nebezpečí. Písmeno X před číslicemi označuje, že látka nesmí přijít do styku s vodou [23].

## 2.6.3 UN kód

UN kód označuje identifikační číslo nebezpečné látky, dle dohod ADR a RID. Jednotlivým látkám je přiřazován čtyřmístný kód [24].

1. U železničních cisteren je UN označení umístěno na podélné straně vagonu, jak je uvedeno v obrázku 1.



Obr. 1 - UN označení v železniční dopravě [24]

2. Při označování vozidel jsou bezpečnostní značky umístovány na předním a zadním čele, nebo po stranách vozidla, jak je uvedeno v obrázku 2. Tyto bezpečnostní značky jsou pak doplněny výstražnými reflexními tabulemi oranžové barvy [24].



Obr. 2 - UN označení v silniční dopravě [24]

#### 2.6.4 S – věty

S – věty jsou standardní pokyny pro bezpečné zacházení s látkou. Tvoří jí série čísel, kterým předchází písmeno S. To udává bezpečnostní opatření. Čísla jsou oddělena od písmena S také pomlčkou nebo lomítkem [25].

#### 2.6.5 Klasifikace a označení chemických látek a směsí

Podle vlastností látek a směsí jsou NCHL zařazeny do jednotlivých jednotlivých tříd nebezpečnosti. Tyto třídy jsou odvozeny od fyzikálně-chemických vlastností látek a směsí. Jednotlivé třídy jsou definovány podle nařízení CLP. Třídy nebezpečnosti:

- Výbušniny;
- hořlavé plyny;
- aerosoly;
- oxidující plyny;
- plyny pod tlakem;
- hořlavé kapaliny;
- hořlavé tuhé látky;
- samovolně se rozkládající látky a směsi;
- samozápalné kapaliny;
- samozápalné tuhé látky;
- samozahřívající se látky a směsi;
- látky, které při kontaktu s vodou uvolňují hořlavé plyny;
- oxidující kapaliny;
- oxidující tuhé látky;
- organické peroxidy;
- látky a směsi korozivní pro kovy [29].

Dále jsou NCHL klasifikovány podle stanovených vět typu H, P, E, O. Tyto věty jsou definovány v nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic [29].

## 2.7 Evakuace

Evakuaci lze chápat jako přesun osob, zvířat a věcí z postižené oblasti, kterou postihla povodeň nebo únik NCHL. Evakuace se týká všech osob, které se nachází v evakuovaném místě, výjimku tvoří pracovníci provádějící ochranná a záchranná opatření. Jsou však i objekty, které nejsou evakuovány a musejí provádět svou činnost i nadále. Mezi tyto objekty řadíme objekty s jadernou energetikou, ve které nelze výrobu okamžitě zastavit a je důležité počítat s delší evakuací a odstavením objektu [26].

Evakuace se dělí na více faktorů. První z faktorů zahrnuje velikost území. Určuje se, zda se jedná o malý počet budov, či větší územní prostor. Další faktor je výběr osob, které jsou evakuovány. Jedná se o všeobecnou evakuaci, kde se evakuují všechny skupiny obyvatelstva, nebo evakuaci selektivní - pouze vyjmenované skupiny osob [26].

Evakuace lze dělit podle její délky trvání:

1. Vyvedení – Tento druh evakuace se používá při záchranných pracích, kdy jsou osoby vyvedeny z místa ohrožení. Po dokončení všech záchranných a likvidačních prací je opět umožněn návrat osob.
2. Krátkodobá – Tato evakuace je realizovaná v případě, pokud je nutné osoby evakuovat na dobu do 24 hodin. Osobám je po tuto dobu zajištěno zdravotní ošetření, informace a strava.
3. Dlouhodobá – U tohoto druhu evakuace je předpokládán přesun osob na dobu delší než 24 hodin. V tomto případě je opět pro evakuované osoby zajištěno zdravotní ošetření, informace, strava, pitná voda a ubytování [27].

## 2.8 Prostředky individuální ochrany

Kategorie prostředků individuální ochrany osob:

- Dětské ochranné vaky pro děti do 1,5 roku;
- dětské ochranné kazajky pro děti od 1,5 do 6 let;
- dětské ochranné masky pro děti od 1,5 do 18 let;
- ochranné masky pro osoby umístěné ve zdravotnických a sociálních zařízeních;
- ochranné masky pro doprovod osob uvedených v předchozích odrážkách [28].

### **2.8.1 Dětské ochranné vaky**

Dětské ochranné vaky jsou určeny k ochraně dýchacích cest a povrchu těla novorozenců do 18 měsíců. Vak chrání celý organismus dětí proti účinkům biologické, chemické a radioaktivní nebezpečné látky. Použití těchto prostředků se využívá v prvním období zamoření prostoru do doby, než je dítě ve vaku přeneseno do bezpečného nezamořeného prostředí. Nejčastěji používané vaky jsou modely DV-65 a DV-75 [28].

### **2.8.2 Dětské ochranné kazajky**

Dětské ochranné kazajky jsou určeny pro děti od 1,5 do 6 let. Chrání dýchací cesty a horní část těla proti účinkům škodlivin. Kazajky jsou vhodné pro děti, které nemají rády ochranné masky a pro děti s dýchacími potížemi či onemocněním [28].

Dětská kazajka je konstruována tak, aby si ji dítě nemohlo samo sundat. To je velice důležité, jelikož malé děti mají sklony k okamžitému strhnutí ochranné kazajky. Ve vybavení HZS je v současné době dětská kazajka typu DK-88 [28].

### **2.8.3 Dětské ochranné masky**

Dětské ochranné masky jsou určeny pro děti ve věku 1,5 do 10 let. Maska je konstruována tak, aby chránila dýchací cesty a obličej dítěte. Maska chrání organismus dětí proti účinkům biologické, chemické a radioaktivní nebezpečné látky. Ochranné masky představují problém u dětí ve věku 18 měsíců, kdy dítě nechápe nutnost nosit ochrannou masku. Z tohoto důvodu je nutné s dětmi postupně nacvičovat nošení masek. Při nácvičování by měla být zkušena osoba, ve kterou mají děti důvěru. Jak již bylo zmíněno, u dětí problematicky snášejících masky, se spíše aplikuje ochranná kazajka. V ČR jsou dva druhy dětských masek – DM-1 a CM-3/3h. Je nutné počítat s tím, že každé dítě má jinak velkou hlavu a podle toho by se měla vybrat správná velikost [28].

## 2.8.4 Prostředky individuální ochrany pro dospělé

Pro ochranu dospělých se využívají individuální ochranné prostředky, jako jsou:

- Ochranné masky typu:
  - CM-3;
  - CM-4;
  - CM-5;
  - CM-6.
- ochranné oděvy:
  - SOO-CO;
  - OPCH-70;
  - JP-75 [28].

Obrázky masek a oděvů jsou k dispozici v příloze 2.

## 2.9 Improvizovaná ochrana

Improvizovaná ochrana je aplikována, pokud nastane mimořádná událost s únikem nebezpečné látky a není k dispozici ochranných prostředků (ochranné masky atd.). Při úniku nebezpečné látky jsou ohroženy životy a zdraví obyvatel. Proto je nutné, aby obyvatelstvo při nedostatku ochranných prostředků si vytvořilo improvizované ochranné prostředky na ochranu dýchacích cest, těla a očí. Základním principem improvizované ochrany je využití vhodných oděvních součástí, které jsou k dispozici v každé domácnosti [28].

Zásady použití improvizované ochrany:

1. Celý povrch těla musí být zakryt, nesmí být žádná část těla odkryta.
2. Je nutné utěsnit ochranné prostředky.
3. K zefektivnění ochrany přispěje použití oděvu s několika vrstvami, nebo kombinovat více ochranných prostředků [28].



### **2.9.1 Ochrana hlavy, obličeje a očí**

K ochraně hlavy může dobře posloužit čepice, šátky, šály, na které je vhodné převléknout kapuci. Pokud je k dispozici, může se použít i ochranná přilba (např. motocyklová, pracovní, lyžařská), která může chránit před padajícími předměty. Důležitá je ochrana obličeje a očí. Zvláštní pozornost je nutné věnovat ochraně úst a nosu, které jsou vstupní branou dýchacích cest. Nejeftektivnější způsob je zakrytí úst a nosu flanelovou látkou nebo froté ručníkem několikrát přehnutým a mírně namočeným ve vodě nebo v sodném roztoku. Použít se může také kyselina citrónová. Látku je vhodné na obličej upevnit v zátylku převázáním šátkem či šálou. K improvizované ochraně očí jsou ideální brýle s uzavírající vlastností. Mezi tyto brýle lze řadit brýle plavecké, lyžařské, potápěčské nebo motocyklové. Pokud mají brýle průduchy, je nutné utěsnit je. Ideální v tomto případě je použití lepící pásky. Pokud nejsou takové brýle k dispozici, lze oči ochránit přetažením průhledného polyetylenového sáčku přes hlavu a jeho následné stažení provázkem, či gumičkou v úrovni lící kosti. Tento typ ochrany je však málo efektivní proti účinkům některých průmyslových škodlivin. Tyto prostředky mohou chránit pouze na krátkou dobu. Pro efektivní ochranu je nutné používat standardní k tomu určené prostředky [28].

### **2.9.2 Ochrana trupu**

Pro ochranu trupu před nebezpečnými látkami platí obecně zásada, že každý druh oděvu poskytuje určitou míru ochrany. V zásadě platí, čím více vrstev, tím více se zvyšuje koeficient ochrany. K ochraně trupu jsou vhodné především: zimní kabáty, bundy, kalhoty. Použité ochranné obleky je nutné dostatečně utěsnit u krku, nohavic a rukávů. U krku je vhodné použít šálu či šátek, který se obmotá přes zvednutý límec. Bunda se ve spodní části dá utěsnit páskem či řemenem. Netěsnící zapínání nebo otvory a trhliny v oblečení se zalepí izolační páskou. Vhodné je přes použité oblečení přetáhnout ještě pláštěnku, plachtu, nebo deku [28].

### **2.9.3 Ochrana rukou a nohou**

Mezi nejlepší ochranu rukou řadíme pryžové rukavice. Ochranný účinek je větší, čím je materiál silnější. Ideálnější jsou delší rukavice. Je nutné prostor mezi rukávy a rukavicemi opět důkladně utěsnit lepící páskou či provázkem. Pro ochranu nohou jsou vhodné pryžové nebo kožené holínky, kozačky, nebo kožené vysoké boty. Je nutné prostor mezi obuví a

kalhotami opět důkladně utěsnit lepící páskou či provázkem. Při použití nízkých bot je vhodné zhotovit návleky z igelitových sáčků či tašek [28].

## 2.10 Kontaminace a dekontaminace

Kontaminace může být spojena s kontaminací životního prostředí, osob a materiálu. Může být způsobena únikem NCHL při haváriích, nebo při používání zbraní hromadného ničení. Kontaminace = zamoření [31].

Opak kontaminace je dekontaminace. Jejím cílem je odstranit z kontaminovaných povrchů a materiálů NCHL. Hodnoty množství NCHL na povrchu by měly po dekontaminaci klesnout pod hodnoty přípustných norem a pokud je to možné, tak je úkolem tyto látky zničit, rozložit nebo jinak převést na neškodné látky. Dekontaminace se dělí na metody mechanické, fyzikální a chemické [32].

## 2.11 Chemické havárie

Průmyslová činnost v rámci uspokojování potřeb lidstva stále roste. Tento fakt vede k řadě negativních dopadů. Mezi nejzávažnější dopady řadíme závažnou chemickou havárii. Ta může být doprovázena únikem NCHL, které mohou být toxické, hořlavé nebo výbušné. Z historie je známá celá řada významných havárií, které měly dopady na životy a zdraví obyvatelstva, životního prostředí a majetek. Je velice pravděpodobné, že závažná chemická havárie může opět nastat. Z tohoto důvodu jsou zaváděny nejrůznější bezpečnostní opatření, mezinárodní legislativa atd. [30].

*Tab. 1 – Chemické havárie z hlediska pravděpodobnosti vzniku a dopadů [30]*

Typ chemické havárie	Pravděpodobnost vzniku havárie	Smrtelné nebezpečí pro osoby	Ekonomický potenciál ztrát
Požár	vysoká	malé	střední
Exploze	střední	střední	vysoký
Výron toxických plynů	malá	vysoké	malý

## 2.12 Chemické havárie v historii

### 2.12.1 Seveso

1976 – Itálie

Jedná se o jednu z nejznámějších průmyslových havárií, ke kterým došlo na území Evropy. K havárii došlo 10. 7. 1976 v Lombardii ve městě Seveso, které se nachází nedaleko Milána. Během pracovního klidu došlo v chemické továrně k explozi. Výsledky pozdějšího šetření odhalily, že příčinou havárie byla nekontrolovatelně probíhající exotermní reakce v reaktoru. Reaktor sloužil na výrobu 2,4,5-trichlorfenolu. Tato látka slouží jako meziprodukt na výrobu některých herbicidů a hexachlorofenu, baktericidního přípravku do mýdel, deodorantů, zubních past a šampónů [33].

Díky probíhající exotermní reakci došlo ke zvýšení tlaku a teploty v reaktoru. Byly překročeny kritické hodnoty a vzniknul 2,3,7,8-tetrachlordibenzoparadioxin (dále jen dioxin). Kvůli velkému tlaku se uvolnil pojistný ventil a obsah reaktoru se vypustil přímo do ovzduší. K úniku do ovzduší přispěl také fakt, že potrubí bylo vyvedeno mimo areál. Po zjištění úniku byla vydaná vyhláška, která stanovovala výstrahu obyvatelstvu na konzumaci ovoce, zeleniny a jiných plodin nacházejících se v okolí závodu. Předpokládalo se, že uniklá látka je trichlorfenol, a šířila se směrem na jih od továrny do obydlené oblasti, kde žilo několik tisíc lidí. Během následujících dní se začaly projevovat první příznaky především u dětí. Tyto příznaky představovaly především postižení kůže a trávicího traktu. Následně byl hlášen hromadný úhyn domácího zvířectva. V tento moment vzniklo podezření, že spolu s trichlorfenolem vzniká i jiná, ještě nebezpečnější látka. Tato látka byla identifikována až o 2 týdny později. Jednalo se o dioxin, který byl přítomen v tělech uhynulých zvířat, půdě a v rostlinách. Po tomto zjištění bylo zahájeno důkladné lékařské vyšetření a následná evakuace obyvatel z nejvíce postižených oblastí. Mezi tím bylo zahájeno mapování zamořeného území a rozdělení do zón. Dioxin je považován za jednu z nejtoxičtějších látek. Nebezpečnost dioxinu je umocněna komplexností toxicity, která má embryotoxické teratogenní, hepatotoxické a imunosupresivní účinky. K nejvíce zamořené zóně patřilo území o rozloze asi 1 km<sup>2</sup>, kde spadlo přibližně 95% dioxinu. Tato zóna byla dlouhodobě uzavřena. Při likvidačních pracích bylo zapotřebí použití skafandrů. K likvidaci dioxinu přispěla jeho citlivost k UV paprskům [33].

### **2.12.2 Havárie v Bhópálu**

1984 – Indie

K havárii v Bhópálu došlo v nočních hodinách z 2. na 3. 12. 1984 v chemickém závodě společnosti Union Carbide Corporation USA na výrobu insekticidu SEVIN. Z podniku uniklo velké množství methylisokyanátu. Látka má velmi výrazný dráždivý účinek. Příčinou havárie bylo vniknutí asi 900 litrů vody do nádrže obsahující kolem 40 tun methylisokyanátu s fosgenem. V důsledku exotermní reakce došlo k růstu teploty a následně ke zvýšení tlaku v nádrži. Kvůli tlaku pojistným ventilem unikl methylisokyanát a fosgen do okolí. Výsledkem havárie bylo 2 – 3 tisíce obětí, 150 – 500 tisíc intoxikovaných, z toho 50 – 80 tisíc s těžkými zdravotními následky. Důvodem vysokých ztrát bylo husté osídlení Bhópálu, nedostatečná bezpečnostní opatření, opožděné varování obyvatelstva a nepřipravenost obyvatelstva. Faktem zůstává, že rozsahem obětí a rozsahem zamoření životního prostředí se jedná o nejrozsáhlejší chemickou katastrofu. Po havárii se zpřísnily předpisy týkající se chemické bezpečnosti a ochrany životního prostředí [34].

### **2.12.3 Flixborough**

1974 – Velká Británie

1. června 1974 došlo ve Flixborough k rozsáhlé explozi. Výbuch zavinil únik velkého množství cyklohexanu. Cyklohexan vytvořil hořlavou směs, která se následně vznítla. V 16:53 hodin došlo k masivnímu výbuchu, který způsobil četné požáry. Na místě bylo 28 zaměstnanců zabito a dalších 36 utrpělo různá zranění. Uvádí se, že počet obětí by byl mnohem větší, kdyby k incidentu došlo v pracovní dny. Dále bylo v důsledku exploze v okolí podniku zraněno 53 obyvatel a bylo poškozeno cca 1800 budov v blízkosti areálu. Škody se odhadli na 140 mil. dolarů [36].

## 2.13 Chemické havárie v historii ČR

V ČR má chemický průmysl významnou roli. Jako definici chemického průmyslu v ČR, můžeme použít odvětvovou klasifikaci ekonomických činností, která definuje chemický průmysl jako celek tvořený třemi agregacemi:

- Agregace rafinérské zpracování ropy;
- agregace chemický a farmaceutický průmysl;
- agregace gumárenský a plastikářský průmysl [37].

V těchto odvětvích je ovšem přítomnost hrozby vzniku chemické havárie. ČR v těchto ohledech není výjimkou. Ačkoli se na našem území nepříhodila žádná výrazná havárie, i tak se zde vyskytly události, které by se neměly přehlížet [37].

Tab. 2 – Významné chemické havárie v ČR [37]

Datum	Podnik	Popis havárie	Dopady
15. – 23. 8. 2002	SPOLANA a.s., Neratovice	Zatopení podniku při povodních 2002 zapříčinil vztlak k uvolnění zásobníků a narušení potrubních rozvodů s chlórem. Nastal únik cca 80,8 tun chlóru a z toho 760 kg se uvolnilo do ovzduší.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vliv na ekologii a životní prostředí;</li><li>• omezení obyvatelstva v okolí podniku.</li></ul>
26. 12. 2002	BorsodChem- MCHZ s.r.o., Ostrava	Výbuch zásobníku ve výrobně nitrobenzen.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Škody cca 100 mil Kč.</li></ul>
21. 11. 2002	Spolek pro chemickou a hutní výrobu a.s., Ústí nad Labem	Výbuch s následným požárem v provozu umělé pryskyřice II. Celý provoz zničen požárem, který představoval cca 80 tun surovin.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Majetkové škody a následná demolice a sanace - 166,8 mil Kč.</li></ul>
13. 1. 2003	Sellier & Bellot, a.s.	Výbuch čerpací jímky na výrobu třaskavé rtuti poblíž podniku.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Úmrtí jedné osoby</li></ul>
28. 2. 2003	BP ČR v.o.s.	Únik propan butanu a následný výbuch.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Několik zraněných osob.</li></ul>

## 2.14 Synthos Kralupy a.s.

Synthos Kralupy a.s. vyrábí široký sortiment výrobků. Specializuje se především na styren-butadienové kaučuky, které se vyrábí pod obchodním názvem KRALEX. Hlavní využití těchto produktů je v gumárenském a obuvnickém průmyslu. Dále se využívá při výrobě drobných domácích doplňků a sportovních potřeb. KRASTEN je obchodní značka pro standardní nebo houževnatý polystyren. KRASTEN se uplatňuje především v elektrotechnickém, spotřebním a potravinářském průmyslu. Další produkt, zpěňovatelný polystyren KOPLEN, je používán převážně ve výrobě tvarovek, fólií, bloků, izolačních desek a obecně ve stavebnictví [37].

V zařízeních Synthos Kralupy a.s. je manipulováno s chemickými látkami a přípravky. Ty jsou klasifikovány jako hořlavé, toxické a životnímu prostředí nebezpečné. Jedná se jak o pevné látky, kapaliny, tak i zkapalněné plyny.

Zóna havarijního plánování (příloha 3) je založena na základě typu a množství těchto nebezpečných látek: amoniak a 1,3-butadien. V objektu se dále zachází s ethylbenzenem, styrenem, C4 frakcí aj.[37].

### 2.14.1 Vnější havarijní plán podniku

Vnější havarijní plán je zpracováván pro řešení možných závažných havárií, které mohou vzniknout v objektech se zdroji rizik provozovatelů:

- Synthos Kralupy a.s.;
- ČESKÁ RAFINÉRSKÁ, a.s.;
- UNIPETROL DOPRAVA s.r.o., Závod vlečka Kralupy;
- Linde Gas a.s.;
- KRALUPOL, s.r.o.;
- Cray Valley Czech, s.r.o.
- Butadien Kralupy a.s.;
- AVE Kralupy s.r.o.;
- TAMERO INVEST, s.r.o.;
- Synthos PBR s.r.o.

Závažné havárie mohou v rámci VnHP být důvodem úniku toxických látek za hranice areálu Synthos Kralupy a.s. – únik, amoniaku. Druhým důvodem je ohrožení území za hranicemi areálu Synthos Kralupy a.s. následky výbuchu – exploze butadienu, propanu, butanu, LPG, styrenu, propylenu, zkapalněných ropných plynů [37].

V tabulce 3 jsou detailní zeměpisné údaje polohy podniku Synthos. V tabulce 4 je součet počtu obyvatel žijících v okolí podniku.

*Tab. 3 – Zeměpisné údaje podniku [37]*

<b>Zeměpisné údaje</b>	<b>Synthos Kralupy a.s.</b>
zeměpisná šířka	50° 16' 20,7''
zeměpisná délka	14° 19' 34,4''
výška místa nad hladinou moře	170 m

*Tab. 4 – Počet obyvatel v okolí podniku Synthos Kralupy a.s. [37]*

<b>Obec</b>	<b>Počet obyvatel</b>	<b>Vzdálenost od podniku Synthos</b>
Kralupy nad Vltavou	17 495	1 500 m
Chvatěruby	413	1 000 m
Veltrusy	1 575	800 m
Kozomín	256	1 500 m
Úžice	761	2 500 m
Zlončice	213	1 900 m
Celkem počet obyvatel	20 713	

### **2.14.2 Vlastní síly a pro středky podniku Synthos Kralupy, a.s**

Hlavním úkolem Hasičského záchranného sboru společnosti Synthos Kralupy, a.s. je zabezpečovat požární ochranu, technickou a technologickou pomoc spojenou s úniky nebezpečných látek nebo zdravotnickou pomoc v areálu podniku [38].

V rámci hasičského záchranného sboru podniku Synthos Kralupy, a.s. je personální obsazení směn HZS složeno z:

- 1 velitel směny;
- 2 velitele družstev;
- 7 strojníků;
- 2 technici;
- 1 specialista HP;
- 2 dispečeri.

Celkem je směna tvořena z 15 zaměstnanců zařazených do jednotky HZS podniku [39].

Denní zaměstnanci:

- 1 vedoucí provozu PHHS;
- 1 zástupce vedoucího provozu PHHS;
- 1 mechanik dýchací techniky;
- 1 mechanik hasící techniky.

Celkem na denní směně působí 4 zaměstnanci podniku, kteří jsou zařazeni do jednotky HZS podniku. Celkový chod HZS zabezpečují 4 směny, které slouží po 12 hodinách [39].

Přehled technického vybavení HZSP Synthos je uveden v příloze 5.



### 3 Cíl práce a hypotézy

Cílem práce v praktické části je zpracování analýzy rizik, provedení modelace a jejich vyhodnocení, SWOT analýza, stanovení doporučení a komparace výsledků s bezpečnostní dokumentací podniku Synthos Kalupy nad Vltavou. Výsledky budou dosaženy pomocí softwarových nástrojů ALOHA a TerEx v modelovém případě úniku amoniaku, 1,3-butadienu a styrenu ze zásobníků. Před samotnou modelací bude provedena analýza rizik podniku pro posouzení míry rizika jednotlivých hrozeb.

#### Hypotézy

**HYPOTÉZA 1** Únik NCHL představuje největší riziko v podniku a lze jej zařadit mezi nejvýznamnější zdroje ohrožení.

**HYPOTÉZA 2** Modelované úniky nepřesáhnou hranice zóny havarijního plánování podniku o více než 10% v nebezpečných koncentracích.

