

# **Analýza rizik nezařazených zdrojů při skladování nebezpečných chemických látek**

Michal Harák

---

Bakalářská práce  
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav krizového řízení

Akademický rok: 2020/2021

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE** (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michal Harák**  
Osobní číslo: **L18371**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Ovládání rizik**  
Forma studia: **Kombinovaná**  
Téma práce: **Analýza rizik nezařazených zdrojů při skladování nebezpečných chemických látek**

### **Zásady pro vypracování**

1. Na základě studia odborné literatury zpracujte literární rešerši týkající se analýzy rizik při skladování nebezpečných chemických látek.
2. Proveďte analýzu rizik nezařazených zdrojů při skladování nebezpečných chemických látek ve vybraném regionu.
3. Na základě výsledků analýzy zformulujte závěry a navrhněte vlastní opatření k eliminaci zjištěných rizik.

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

**Seznam doporučené literatury:**

1. BERNATÍK, Aleš a Lenka BRUMAROVÁ. *Analýza rizik území: Aleš Bernatík, Lenka Maléřová*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. ISBN 978-80-7385-082-1.
2. POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA a Jozef SABOL. *Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie*. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2017. ISBN 978-80-7251-467-0.
3. PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Analýza a řízení rizik*. Praha: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04841-2.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucí bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Kateřina Víchová, Ph.D.**  
Ústav logistiky

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2021**

L.S.

---

**doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.**  
děkanka

---

**Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.**  
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2020

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

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

V Uherském Hradišti, dne: 10.5.2021

Jméno a příjmení studenta: Michal Harák

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato práce je zaměřena na analýzu rizik při skladování a zpracování nebezpečných chemických látek. Teoretická část pojednává o riziku, konkrétních analýzách rizik, věnuje se právní problematice a kategorizaci nebezpečných chemických látek. Praktická část vychází z konkrétních teoretických poznatků předchozí části a věnuje se modelování možných krizových událostí na určitých objektech a samotným analýzám konkrétních rizik. Výstupem je závěrečná analýza rizik na analyzovaných objektech, která reflektuje modelování, předchozí analýzu i události popsané ve veřejných informačních zdrojích.

Klíčová slova: riziko, analýza rizik, nebezpečná chemická látka, modelování krizových situací, Ishikawa, matice rizik

## **ABSTRACT**

This thesis is focused on the risk analysis of storing and processing of hazardous chemical substances. The theoretical part deals with the risks, specific risk analyses, and also the legal aspect and categorization of hazardous chemical substances. The practical part is based on the specific theoretical findings described in the theoretical part and focuses on modelling of possible crisis situations in the analysed objects. It also analyses specific risks within these objects. The result of this work is the final risk analysis which reflects the modelling and the previous analysis as well as incidents described in public information sources.

Keywords: risk, risk analysis, hazardous chemical substances, modelling of crisis situation, Ishikawa, risk matrix

V této bakalářské práci bych chtěl poděkovat především vedoucí bakalářské práce Ing. Kateřině Víchové, Ph.D za ochotu, trpělivost, cenné připomínky během zpracovávání a velmi rychlou odezvu v komunikaci. Velký dík patří také mojí rodině za trpělivost a tolerantní přístup během zpracovávání této bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