**HYPOTÉZA 3** Výsledky modelace v ALOHA a TerExu se nebudou lišit o více než 10 %.

## **4 Metodika**

### **4.1 Sběr dat a podkladů**

Při zpracovávání diplomové práce, která se skládá z části teoretické a praktické, byly uplatněny zejména metody analýzy. Teoretická část, která se zabývá především nebezpečnými látkami a havarijní připraveností, je zpracována formou analýzy platných právních předpisů, dostupné odborné literatury a relevantních internetových zdrojů.

### **4.2 Analytické metody**

V praktické části jsou použity analytické metody jako: analýza rizik, SWOT analýza, modelace v programech ALOHA a TerEx. Praktická část je také odborně konzultována se zaměstnanci podniku Synthos na úrovni krizového řízení.

#### **4.2.1 Analýza rizik**

Pro stanovení míry rizika byla použita metoda matice rizik. Nejprve bylo nutné vytvořit tabulku frekvence, která určila časové období pravděpodobného vzniku daného nebezpečí. Dále byly stanoveny možné následky. Do vzorce byly zahrnuty tyto následky: dopad na život a zdraví osob, ekonomické a společenské dopady a v neposlední řadě dopady na životní prostředí. Po stanovení těchto hodnot byla pomocí vzorce vypočítána míra rizika jednotlivých mimořádných událostí, které se týkají podniku Synthos.

#### **4.2.2 SWOT analýza**

SWOT analýza je plánovací metoda, která se užívá ke zhodnocení systému, místa projektu, nebo v případě této práce - podniku. Zahrnuje určení cíle, kterého má například podnik dosáhnout a identifikuje vnitřní a vnější faktory, které mohou mít na dosažení cíle příznivý či nepříznivý vliv. Výstupem SWOT analýzy je matice zahrnující všechny zmíněné faktory.

### 4.2.3 Modelování

Jedná se o postup získání informací, které zobrazují zkoumaný objekt po grafické stránce pomocí obrázků, tabulek a grafů. V diplomové práci byly pro modelaci použity programy ALOHA a TerEx. Modelace posloužila k zobrazení úniku amoniaku 1,3-butadienu a styrenu z chemického provozu Synthos.

Pro získání vstupních hodnot potřebných pro modelaci v programech ALOHA a TerEx jsou využity parametry získané z bezpečnostní dokumentace podniku Synthos, jednalo se převážně o množství látky v jednotlivých zásobnících, jejich umístění, typ zásobníku, skupenství dané látky a teploty uvnitř zásobníku. Meteorologické podmínky jsou stanoveny na základě údajů z databáze pro konkrétní zvolené datum úniku. Konkrétně z [www.accuweather.com](http://www.accuweather.com).

### 4.2.4 Program ALOHA

Program ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) je nástroj pro modelování úniků nebezpečných (toxických, hořlavých, výbušných) látek do atmosféry. Tento nástroj modeluje nebezpečnou zónu (Threat zone), kde nastává ohrožení vlastnostmi uniklé látky na základě řady vstupních údajů a externích vlivů. Funkce programu je v některých vlastnostech podobná programu TerEx, z čehož vyplývá i jeho nasazení v obdobných situacích. ALOHA se od TerExu odlišuje menším počtem látek v základní databázi, naopak z hlediska modelů šíření se jedná o propracovanější nástroj. Program má možnost zobrazit zákresy pouze v prostředí GIS systémů MAPLOT a ArcView (pomocí transformace nástrojem ALOHA ArcTools). Nicméně rozsah a možnosti numerických výsledků a výpočtů staví ALOHA na úroveň nástrojů vyšší kvality. Tato aplikace, je na rozdíl od komerčního produktu TerEx, k dispozici zdarma americkou organizací – National Ocean Service, Office of Response and Restoration. Její vývoj trval cca 25 let. Z toho údaje vyplývá, že program disponuje širokou podporou (mapovou) oblastí severoamerického kontinentu a dále je zde značné ověření nástroje praxí. Pro rozšíření základních vlastností programu jsou k dispozici zdarma další programy od NOAA. Kromě již zmíněného Arc Tools pro podporu transformace zákresů do vrstev ArcView, jsou to databáze látek CAMEO a jednoduchý GIS prohlížeč MAPLOT [40]. Pro vyhodnocení koncentrací chemické látky v ovzduší se používají limity koncentrací AEGL, ERPG, IDLH [41].

#### 4.2.5 TerEx

TerEx je software určen pro rychlý odhad následků teroristických útoků, úniků nebezpečných látek, průmyslových havárií a následků útoků chemickými, biologickými a jadernými zbraněmi. Tento nástroj je prioritně určený pro rychlý odhad následků havárií a teroristických nebo vojenských útoků. V praxi má rozsáhlé využití pro operativní jednotky IZS. Lze ho aplikovat přímo na místě, tak i v řídicím středisku. Používá se rovněž pro analýzy rizik při územním plánování, navrhování zástavby v okolí komunikací a výrobních závodů, pojišťovnictví apod. Program poskytuje výsledky i při nedostatku konkrétních vstupních informací. TerEx předpovídá následky založené na konzervativní prognóze – výsledky odpovídají takovým podmínkám, při kterých dojde k maximálním možným následkům, jinak řečeno – nejhorší varianta. Základem TerExu je devět základních modelů mimořádných událostí, které zahrnují různé typy havárií a teroristických útoků. Dále disponuje seznamem nebezpečných látek, které při těchto událostech připadají v úvahu. Tento seznam je rovněž možné zadat podle přání uživatele, jak na kompletní databázi, tak na vybrané látky. Důležitým pomocníkem uživatele je průvodce pro rychlý odhad, díky kterému lze rychle a bez odborných znalostí vyhodnotit dopad mimořádné události. Každá událost se může zaznamenat do databáze mimořádných událostí, kde je možné ji kdykoliv vyvolat a porovnat s dalšími událostmi. TerEx má návaznost na geografický informační systém. Pomocí tohoto systému lze výsledky přímo zobrazovat v mapách [42].

#### 4.2.6 Vyhodnocení modelací

Pro vyhodnocení modelací bylo využito koncentrací pro jednotlivé látky a vyhodnocení jejich dosahů v čase a prostoru. Koncentrace v modelaci byly klasifikovány v AEGL, ERPG, IDLH a pro amoniak HPK a HAU.

##### **Koncentrace AEGL**

**AEGL – 1** – Koncentrace nebezpečné látky ve vzduchu, nad kterou se předpokládá, že běžná populace, včetně vnímavých jedinců, může zakusit patrné nepohodlí, podráždění, nebo určité, smysly nepostřehnutelné, symptomatické příznaky. Účinky nejsou oslabující, jsou přechodné a vratné po přerušení expozice.

**AEGL – 2** – Koncentrace nebezpečné látky ve vzduchu, nad kterou se předpokládá, že běžná populace, včetně vnímavých jedinců, může zakusit nevratné nebo jiné vážné, dlouhotrvající nepříznivé zdravotní účinky, nebo může dojít k zhoršené schopnosti úniku.

**AEGL – 3** – Koncentrace nebezpečné látky ve vzduchu, nad kterou se předpokládá, že běžná populace, včetně vnímavých jedinců, může zakusit zdravotní účinky ohrožující život nebo může dojít k smrti [41].

### **Koncentrace ERPG**

**ERPG – 1** – Hodnota maximální koncentrace látky v ovzduší, do které je možno se domnívat, že téměř všichni jednotlivci by mohli být nechráněni po dobu jedné hodiny, aniž by zakusili jiné, nežli mírné přechodné nepříznivé účinky na svém zdravotním stavu nebo postřehli zřetelně nepříjemný zápach.

**ERPG – 2** - Hodnota maximální koncentrace látky v ovzduší, do níž je možno se domnívat, že téměř všichni jednotlivci by mohli být nechráněni po dobu jedné hodiny, aniž by zakusili nebo se u nich vyvinuly nezvratné nebo další vážné účinky nebo příznaky, které by mohly poškodit jejich schopnosti podniknout záchrannou činnost.

**ERPG – 3** – Hodnota maximální koncentrace látky v ovzduší, do níž je možno se domnívat, že téměř všichni jednotlivci by mohli být nechráněni po dobu jedné hodiny, aniž by zakusili nebo se u nich vyvinuly účinky ohrožující zdraví nebo život [41].

### **Koncentrace IDLH**

**IDLH** – Koncentrace nebezpečné látky, která bezprostředně ohrožuje zdraví nebo život [41].

### **Koncentrace HPK**

Jedná se o havarijní přípustnou koncentraci, která je limitní koncentrací plynu, páry nebo aerosolu látky v ovzduší. Tato koncentrace stanovuje hodnoty, kterým se mohou vystavit záchranáři při záchrane osob bez prostředků individuální ochrany po dobu 10 minut, resp. 60 minut [50].

## **Koncentrace HAU**

Jedná se o havarijní akční úroveň, která je limitní koncentrací plynu, páry nebo aerosolu látky v ovzduší, při které je nutné obyvatelstvo evakuovat ze zamořeného prostoru do 20 minut nebo 120 minut od zahájené inhalace (HAU – 20, HAU – 120) [50].

## 5 Výsledky

### 5.1 Analýza rizik

Pro stanovení míry rizika v podniku byl použit vzorec:

$$R = F * N$$

V tomto vzorci představuje:

- R = Míra rizika, která představuje číselnou hodnotu vztahu mezi pravděpodobností a následky mimořádné události;
- F = Frekvence, která udává počet opakování mimořádné události za daný časový úsek;
- N = Následky, které představují souhrn nepříznivých účinků mimořádné události.

#### 5.1.1 Frekvence

V tabulce 5 jsou časová období, která jsou stanovena tak, aby reálně odpovídala potřebám analýzy rizik podniku. K těmto obdobím jsou přiřazeny určité frekvence, která udává počet opakování MU.

Tab. 5 – Frekvence

Časové období	Frekvence
1 x za několik měsíců – 1 až 6 měsíců	10
1 x za více měsíců až rok - 7 až 12 měsíců	9
1 x za n 2 až 4 roky	8
1 x za 5 až 10 let	7
1 x za 2 až 3 desetiletí	6
1 x za 4 až 9 desetiletí	5
1 x za cca 100 let	4
1 x za 2 až 4 století	3
1 x za více století	2
1x za 1000 let a více	1

### 5.1.2 Následky

Pro vypočítání následků byly stanoveny čtyři základní koeficienty:

- Koeficient dopadu na životy a zdraví (Ko);
- koeficient ekonomických dopadů (Ke);
- koeficient společenských dopadů (Ks);
- koeficient dopadu na životní prostředí (Kžp).

Tyto koeficienty byly následně zasazeny do vzorce:

$$N = (K_o * V_{K_o}) + (K_{žp} * V_{K_{žp}}) + (K_e + V_{K_e}) + (K_s * V_{K_s})$$

Tabulka 6 udává koeficient dopadu na životy a zdraví ohrožených osob. Počty ohrožených osob byly stanoveny podle počtu obyvatel mající trvalé bydliště v okolí podniku a počtu zaměstnanců.

Tab. 6 – Koeficient dopadu na životy a zdraví (Ko)

Počet ohrožených osob	Koeficient dopadu na životy a zdraví (Ko)
Bez ohrožení	0
1 – 10 osob	1
10 – 20 osob	2
20 – 50 osob	3
50 – 100 osob	4
100 – 200 osob	5
200 – 500 osob	6
500 – 1 000 osob	7
1 000 – 5000 osob	8
5000 – 10 000 osob	9
10 000 – 20 000 osob	10

Nedílnou součástí analýzy rizik je koeficient ekonomických dopadů. Při případné MU jsou nevyhnutelné materiální škody, které byly zakomponovány do tabulky 7.



Tab. 7 – Koeficient ekonomických dopadů (Ke)

Částka	Koeficient ekonomických dopadů (Ke)
Bez nákladů	0
Do 10 000,-	1
Do 50 000,-	2
Do 100 000,-	3
Do 500 000,-	4
Do 1 000 000,-	5
Do 5 000 000,-	6
Do 10 000 000,-	7
Do 50 000 000,-	8
Do 100 000 000,-	9
Nad 100 000 000,-	10

V tabulce 8 je uveden koeficient společenských dopadů, který je závislý na času, během kterého bude MU mít dopad na společnost. Časová rozmezí jsou zohledněna na charakter hrozeb, které svými následky mohou působit na okolní prostředí.

Tab. 8 – Koeficient společenských dopadů (Ks)

Čas	Koeficient společenských dopadů (Ks)
Bez omezujícího stavu	0
Do 1 hodiny	1
Několik hodin - 2 až 6 hodin	2
Více hodin - 6 až 12 hodin	3
Do 24 hodin	4
Několik dnů - 2 až 3 dny	5
Do 1 týdne	6
Více týdnů až do 1 měsíce	7
Do 6 měsíců	8
Do 12 měsíců	9
Více jak 1 rok	10

Koeficient dopadu na životní prostředí je důležitá část analýzy rizik. Zde určí možné poškození a ohrožení životního prostředí a převede se na patřičný koeficient.

*Tab. 9 – Koeficient dopadu na životní prostředí (Kžp)*

Poškození a ohrožení životního prostředí	Koeficient dopadu na životní prostředí (Kžp)
bez poškození a ohrožení	0
malé poškození a ohrožení	1-2
střední poškození a ohrožení	3-5
velké poškození a ohrožení	6-8
velmi velké poškození a ohrožení	8-10

Pro potřeby analýzy rizik je nutné započítat váhový koeficient jednotlivých chráněných zájmů, které jsou popsány v tabulce 10.

*Tab. 10 – Váhové koeficienty*

Chráněný zájem	Váhový koeficient	
	Označení	Hodnota
Životy a zdraví obyvatel	VKo	0,4
Životní prostředí	VKžp	0,2
Ekonomika	VKe	0,2
Společenská stabilita	VKs	0,2

### 5.1.3 Míra rizika

Míru rizik je nutné rozdělit podle výsledných hodnot. Z tohoto důvodu byly stanoveny tři kategorie rozdělení rizik:

1. Rizika přijatelná (zelená) jsou zařazena na úrovni rizika 0 – 10. Toto je kategorie, při kterých nejsou přijímána mimořádná opatření. Jedná o situace zvládnutelné v režimu běžné činnosti podniku.
2. Rizika podmíněně přijatelná (žlutá) jsou zařazena na úrovni rizika 11 – 29. Tato rizika vyžadují přijímání opatření vedoucích k jejich eliminaci. Jsou to situace zvládnutelné v režimu běžné činnosti složek IZS a příslušných správních úřadů.

3. Rizika nepřijatelná (červená) jsou zařazena na úrovni rizika 30 a výše. Pokud nastane taková to situace, jsou vyžadována opatření zahrnující havarijní a krizové plánování.

Tab. 11 – Míra rizika

Riziko	Mimořádná událost	Frekvence	Následky				Míra rizika
			Ko	Kžp	Ke	Ks	
R1	Sesuv půdy následkem dešťů	1	1	1	6	6	3
R2	Aktivní střelec	2	3	0	2	4	4,8
R3	Pád kosmických těles	1	7	5	10	8	7,4
R4	Zemětřesení	2	6	2	5	3	8,8
R5	Planý poplach	7	0	0	6	2	11,2
R6	Pád letadla	2	6	3	7	7	11,6
R7	Teroristický čin	2	8	2	7	6	12,4
R8	Nepříznivé účinky počasí	9	1	0	3	3	14,4
R9	Rozsáhlé mechanické a statické poruchy staveb a zařízení	4	3	0	7	8	16,8
R10	Dopravní havárie	8	1	2	5	2	17,6
R11	Narušení dodávek energií	7	1	0	7	5	19,6
R12	Povodně	5	2	5	5	6	20
R13	Exploze uvnitř budovy	6	4	2	7	7	28,8
R14	Exploze mimo budovu	5	5	4	9	8	31
R15	Požár mimo budovu	7	3	5	6	8	35
R16	Požár uvnitř budovy	8	4	2	6	7	36,8
R17	Únik NCHL	8	4	6	7	5	41,6

#### 5.1.4 Vyhodnocení analýzy

V rámci analýzy rizik bylo v tabulce 11 vyhodnoceno, že rizika R1 – R4 mohou být podle jejich míry rizika považována za přijatelná. Je to z důvodu, že pravděpodobnost vzniku některé z těchto mimořádných událostí a jejich dopadů je velmi malá. Planý poplach (R5) má sice velkou frekvenci, ale jeho následky by nepředstavovaly významnou hrozbu. Rizika R6 a R7 naopak mají větší následky, ale v rámci jejich frekvence, která vyplývá z počtu výskytů těchto událostí v ČR. Tato rizika jsou proto podmíněně přijatelná. Za nepříznivé účinky počasí (R8) jsou v analýze považovány zejména přivalové deště, bouřky, krupobití, silný vítr a extrémní teploty. Tyto účinky svým charakterem a dopady jsou řazeny do podmíněně přijatelných rizik. Do stejného rozdělení rizik spadá také rozsáhlé mechanické a statické poruchy staveb a zařízení (R9) a dopravní havárie (R10). Dále z analýzy vyplývá, že povodně (R12) jsou považovány za podmíněné riziko. Ačkoli na území ČR se velké povodně vyskytují v posledních letech častěji, díky svému umístění je menší pravděpodobnost, že podnik Synthos Kralupy bude zcela, nebo částečně zatopen. Z tohoto důvodu je míra rizika podmíněně přijatelná, narozdíl například od podniku Spolana Neratovice.

Za nepřijatelná rizika v podniku Synthos byly v rámci analýzy vyhodnoceny: exploze mimo budovu, požár uvnitř a mimo budovy a především únik NCHL.

Z analýzy vyplývá, že exploze v areálu (R14) je nebezpečnější, než exploze uvnitř budov (R13). Ovlivňuje to především ten faktor, že exploze uvnitř budovy má menší následky, kde stěny budovy mohou zmírnit samotnou explozi a zároveň by mohly částečně zmírnit případný únik NCHL. Exploze mimo budovy může díky šrapnelům poškodit okolní budovy, zásobníky a rozvodné potrubí chemických látek. Dále exploze může ohrozit životy a zdraví lidí ve větším perimetru od epicentra výbuchu. Samotný výbuch může rovněž zapříčinit vznik domino efektu, kdy v důsledku exploze nebo požáru může dojít i k poškození zásobníků s chemickými látkami a k jejich úniku nebo vznícení (styren).

Požáry (R15, R16) jsou dalšími nepřijatelnými riziky. Důvodem je přítomnost velkého množství hořlavých látek, se kterými je v podniku manipulováno. Kvůli rozsáhlému požáru může dojít k domino efektu, který by mohl zapříčinit velké negativní následky. Samotný požár nejen že by měl devastující následky, však kvůli přítomnosti mnohých nebezpečných chemických látek může díky jejich hoření dojít k uvolnění NCHL.

Únik NCHL (R17), podle analýzy rizik, představuje nejvýznamnější nepříjemné riziko, které může v podniku Synthos nastat. Důvodem je velké množství NCHL, které je v podniku skladováno. K velkému riziku přispívá, že s těmito látkami je zde ve velkém manipulováno a využíváno na výrobu různých produktů, které podnik dále uvádí do distribuce. K velké míře rizika přispívá i fakt, že podnik sousedí s městem Kralupy nad Vltavou, kde žije mnoho lidí, kteří mohou být potencionálně ohroženi únikem NCHL. Z těchto důvodů by měla být brána největší pozornost právě na tuto problematiku, která svojí mírou rizika dělá z podniku Synthos potencionální hrozbu.

## **5.2 Amoniak**

### **5.2.1 Popis**

Amoniak (čpavek) je čirý bezbarvý plyn se silným charakteristickým zápachem. Plyn je obecně považován za nehořlavý, ale spaluje v určitých mezích koncentrace par a při silném zapálení. Přestože je plyn lehčí než vzduch, páry z netěsnosti v počáteční kontaminaci zamoří nejdříve půdu. Dodává se také jako kapalina, která je pod vlastním tlakem par. Kontakt s neupravenou kapalinou může způsobit omrzliny. V přítomnosti oleje nebo jiných hořlavých materiálů se zvyšuje nebezpečí požáru. Dlouhodobé vystavení kontejnerům požáru nebo teple může způsobit roztržení zásobníku. Dlouhodobé vdechování nízkých koncentrací par nebo krátkodobá inhalace vysokých koncentrací má nepříznivé zdravotní účinky. Amoniak má využití v zemědělství jako hnojivo, nebo se využívá k výrobě pesticidů. Dále slouží jako chladiivo (zimní stadióny) a je také hojně využíván při výrobě jiných chemikálií. Základní fyzikální vlastnosti a další informace o amoniaku jsou popsány v tabulce 12 [43, 44, 45].

### 5.2.2 Reakce amoniaku

Čpavek je dobře rozpustný ve vodě. Míchání čpavku s několika chemikáliemi může způsobit vážné požáry nebo výbuchy. Amoniak je nekompatibilní s mnoha materiály, jako je stříbro, zlato, halogen, alkalické kovy, chlorid dusíku a mnoha dalších chemikálií. Při míchání s jinými chemikáliemi nebo vodou může dojít k nebezpečné polymeraci [43, 44].

### 5.2.3 Zdravotní rizika

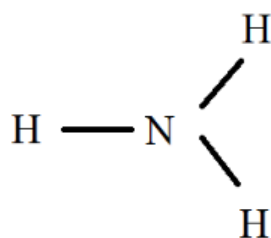
Páry mohou způsobit podráždění očí a dýchacích cest. Kapalný amoniak může při kontaktu s pokožkou způsobit poleptání pokožky a očí. Dále kontakt s kapalinou může způsobit omrzliny. Amoniak ve vzduchu za nízkých koncentrací může způsobit kašel, podráždění očí a nosních sliznic. Při velkých koncentracích se příznaky projevují profuzním slzením, silnými bolestmi v očích, dušením, záchvaty kašle, závratě a zvracení [45].

Tab. 12 – Základní fyzikální vlastnosti a další informace o amoniaku [43, 44].

Název	Amoniak (čpavek)
Chemický vzorec	HN <sub>3</sub>
Dolní mez výbušnosti	16%
Horní mez výbušnosti	25%
Teplota samovznícení	651,1 °C
Bod tání	- 77,7 °C
Bod varu	- 33,35 °C
Molekulová hmotnost	17,03 g/mol
Tenze par	800 kPa /20 °C
Hustota par	0,6 (vzduch=1)
UN kód	1005
Kemlerův kód	268
Číslo CAS	7664-41-7



Obr. 3 – Značení GHS amoniaku [51]



Obr. 4 – Chemický vzorec amoniaku

## 5.3 1,3-butadien

### 5.3.1 Popis

1,3-butadien je syntetický bezbarvý plyn. Používá se především jako monomer pro výrobu mnoha různých typů polymerů a kopolymerů. Dále se používá jako chemický meziproduct při výrobě průmyslových chemikálií. Většina butadienů je polymerizována za účelem výroby syntetického kaučuku. Při zahřátí vylučuje 1,3-butadien akrylové výpary, které jsou hořlavé. Z tohoto důvodu není 1,3-butadien vhodný pro laboratorní použití. Za přítomnosti vzduchu dochází k oxidaci, při které se vytváří výbušné peroxidy. Výfukové plyny motorových vozidel jsou stálým zdrojem 1,3-butadienu. Přestože 1,3-butadien se v atmosféře rychle rozkládá, obvykle se nachází v ovzduší na nízké úrovni v městských a příměstských oblastech. Základní fyzikální vlastnosti a další důležité informace o 1,3-butadienu jsou popsány v tabulce 13. [43, 44, 46].

### 5.3.2 Zdravotní rizika

Primární cestou expozice do organismu člověka je inhalace. Akutní expozice 1,3-butadienu může způsobit podráždění očí, nosních cest a hrdla. Při velmi vysokých koncentracích může vdechování tohoto plynu způsobit bolesti hlavy, únavu, snížený krevní tlak a pulz, poškození centrální nervové soustavy a bezvědomí. Je známo, že je to lidský karcinogen. Epidemiologické studie ukázaly souvislost mezi expozicí 1,3-butadienu a zvýšeným výskytem leukemie. [43, 44, 46].

### 5.3.3 Reakce 1,3-butadienu

1,3-butadien je syntetický bezbarvý plyn, který je prakticky nerozpustný ve vodě, ale je dobře rozpustný v ethanolu, etheru, acetonu a benzenu [46].

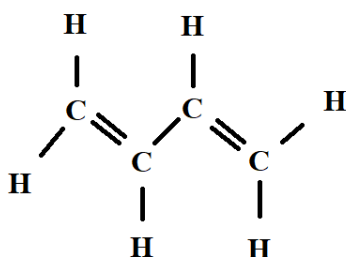
Tab. 13 – Základní fyzikální vlastnosti a další informace o 1,3-butadienu [43, 44].

Název	1,3-butadien
Chemický vzorec	$C_4H_6$
Dolní mez výbušnosti	1,9 %
Horní mez výbušnosti	20 %
Teplota samovznícení	464 °C
Bod tání	-108,9 °C
Bod varu	-4,4 °C
Molekulová hmotnost	54,09 g/mol
Tenze par	1,1 MPa /70 °C
Hustota par	1,1 (vzduch=1)
UN kód	1010
Kemlerův kód	239
Číslo CAS	106-99-0





Obr. 5 – Značení GHS 1,3-butadienu [51]



Obr. 6 – Chemický vzorec 1,3-butadienu

## 5.4 Styren

### 5.4.1 Popis

Styren je bezbarvá, těkavá kapalina s charakteristickým sladkým zápachem. Jako celosvětově nejvýznamnější nízkomolekulární látkou je styren hojně používán jako rozpouštědlo a je výchozí surovinou pro výrobu dalších polymerů, jako je polystyren. Mezi nejnámější výrobky, které jsou založeny na bázi styrenu jsou: pryže, umělé hmoty, izolace, sklolaminát, potrubí, automobilové součásti, obaly na potraviny, koberce a mnoho dalších. Do prostředí je styren uvolňován při samotné výrobě, mezi další zdroje patří chemický a petrochemický průmysl, spalování organické hmoty a odpadů, styren těká do ovzduší z výrobků, ve kterých je obsažen. Přirozeně se styren v přírodě nachází např. v míze stromů. Přítomnost styrenu je také v atmosféře, kde existuje pouze v plynné fázi. Zde reaguje s hydroxylovými radikály a ozónem. Poločas rozpadu je odhadován na 7 až 16 hodin. Styren v jisté míře způsobuje vznik fotochemického smogu. V půdě je nepohyblivý, snadno těká do

ovzduší a podléhá mikrobiálnímu rozkladu. Ve vodě je často vázán na sedimenty, mineralizuje, je rozkládán mikroorganismy, významný je také jeho zpětný odpar. Základní fyzikální vlastnosti a další informace o styrenu jsou popsány v tabulce 14 [43, 44].

#### **5.4.2 Reakce styrenu**

Páry jsou těžší než vzduch. Styren se špatně rozpouští ve vodě. Dobře se rozpouští v organických rozpouštědlech, jako jsou alkoholy, ethery, aceton a sirouhlík. Styren dále patří mezi těkavé organické látky. Styren podléhá procesu oxidace za vzniku peroxidů, které rovněž působí jako katalyzátor jeho polymerace [47].

#### **5.4.3 Zdravotní rizika**

Bioakumulační potenciál styrenu je nízký. Člověk může být při kontaktu se styrenem vystaven nebezpečí vdechnutím, požitím a kožním kontaktem. Při akutní expozici styren dráždí oči, dýchací i trávicí soustavu. Styren negativně ovlivňuje nervový systém. Ve vyšších dávkách vyvolává bolesti hlavy, poruchy vidění, křeče a deprese. U živočichů byl sledován výskyt podráždění pokožky, ztráty sluchu, poškození krve, jater, imunitního a nervového systému a také výskyt rakoviny. Styren je podle některých institucí považován za možný lidský karcinogen [48].

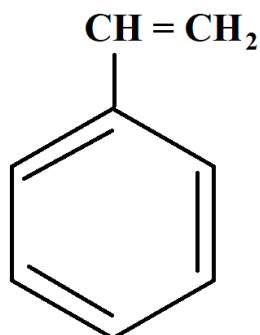
Styren je látka nebezpečná především pro lidské zdraví. Nebezpečný není jen čistý styren, problémem jsou i styrenové plasty. Těchto plastů se vyrábí velké množství. V prostředí se pomalu rozkládají a uvolňují styren [47].

Tab. 14 – Základní fyzikální vlastnosti a další informace o styrenu [43, 44].

Název	Styren
Chemický vzorec	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>
Dolní mez výbušnosti	1,2%
Horní mez výbušnosti	8,9%
Teplota samovznícení	490 °C při 1.013 hPa
Bod tání	-30,6 °C
Bod varu	145,2 °C
Molekulová hmotnost	104,15 g/mol
Tenze par	867 Pa /25°C
Hustota par	3,6 (vzduch=1)
UN kód	2055
Kemlerův kód	39
Číslo CAS	100-42-5



Obr. 7 – Značení GHS styrenu [51]



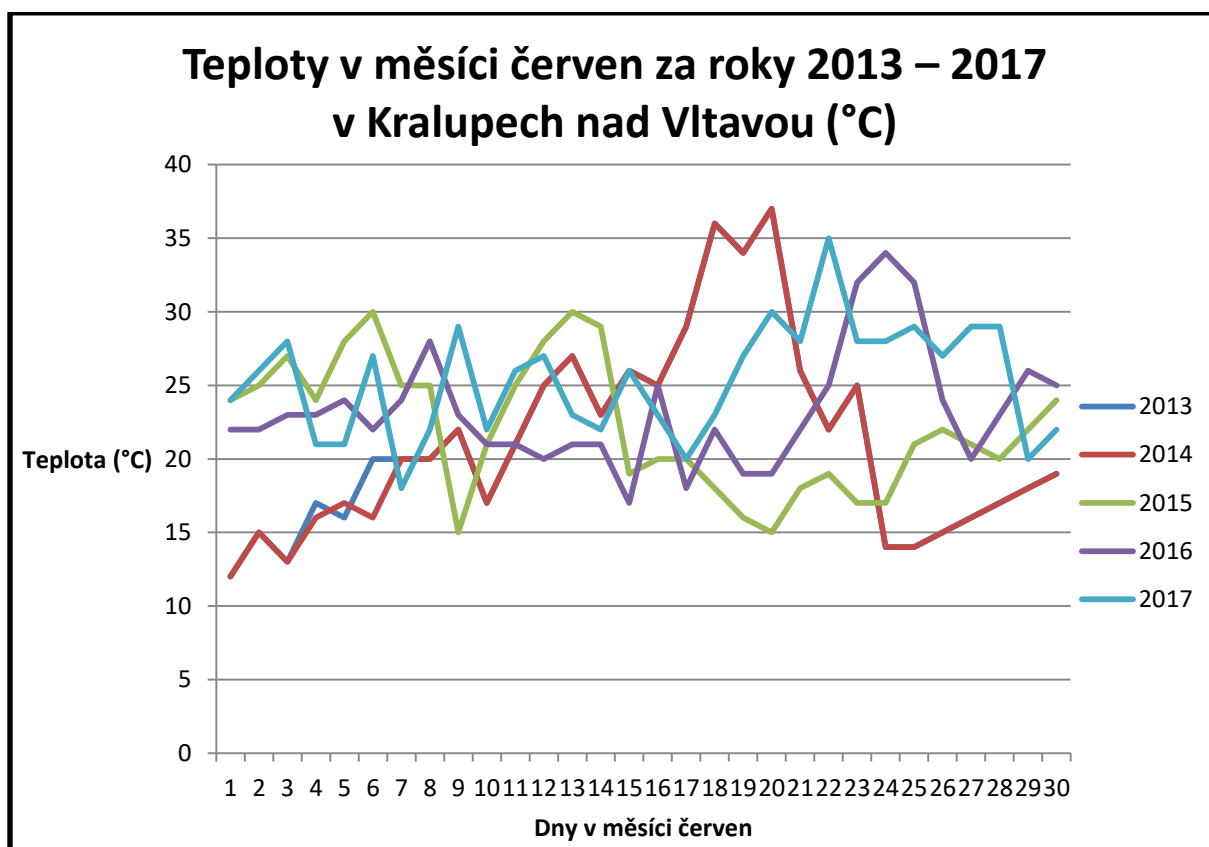
Obr. 8 – Chemický vzorec styrenu

## 5.5 Scénář úniku a zadávání vstupních hodnot

Pro účely modelace úniku bylo zvoleno datum 20. června 2018. Z výpočtu průměru teplot v měsíci červen, za posledních 5 let (jak je uvedeno v obrázku 9 a v příloze 1) vyplynulo, že ve zvoleném dni bude předpokládaná teplota 22,7 °C. Čas úniku je 12:00 hodin. Rychlost větru byla stanovena na 3 m/s a směr větru byl zvolen západ. Vlhkost vzduchu byla stanovena na 60%. Všechny tyto údaje se dají dohledat v databázích počasí Accu Weather a na ČHMÚ.

Dále scénář zahrnuje samotný únik, který vzniknul poté, co nádrž byla naplněna pomocí cisterny s NCHL. Při odpojení čerpacího zařízení došlo k netěsnosti uzávěru a k vzniku otvoru o velikosti 5 cm, kterým začala NCHL unikat do okolního prostředí.

Tento scénář je totožný pro všechny vzniklé modelace (amoniak, styren, 1,3 butadien) úniků ze zásobníků. Tvar zásobníků je ilustračně uveden v příloze 4.



Obr. 9 - Teploty v měsíci červen za roky 2013 – 2017 v Kralupech nad Vltavou (°C) [52]

### **5.5.1 Zadávání vstupních hodnot do programu ALOHA**

Primárním úkolem v programu ALOHA je zadání konkrétní lokality, pro kterou se bude modelovat únik nebezpečné látky. Pro tuto potřebu byla, dle zadání práce, stanovena lokalita Kralupy nad Vltavou, ve které se nachází podnik Synthos. Dále bylo stanoveno časové pásmo, datum a čas podle předem určeného scénáře. Zásadními vstupními hodnotami tohoto programu jsou atmosférické podmínky a zadání dané chemické látky, pro kterou je modelace určena. Podle scénáře byla stanovena venkovní teplota 22.7 °C, dále rychlost větru, směr, oblačnost a vlhkost vzduchu. Při zadávání určité chemické látky (v našem případě amoniak, styren a 1,3-butadien) bylo nutné stanovit skupenství, v jakém se daná látka v okamžiku úniku nachází. Nezbytné byly také vstupní hodnoty o samotném zásobníku, ze kterého bude modelován únik. Je nutné zadat jak rozměry a typ zásobníku, tak množství momentálně skladované látky. Dále bylo zapotřebí zadat údaje o otvoru, ze kterého uniká daná látka. Po zadání těchto údajů program zpracuje a vyhodnotí tuto situaci a poskytne výstupní hodnoty a data o úniku. S takto vytvořenými hodnotami je možné si podle potřeby vymodelovat grafické znázornění šíření toxického mraku a zjistit konkrétní koncentrace chemikálie v ovzduší v závislosti na vzdálenosti. Pro potřeby modelace je v programu ALOHA i funkce modelace exploze, či šíření požáru [53].

### **5.5.2 Zadávání vstupních hodnot do programu TerEx**

Stejně jako do programu ALOHA, tak do programu TerEx je nutné zadat vstupní hodnoty. Ovšem v programu TerEx je počet vstupních hodnot daleko menší. Tyto hodnoty se odvíjí od druhu chemické látky a jejího skupenství. Podobně jako v ALOHA i zde jsou základní vstupní údaje atmosférické podmínky, dále tlak a charakter otvoru úniku. Po zadání všech vstupních informací vznikne textový adresář výsledků, grafické a mapové stanovení zón se vzdálenostmi. Stanovené zóny jsou následující:

- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku;
- ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem;
- ohrožení osob toxickou látkou;
- doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [54].

## 5.6 Modelace úniku amoniaku

### 5.6.1 Vstupní hodnoty

Dle požadavků byly zadány vstupní hodnoty do modelovacích programů. V tabulce 15 jsou klíčové vstupní hodnoty pro modelaci úniku amoniaku do programu ALOHA. V další tabulce 16 jsou vstupní hodnoty pro modelaci úniku amoniaku do programu TerEx.

Tab. 15 - Vstupní hodnoty pro modelaci úniku amoniaku do programu ALOHA

Vstupní hodnoty pro modelaci úniku amoniaku do programu ALOHA	
Průměr zásobníku	3 metry
Délka zásobníku	9 metrů
Objem zásobníku	63,6 m <sup>3</sup>
Hmotnost amoniaku v nádrži	27 240 kg (70% celkového objemu zásobníku)
Průměr otvoru netěsnosti ventilu	5 cm
Teplota v a vně zásobníku	22,7 °C
Rychlost a směr větru	3 m/s východní
Vlhkost vzduchu	60%

Tab. 16 - Vstupní hodnoty pro modelaci úniku amoniaku do programu TerEx

Vstupní hodnoty pro modelaci úniku amoniaku do programu TerEx	
Teplota kapaliny v zařízení	22,7 °C
Přetlak v zásobníku	300 kPa
Průměr únikového otvoru	5 cm
Výška hladiny kapaliny v zásobníku	2,5
Rychlost větru	3 m/s
Oblačnost	50%
Typ povrchu	Obytná krajina

## 5.6.2 Výstupní hodnoty

Jak je uvedeno v tabulce 17, program ALOHA vyhodnotil zadanou situaci tak, že celkový únik amoniaku by měl podle zadaných hodnot unikat po dobu 49 minut. Během této doby by, podle programu, mělo do ovzduší uniknout 23 971 kg amoniaku v podobě plynu a aerosolu. Vliv na čas a množství uniklé látky do ovzduší ovlivňuje tlak, pod kterým je amoniak skladován. Z tohoto důvodu unikne do ovzduší 769 kg/min [53].

Tab. 17 - Výstupní hodnoty pro modelaci úniku amoniaku do programu ALOHA [53]

Výstupní hodnoty pro modelaci úniku amoniaku do programu ALOHA	
Doba trvání	49 min.
Rychlost úniku	769 kilogramů/min.
Celkový únik amoniaku ze zásobníku	23 971 kilogramů
Skupenství unikajícího amoniaku	Plyn a aerosol

## 5.6.3 Vzniklé koncentrace

V rámci modelace bylo nutné stanovit limity koncentrací v ovzduší. V programu ALOHA tak byly nastaveny limity typu AEGL, ERPG, IDLH, HAU a HPK. Tyto hodnoty byly graficky znázorněny a určeny vzdálenosti jednotlivých limitů od zdroje úniku. Jednotlivé vzdálenosti limitů jsou uvedeny v tabulkách 18, 19, 20, 21 a v příloze 6.

Tab. 18 - Koncentrace ERPG amoniaku [53]

ERPG	Koncentrace	Vzdálenost od zásobníku
ERPG - 1	25 ppm	6 300 m
ERPG - 2	150 ppm	2 400 m
ERPG - 3	1500 ppm	539 m

*Tab. 19 – Koncentrace AEGL amoniaku [53]*

AEGL	Koncentrace (60 min)	Vzdálenost od zásobníku
<b>AEGL – 1</b>	30 ppm	5 700 m
<b>AEGL – 2</b>	160 ppm	2 300 m
<b>AEGL – 3</b>	1100 ppm	660 m

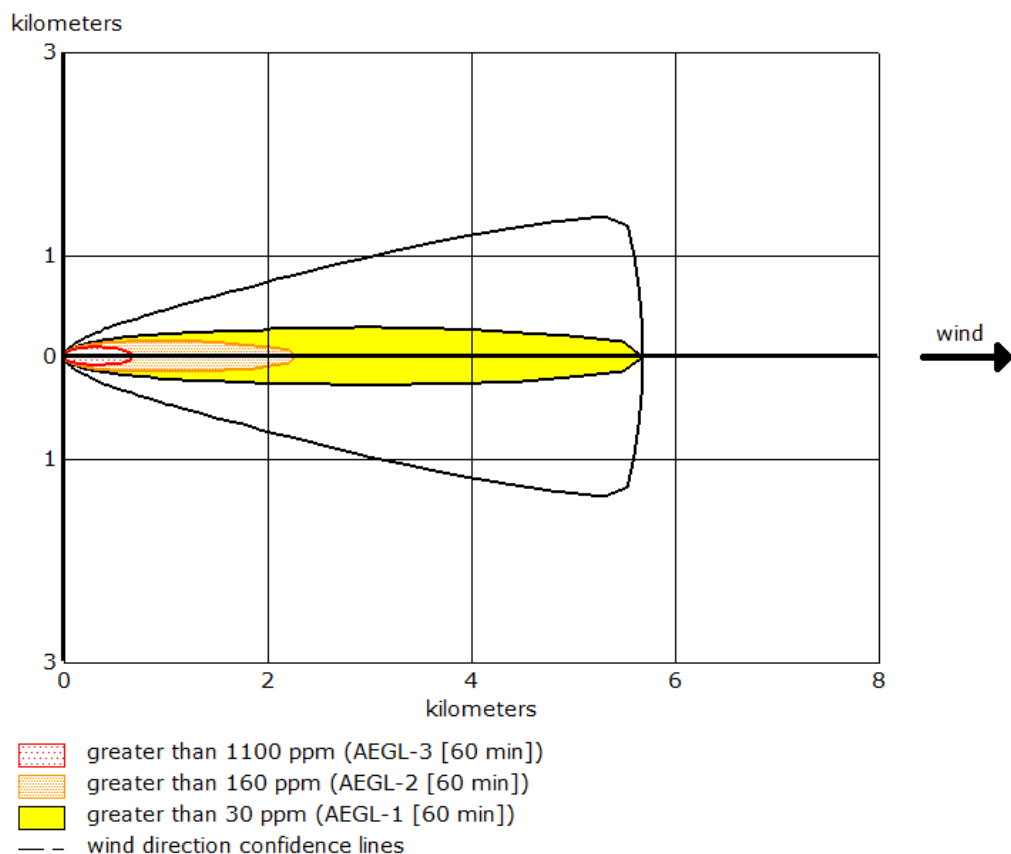
*Tab. 20 – Koncentrace IDLH amoniaku [53]*

	Koncentrace (vyšší než)	Vzdálenost od zásobníku
<b>IDLH</b>	300 ppm	1577 m

*Tab. 21 – Koncentrace HPK a HAU amoniaku [53]*

	Koncentrace (vyšší než)	Vzdálenost od zásobníku
<b>HPK – 10</b>	1500 ppm	535 m
<b>HPK – 60</b>	500 ppm	1 125 m
<b>HAU – 20</b>	500 ppm	1 125 m
<b>HAU – 120</b>	200 ppm	2 050 m





Obr. 10 – Modelace rozsahu úniku amoniaku v programu ALOHA [53]

Obrázek 10 znázorňuje vzdálenost koncentrací AEGL 1 – 3. Červená výseč znázorňuje oblast, ve které se nachází koncentrace amoniaku vyšších než 1 100 ppm. V této oblasti lze očekávat, že bude ohrožen život a zdraví obyvatel a zaměstnanců podniku. Oranžová výseč označuje zónu, kde zasažená osoba může pociťovat nepříznivé zdravotní účinky, však tyto koncentrace nemají vážný vliv na zdraví obyvatelstva. Tyto koncentrace dosahují hodnoty od 160 – 1 100 ppm. Žlutá výseč znázorňuje oblast, ve které lze amoniak v nízkých koncentracích naměřit. Tato koncentrace však není nebezpečná životu a zdraví. Tyto koncentrace dosahují hodnoty nad 30 ppm.

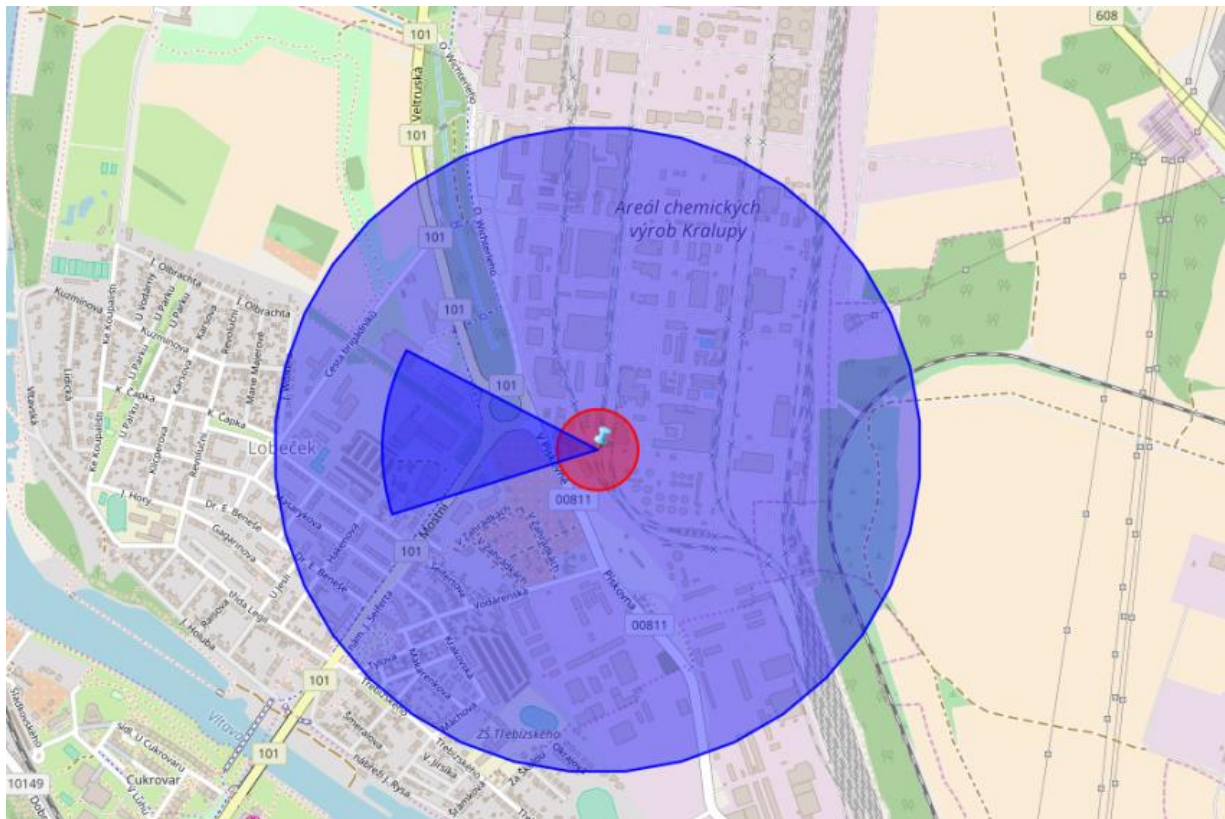
Z provedené modelace se také změřily koncentrace v konkrétních vzdálenostech. Tyto hodnoty koncentrací amoniaku jsou uvedené v určité vzdálenosti od zdroje úniku. Tabulky vzdáleností jsou v příloze 7. Důležitá je vzdálenost 10 metrů, která byla stanovena z důvodu předpokládání zásahu hasičů v ochranných oblecích. Ti by zde jednak zachraňovali případné zraněné, nebo by prováděli práce vedoucí k omezení nebo zastavení úniku amoniaku. Dále byla také stanovena vzdálenost 200 metrů. Vzdálenost je stanovena z důvodu vzdálenosti

frekventované komunikace mimo areál podniku. Poslední důležitá vzdálenost 500 metrů je stanovena z důvodu zasažení místní nákupní zóny a areálu místní střední odborné školy.

Výstupní hodnoty programu TerEx vyhodnotily daný scénář tak, že byly vytvořeny zóny a výseče určitých ohrožení znázorněných v tabulce 23. Program také vyhodnotil doporučenou vzdálenost evakuace od zdroje úniku. Tato zóna byla stanovena na vzdálenost 525 m od zdroje úniku.

*Tab. 22 – Vzdálenosti evakuace podle programu TerEx a další hodnoty – únik amoniaku [54]*

Evakuace	Vzdálenost (m)
Závažné poškození budov	37
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním	54
Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku	12
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem	99
Ohrožení osob toxickou látkou	525
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku.	787,5 (koncentrace 105,5 mg/m <sup>3</sup> )



Obr. 11 – Modelace rozsahu úniku amoniaku v programu TerEx [54]

Obrázek 11 zobrazuje modelaci úniku amoniaku dle zvoleného scénáře. Výšeč tmavě modré barvy vykresluje oblast, v níž jsou osoby ohrožené toxickým plynem. Měla by být provedena nezbytná evakuace. V tomto případě se jedná o vzdálenost do 525 m od místa úniku ve směru větru. Červený kruh je oblast ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem. Daná oblast je o poloměru 99 m. Modrý kruh určuje oblast pro doporučený průzkum toxické koncentrace, který v tomto případě představuje 787,5 m. Tmavě červená výšeč, nacházející se do vzdálenosti 12 m od zdroje úniku, zobrazuje oblast ohrožení osob prošlehnutím oblaku.