## OBSAH

ÚVOD.....	8
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 ZÁKLADNÍ POJMY UŽITÉ V PRÁCI.....</b>	<b>11</b>
<b>2 RIZIKO .....</b>	<b>15</b>
<b>3 NEBEZPEČNÉ CHEMICKÉ LÁTKY .....</b>	<b>17</b>
3.1 PRÁVNÍ ZAKOTVENÍ PROBLEMATIKY NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK .....	17
3.2 KATEGORIZACE NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK .....	19
<b>4 POPIS OBJEKTŮ PRO SKLADOVÁNÍ NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK .....</b>	<b>21</b>
<b>5 VYBRANÉ NEBEZPEČNÉ CHEMICKÉ LÁTKY A SMĚSI.....</b>	<b>23</b>
<b>6 METODY UŽITÉ V PRÁCI.....</b>	<b>26</b>
6.1 ISHIKAWŮV DIAGRAM – DIAGRAM RYBÍ KOSTI .....	26
6.2 MATICE RIZIKA – MATRIX RISK.....	28
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>31</b>
<b>7 POPIS ÚZEMÍ.....</b>	<b>32</b>
<b>8 MODELOVÁNÍ VYBRANÝCH NEHOD S ÚNIKEM NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK V DANÝCH OBJEKTECH.....</b>	<b>38</b>
<b>9 ANALÝZA RIZIK POMOCÍ ISHIKAWA DIAGRAMU .....</b>	<b>45</b>
<b>10 ANALÝZA RIZIK POMOCÍ MATICE .....</b>	<b>48</b>
10.1 ANALÝZA RIZIK ÚNIKU CHLÓRU NA PLAVECKÉM STADIONU .....	48
10.2 ANALÝZA RIZIK ÚNIKU, ZAHOŘENÍ, NEBO VÝBUCHU LPG NA PLNÍCÍ STANICI.....	50
10.3 ANALÝZA RIZIK V SOUVISLOSTI S PROVOZEM ČERPACÍ STANICE POHONNÝCH HMOT.....	52
10.4 ANALÝZA RIZIK V SOUVISLOSTI S PROVOZEM HOKEJOVÉ HALY .....	54
<b>11 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ.....</b>	<b>57</b>
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>58</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>59</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>62</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>63</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>64</b>

## ÚVOD

Téma analýzy rizik nezařazených zdrojů jsem si vybral z důvodu opomíjení jejich existence a možné hrozby vyplývající z jejich provozu. Mimořádné události ohledně úniku, zahoření nebo výbuchu nebezpečné chemické látky z malého, respektive nezařazeného zdroje jsou zejména ve světě na denním pořádku. Přitom takový „malý“ zdroj uprostřed velkoměsta dokáže mnohdy napáchat větší škody nejen finančního charakteru, ale zejména škody na zdraví a životech civilního obyvatelstva, než „velký“ zdroj v opuštěných, světem a společnostmi zapomenutých místech. Toto téma bylo vypsané Ústavem krizového řízení a vedoucí bakalářské práce spadá pod Ústav logistiky, takže se zde prolínají obě oblasti problematiky: Řízení rizik v souvislosti se skladováním a zpracováním určité látky, nebo produktu.

V současném stavu je užívání, spotřeba a skladování nebezpečných chemických látek denním chlebem každého z nás a týká se nás všech. Ať již máme v domácnosti láhev kyseliny pro čištění, ve sklepě kanystr benzínu na sekání trávy, nebo se tyto látky využívají v průmyslu zemědělském, strojním, chemickém, potravinářském a dalších odvětvích hospodářské činnosti máme jistě každý z nás ve své bezprostřední blízkosti nějaký ze zdrojů těchto látek.

Bakalářská práce se dělí na teoretickou a praktickou část. Teoretická část se věnuje významům a historii rizika, slovním pojmům, které se poté v praktické části vyskytují, nebo s ní úzce souvisí. Dalšími kapitolami jsou nebezpečné chemické látky, jejich právní problematika a jejich rozdělení dle jednotlivých právních předpisů České republiky a Evropské unie. Teoretická část se věnuje také zařízením, která budou zkoumána během praktické části a konkrétním nebezpečným chemickým látkám, které se v těchto zařízeních vyskytují. Poslední teoretickou kapitolou jsou konkrétní metody analýzy rizik, které budou v praktické části aplikovány.

Praktická část se zabývá modelováním konkrétních možných krizových scénářů a analýzou příčin a důsledků. Závěrečná analýza vychází z modelování těchto scénářů a předchozí analýzy příčin a důsledků. Výsledky závěrečné analýzy jsou významně ovlivněny i událostmi, které se na území České republiky již staly a mají podobné, nebo totožné scénáře, které jsou popsány v předchozí analýze příčin a důsledků.