## 5.7 Modelace úniku 1,3-butadienu

### 5.7.1 Vstupní hodnoty

Dle požadavků byly zadány vstupní hodnoty do modelovacích programů. V tabulce 24 jsou klíčové vstupní hodnoty pro modelaci úniku 1,3-butadienu do programu ALOHA. V další tabulce 25 jsou vstupní hodnoty pro modelaci úniku 1,3-butadienu do programu TerEx.

Tab. 23 – Vstupní hodnoty pro modelaci úniku 1,3-butadienu do programu ALOHA

Vstupní hodnoty pro modelaci úniku 1,3-butadienu do programu ALOHA	
Průměr zásobníku	12 metry
Objem zásobníku	905 m <sup>3</sup>
Hmotnost 1, 3 butadienu v nádrži	530 000 kg (95% celkového objemu zásobníku)
Průměr otvoru netěsnosti ventilu	5 cm
Teplota v a vně zásobníku	22,7 °C
Rychlost a směr větru	3 m/s    východní
Vlhkost vzduchu	60%

Tab. 24 – Vstupní hodnoty pro modelaci úniku 1,3-butadienu do programu TerEx

Vstupní hodnoty pro modelaci úniku 1,3-butadienu do programu TerEx	
Teplota kapaliny v zařízení	22,7 °C
Přetlak v zásobníku	204 kPa
Průměr únikového otvoru	5 cm
Výška hladiny kapaliny v zásobníku	12 m
Rychlost větru	3 m/s
Oblačnost	50%
Typ povrchu	Průmyslová plocha

### 5.7.2 Výstupní hodnoty

Program ALOHA vyhodnotil zadanou situaci tak, že celkový únik 1,3-butadienu by měl podle zadaných hodnot unikat po dobu delší jak 60 min. Během této doby, by podle programu mělo do ovzduší uniknout 19 751 kg 1,3 butadienu v podobě plynu a aerosolu. Vliv na čas a množství uniklé látky do ovzduší ovlivňuje tlak, pod kterým je 1,3-butadien skladován. Z tohoto důvodu unikne do ovzduší 329 kg/min.

Tab. 25 – Výstupní hodnoty pro modelaci úniku 1,3-butadienu do programu ALOHA [53]

Výstupní hodnoty pro modelaci úniku 1,3-butadienu do programu ALOHA	
Doba trvání	60 min
Rychlost úniku	329 kilogramů/min
Celkový únik 1,3 butadienu ze zásobníku	19 751 kilogramů
Skupenství unikajícího 1,3 butadienu	Plyn a aerosol

### 5.7.3 Vzniklé koncentrace

V rámci modelace bylo nutné stanovit limity koncentrací v ovzduší. V programu ALOHA tak byly nastaveny limity typu AEGL, ERPG a IDLH. Hodnoty HPK a HAU pro 1,3-butadien nejsou k dispozici. Tyto hodnoty byly graficky znázorněny a dále byly určeny vzdálenosti jednotlivých limitů od zdroje úniku. Jednotlivé vzdálenosti limitů jsou uvedeny v tabulkách 27, 28, 29 a v příloze 6.

Tab. 26 – Koncentrace ERPG 1,3-butadienu [53]

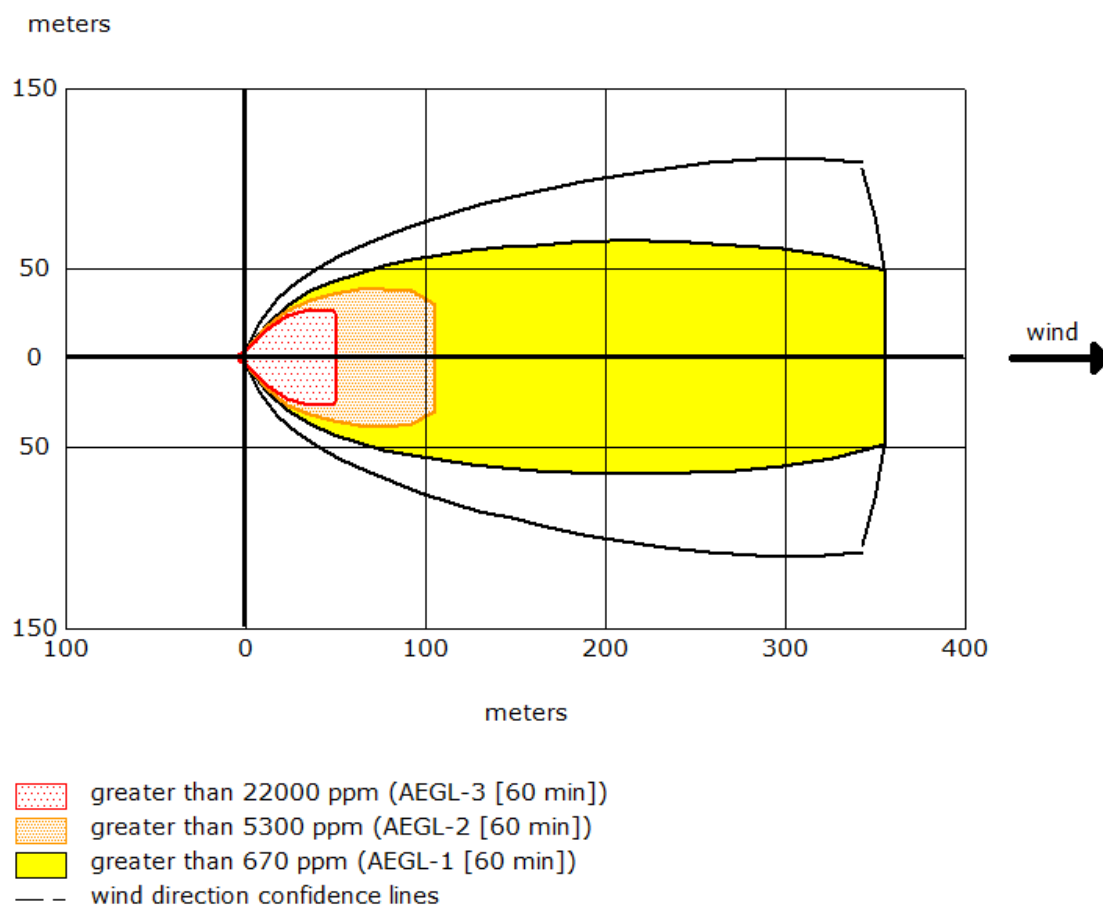
ERPG	Koncentrace	Vzdálenost od zásobníku
ERPG – 1	10 ppm	5 300 m
ERPG – 2	500 ppm	427 m
ERPG – 3	5 000 ppm	107 m

Tab. 27 – Koncentrace AEGL 1,3-butadienu [53]

AEGL	Koncentrace (60 min)	Vzdálenost od zásobníku
AEGL – 1	670 ppm	356 m
AEGL – 2	5 300 ppm	106 m
AEGL – 3	22 000 ppm	51 m

Tab. 28 – Koncentrace IDLH 1,3-butadienu [53]

IDLH	Koncentrace vyšší než	Vzdálenost od zásobníku
IDLH	2 000 ppm	129 m



Obr. 12 – Modelace rozsahu úniku 1,3-butadienu v programu ALOHA [53]

Obrázek 12 znázorňuje vzdálenost koncentrací AEGL 1 – 3. Červená výšeč znázorňuje oblast, ve které se nachází koncentrace 1,3 butadienu vyšších než 22 000 ppm. V této oblasti lze očekávat, že bude ohrožen život a zdraví obyvatel a zaměstnanců podniku. Oranžová výšeč označuje zónu, kde zasažená osoba může pociťovat nepříznivé zdravotní účinky, však tyto koncentrace nemají vážný vliv na zdraví obyvatelstva. Tyto koncentrace dosahují hodnoty od 5 300 – 22 000 ppm. Žlutá výšeč znázorňuje oblast, ve které lze 1,3-butadien v nízkých koncentracích naměřit. Tato koncentrace však není nebezpečná životu a zdraví. Tyto koncentrace dosahují hodnoty nad 670 ppm.

Z provedené modelace se také změřily koncentrace v konkrétních vzdálenostech uvedených v příloze 7. Důvod stanovení těchto vzdáleností je ten, že v této oblasti může být předpokládán zásah hasičů v ochranných oblecích a ohrožení zaměstnanců podniku. Jelikož umístění tohoto zásobníku je mimo dosah obyvatelstva, dá se předpokládat, že by nemělo být nijak ohroženo na zdraví a životě.

Výstupní hodnoty programu TerEx vyhodnotily daný scénář tak, že byly vytvořeny zóny a výšeče určitých ohrožení znázorněných v tabulce 31. Program také vyhodnotil doporučenou vzdálenost evakuace od zdroje úniku. Tato zóna byla stanovena na vzdálenost 146,5 m od zdroje úniku.

*Tab. 29 – Vzdálenosti evakuace podle programu TerEx a další hodnoty – únik 1,3-butadienu[54]*

Evakuace	Vzdálenost (m)
Závažné poškození budov	54,5
Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním	80,5
Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku	27
Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem	146,5
Ohrožení osob toxickou látkou	76
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku.	114 (koncentrace do 2,193 g/m <sup>3</sup> )



*Obr. 13 – Modelace rozsahu úniku 1,3-butadienu v programu TerEx [54]*

Obrázek 13 zobrazuje modelaci úniku amoniaku dle zvoleného scénáře. Výšeč tmavě modré barvy vykresluje oblast, v níž jsou osoby ohrožené toxickým plynem. Měla by být provedena nezbytná evakuace. V tomto případě se jedná o vzdálenost do 76 m od místa úniku ve směru větru. Červený kruh je oblast ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem. Daná oblast je o poloměru 146,5 m. Modrý kruh určuje oblast pro doporučený průzkum toxické koncentrace, který v tomto případě představuje 114 m. Tmavě červená výšeč, nacházející se do vzdálenosti 27 m od zdroje úniku, zobrazuje oblast ohrožení osob prošlehnutím oblaku.



## 5.8 Modelace úniku styrenu

### 5.8.1 Vstupní data

Dle požadavků byly zadány vstupní hodnoty do modelovacích programů. V tabulce 32 jsou klíčové vstupní hodnoty pro modelaci úniku styrenu do programu ALOHA. V další tabulce 33 jsou vstupní hodnoty pro modelaci úniku styrenu do programu TerEx.

Tab. 30 – Vstupní hodnoty pro modelaci úniku styrenu do programu ALOHA

Vstupní hodnoty pro modelaci úniku styrenu do programu ALOHA	
Průměr zásobníku	13,3 metry
Délka zásobníku	15,8 metrů
Objem zásobníku	2 195 m <sup>3</sup>
Hmotnost styrenu v nádrži	1 834 000 kg (93% celkového objemu zásobníku)
Průměr otvoru netěsnosti ventilu	5 cm
Teplota v a vně zásobníku	22,7 °C
Rychlost a směr větru	3 m/s východní
Vlhkost vzduchu	60%

Tab. 31 – Vstupní hodnoty pro modelaci úniku styrenu do programu TerEx

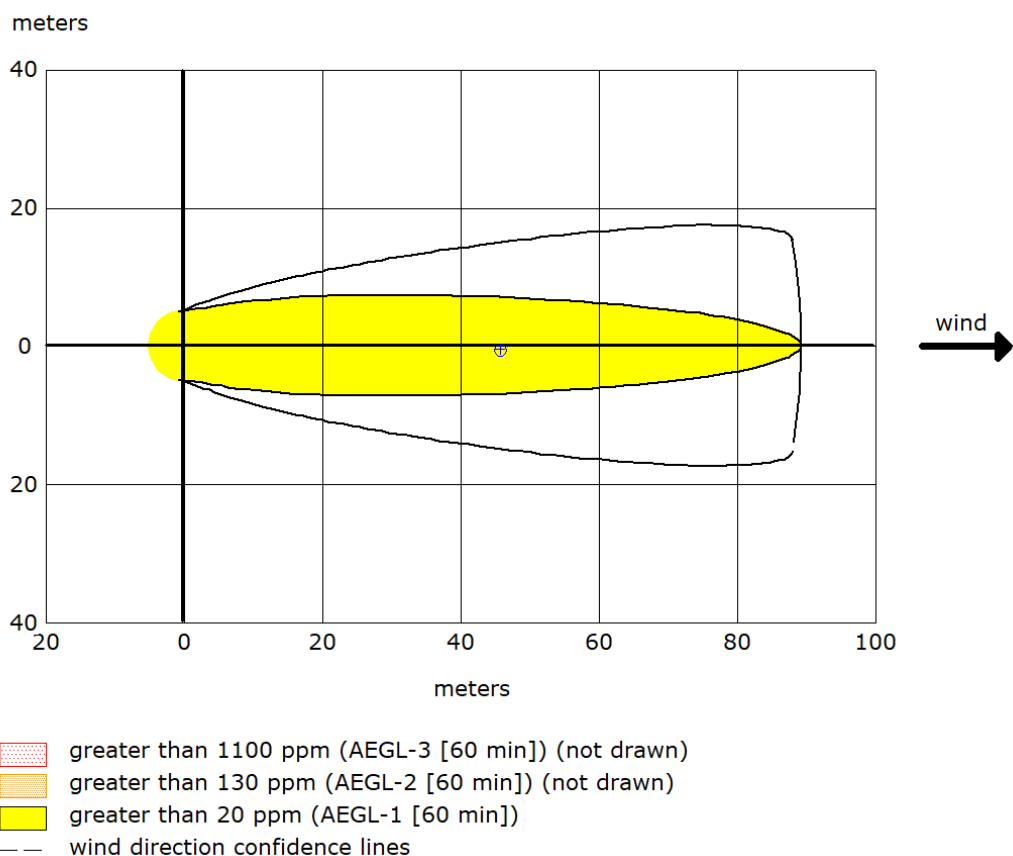
Vstupní hodnoty pro modelaci úniku styrenu do programu TerEx	
Teplota kapaliny v zařízení	22,7 °C
Průměr únikového otvoru	5 cm
Výška hladiny kapaliny v zásobníku	12 m
Plocha vzniklé louže	5 m <sup>2</sup>
Rychlost větru	3 m/s
Oblačnost	50 %
Typ povrchu	Obytná krajina

## 5.8.2 Výstupní hodnoty

Jak je uvedeno v tabulce 34, program ALOHA vyhodnotil zadanou situaci tak, že celkový únik styrenu by měl podle zadaných hodnot unikat po dobu delší jak 60 minut. Během této doby by, podle programu, mělo uniknout 193 kg styrenu v podobě kapaliny, která se následně odpařuje z louže. Jelikož je tlak v zásobníku malý, tak rychlost úniku je 5,56 kg/min. Z tohoto důvodu unikne 193 kg styrenu.

Tab. 32 – Výstupní hodnoty pro modelaci úniku styrenu do programu ALOHA [53]

Výstupní hodnoty pro modelaci úniku styrenu do programu ALOHA	
Doba trvání	60 min
Rychlost úniku	5,56 kilogramů/min
Celkový únik styrenu ze zásobníku	193 kilogramů
Skupenství unikajícího styrenu	Kapalina + odpar z louže
Maximální průměr louže	29 metrů



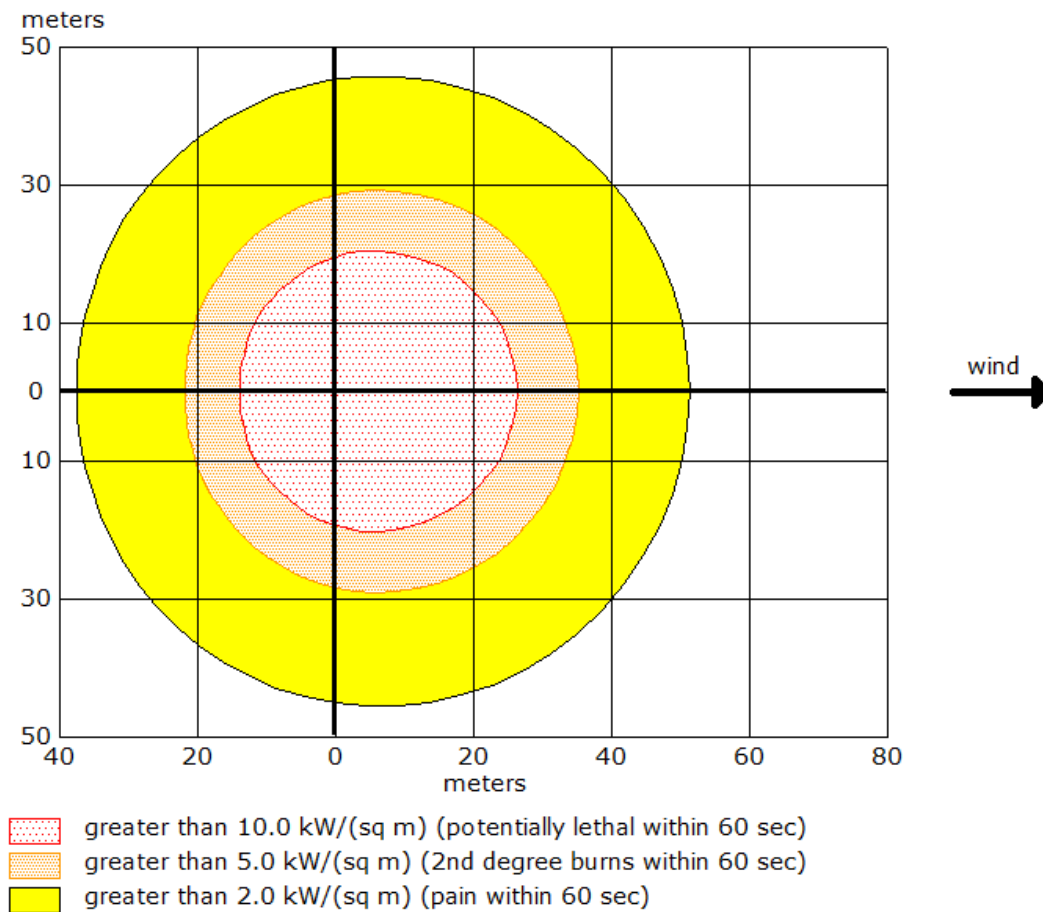
Obr. 14 – Modelace rozsahu úniku styrenu v programu ALOHA [53]

Obrázek 14 znázorňuje vzdálenost koncentrací AEGL 1 – 3. Takto vytvořená koncentrace však ve všech vzdálenostech nepředstavuje přímé ohrožení zdraví a životů obyvatel a zaměstnanců. Lze tedy tento únik par styrenu ze vzniklé louže považovat za málo nebezpečný. Vzdálenostní hodnoty jsou uvedeny v příloze 7.

Velká nebezpečnost styrenu spočívá však v jeho vysoké hořlavosti. Proto byla použita modelace hoření styrenu popsána v tabulce 35. V případě takové vzniklé situace, lze tuto událost klasifikovat jako únik kapaliny, která se kvůli nehodě nebo nedopatřením zapálí a dojde k vytvoření hořící louže. Tato louže by měla průměr 12,4 metru. Podle programu ALOHA dojde k spálení 4 231 kg styrenu. Rychlost hoření styrenu bude až 70,5 kg/minut. Takový požár bude mít výšku plamenů až 10 metrů.

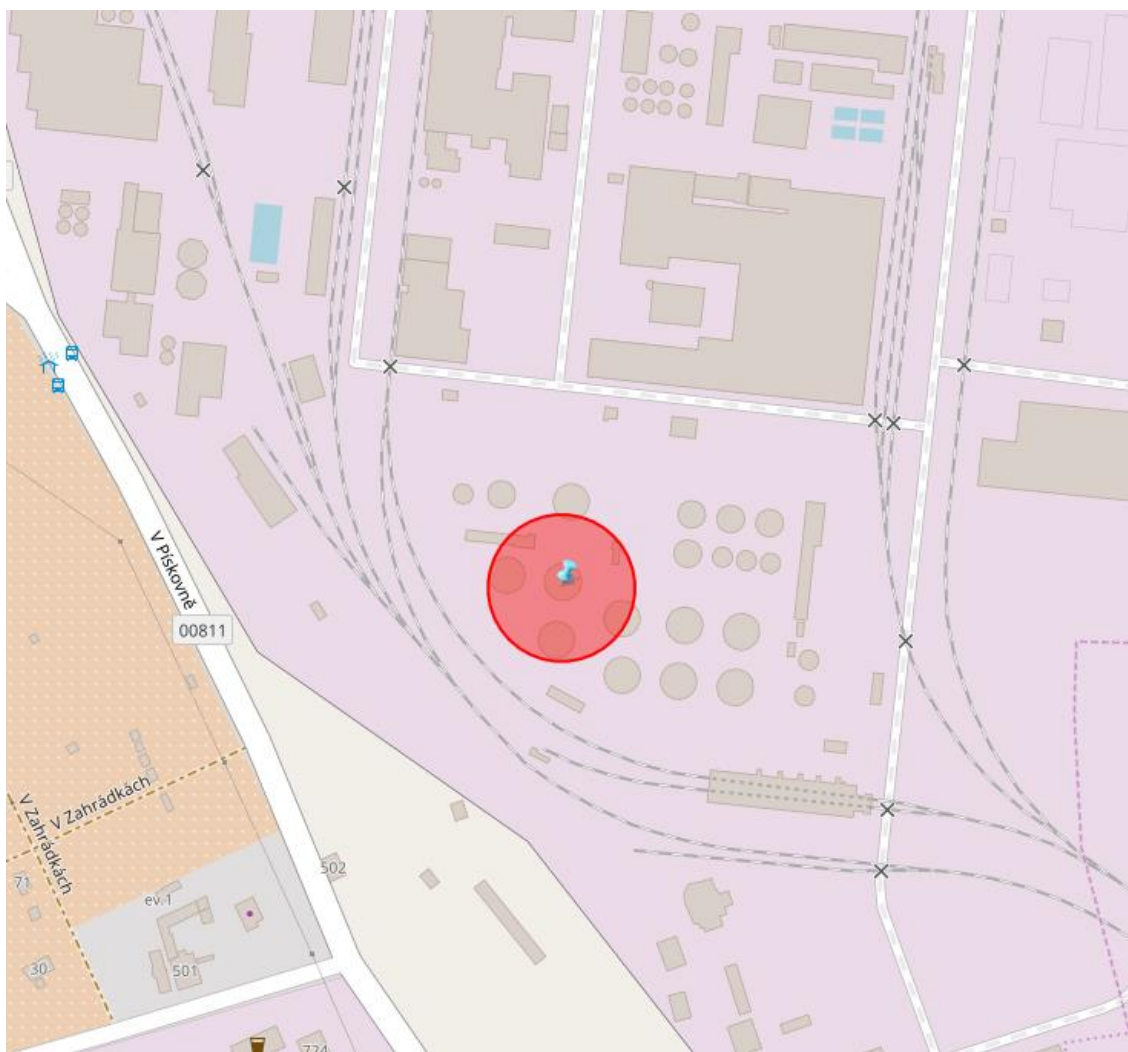
*Tab. 33 – Výstupní hodnoty pro modelaci hoření styrenu do programu ALOHA [53]*

Výstupní hodnoty pro modelaci hoření styrenu do programu ALOHA	
Charakter hoření	Únik kapaliny a vytvoření hořící louže
Maximální průměr louže	12,4 metrů
Maximální rychlost hoření	70,5 kg/min
Celková spálená hmotnost styrenu	4 231 kilogramů
Maximální délka plamene	10 metrů



*Obr. 15 – Modelace rozsahu požáru v programu ALOHA [53]*

Obrázek 15 znázorňuje kružnice zón, kde červená zóna představuje oblast, která je pro člověka smrtelná. Oranžová zóna znázorňuje oblast, kde hrozí popáleniny 2. stupně. Ve žluté zóně se předpokládá, že člověk bude pociťovat velkou bolest následkem žáru. Obrázek 16 znázorňuje modelaci rozsahu požáru v programu TerEx, kde je rozsah zakreslen červenou zónou.