Cílem závěrečné analýzy bylo najít a posoudit nejzávažnější rizika, která se skladováním konkrétních nebezpečných chemických látek souvisí, případně navrhnout opatření k eliminaci těchto rizik.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ZÁKLADNÍ POJMY UŽITÉ V PRÁCI

Zde budou popsány základní pojmy, které jsou v práci užití, nebo úzce souvisí s pojmy, které se v práci vyskytují.

**Bezpečí** (Security) je stav systému, ve kterém je pravděpodobnost vzniku újmy na chráněných zájmech společnosti přijatelná. (Procházková, 2011, s154)

**Bezpečnost** (Safety) je soubor opatření vedoucí k zajištění bezpečí a udržitelného rozvoje společnosti. (Procházková, 2011, s154)

**Nebezpečí** (Jeopardy) je stav systému, kdy je pravděpodobnost vzniku újmy na chráněných zájmech společnosti vyšší, než je míra přijatelnosti rizika vzniku újmy. (Procházková, 2011, s154)

**Nebezpečnost** (Danger) je soubor vlastností systému, které působí, nebo za určitých snadno dosažitelných okolností mohou způsobit újmu na chráněných zájmech společnosti. (Procházková, 2011, s154)

**Škoda** (Damage) je ztráta na životě, majetku, bezpečnosti, infrastruktuře, technologiích, nebo životním prostředí, kterou lze vyjádřit v peněžních jednotkách. (Procházková, 2011, s155)

**Zranitelnost** (Vulnerability) je náchylnost chráněného zájmu ke vzniku škody. (Procházková, 2011, s155)

**Dopad** (Impact) je nepříznivý účinek sil a jevů v daném místě a čase na chráněný zájem společnosti. (Procházková, 2011, s155)

**Pohroma** (Disaster) je nepříznivý účinek sil a jevů v daném místě a čase na chráněný zájem společnosti, který má za následek nepřijatelný dopad (Inadmissible Impact) pro fungování systému lidské společnosti. (Procházková, 2011, s155)

**Monitoring** (Monitoring) znamená pozorování, sledování a vyhodnocování údajů v reálném čase na daném území, sloužící k získávání poznatků, které jsou potřeba pro rozhodování ohledně aplikací určitých záměrů, nebo vydávání výstrah (např. povodně, požáry a jevy související s nepřízní počasí). (Procházková, 2011, s159)

**Riziko** (Risk) je míra nepřijatelných dopadů způsobených pohromou o velikosti rovné hodnotě ohrožení. Riziko je výpočtem pravděpodobnosti škod, ztrát a újmy na chráněných zájmech společnosti, které odpovídá ohrožení od pohromy, které je stanovené výpočtem. (Procházková, 2011, s156)

**Hrozba** (Threat) je míra výskytu útoku (vojenského, nebo teroristického) na určitém místě. Jedná se o pravděpodobnost výskytu nežádoucích jevů, nebo souboru nežádoucích jevů, které se významně liší od žádoucího stavu. (Procházková, 2011, s157)

**Nouzová situace** (Emergency Situation), označována též jako mimořádná událost je událost, nebo soubor událostí, které v daném místě vyvolá vznik pohromy. (Procházková, 2011, s157)

**Bezpečnostní plánování** (Security Planning) je plánování pro zajištění bezpečnosti systému na určitém území, nebo v určitém objektu a jeho rozvoje. (Procházková, 2011, s158)

**Nouzové plánování** (Emergency Planning) je plánování souborů opatření a činností pro zmírnění dopadů pohromy, kterým nelze předem zabránit a implementace souboru činností, díky kterým lze dopadům pohromy předem zabránit. Nouzové plánování není v České republice právně definováno. Právně jsou definovány jen jeho části, např. havarijní plánování. (Procházková, 2011, s158)