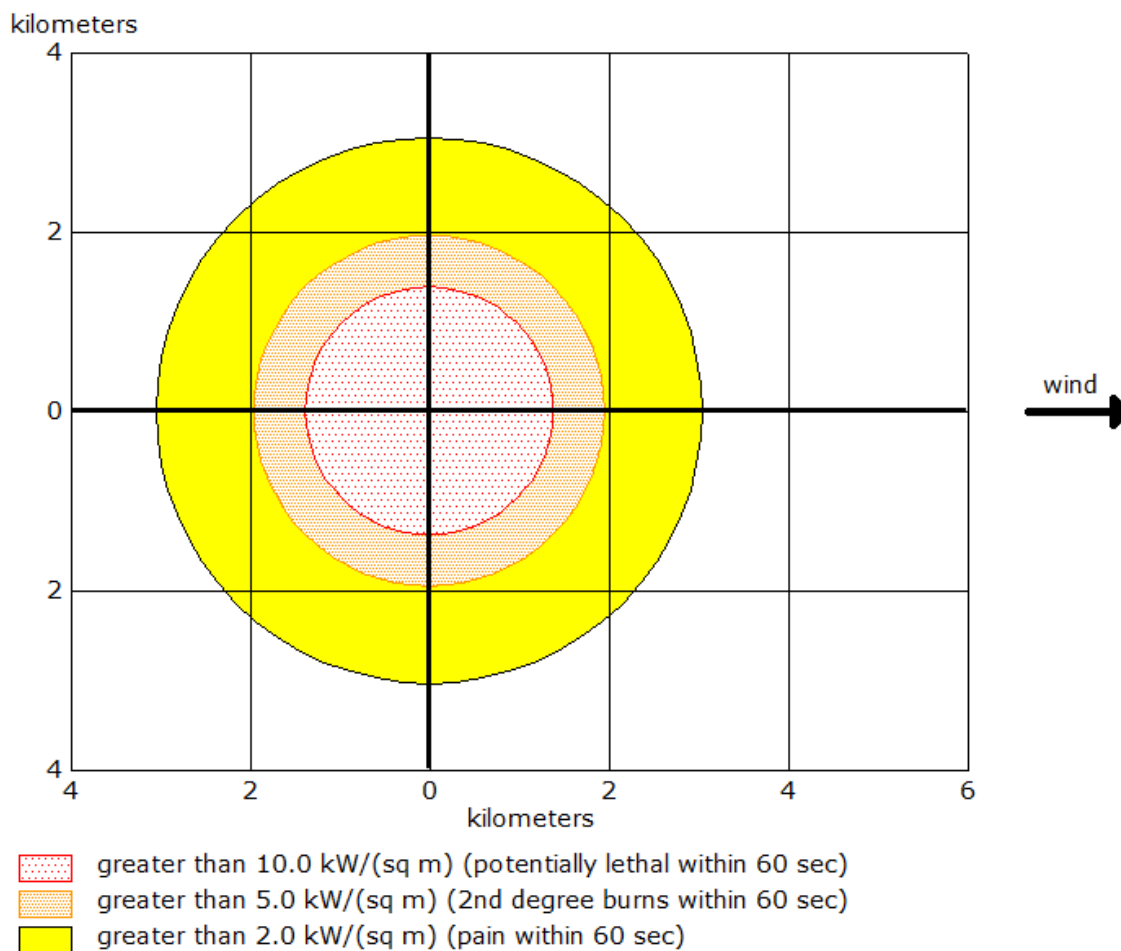


Obr. 16 – Modelace rozsahu požáru v programu TerEx [54]

Jelikož únik styrenu do ovzduší nepředstavuje výrazné nebezpečí a s rozpoutáním požáru je zde i možnost výskytu výbuchu, byla použita modelace exploze styrenu následkem úniku. Program ALOHA vytvořil model rozsahu případné exploze. Jak je uvedeno v tabulce 36, dosah exploze s přítomností ohně by dosahoval až do vzdálenosti 710 metrů od epicentra výbuchu. Samotná exploze by trvala 33 vteřin.

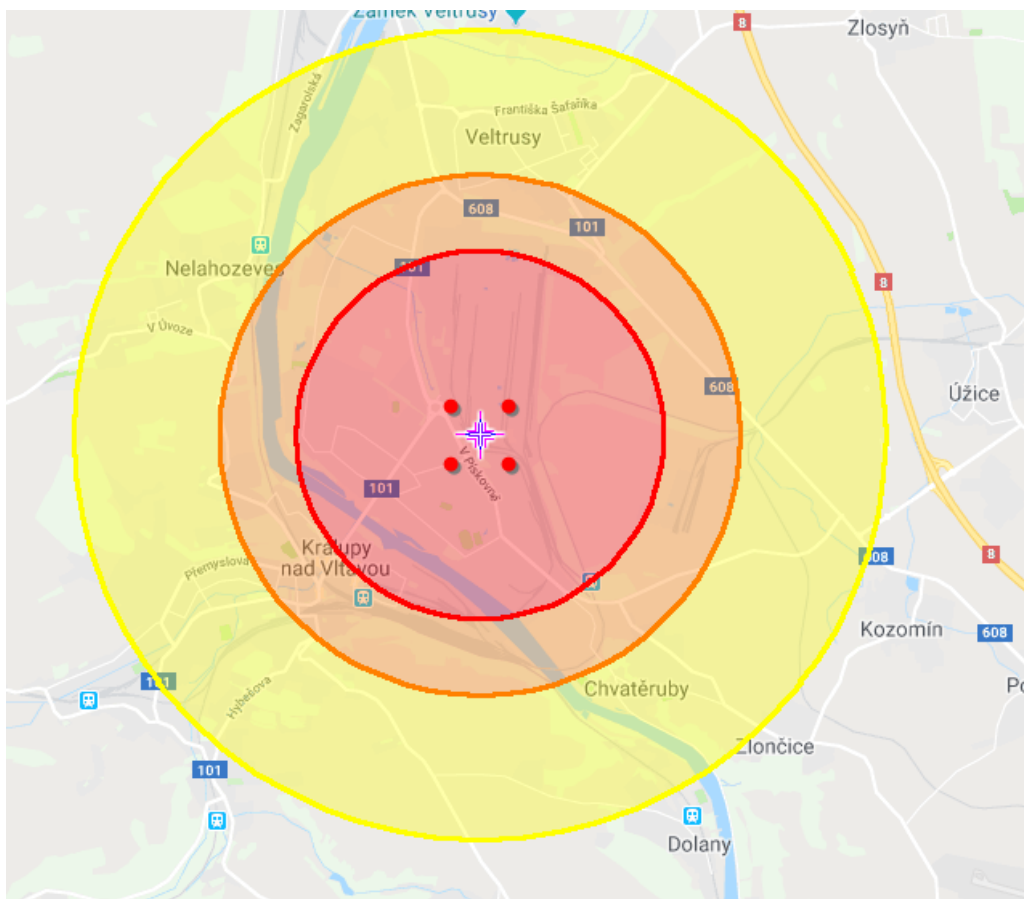
Tab. 34 – Výstupní hodnoty pro modelaci exploze styrenu do programu ALOHA [53]

Výstupní hodnoty pro modelaci exploze styrenu do programu ALOHA	
Dosah exploze s přítomností ohně	710 metrů
Doba působení exploze	33 vteřin



*Obr. 17 – Modelace rozsahu exploze styrenu v programu ALOHA [53]*

Obrázky 17 a 18 znázorňují kružnice zón, kde červená zóna představuje oblast, která je pro člověka smrtelná. Oranžová zóna znázorňuje oblast, kde hrozí popáleniny 2. stupně. Ve žluté zóně se opět předpokládá, že člověk bude pociťovat velkou bolest následkem žáru.



Obr. 18 – Modelace rozsahu exploze styrenu v programu TerEx [54]

## 5.9 Komparace ALOHA a TerEx

Jak je uvedeno v tabulce 35, z komparace naměřených údajů z programu ALOHA a TerEx vyplynulo, že se jednotlivé výsledky od sebe liší. Největší rozdíl byl zaznamenán u komparace IDLH koncentrací amoniaku (300 ppm). Celkový rozdíl činí 1 052 m. U komparace IDLH koncentrace 1,3-butadienu (2 000 ppm) činil rozdíl 17,5 m již mnohem menší vzdálenost mezi oběma výsledky modelace. Podle programu ALOHA koncentrace 700 ppm při úniku nenastala. Koncentrace byly příliš malé, aby mohly ohrozit život a zdraví člověka. Rozdíl hodnot s TerExem je 1 m. U styrenu bylo dále nutné, kvůli jeho vysoké hořlavosti a výbušnosti, provést komparaci letálního rozsahu požáru, kde rozdíl činil 2 m. U exploze styrenu již byl rozdíl letálního rozsahu 130 m. Rozdíly lze odůvodnit jinými nároky na vstupní hodnoty a různou procentuální odchylkou jednotlivých programů.

Tab. 35 – Komparace naměřených údajů z programu ALOHA a TerEx [53, 54]

<b>IDLH</b>				
Látka	IDLH koncentrace ALOHA	Vzdálenost od zásobníku podle ALOHA	Vzdálenost od zásobníku podle TerEx	Vzdálenostní rozdíly výsledků ALOHA a TerEx
Amoniak	300 ppm	1 577 m	525 m	1 052 m
1,3-butadien	2 000 ppm	129 m	146,5 m	17,5 m
Styren	700 ppm	0 m	1 m	1
<b>Vzdálenost letálního rozsahu požáru styrenu (poloměr)</b>				
ALOHA		TerEx		Rozdíl
20 m		18 m		2 m
<b>Vzdálenost letálního rozsahu exploze styrenu (poloměr)</b>				
ALOHA		TerEx		Rozdíl
1 360 m		1 490 m		130 m

## 5.10 Doporučený postup při zásahu úniku

### 5.10.1 HZS ČR a HZSP Synthos

Na místě zásahu, kde je mimořádná událost s přítomností úniku NCHL, je nutné nejdříve uskutečnit předběžné vyznačení hranice nebezpečné zóny. Je nutné pomocí měření upřesnit velikost zóny podle úrovně koncentrace amoniaku v ovzduší. Dále je nezbytný průběžný monitoring úniku čpavku po celou dobu zásahu. Důležité je, pokud možno, co nejrychleji zabránit dalšímu úniku a rozšiřování. To znamená, uskutečnit takové opatření vedoucí k utěsnění netěsnícího ventilu. Je zapotřebí po dobu úniku intenzivně zkrápět unikající plynný čpavek sprchovým vodním proudem. Při zkrápění se nesmí zapomínat na to, aby, pokud možno, nedošlo k vniknutí vzniklého roztoku vody a amoniaku do kanalizace. Během těchto záchranných a likvidačních prací je zapotřebí podniknout evakuaci obyvatel a zaměstnanců podniku, kteří jsou v přímém ohrožení úniku NCHL. Při zasažení NL je nutné provést dekontaminaci osob, záchranářů a techniky. Budou povolány i speciální zásahové automobily pro situace s únikem nebezpečných látek, tj. chemický kontejner a měřicí vůz.



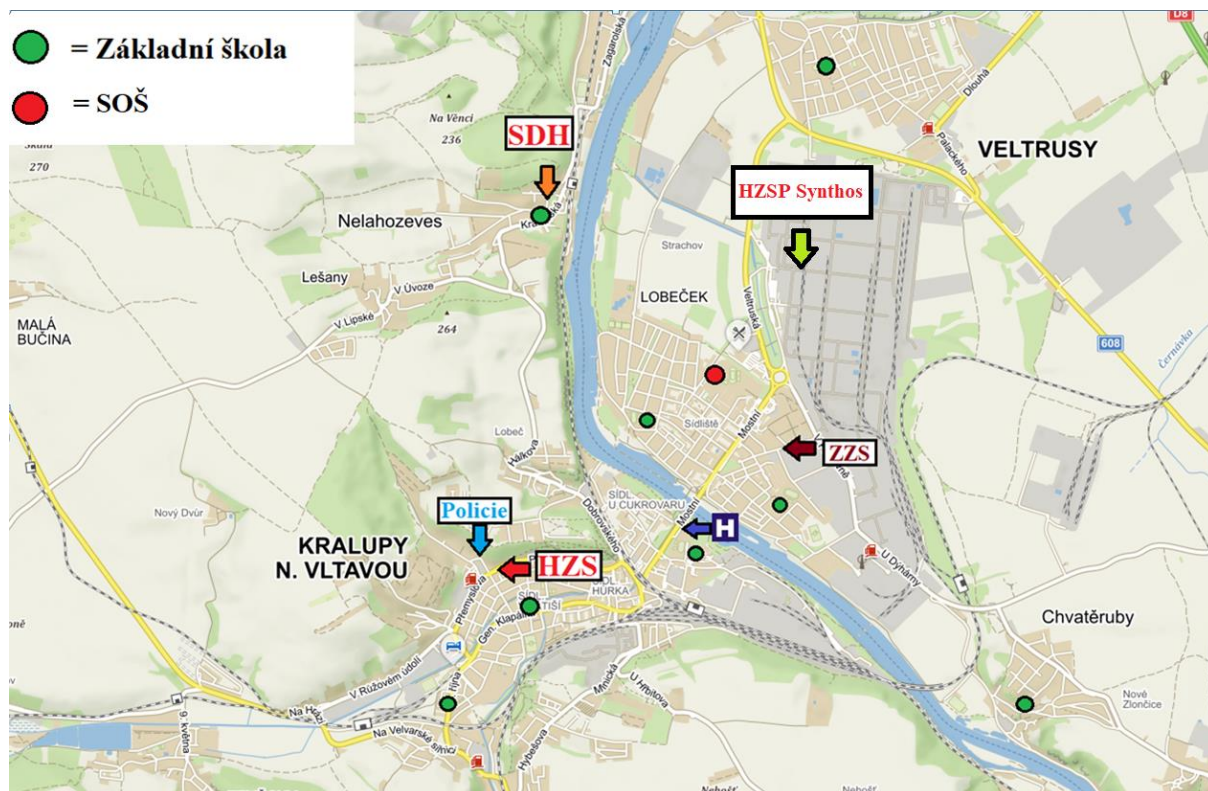
Je nutné při nastalém úniku NCHL počítat s faktem, že mohou nastat různé komplikace. Jednou z nich je nepodceňovat vzniklý únik a myslet na to, že měřicí přístroje mohou naměřovat chybné hodnoty v důsledku např. povětrnostních podmínek nebo přehlcení senzorů při měření velmi vysokých koncentrací. Takto lze měřicí čidlo i úplně zničit, poté nebude ukazovat správné hodnoty, proto je nezbytné provádět i kontrolní měření na více přístrojích. Dále je tu možnost kontaktu amoniaku s ochranným oděvem, nebo poškození samotného oděvu vlivem např. mechanického poškození. V tom případě je zapotřebí podniknout kroky vedoucí k zabránění kontaminace osoby v ochranném obleku a uskutečnit následnou dekontaminaci. Při úniku plynné fáze amoniaku může nastat náhlá změna počasí a rychlost větru. Dále v rámci úniku NCHL je tu možnost, že nastane panika obyvatel města, které se nachází v přímé blízkosti podniku. Pokud toto nastane je nutné, aby se záchranáři podnikly kroky k zamezení paniky a dál postupovali obezřetně při řešení MU.

### **5.10.2 Policie**

Hlavním úkolem Policie ČR (i městské policie) bude uzavření oblasti a zamezení vstupu neoprávněným osobám do nebezpečné zóny. Dále budou napomáhat při evakuaci obyvatelstva a řízení dopravy.

### **5.10.3 Zdravotnická záchranná služba.**

Úkolem ZZS bude poskytnutí přednemocniční pomoci a péče zraněným osobám. Dále bude uskutečněn jejich odsun do nejbližších zdravotnických zařízení. Pokud bude vážně zasaženo velké množství osob, bude se postupovat podle třídícího systému START, lékařského třídění raněných a následně odsunového třídění raněných pro stanovení priority transportu zasažených osob do zdravotnických zařízení. ZZS v nebezpečné/kontaminované zóně nezasahuje. Zasahuje pouze příslušník HZS s příslušným vybavením, který zraněné osoby transportuje do bezpečné zóny, kde si je převezmou příslušníci ZZS.



Obr. 19 – Mapa umístění stanic IZS, nemocnice a základních škol [55]

Obrázek 19 znázorňuje umístění stanic HZS, Policie, ZKS, HZSO Synthos, SDH. Dále polohu základních škol a středního učiliště. V rámci modelace amoniaku by bylo zapotřebí primárně evakuovat střední učiliště. Dále preventivně evakuovat 3 základní školy a nemocnici ležící jihozápadně od podniku Synthos. Pokud by zůstal směr větru stabilní, dá se předpokládat, že stanice IZS v okolí podniku by neměly být zasaženy. Dále by bylo vyhlášeno doporučující opatření pro obyvatelstvo, aby lidé utěsnili okna a dveře a dále postupovali podle instrukcí, které budou vyhlášeny pomocí rozhlasu, SMS, televizní a rádiové vysílání aj. mediálními prostředky. Evakuační trasy by směřovaly po hlavních silnicích směrem na sever k Veltrusům a také směrem na jihozápad k centru Kralup nad Vltavou.

#### 5.10.4 Vyhlášení III. stupně mimořádné události

Jedná se o mimořádnou událost přesahující území areálu Synthos Kralupy a.s. Vyhlášení je prováděno sirénou na budově HZSP (2 minuty trvalý tón). Obsluhu sirény zajišťuje spojař HZSP na základě příkazů velitele zásahu. Zaměstnanci se řídí pokyny dle vyhlášeného stupně poplachu nebo pokyny velitele zásahu. Informace pro zaměstnance zajišťují vedoucí zaměstnanci provozů a subjektů v areálu. Ti budou informováni dispečinkem Synthos Kralupy a.s. Dále jsou zaměstnanci informováni prostřednictvím místního rozhlasu, který

zajistí na pokyn dispečinku zaměstnanec ostrahy. Informování megafonem zajišťuje HZSP. Všichni zaměstnanci, dle možností, zůstávají na svých místech. Evakuace osob bude provedena v souladu s evakuačním plánem. Dispečer Synthos Kralupy a.s., na základě dohody s velitelem zásahu, vydá pokyn k případné evakuaci zaměstnanců, sdělí rovněž trasu a místo evakuace (viz evakuační plány) pomocí radio-staniční sítě, megafonu, místního rozhlasu [37].

## **5.11 Taktické cvičení**

V rámci podniku Synthos jsou pravidelně uskutečňována taktická cvičení na únik nebezpečné látky. Taktické cvičení se provádí za účelem přípravy jednotek HZS, Policie a ZZS na zdolávání požárů nebo na záchranné práce při mimořádných událostech, jako je únik nebezpečné látky. Jednotky jsou o cvičení předem informovány a mohou se připravit na činnosti, které budou při cvičení vykonávat. Tato taktická cvičení se provádějí v podniku Synthos pravidelně. Například: Taktické cvičení složek IZS „Synthos sklad čpavku 2015“.

### **5.11.1 HZS**

HZS Středočeského kraje a jednotky PO (HZSP Synthos Kralupy, a.s., HZS Středočeského kraje, stanice Kralupy n/Vlt., HZS Středočeského kraje, stanice Mělník, HZSP SŽDC Kralupy n/Vlt.) jsou cílem cvičení prověření a procvičení:

1. Provádění objektového poplachového plánu.
2. Kontrola vnitřního havarijního plánu.
3. Součinnost základních a ostatních složek integrovaného záchranného systému, KOPIS HZS Středočeského kraje a dalších subjektů podílejících se na řešení mimořádné události.
4. Způsob velení při společném zásahu složek IZS.
5. Činnosti dispečinku PHHS při mimořádné události včetně činnosti při informování přílehlých firem a objektů v ACHVK.
6. Organizaci místa zásahu na únik nebezpečné látky.
7. Taktické postupy jednotek požární ochrany při zásahu na únik nebezpečné látky, procvičit poskytnutí první pomoci zraněným osobám, provedení jejich dekontaminace a předání ZZS.

8. Dostupnost, využitelnost a procvičení použití prostředků určených pro likvidaci dané mimořádné události, včetně procvičení činnosti při průzkumu vně ACHVK a procvičení obsluhy detekčních přístrojů pro detekci NL.
9. Součinnost mezi velitelem zásahu, veliteli sektorů, veliteli úseků, havarijním štábem a štábem velitele zásahu.
10. Činnosti jednotlivých členů štábu velitele zásahu.
11. Vnější havarijní plán pro zónu havarijního plánování ACHVK – plán varování a vyrozumění a plán regulace pohybu osob a vozidel [49].

### **5.11.2 Policie ČR**

Činnost Policie ČR zahrnuje:

- Regulaci pohybu osob a vozidel v případě úniku nebezpečné látky;
- připravenost vybavení Policie ČR a schopnost použití prostředků k ochraně před ohrožením únikem nebezpečné látky [49].

### **5.11.3 Městská policie Kralupy nad Vltavou**

Městská policie Kralupy nad Vltavou procvičuje:

- Spolupráci s velitelem zásahu a se složkami IZS při případné evakuaci civilních osob a informování přílehlých firem a objektů v okolí areálu ACHVK;
- spolupráci se složkami IZS při regulaci dopravy [49].

### **5.11.4 Zdravotní záchranná služba a ASČR Kralupy nad Vltavou**

- Příjezd k místu MU (na základě informace od VZ) a ustavení vozidel ZZS v dostatečné vzdálenosti od místa MU (ve vnější zóně);
- převzetí zraněných osob a provedení přednemocniční neodkladné zdravotní péče [49].

## 5.12 SWOT analýza podniku Synthos Kralupy

Tab. 36 – SWOT analýza podniku Synthos Kralupy

<p><b>Silné stránky</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Kvalifikovanost pracovníků</li><li>• Zpracovaná příslušná bezpečnostní dokumentace</li><li>• Zabezpečení podniku</li><li>• Dlouholetá praxe v oblasti chemických výrob</li><li>• Umístění podniku</li><li>• Jednotka HZS Synthos a její vybavení</li></ul>	<p><b>Slabé stránky</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Přítomnost více firem manipulujících s NCHL sousedících se Synthos</li><li>• Negativní vliv na životní prostředí</li></ul>
<p><b>Příležitosti</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Modernizace a výstavba bezpečnostních požárních systémů</li><li>• Modernizace a rozvoj zabezpečení a ostrahy objektu</li><li>• Sdílení zkušeností</li><li>• Provádění taktických a prověřovacích cvičení</li></ul>	<p><b>Hrozby</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Manipulace s velkým množstvím NCHL</li><li>• Blízkost obytné části města u podniku</li><li>• Velká frekvence železniční a silniční dopravy v areálu podniku</li><li>• Nepřípravenost obyvatel na únik NCHL</li></ul>

### 5.12.1 Vyhodnocení SWOT analýzy

SWOT analýza je zaměřena především na vnitřní faktory. Z vytvořené SWOT analýzy vyplynulo kvalitativní vyhodnocení veškerých relevantních stránek fungování podniku Synthos Kralupy. V této analýze jsou hodnoceny pouze interní faktory. Mezi silné stránky podniku je zařazena hlavně kvalifikovanost pracovníků a dlouholetá praxe v oblasti chemických výrob. Dále přítomnost jednotky HZS Synthos, která je specializovaná na problematiku a mimořádné události, které jsou spojeny s provozem podniku. Nedílnou součástí silných stránek je kvalitně zpracovaná příslušná bezpečnostní dokumentace. Ke slabým stránkám patří jednak negativní vliv na životní prostředí, ale také přítomnost více firem v areálu, které nemusí mnohdy plně spolupracovat a sdílet veškerou bezpečnostní problematiku v areálu. K příležitostem, které podnik Synthos podle analýzy má, řadíme modernizaci a výstavbu bezpečnostních požárních systémů a rozvoj zabezpečení objektu. Další významná příležitost je provádění taktických a prověřovacích cvičení, která povedou k efektivnějším řešením případné mimořádné události. Podle SWOT analýzy představuje největší hrozbu manipulace s velkým množstvím NCHL, která může zapříčinit závažnou mimořádnou událost s velkým dopadem na životy a zdraví obyvatel, životní prostředí a majetek. Dále je velkou hrozbou blízkost obytné části města u podniku Synthos. S tím souvisí také nepřipravenost obyvatel na únik NCHL.

Ačkoli je podnik Synthos Kralupy díky svým silným stránkám považován za kvalifikovaný a stabilní objekt, je nutné kvůli jeho slabým stránkám a hrozbám dále vytvářet tlak na příležitosti, jako je zdokonalování a modernizace výroby, tak i na prevenci závažných havárií.