**Havarijní plánování** (Accident Planning) je popsáno v příslušném dokumentu, který se nazývá havarijní plán. V tomto dokumentu jsou popsány činnosti a opatření ke zmírnění, nebo odstranění následků pohromy. V rámci havarijního plánování pracujeme se třemi typy dokumentů: (HZS ČR, 2020)

#### ***Havarijní plán kraje***

Zpracovává Hasičský záchranný sbor příslušného kraje, slouží pro události, při kterých byl vyhlášen třetí, nebo zvláštní stupeň poplachu. (HZS ČR, 2020)

#### ***Vnitřní havarijní plán***

Zpracovávají pouze provozovatelé objektu a zařízení u nichž je možnost vzniku závažné havárie, a kteří jsou zařazeni do skupiny B dle množství nebezpečných chemických látek uvedeného v příloze č.1 zákona 224/2015 Sb. – Zákon o prevenci závažných havárií. (Zákon č. 224/2015)

#### ***Vnější havarijní plán***

Je zpracován pro jaderné zařízení, nebo pracoviště IV. kategorie a pro zařízení a objekty, ve kterých je možnost vzniku závažné havárie způsobené nebezpečnými chemickými látkami a přípravky. (HZS ČR, 2020)

#### ***Bezpečnostní program***

Zpracovávají pouze provozovatelé objektu a zařízení u nichž je možnost vzniku závažné havárie, a kteří jsou zařazeni do skupiny A dle množství nebezpečných chemických látek uvedeného v příloze č.1 zákona 224/2015 Sb. – Zákon o prevenci závažných havárií. (Zákon č. 224/2015)

### *Nezařazený zdroj*

Pokud provozovatel zařízení, nebo objektu nespadá množstvím nebezpečných chemických látek do žádné ze skupin a je jeho množství skladovaných a zpracovávaných nebezpečných chemických látek a směsí nižší, než je uvedeno v příloze č. 1 Zákona č. 224/2015 Sb. není povinen zpracovávat havarijní plán ani bezpečnostní program a jedná se o **nezařazený zdroj**. (Zákon č. 224/2015)

**Ohrožení** (Hazard) určitou pohromou je soubor maximálních dopadů pohromy, které na určitém místě v určitém čase lze očekávat s určitou pravděpodobností. (Procházková, 2011, s156)

**Opatření** (Measure) je nástroj k odvrácení, nebo zmírnění dopadů pohromy. Může se také jednat o nástroj k zvládnutí nouzové situace, nebo zajištění obnovy a rozvoje chráněných zájmů společnosti. (Procházková, 2011, s160)

**Ochrana** (Protection) je soubor opatření a činností pro zachování a rozvoj chráněných zájmů společnosti. Je založena na principu předběžné opatrnosti. (Procházková, 2011, s160)

**Odezva** (Response) na nouzovou situaci je aplikace souboru činností a opatření, které vedou ke zvládnutí nouzové situace, což znamená stabilizace situace v postižené oblasti a jejím okolí, zamezení, nebo alespoň omezení dalšího rozvoje pohromy na daném území, zamezení, nebo alespoň omezení dopadu na lidi, infrastrukturu a životní prostředí. U předvídatelných pohrom jejichž rozvoj je postupný (povodně, nepříznivé jevy počasí) lze stanovit několik etap rozvoje odezvy:

1. bdělost – varování
2. pohotovost – aktivace některých preventivních opatření
3. vlastní odezva – samotné řešení pohromy (Procházková, 2011, s160)

**Obnova** je soubor opatření a činností, který spěje k návratu stability na daném území, odstranění odstranitelných škod a navrácení udržitelného rozvoje. (Procházková, 2011, s160)

**Iniciační událost** (Trigger Event) je událost, která odstartuje řetězec propojených škodlivých jevů. Například protržení hráze vodního díla. (Procházková, 2011, s164)

**Mimořádná událost** (Extraordinary Event) je taková událost, při které dochází ke škodlivému působení sil a jevů vyvolaných činnostmi člověka, přírodními vlivy a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek, nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací. (Zákon č. 239/2000)

**Havárie** (Disaster), **Závažná havárie** (Major Disaster) se rozumí jako mimořádná událost, která je částečně nebo zcela neovladatelná, časově i prostorově ohraničená,

zejména při závažném úniku nebezpečné látky, požáru, výbuchu, jejíž vznik souvisí, nebo bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu a vede, nebo může vést k závažnému ohrožení na zdraví a životech lidí, zvířat, majetku a životnímu prostředí a zahrnuje minimálně jednu nebezpečnou látku (Zákon č. 224/2015)

**Krizová situace** (Crisis Situation) je kritická situace při níž je vyhlášen jeden z krizových stavů (stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu, válečný stav) k tomu, aby k odezvě bylo možné dostatečně rychle aplikovat dostatečná opatření a aktivovat užití nadstandartních sil a prostředků. Popis krizových stavů dle platné legislativy na území České republiky. (Zákon č. 240/2000)

**Bezpečný prostor** (Safety Space) je takový prostor, kde je bezpečí na přijatelné úrovni. Bezpečím se rozumí nejen bezpečí chráněných zájmů společnosti, ale i přijatelná úroveň potenciálu jejich udržitelného rozvoje. (Procházková, 2011, s164)

**Domino efekt** (Domino Effect) je proces, ve kterém nehoda u jedné instalace, objektu, nebo zařízení způsobí řetězovou reakci následných nehod u sousedních instalací, objektů, nebo zařízení. Tímto procesem je způsobeno stupňování dopadů nehody na daném území. (Procházková, 2011, s166)

## 2 RIZIKO

Přírodní jevy, technologie používané člověkem, zásahy do životního prostředí, nežádoucí jevy a konflikty v lidské společnosti představují určitá rizika pro člověka, jeho majetek, životní prostředí, kritickou infrastrukturu a stát. Je známo, že vždy existuje hranice, do které je riziko přijatelné pro lidskou společnost. Za touto hranicí je dopad daného rizika na společnost tak veliký, že dané riziko je pro ni nepřijatelné a je nutno zabezpečit jeho snižování. Snižování jakéhokoliv rizika je spojováno se zvýšením nákladů, s nedostatkem znalostí a technických prostředků. Proto hledáme hranici, na kterou je únosné riziko snížit tak, aby vynaložené náklady byly ještě akceptovatelné. Tato míra rizika je většinou předmětem vrcholového řízení a výsledkem politického rozhodování, při kterém je z hlediska zajištění trvalého rozvoje nutné, aby se využili současné vědecké a technické poznatky a zohlednily ekonomické, sociální a další podmínky. (Procházková, 2011, s85)

### Uvědomění rizika

Rizika a jejich velikost si člověk nejvíce uvědomuje po katastrofické události, která, většího rozsahu. Rizika pro člověka znamenají jak velké živelné či jiné pohromy, tak zdánlivě malé jevy denního života. Nicméně si člověk více uvědomuje rizika od katastrofických událostí a opomíná rizika denního života. (Procházková, 2011, s85)

### Vývoj rizika

Existence rizika z historického aspektu není nic výjimečného. Člověk se setkával od počátku své existence s jevy, které více či méně ohrožovaly jeho majetek, prosperitu, život i prostředí, kde žil. Během vývoje lidské společnosti se postupně měnil charakter, ale i závažnost jednotlivých rizik. Ve spojitosti s těmito změnami byla některá rizika redukována, zatímco jiná nabyla intenzivnější a skrytější. S vývojem lidské společnosti docházelo k silné diverzifikaci rizik a významnému zvyšování závažnosti vybraných rizik, přičemž mnohá z nich začínají v současnosti ohrožovat samotnou existenci lidské populace.