### 5.13 Doporučující opatření

Jak vyplývá z výše uvedené SWOT analýzy, podnik Synthos z pohledu prevence závažných havárií a řešení mimořádných událostí má mnoho silných stránek. Na druhou stranu je zde také prostor pro řadu příležitostí a jsou zde přítomny i vážné hrozby. Po celkovém zhodnocení situace navrhuji následující opatření:

1. Prosazovat větší komunikaci mezi jednotlivými firmami sousedících s podnikem s důrazem na sdílení informací a zkušeností.
2. Modernizovat a prosazovat opatření vedoucích k zlepšení dopadů výroby a případných havárií na životní prostředí.
3. Prohlubovat vzájemnou spolupráci mezi HZSP Synthos s HZS ČR.
4. Více se angažovat ve vzdělávání zaměstnanců a obyvatelstva na případnou mimořádnou událost spojenou s únikem NCHL.
5. Zajistit dostatečnou výši finančních prostředků na přípravu a řešení potencionálních mimořádných událostí v podniku.
6. Modernizovat a poskytovat specializované vybavení HZSP Synthos pro řešení MU s únikem NCHL.
7. Regulovat počet novostaveb určených pro bydlení v bezprostředním okolí objektu.
8. Zlepšit informovanost a připravenost obyvatel – besedy, informační materiály apod.

### 5.14 Vyhodnocení hypotéz

**HYPOTÉZA 1** „Únik NCHL představuje největší riziko v podniku a lze jej zařadit mezi nejvýznamnější zdroje ohrožení“ **byla potvrzena.** Vytvořená analýza rizik podniku Synthos Kralupy a.s. poukázala na skutečnost, že největším rizikem je exploze mimo budovu, požár mimo budovu, požár uvnitř budovy a únik NCHL. Ze všech výsledků analýzy rizik měl únik NCHL nejvyšší míru rizik. Toto tvrzení je také potvrzeno skutečností, že v podniku se manipuluje a skladuje velké množství zdraví škodlivých a nebezpečných látek. Dále lze konstatovat, že si podnik Synthos tuto skutečnost zcela uvědomuje, a proto provádí bezpečnostní opatření, jako je např.: přítomnost zkrápěcích systémů u zásobníků amoniaku, rozmístění čidel NCHL, přítomnost HZSP, vypracovaná kvalitní dokumentace, provádění taktických cvičení atd.

**HYPOTÉZA 2** „Modelované úniky nepřesáhnou hranice zóny havarijního plánování podniku o více než 10% v nebezpečných koncentracích“ **nebyla potvrzena**. Tato hypotéza byla zvolena z důvodu zjištění efektivity stanovené ZHP. Při porovnání výsledků naměřených vzdáleností koncentrací IDLH programu ALOHA a TerEx bylo zjištěno, že většina z uvedených koncentrací nepřekročí hranici ZHP podniku Synthos. Modelace úniku 1,3-butadienu poukázala na malou vzdálenost toxického mraku od zdroje úniku. Programy ALOHA, tak TerEx tuto vzdálenost vyhodnotily s rozdílem 11,5%. Dá se tedy předpokládat, že 1,3-butadien by svým únikem mohl potenciálně ohrozit pouze zaměstnance podniku. Kvůli strategickému umístění zásobníků 1,3-butadienu mimo blízkost obytných zón lze konstatovat, že by vzniklý únik neohrozil obyvatele v okolí podniku. Modelace styrenu byla vyhodnocena tak, že únik této látky formou odparu vzniklé louže by svými nízkými koncentracemi neměl vážný vliv na životy a zdraví zaměstnanců a obyvatel. Jeho potenciální riziko spočívá v jeho vysoké hořlavosti. Program TerEx vyhodnotil, že vzdálenost od zásobníku 525 m IDLH koncentrací amoniaku neopustí ZHP. Ovšem program ALOHA tuto modelaci vyhodnotil tak, že vzdálenost IDLH koncentrací překročí hranici ZHP o 107,2% (816 m). V obou případech by únik vážně ohrozil životy a zdraví obyvatel a zaměstnanců. Z důvodu přesáhnutí hranice ZHP amoniakem v programu ALOHA nebyla tato hypotéza potvrzena.

**HYPOTÉZA 3** „Výsledky modelace v ALOHA a TerExu se nebudou lišit o více než 10 %“ také **nebyla potvrzena**. Tato hypotéza byla zvolena z důvodu rozdílných požadavků na vstupní hodnoty obou softwarů. Z komparace výsledků hodnot programů ALOHA a TerEx vyplynulo, že mnohé výsledky se liší o více než 10%. Největší rozdíl tvořila komparace výsledných vzdáleností amoniaku, kde výsledek TerExu byl o 33,3 % menší než u výsledných hodnot ALOHA. U komparace výsledků měření 1,3-butadienu činil rozdíl mezi oběma použitými programy 11,5 %. Komparace vzdáleností požáru a exploze styrenu nepřesáhla hranici 10%. Větší procentuální rozdíly mezi jednotlivými programy lze přisoudit různým požadavkům pro vstupní hodnoty modelace. Je nutné podotknout, že nepřesnost modelací může být až 25%, čili 2 ze 3 modelací by v rámci této odchylky hypotézu splňovaly.



## 6 Diskuze

Chemický průmysl je dnes celosvětově jedním z nejdynamičtějších a nejdůležitějších hospodářských sektorů. Jeho historické kořeny zasahují až do 18. století. Tento druh průmyslu je pro dnešního člověka velice důležitým a lze i konstatovat, že jsme na jeho produktech závislí. Bohužel, stejně jako jiné závislosti, i tato se neobejde bez negativních účinků. Týká se to hlavně úniku NCHL. Jak již ukázala historie, je toto téma velmi důležité a musíme se jím stále více věnovat. Havárie např. v Seveso, nebo v Bhopálu světu ukázaly destruktivní vliv dopadů úniku NCHL na životy a zdraví obyvatel, životní prostředí a majetek. Často stačí jen malá nepozornost nebo zanedbání bezpečnostních předpisů a následky mohou být katastrofální. Z tohoto důvodu byla vypracována tato diplomová práce, která se zabývá právě únikem NCHL.

Nejprve bylo nutné provést analýzu rizik podniku Synthos Kralupy a.s. Před samotnou analýzou byla také stanovena hypotéza 1 týkající se této problematiky „Únik NCHL představuje největší riziko v podniku a lze jej zařadit mezi nejdůležitější zdroje ohrožení“. Bylo stanoveno 17 mimořádných událostí, které se reálně mohou v podniku Synthos vyskytnout. Byl brán ohled jednak na mimořádné události způsobené přírodními vlivy, ale také na události způsobené lidským faktorem. Z výsledků analýzy rizik vyplynulo, že nejzávažnější mimořádnou událostí v podniku Synthos Kralupy a.s. je právě únik NCHL. Tato skutečnost potvrdila první hypotézu.

Únik NCHL může být také způsoben úmyslně, jako teroristický útok či sabotáž, nebo neúmyslně porušením či zanedbáním postupů či předpisů nebo technickou závadou, chybou.

Pro modelování úniku NCHL jsem zvolil amoniak, 1,3-butadien a styren z důvodu jejich vysoké četnosti používání v provozu, vysokému skladovacímu množství a jejich nebezpečnosti v případě úniku. Všechny uvedené látky mají velký zraňující potenciál, který může napáchat velké škody. Před samotnou modelací byly zjištěny důležité vstupní hodnoty, mezi které patří např.: teplota, rychlost a směr větru, vlhkost atd. Kvůli proměnlivému klimatu v ČR byl zvolen pro modelaci 20. červen 2018, na který se zprůměrovaly denní teploty za posledních 5 let (22,7 °C). Je také důležité podotknout, že v okolí podniku se nenachází žádná významná geografická nerovnost, které by mohla ovlivnit vývoj uniku NCHL. Ve VnHP je uvedena větrná růžice, ze které je patrné, že průměrně vítr vane spíše směrem na západ. Pro

potřeby naší modelace byl vítr nastaven také směrem na západ, kde by svým směrem mohl při úniku napáchat větší škody a tím způsobit nejhorší možný scénář. Ve všech vytvořených modelacích je počítáno s únikem dané látky z plného zásobníku.

Výslednou modelaci úniku amoniaku v programu ALOHA lze porovnat s případovou studií havárie cisterny přepravující nebezpečnou chemickou látku (ALOHA v praxi) od Radovana Římana, Petra Skřehota, Jana Bumby a Viléma Sluky. Z komparace v tabulce 37 vyplynulo, že vzdálenost, tvar a koncentrace vzniklého toxického mraku z úniku čpavku z železniční cisterny v této studii je dosti podobná s modelací úniku amoniaku ze zásobníku v této diplomové práci [56]. Případová studie, stejně jako tato diplomová práce, se zabývá únikem amoniaku. Ovšem případová studie si zadávala své konkrétní vstupní hodnoty jako je teplota, rychlost větru, množství uniklého amoniaku atd. Obě práce dbaly na výstupní hodnoty, jako je ERPG a mapové znázornění úniku. Výsledky svědčí o širokém uplatnění a využití programu ALOHA při modelacích úniku NCHL.

*Tab. 37 - Komparace modelace úniku amoniaku v diplomové práci s případovou studií [56]*

	Modelace úniku amoniaku v diplomové práci	Modelace amoniaku úniku v případové studii
Druh nádrže	Ležatý válcovitý zásobník	Železniční cisterna
Množství uniklého amoniaku	23 971 kg	44 000 kg
Venkovní teplota	22,7 °C	5 °C
Rychost větru	3 m/s	2 m/s
Průměr netěsnícího otvoru	5 cm	8 cm
Doba trvání úniku	49 min	36 min
ERPG – 3	0,539 km	1,3 km
ERPG – 2	2,4 km	3,1 km
ERPG – 1	6,3 km	7,6 km

Únik amoniaku v mé diplomové práci je modelován bez dvou zásadních faktorů. Prvním a velice zásadním faktorem je přítomnost skrápěcího systému, který se v případě úniku automaticky spustí a výrazně ovlivní množství unikající látky do ovzduší. Druhým faktorem je skutečnost, že amoniak se pro své vlastnosti používá v podniku ke chlazení. V případě úniku je pravděpodobné, že se v místě úniku vytvoří námraza, která také ovlivní

množství uniklé látky, nebo zamezí k dalšímu unikání. Při zvážení těchto faktorů je nutné zmínit, že rozsah a následky úniku by velice ovlivnily vzdálenost a velikost koncentrací uniklého toxického mraku. U amoniaku byla vytvořena modelace úniku látky ve formě zkapalněného plynu. Látka unikla z válcového zásobníku, který obsahoval 27 240 kg. Z modelace programu ALOHA vyplynulo, že podle zadaného scénáře uniklo 23 971 kilogramů amoniaku za 49 minut. Při komparaci výsledných hodnot se ZHP vyšlo najevo, že amoniak ZHP překročil o 816 m, což vyvrátilo také hypotézu 2. Je však velice pravděpodobné, že celkový únik by byl s přihlédnutím na předchozí opatření a okolnosti mnohem menší.

Modelace úniku 1,3-butadienu poukázala na vhodné umístění zásobníků s touto látkou. Při úniku by bylo potencionálně ohroženo jen malé množství lidí. Bylo by dobré, aby podnik investoval do rozšíření těchto skladů. Důvodem by byl přesun NCHL jako je např. amoniak kvůli bezpečnosti zaměstnanců a obyvatel.

Z modelace styrenu vyšla jasně najevo jeho nebezpečnost. Na rozdíl od amoniaku a 1,3-butadienu je únik styrenu do ovzduší velice málo nebezpečný kvůli nízkým koncentracím při odparu. Jeho nebezpečnost spočívá ve vysoké hořlavosti. Exploze zásobníku by způsobila velké škody a mohla by vyvolat domino efekt. Nebezpečnost a rozsah takového výbuchu by se mohl přirovnat k již zmíněné rozsáhlé explozi ve Flixborough, kde výbuch zavinil únik velkého množství cyklohexanu a zavinil smrt 28 zaměstnancům. Pokud by nastala exploze zásobníku styrenu v podniku Synthos, lze konstatovat, že počet mrtvých by mohl být mnohem větší, protože v přímé blízkosti podniku se nachází město Kralupy nad Vltavou s velkou hustotou zalidnění. Pravděpodobnost výbuchu je však velmi malá.

U všech modelací také není započítán zásah jednotek IZS, které svými opatřeními a řešením dané mimořádné události by měly velký vliv na dopady a následky. Dá se také předpokládat, že zasahujícím hasičům by se také podařilo rychlé zastavení dalšímu unikání NCHL ze zásobníku, což by mělo vliv na celkové množství uniklé látky.

Při vzniku mimořádné události s přítomností úniku NCHL hraje nejdůležitější faktor pro řešení dané situace čas. Důležitý je čas pro detekci úniku, kterou zajišťují čidla v okolí a na zásobnících a také strategicky umístěná čidla v areálu. Po efektivní detekci jsou prvotní úkony vykonávány podnikovými hasiči, kteří mají nejen dostatečné vybavení pro zásah, ale

hlavně disponují dokonalou místní orientací. Tato jednotka je v případě potřeby podpořena HZS ČR (Kralupy nad Vltavou, Mělník, Slaný atd.). HZSP a HZS Kralupy nad Vltavou zajišťují efektivní zásah jednak se svým vybavením a zkušenostmi, ale také krátkou výjezdovou dobou. Dá se také předpokládat, že umístění obou stanic je na vhodných lokacích. Při úniku je menší pravděpodobnost, že by byly stanice zasaženy. Důležité je také při detekci závažné havárie zavčas aktivovat III. stupeň mimořádné události. Synthos má pro tyto události vypracované schéma varování a vyrozumění jednak pro areál podniku, ale i pro zónu havarijního plánování. Toto schéma je jednou z příloh Vnějšího havarijního plánu.

V případě úniku mimo areál podniku je jednou ze zásadních ochranných opatření individuální ochrana. Měl by být vytvářen tlak na připravenost obyvatel v okolí podniku Synthos právě na únik NCHL stejně tak, jako je obyvatelstvo nachystáno na případný únik radiace v okolí jaderných zařízení, kde je nutné provádět jodovou profylaxi. Mělo by být zajištěno dostatek ochranných masek a obleků pro obyvatelstvo. Stejný důraz na individuální ochranu by měl být pro zaměstnance podniku. Dále by se měl podnik, HZS a město Kralupy více zaměřovat na školení a informování obyvatel. Lidé by měli vědět, jak se za těchto mimořádných událostech zachovat a jak si např. vytvořit improvizovanou ochranu proti toxickému mraku.

Ze SWOT analýzy vyplývá, že Synthos má z pohledu prevence závažných havárií řadu silných stránek. Za zásadní silnou stránku považují kvalifikované odborníky v oblasti dané tematiky. Dále kvalita a rozsah zpracované bezpečnostní dokumentace a přítomnost HZSP Synthos.

Navržené doporučující opatření vycházejí z výše uvedené analýzy. Tyto návrhy se týkají posílení prevence a připravenosti podniku na mimořádnou událost. Jedním ze zásadních opatření je prosazovat větší komunikaci mezi jednotlivými firmami sousedících s podnikem s důrazem na sdílení informací a zkušeností. Toto doporučení je založeno zejména na prevenci před domino efektem. Dále kvalitní komunikace a společná bezpečnostní dokumentace zefektivní a zrychlí činnosti vedoucí k řešení vzniklé mimořádné události. Dále je důležité modernizovat a prosazovat opatření vedoucích k zlepšení dopadů výroby a případných havárií na životní prostředí. Také je nutné se více se angažovat ve vzdělávání zaměstnanců a obyvatelstva na případnou mimořádnou událost spojenou s únikem NCHL. S tím souvisí i zlepšení informovanosti a připravenosti obyvatel.

Taktické cvičení je pro připravenost složek IZS jednou z nejefektivnějších forem získání zkušeností v oblasti řešení mimořádné události spojenou s únikem NCHL. Slavný výrok Alexandra Vasiljeviče Suvorova „*Těžko na cvičišti – lehký na bojišti.*“ se výborně hodí právě pro taktické cvičení. Tyto simulace by měly být zatěžkávací zkouškou pro všechny složky IZS. Zasahující jednotky by si měly odnést cenné zkušenosti, jak se v reálné situaci vyhnout vážným chybám a jak správně postupovat při záchranných a likvidačních pracích. Z tohoto důvodu jsou tato cvičení prováděna pro různé scénáře v různých lokalitách. Jednou z těchto lokalit je právě podnik Synthos Kralupy a.s. V minulosti zde již několikrát proběhlo cvičení, hlavně na únik čpavku. Jak již bylo v práci uvedeno, jedním z těchto cvičení bylo i „Synthos sklad čpavku 2015“. Dle hodnocení rozhodčího Ing. Martina Tomi je patrné, že zasahující jednotky zásah zvládly bez vážných potíží. Tudíž lze konstatovat, že jednotky IZS jsou schopny efektivně provést zásah i při reálném úniku.

Porovnání programu ALOHA a TerEx z pohledu autora práce. Každý program má svá pro a proti. Však, jak již ukázalo vyhodnocení hypotézy 3, výsledky modelace v ALOHA a TerExu se nebudou lišit o více než 10 %“, se svými výsledky se oba programy liší. V případě modelace amoniaku o 33,3 %. Jednou z hlavních výhod programu ALOHA je jeho volná dostupnost formou stažení zdarma tohoto softwaru. Ovšem jeho obsluha je více náročná. ALOHA má velké nároky na vstupní hodnoty. Je zde kladen důraz na atmosférické podmínky a konkrétní podrobnosti charakteristiky úniku NCHL. Výstupní údaje jsou však velice podrobné a přesné. Jsou zde dobře zjistitelné koncentrace např.: ERPG, AEGL, IDLH. Tyto koncentrace jsou zjistitelné ve všech požadovaných vzdálenostech. Se spojením mapového programu MARPLOT jsou možné i grafické modelace úniku na mapovém podkladu. Program TerEx není volně k dispozici. Pro použití je nutné vlastnit příslušnou licenci. Nároky na vstupní data má mnohem menší a je uživatelsky příjemnější. Tím se tento program stává celkem jednoduchým na obsluhu a vytvoření modelace je rychlé. Výstup z TerExu je srozumitelný, a i přes menší objem vstupních dat, nám dá užitečné informace. Ovšem s porovnáním s ALOHA se dá předpokládat, že výsledné hodnoty TerEx nemusejí být tak přesné a konkrétní jako v ALOHA. Výhodou TerExu je také jeho český překlad. ALOHA je dostupná pouze v anglickém jazyce, což může vést kvůli odbornosti zadávaných dat k špatnému překladu nebo špatnému pochopení. Celkově se spíše přikláním k výsledkům ALOHA, kvůli přesnosti dat.

## 7 Závěr

Cílem diplomové práce byla analýza úniku NCHL, konkrétně: amoniaku, 1,3-butadienu a styrenu ze zásobníku v podniku Synthos Kralupy a.s. Pomocí softwarových programů ALOHA a TerEx bylo docíleno výsledků modelace. Dále bylo cílem provést komparaci výsledků a navrhnout doporučující opatření k likvidaci mimořádné události.

Před provedením modelace byla provedena analýza rizik podniku Synthos Kralupy a.s. Díky výsledkům analýzy jsem dospěl k závěru, že největší potenciální nebezpečí v podniku představuje únik NCHL.

Z důvodu velkého potenciálního nebezpečí a množství skladování a používání NCHL byly pro modelaci zvoleny tyto látky: amoniak, 1,3-butadien a styren. Modelace úniku byla vytvořena v programech ALOHA a TerEx dle zvoleného scénáře. Při komparaci výsledných dat bylo zjištěno, že při zadávání stejných vstupních požadavků jsou výsledky v jednotlivých programech rozdílné. Na základě výsledků modelace jsem zaznamenal rozsah případné havárie a byly stanoveny zóny dle vyskytujících se koncentrací látky v ovzduší. Při modelaci úniku styrenu byla vytvořena také zóna představující ohrožení osob při vznícení styrenu, nebo jeho exploze v zásobníku.

Modelace ukázala, že při selhání bezpečnostních opatření může mít únik amoniaku negativní vliv na životy a zdraví zaměstnanců, tak i obyvatel nacházejících se v blízkosti podniku Synthos Kralupy a.s., přičemž vzniklý toxický mrak může překročit hranici ZHP. Modelace také poukázala na správné umístění zásobníku 1,3-butadienu, který by v případě úniku nepředstavoval potenciální nebezpečí pro obyvatelstvo. Dále modelace poukázala na velkou nebezpečnost exploze styrenu. Ta by mohla ohrozit na životech a zdraví mnoho obyvatel. Exploze styrenu by nejspíše způsobila domino efekt, který by umocnil vzniklé následky.

Dále díky zhotovení SWOT analýzy jsem posoudil celkovou připravenost podniku na vznik mimořádné události s únikem NCHL a navrhl doporučující opatření vedoucí ke zlepšení připravenosti a řešení případné mimořádné události.

Chemický průmysl představuje jeden ze základních pilířů fungování dnešní společnosti. Bohužel i přes nové technologie představuje velké nebezpečí jednak pro život a zdraví člověka, tak pro životní prostředí. Je nutné nadále zlepšovat a zdokonalovat prevenci a opatření vedoucích ke snížení pravděpodobnosti vzniku chemické havárie a k zmírnění jejích následků.

## **8 Seznam použitých zkratek**

AEGL – Acute Exposure Guideline Level

ACHVK – Areál chemických výroby Kralupy

ALOHA – Areal Locations of Hazardous Atmospheres

ASČR – Asociace samaritánů České republiky

CAS – Chemical Abstract Service

CLP – Classification, Labelling and Packaging

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

ČR – Česká republika

DK – Dětská kazajka

DM – Dětská maska

DV – Dětský vak

ERPG – Maximální koncentrace, která při expozici 60 minut nemá jiné nežli mírné přechodné nepříznivé účinky

ES – Evropské společenství

GHS – Globální harmonizovaný systém

HAU – havarijní akční úroveň

HP – Havarijní plánování

HPK – Havarijní přípustná koncentrace

HZS – Hasičský záchranný sbor

HZSP – Hasičský záchranný sbor podniku



IDLH – Maximální koncentraci, která při expozici 30 minut nemá za následek trvalé poškození zdraví

IZS – Integrovaný záchranný systém

JPO – Jednotka požární ochrany

MU – Mimořádná událost

MV – Ministerstvo vnitra

NCHL – Nebezpečná chemická látka

NL – Nebezpečná látka

PHHS – Provoz hasičsko havarijních služeb

ppm – Parts per million (jedna miliontina)

PO – Požární ochrana

SDH – Sbor dobrovolných hasičů

SOS – Střední odborná škola

START – Snadné třídění a rychlá terapie

SWOT – Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

SŽDC – Správa železniční dopravní cesty

TerEx – Teroristický expert

UN – United Nations

VnHP – Vnější havarijní plán

VZ – Velitel zásahu

ZHP – Zóna havarijního plánování

ZZS – Zdravotnická záchranná služba

## 9 Seznam použitých zdrojů

1. Zákon 240/2000 Sb. Zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů. In: Sbíрка zákonů České republiky (krizový zákon)
2. Zákon č. 224/2015 Sb. Zákon 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). In: Sbíрка zákonů České republiky
3. ODBOR BEZPEČNOSTNÍ POLITIKY A PREVENCE KRIMINALITY, Ministerstvo Vnitřní České Republiky. *Terminologický slovník pojmů z oblasti krizového řízení, ochrany obyvatelstva, environmentální bezpečnosti a plánování obrany státu*. Praha, 2016.
4. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006
5. Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. *HZS Moravskoslezského kraje: Krizové a havarijní plánování* [online]. Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2018, 2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/krizove-řízení-a-cnp-ke-stazeni-ff.aspx?q=Y2hudW09OA%3D%3D>
6. RNDr. Petr A. Skřehot, Ph.D. *Portál bozp: Mimořádné události* [online]. [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.portalbozp.cz/mimoradne-udalosti/>
7. Vyhláška 227/2015 Sb. Vyhláška o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku. In: Sbíрка zákonů České republiky
8. BARTLOVÁ, Ivana a Miloš PEŠÁK. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II*. Frýdek -Místek: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003. ISBN 80-86634-30-2

9. EURLE. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/105/ES [online]. eurlex.cz. [cit. 2016-12-20]. Dostupné z: <http://www.eurlex.cz/dokument.aspx?celex=32003L0105>
10. SLUKA, Vilém. Implementace směrnice 2012/18/EU (Seveso III) a analýza a hodnocení rizik v České republice. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], 2013, roč. 6, č. 3-4. Dostupný z WWW: <<http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-03-04-2013/implementace-sevesoIII-v-cr.html>>. ISSN 1803-3687.
11. Zákon č. 239/2000 Sb. Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: Sbíрка zákonů České republiky (zákon o IZS)
12. Zákon č. 350/2011 Sb. Zákon o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů. In: Sbíрка zákonů České republiky (chemický zákon)
13. Vyhláška č. 225/2015 Sb. Vyhláška o stanovení rozsahu bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu zařazeného do skupiny A nebo skupiny B. In: Sbíрка zákonů České republiky
14. Vyhláška č. 328/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva vnitra o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému. In: Sbíрка zákonů České republiky
15. *Havarijníplany.cz: Portál o havarijních a povodňových plánech* [online]. [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.havarijníplany.cz/clanek/havarijni-planovani-a-havarijni-plany>
16. *Hasičský záchranný sbor České republiky: Havarijní plánování* [online]. Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/krizove-rizeni-a-cnp-havarijni-planovani-havarijni-planovani.aspx>
17. ŠENOVSKÝ, Michail, Vilém ADAMEC a Michal. VANĚK. *Bezpečnostní plánování*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 80-86634-52-4.

18. BARTLOVÁ, Ivana. Nebezpečné látky I. 2. vydání. Ostrava: družení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. 211 s. ISBN 80-86634-59-3
19. 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: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2004. ISBN 80-866-4023-X.
20. BALOG, Karol. *Základy toxikologie*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1998. ISBN 80-86111-29-6.
21. LACINA, Petr, J. MIKA, Otakar, ŠEBKOVÁ, Kateřina. Nebezpečné chemické látky a směsi. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. 131 s. ISBN 978-80-210-6475-1
22. *Ochrana obyvatelstva v případě krizových situací a mimořádných událostí nevojenského charakteru*. Brno: Tribun EU, 2014. ISBN 978-80-263-0724-2.
23. ŠENOVSKÝ, Michail, Karol BALOG, Zdeněk HANUŠKA a Pavel ŠENOVSKÝ. Nebezpečné látky II. 2. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, 229 s. ISBN 9788073850005.
24. ŠENOVSKÝ, Michail. *Nebezpečné látky*. 2. rozš. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2001. ISBN 80-86111-74-1.
25. PROCHÁZKOVÁ, Dana. Nebezpečné chemické látky a chemické přípravky a průmyslové nehody. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství PA ČR, 2008, 418 s. ISBN 978-80-7251-275-1.
26. SMETANA, Marek a Danuše KRATOCHVÍLOVÁ. Havarijní plánování: varování, evakuace, poplachové plány, povodňové plány. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80251-2989-0.

27. FOLWARCZNY, L., POKORNÝ, J. Evakuace osob. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 80-86634-92-2.
28. PITSCHMANN, Vladimír. *Chemické zbraně a ochrana proti nim*. Praha: Manus, 2011. ISBN 978-80-8657-109-6.
29. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006
30. MIKA, Otakar. Rescue Report. *Rescue Report: česko-slovenský záchranný časopis*. Brno: Ikaria, 2011, 2011(4). ISSN 1212-0456.
31. KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše a Libor FOLWARCZNY. *Ochrana obyvatelstva*. 2., aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-134-7.
32. SLABOTINSKÝ, Jiří a BRÁDKA Stanislav. *Ochrana osob při chemickém a biologickém nebezpečí*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 80-86634-93-0.
33. BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*. 2. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-005-0.
34. ČAPOUN, Tomáš. *Chemické havárie*. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8.
35. PARKER, Roger Jocelyn. *The Flixborough disaster: report of the Court of Inquiry*. London: H.M.S.O., 1975. ISBN 0113610750.
36. KRAITR, Milan et al. *Chemický průmysl České republiky*. 1. vydání. Plzeň: Západočeská univerzita, Pedagogická fakulta, 1999. ISBN 978-807-0825-358.

37. Vnější havarijní plán pro zónu havarijního plánování, ACHV Kralupy, Středočeský kraj 2013
38. *Město Kralupy nad Vltavou: HZS Synthos* [online]. Kralupy nad Vltavou [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.mestokralupy.cz/mesto/hasici/hzs-synthos/>
39. Vnitřní havarijní plán podniku Synthos Kralupy a.s.
40. Ing. Jiří BARTA, RNDr. Ing. Tomáš LUDÍK. ALOHA – modelování a simulace: Studijní pomůcka pro předmět KRIZOVÉ SCÉNAŘE [online]. Univerzita obrany, 2012 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: [https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/26279/mod\\_resource/content/1/Studijni\\_pomucka\\_Aloha.pdf](https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/26279/mod_resource/content/1/Studijni_pomucka_Aloha.pdf)
41. SLUKA Vilém. Výkladový terminologický slovník některých pojmů používaných v analýze a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií [online]. 2004 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: [http://www.vubp.cz/images/soubory/prevence-zavaznych-havarii/metodiky/vykladovy-slovník-01\\_07\\_2010.pdf](http://www.vubp.cz/images/soubory/prevence-zavaznych-havarii/metodiky/vykladovy-slovník-01_07_2010.pdf)
42. BARTA Jiří a LUDÍK Tomáš *TerEx – modelování a simulace (Studijní pomůcka pro předmět KRIZOVÉ SCÉNAŘE)*. Univerzita obrany, 2012.
43. CAMEO chemicals
44. Medis Alarm
45. *Ochrana obyvatelstva v případě krizových situací a mimořádných událostí nevojenského charakteru*. Brno: Tribun EU, 2014. ISBN 978-80-263-0724-2.
46. *Pubchem: OPEN CHEMISTRY DATABASE* [online]. [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1\\_3-butadiene#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1_3-butadiene#section=Top)

47. Integrovaný registr znečišťování: Styren [online]. Ministerstvo životního prostředí ČR [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/node/91>
48. KLEGER Ladislav a VÁLEK Petr, *Arnika: Styren* [online]. Praha, 2014 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://arnika.org/styren>
49. Závěrečná zpráva z taktického cvičení Synthos 2015
50. Řád chemické služby, SIAŘ č.30/2006, MV- GŘHZS ČR
51. *Happy end* [online]. [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.happyend.cz/bezpecnostni-znacky>
52. *AccuWeather* [online]. [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.accuweather.com>
53. Program ALOHA
54. Program TerEx
55. *Mapy.cz* [online]. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.3199701&y=50.2512158&z=14>
56. MARKOVÁ. Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí. ŘÍMAN, Radovan, Petr SKŘEHOT, Jan BUMBA a Vilém SLUKA. *ALOHA V PRAXI – Případová studie havárie cisterny přepravující nebezpečnou chemickou látku* [online]. 2007, s. 126-134 [cit. 2018-05-09]. ISBN 978-80-86303-11-6. Dostupné z: <http://www.cbks.cz/upice2007/126.pdf>

## 10 Seznam tabulek

<b>Tabulka 1</b> – Chemické havárie z hlediska pravděpodobnosti vzniku a dopadů .....	34
<b>Tabulka 2</b> – Významné chemické havárie v ČR .....	37
<b>Tabulka 3</b> – Zeměpisné údaje podniku .....	39
<b>Tabulka 4</b> – Počet obyvatel v okolí podniku Synthos Kralupy a.s. ....	39
<b>Tabulka 5</b> – Frekvence .....	47
<b>Tabulka 6</b> – Koeficient dopadu na životy a zdraví (Ko) .....	48
<b>Tabulka 7</b> – Koeficient ekonomických dopadů (Ke) .....	49
<b>Tabulka 8</b> - Koeficient společenských dopadů (Ks) .....	49
<b>Tabulka 9</b> – Koeficient dopadu na životní prostředí (Kžp) .....	50
<b>Tabulka 10</b> – Váhové koeficienty .....	50
<b>Tabulka 11</b> – Míra rizika .....	51
<b>Tabulka 12</b> – Základní fyzikální vlastnosti a další informace o amoniaku .....	54
<b>Tabulka 13</b> – Základní fyzikální vlastnosti a další informace o 1,3-butadienu .....	56
<b>Tabulka 14</b> – Základní fyzikální vlastnosti a další informace o styrenu .....	59
<b>Tabulka 15</b> – Vstupní hodnoty pro modelaci úniku amoniaku do programu Aloha .....	62
<b>Tabulka 16</b> – Vstupní hodnoty pro modelaci úniku amoniaku do programu TerEx .....	62
<b>Tabulka 17</b> – Výstupní hodnoty pro modelaci úniku amoniaku do programu Aloha .....	63
<b>Tabulka 18</b> – Koncentrace ERPG amoniaku .....	63
<b>Tabulka 19</b> – Koncentrace AEGL amoniaku .....	64
<b>Tabulka 20</b> – Koncentrace IDLH amoniaku .....	64
<b>Tabulka 21</b> – Koncentrace HPK a HAU amoniaku .....	64



<b>Tabulka 22</b> – Vzdálenosti evakuace podle programu TerEx a další hodnoty – únik amoniaku.....	66
<b>Tabulka 23</b> – Vstupní hodnoty pro modelaci úniku 1,3-butadienu do programu Aloha .....	68
<b>Tabulka 24</b> – Vstupní hodnoty pro modelaci úniku 1,3-butadienu do programu TerEx .....	68
<b>Tabulka 25</b> – Výstupní hodnoty pro modelaci úniku 1,3-butadienu do programu Aloha ....	69
<b>Tabulka 26</b> – Koncentrace ERPG 1,3-butadienu .....	69
<b>Tabulka 27</b> – Koncentrace AEGL 1,3-butadienu .....	70
<b>Tabulka 28</b> – Koncentrace IDLH 1,3-butadienu .....	70
<b>Tabulka 29</b> – Vzdálenosti evakuace podle programu TerEx a další hodnoty – únik 1,3-butadienu .....	71
<b>Tabulka 30</b> – Vstupní hodnoty pro modelaci úniku styrenu do programu Aloha .....	73
<b>Tabulka 31</b> – Vstupní hodnoty pro modelaci úniku styrenu do programu TerEx .....	73
<b>Tabulka 32</b> – Výstupní hodnoty pro modelaci úniku styrenu do programu Aloha .....	74
<b>Tabulka 33</b> – Výstupní hodnoty pro modelaci hoření styrenu do programu Aloha .....	75
<b>Tabulka 34</b> – Výstupní hodnoty pro modelaci exploze styrenu do programu Aloha .....	77
<b>Tabulka 35</b> – Komparace naměřených údajů z programu Aloha a TerEx .....	80
<b>Tabulka 36</b> – SWOT analýza podniku Synthos Kralupy .....	85
<b>Tabulka 37</b> – Komparace modelace úniku amoniaku v diplomové práci s případovou Studii .....	90

## 11 Seznam obrázků

<b>Obrázek 1</b> – UN označení v železniční dopravě .....	28
<b>Obrázek 2</b> – UN označení v silniční dopravě .....	28
<b>Obrázek 3</b> – Značení GHS amoniaku .....	55
<b>Obrázek 4</b> – Chemický vzorec amoniaku .....	55
<b>Obrázek 5</b> – Značení GHS 1,3-butadienu .....	57
<b>Obrázek 6</b> – Chemický vzorec 1,3-butadienu .....	57
<b>Obrázek 7</b> – Značení GHS styrenu .....	59
<b>Obrázek 8</b> – Chemický vzorec styrenu .....	59
<b>Obrázek 9</b> – Teploty v měsíci červen za roky 2013 – 2017 v Kralupech nad Vltavou (°C) .	60
<b>Obrázek 10</b> – Modelace rozsahu úniku amoniaku v programu Aloha .....	65
<b>Obrázek 11</b> – Modelace rozsahu úniku amoniaku v programu TerEx .....	67
<b>Obrázek 12</b> – Modelace rozsahu úniku 1,3-butadienu v programu Aloha .....	70
<b>Obrázek 13</b> – Modelace rozsahu úniku 1,3-butadienu v programu TerEx .....	72
<b>Obrázek 14</b> – Modelace rozsahu úniku styrenu v programu Aloha .....	74
<b>Obrázek 15</b> – Modelace rozsahu požáru v programu Aloha .....	76
<b>Obrázek 16</b> – Modelace rozsahu požáru v programu TerEx .....	77
<b>Obrázek 17</b> – Modelace rozsahu exploze styrenu v programu Aloha .....	78
<b>Obrázek 18</b> – Modelace rozsahu exploze styrenu v programu TerEx .....	79
<b>Obrázek 19</b> – Mapa umístění stanic IZS, nemocnice a základních škol .....	82

## **12 Seznam příloh**

Příloha 1 – Průměrné teploty v měsíci červen za roky 2013 – 2017

Příloha 2 – Ochranné masky a oděvy

Příloha 3 – Mapové podklady

Příloha 4 – Ilustrační obrázky zásobníků

Příloha 5 – Technická výbava HZSP Synthos

Příloha 6 – Modelace

Příloha 7 – Tabulky vzdáleností koncentrací

Příloha 1 – Průměrné teploty v měsíci červen v letech 2013 – 2017

Den	2013	2014	2015	2016	2017
1	12	12	24	22	24
2	15	15	25	22	26
3	13	13	27	23	28
4	17	16	24	23	21
5	16	17	28	24	21
6	20	16	30	22	27
7	20	20	25	24	18
8	20	20	25	28	22
9	22	22	15	23	29
10	17	17	21	21	22
11	21	21	25	21	26
12	25	25	28	20	27
13	27	27	30	21	23
14	23	23	29	21	22
15	26	26	19	17	26
16	25	25	20	25	23
17	29	29	20	18	20
18	36	36	18	22	23
19	34	34	16	19	27
20	37	37	15	19	30
21	26	26	18	22	28
22	22	22	19	25	35
23	25	25	17	32	28
24	14	14	17	34	28
25	14	14	21	32	29
26	15	15	22	24	27
27	16	16	21	20	29
28	17	17	20	23	29
29	18	18	22	26	20
30	19	19	24	25	22
<b>Průměr</b>	<b>21,36667</b>	<b>21,23333</b>	<b>22,16667</b>	<b>23,26667</b>	<b>25,33333</b>

Zdroj: [www.accuweather.com](http://www.accuweather.com)

## Příloha 2 – Ochranné masky a oděvy

Maska CM-3



Maska CM-4



Maska CM-5



Maska CM-6



SOO-CO



OPCH-70



JP-75



Zdroj obrázků masek a oděvů: <http://survive-ability.cz/vasetelesnaochrana.html#maskacm3>;  
<https://obchod.klimafil.cz/p/767/ochranna-celooblicejova-maskacm-6s-silikonova-vnitri-maskacm>

# Příloha 3 – Mapové podklady

## Mapa podniku se zakreslením jednotlivých firem v areálu



Zdroj: Bezpečnostní zpráva Syntos

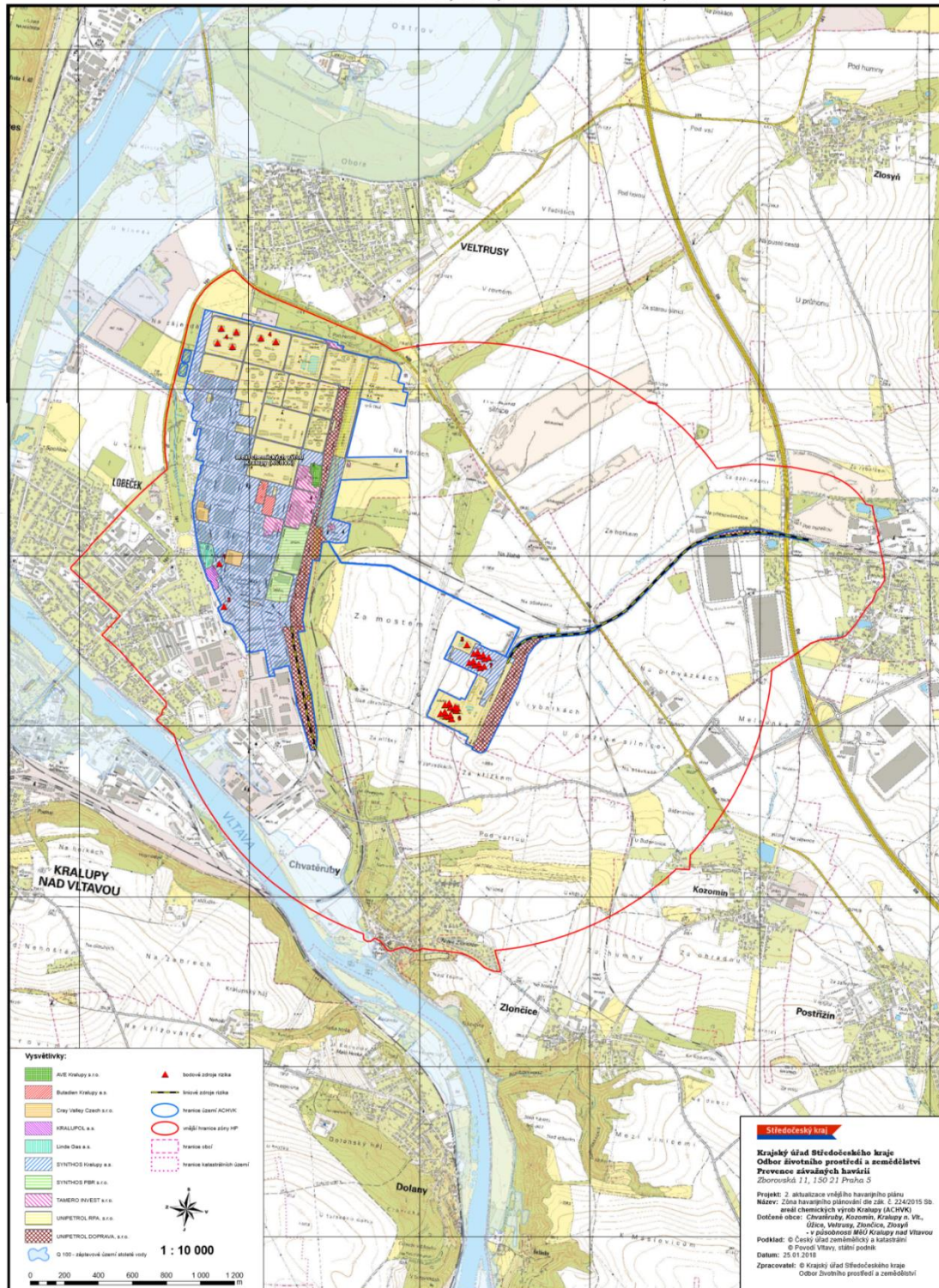
Zakreslení lokace zásobníků amoniaku (A), styrenu (S) a 1,3-butadienu (B) v podniku Synthos Kralupy a.s.



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)



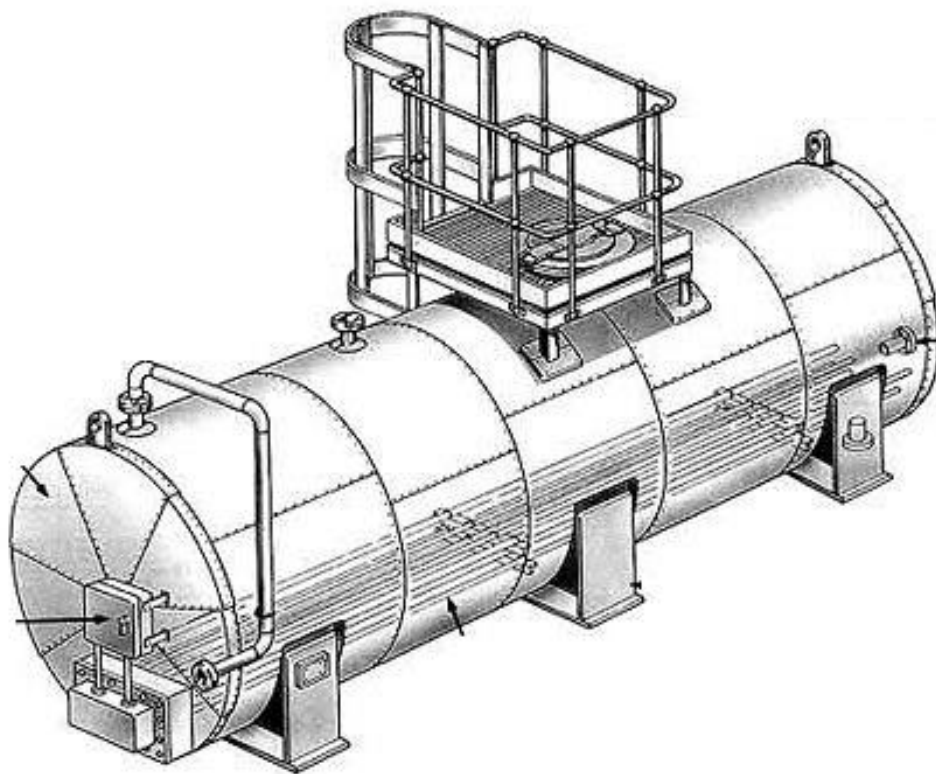
**Zóna havarijního plánování v areálu chemických výroby Kralupy (ACHVK):  
 AVE Kralupy s.r.o., Butadien Kralupy a.s., Cray Valley Czech s.r.o., KRALUPOL a.s., Linde Gas a.s.,  
 SYNTHOS Kralupy a.s., SYNTHOS PBR s.r.o., TAMERO INVEST s.r.o.,  
 UNIPETROL DOPRAVA, s.r.o., UNIPETROL RPA, s.r.o.**



Zdroj: Krajský úřad Středočeského kraje Odbor životního prostředí a zemědělství

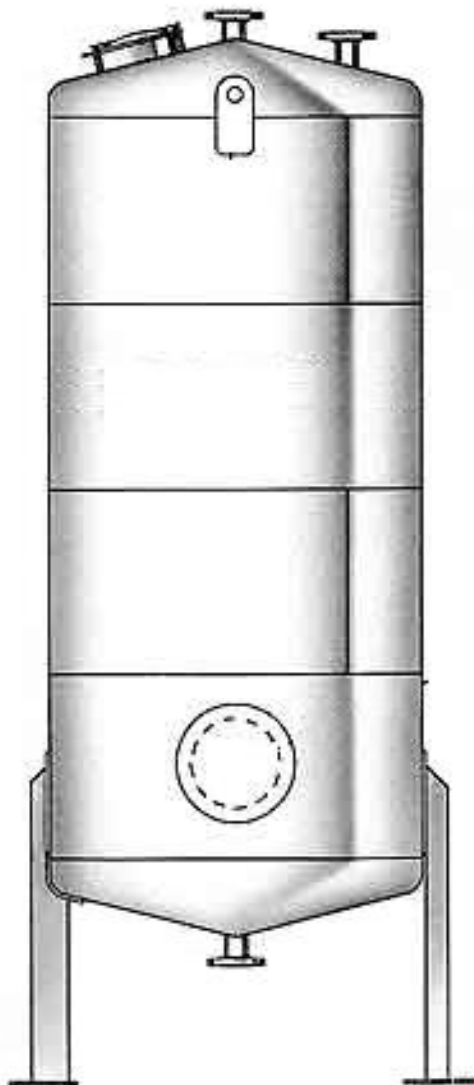
Příloha 4 – Ilustrační obrázky zásobníků

Ilustrační obrázek zásobníku amoniaku v podniku Synthos Kralupy a.s.



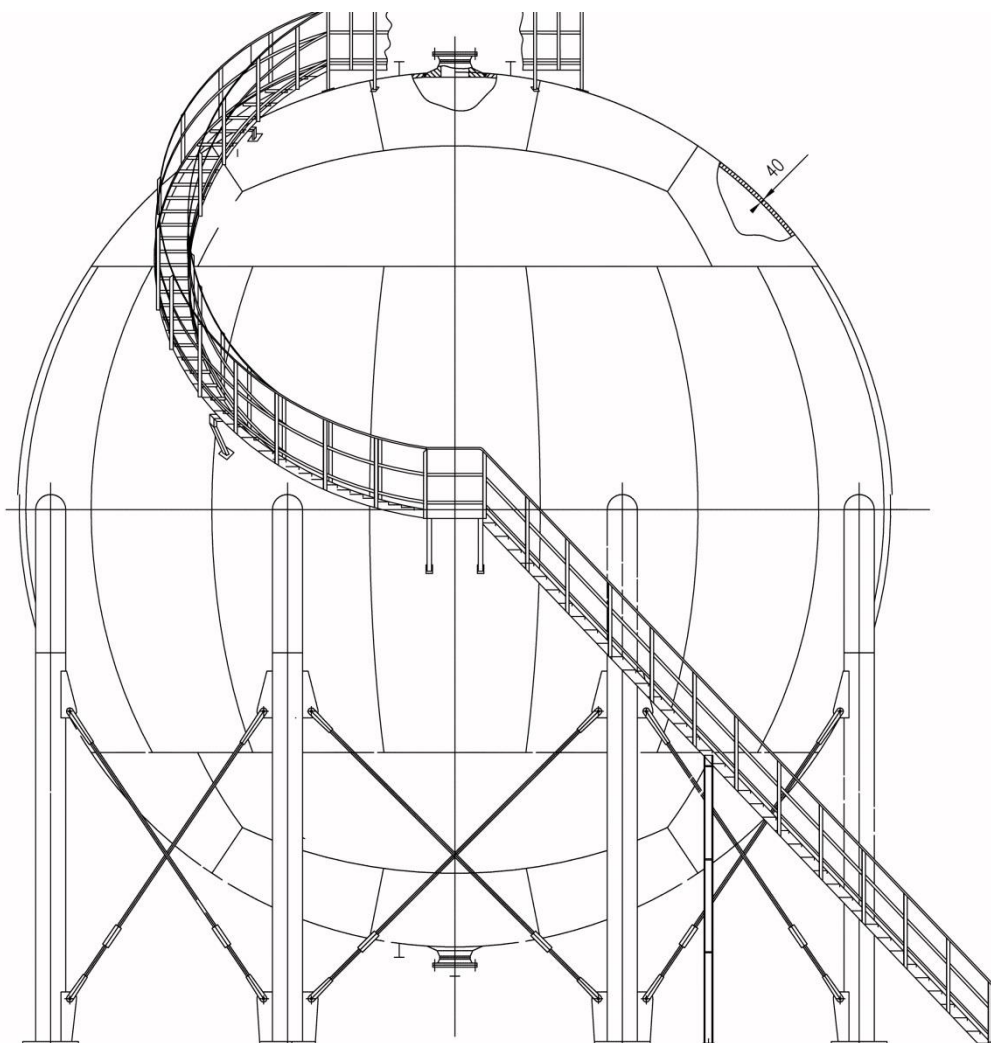
Zdroj: <http://hartwellmanufacturing.co.uk/horizontal-cylindrical-carbon-steel-typical-arrangement-tank/>

Ilustrační obrázek zásobníku styrenu v podniku Synthos Kralupy a.s.



Zdroj: <http://hartwellmanufacturing.co.uk/>

Ilustrační obrázek zásobníku 1,3-butadienu v podniku Synthos Kralupy a.s.



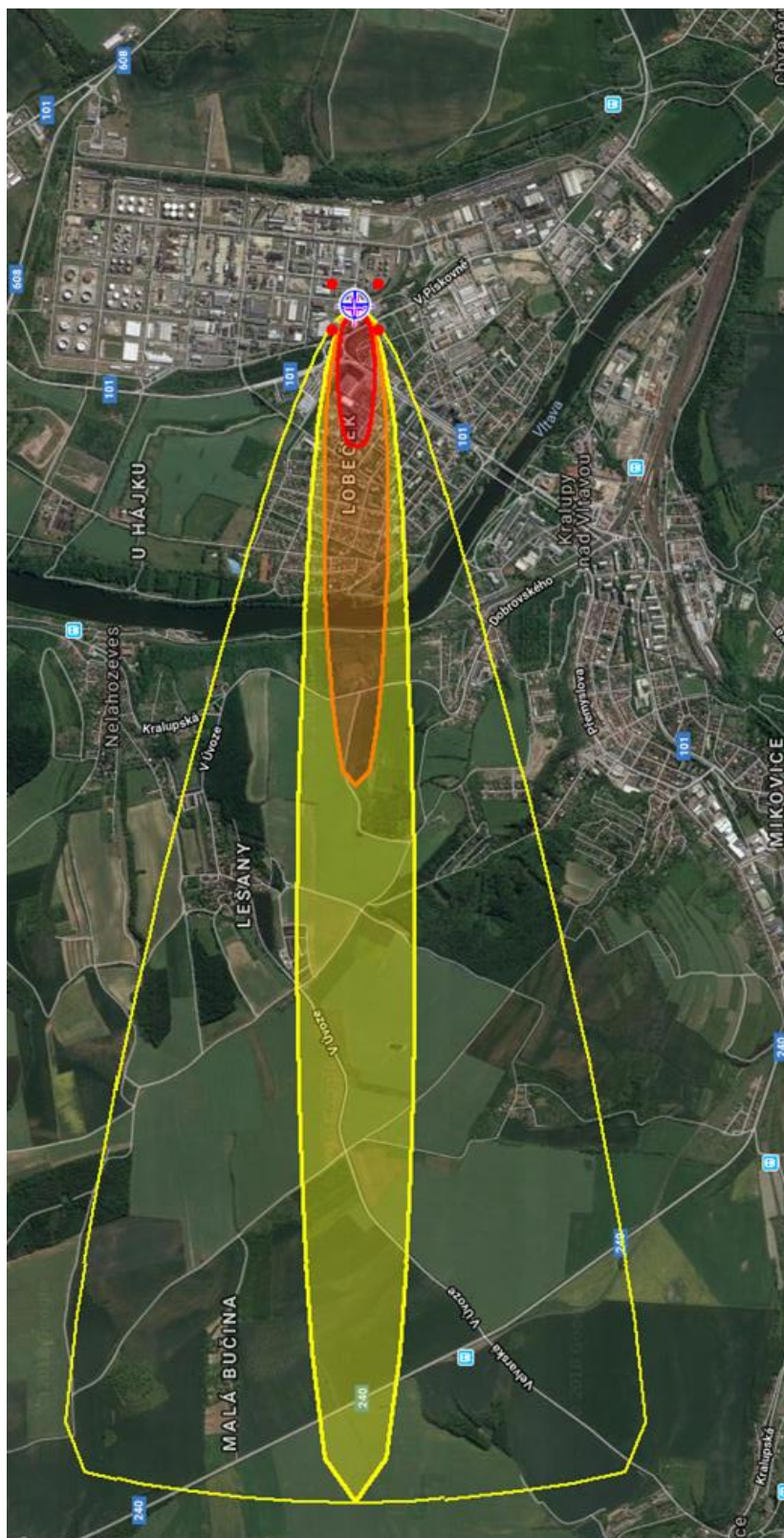
Zdroj: <https://www.thaimetal.co.th/en/spherical-tank/>

Příloha 5 – Technická výbava HZSP Synthos [39]

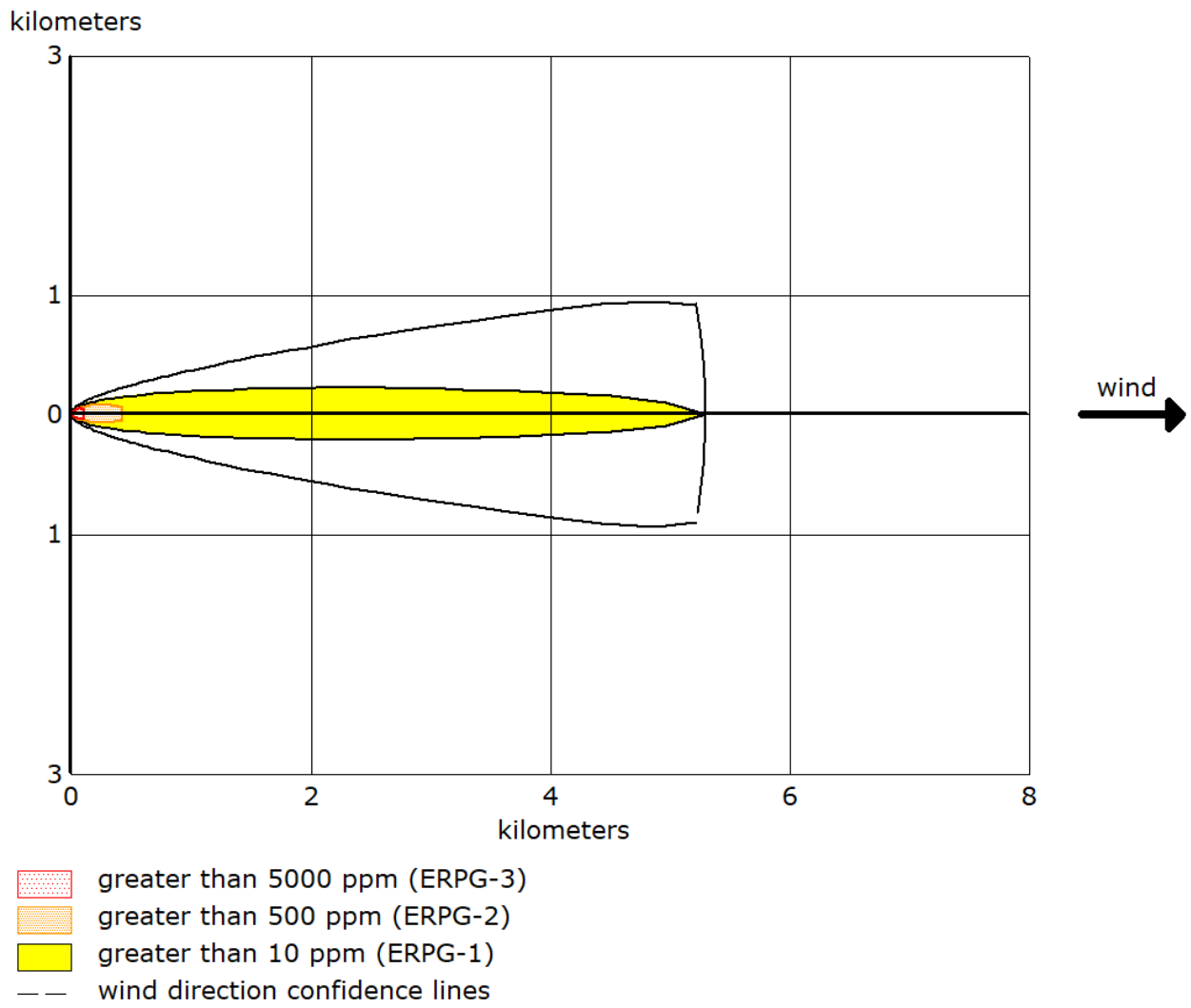
Vozidlo	Popis
Škoda Fábia	Velitelské vozidlo
A 30 N	Valník
LR DEFENDER	Speciální terénní vozidlo s universálním využitím
VW Ambulance RZP	Sanita
A 31 PPA	Vozidlo protiplynové služby
A 21 Furgon RTP	Technické vozidlo
Bronto F 42 HDT T 815	Plošina
CAS 27 T 815	800 l pěnidla Expyrol A3F/AV, 8200 l vody
SLF T 148 DELTAMATIC	8500 l pěnidla Expyrol A3F/AV
PHA 43 T 815	6000 l pěnidla Expyrol A3F/, 3000 l vody
KHA 32 T 815	3300 l pěnidla Finiflam, 3000 l vody, 1000 kg prášku
ULF Rosenbauer	2500 l pěnidla Expyrol A3F/AV 3%, 2000 l vody, 3 t prášku
SCANIA TLF	8000 l pěnidla Expyrol A3F/AV 3%, 3000 l vody
SCANIA ULF	3000 l pěnidla, 2000 l vody, 1000 kg prášku, 480 kg CO2
VW Transporter	Dispečerské vozidlo

Příloha 6 – Modelace

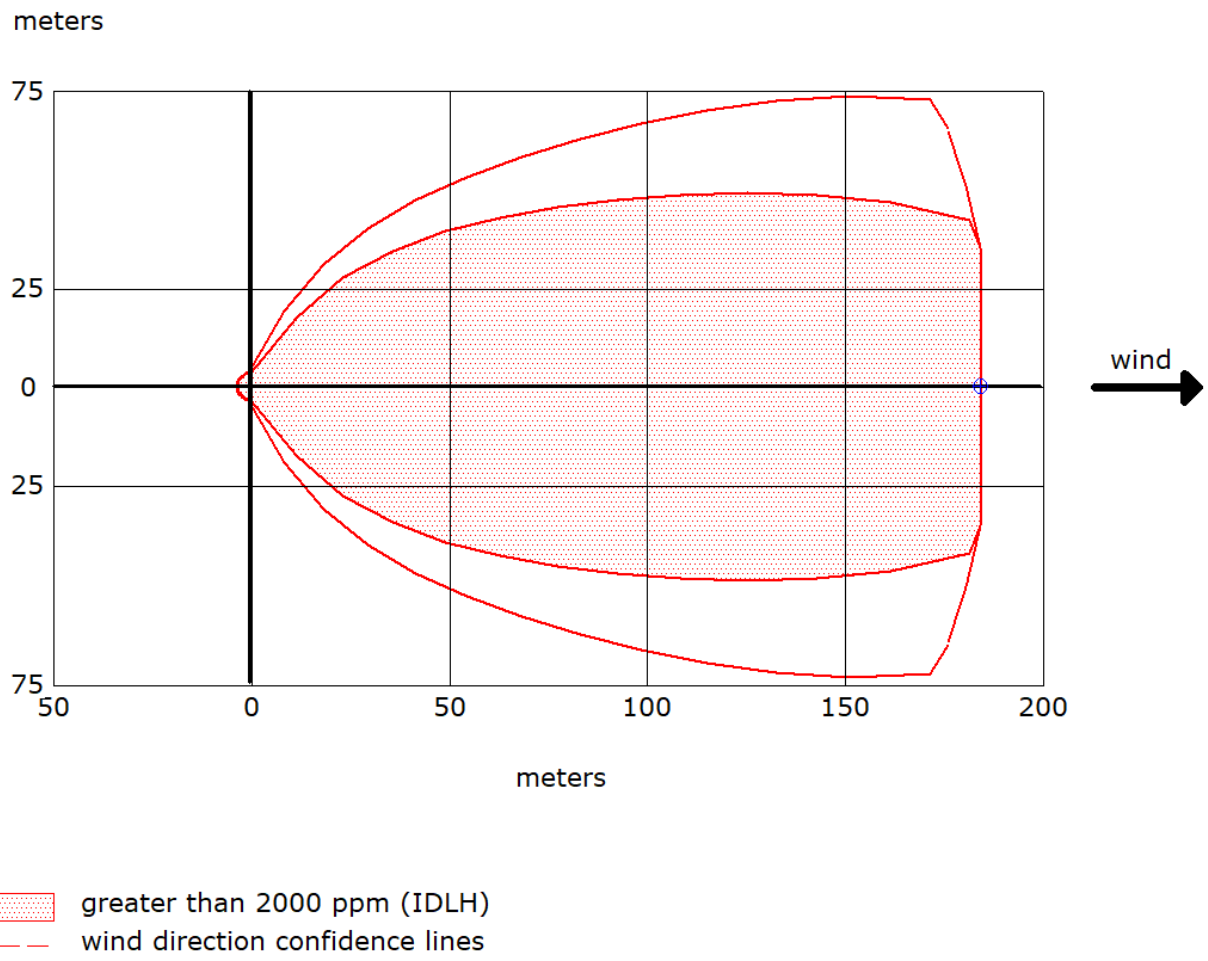
Mapové znázornění úniku amoniaku podle ALOHA [53]



ERPG koncentrace 1,3-butadienu [53]

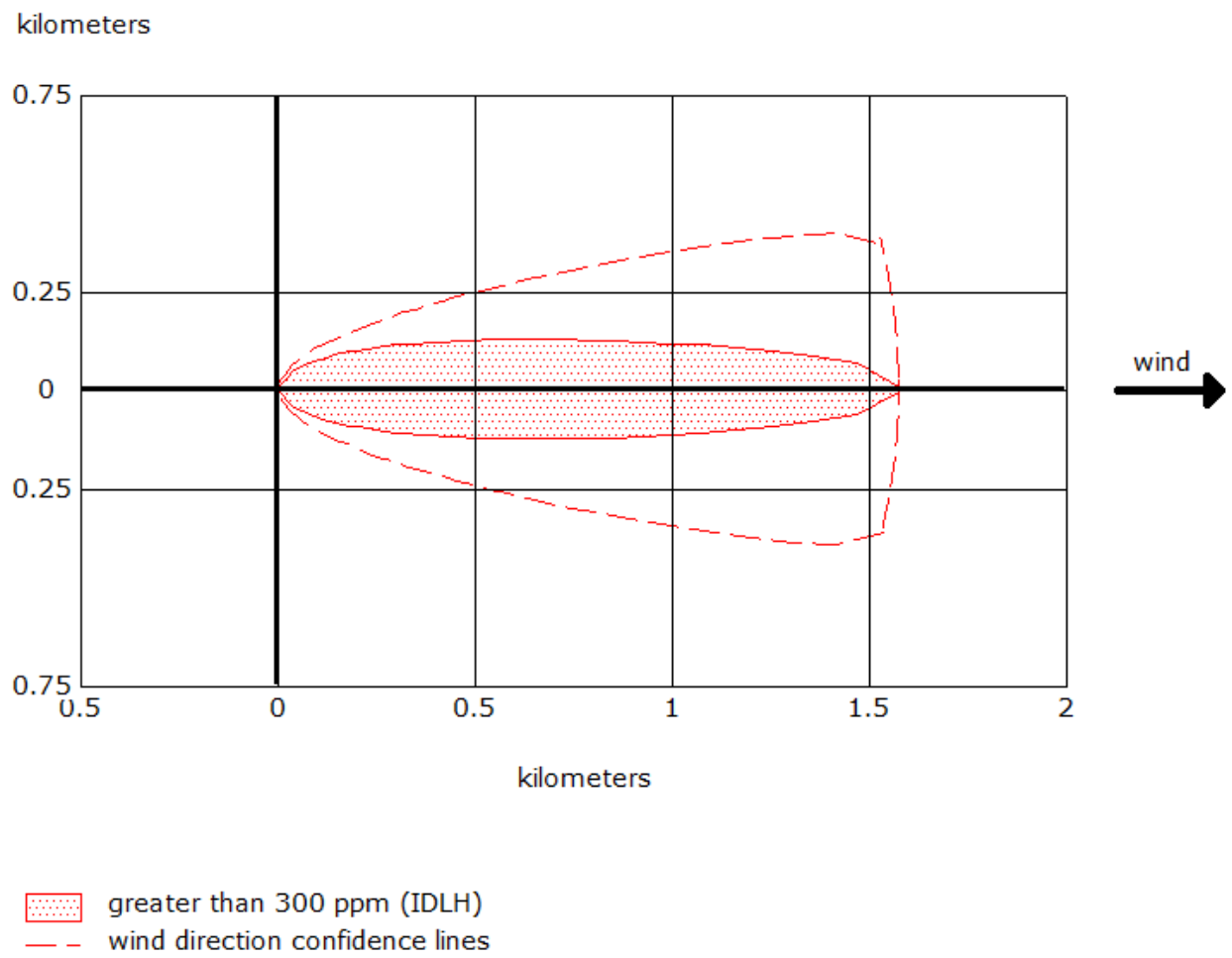


IDLH koncentrace 1,3-butadienu [53]

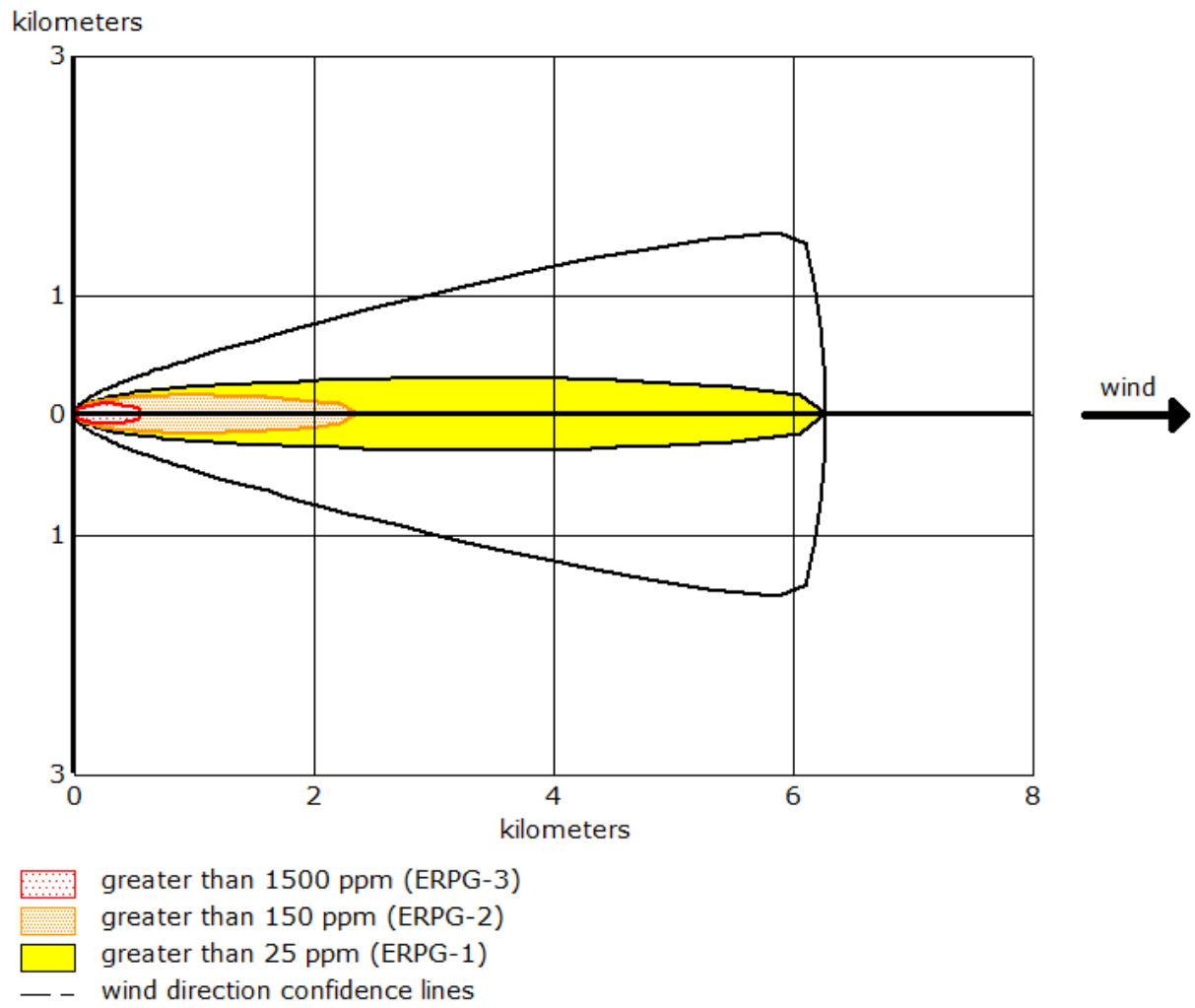




# IDLH Koncentrace amoniaku [53]



ERPG koncentrace amoniaku [53]



Příloha 7 – Tabulky vzdáleností koncentrací

Vzdálenosti jednotlivých koncentrací při úniku amoniaku [53]

Amoniak		
vzdálenost (metry)	venkovní hodnota (ppm)	vnitřní hodnota (ppm)
5	1130000	301000
10	603000	138000
20	271000	57700
30	155000	32800
40	101000	21300
50	70800	14800
100	22500	4710
200	7100	1480
300	3700	774
400	2370	495
500	1680	352
1000	501	124
2000	202	42
5000	38	8

Vzdálenosti jednotlivých koncentrací při úniku styrenu [53]

Styren		
vzdálenost (metry)	venkovní hodnota (ppm)	vnitřní hodnota (ppm)
20	97	28
30	44	12
40	29	8
50	22	6
60	18	5
70	16	4
80	14	4

Vzdálenosti jednotlivých koncentrací při úniku 1,3-butadienu [53]

1,3 butadien		
vzdálenost (metry)	venkovní hodnota (ppm)	vnitřní hodnota (ppm)
5	1030000	470000
10	333000	152000
20	61700	28100
30	27400	12400
40	15700	7100
50	10300	4660
60	7370	3330
70	5600	2530
80	4440	2000
90	3640	1640
100	3080	1380
125	2100	944
150	1560	700
175	1230	548
200	998	446
250	707	314
500	250	109
1000	90	38
2000	22	11
3000	13	5