Jako závažná rizika jsou dnes pocíťována zejména narušení, nebo ničení kritické infrastruktury, teroristické akce, kyberterorismus, průmyslové havárie, zátěž životního prostředí, živelní události velkého rozsahu, kriminalita, kumulace moci jako nebezpečí pro demokracii, eliminace konkurence, manipulace s médii, ztráta identity a kulturních tradic, rozšiřování uniformity a nekontrolovatelnost řady procesů. (Božek, 2015)

### Vývoj samotného slova *riziko*

Arabské slovo *risq* znamená vše co bylo dáno Bohem a z čeho může být zisk a má význam náhodného výsledku. Latinské slovo *riscum* znamená pochybnost představující korálový útes pro mořeplavce a používá se pro náhodnou a nepříznivou událost. Odvozenina arabského slova *risq*, která se používala ve 12. století v Řecku byla užívána k obecné změně výsledku, ať již pozitivní tak i negativní. Francouzské slovo *risqué* má negativní, ale výjimečně i pozitivní význam, kdežto anglické slovo *risk* má jen negativní význam. Slovo *risk* vstoupilo do angličtiny v polovině 17. století a postupně se začalo objevovat v pojišťovnictví. (Merma, Al Thani, 2011, s9)

### Riziko jako věda

Rizikologie je věda o riziku jejíž cílem je nahradit, nebo doplnit intuitivní rozhodování, které je založeno na systematických přístupech k událostem, které se již staly, nebo které se mohou stát. Hlavním polem, na kterém tato věda působí, je v ekonomii (pojišťovnictví, bankovníctví), průmyslu (elektrotechnický, strojní, chemický, stavební, logistika), ale nachází si uplatnění například i v biologii, nebo medicíně. Rizikologii tvoří dva základní pilíře, je to management rizik a rizikové inženýrství. (Tichý, 2006, s15)



### 3 NEBEZPEČNÉ CHEMICKÉ LÁTKY

V první podkapitole bude popsáno základní právní zakotvení ohledně problematiky nebezpečných chemických látek a v následující podkapitole budou kategorizovány dle popsaných právních předpisů.

#### 3.1 Právní zakotvení problematiky nebezpečných chemických látek

Směrnice Rady Evropy **82/501 EEC** tzv. **SEVESO I** direktiva byla přijata v důsledku vzniku závažných havárií, především úniku dioxinu v Sevesu a výbuchu cyklohexanu ve Flixbourghu. Hlavním cílem direktivy bylo zavedení jednotné, harmonizované legislativy týkající se prevence a připravenosti na závažné průmyslové havárie s mezinárodním účinkem. Tato direktiva stanovuje povinnosti a postupy provozovatelů i správních orgánů pro oblast závažných průmyslových havárií. Hlavní vymezené povinnosti provozovatelů v SEVESO I direktivě jsou: Oznamovací povinnost – povinnost oznamovat skladování nadlimitního množství nebezpečných chemických látek příslušným orgánům, zpracovat bezpečnostní studii, vypracovat havarijní plány, povinnost poskytovat informace – nejen pracovníkům, ale i ohroženému obyvatelstvu a kompetentním orgánům, povinnost provádět kontroly – tato povinnost je uložena orgánům státní správy (Bartlová, Pešák, 2003, s21)

Směrnice Rady Evropy **96/82 EC** tzv. **SEVESO II** direktiva je jednodušší a přehlednější úprava SEVESO I, kde je upraven seznam nebezpečných látek a jeho kategorie. Je zde zavedeno sčítání nebezpečných látek, které mohou být v podniku a požadavek na zavedení zásad prevence a bezpečnostní management. Došlo ke konkretizaci cílů havarijního plánování. (Bartlová, Pešák 2003, s22)

Směrnice Rady Evropy **2012/18/EU** tzv. **SEVESO III** direktiva z roku 2012, jejíž nařízení musela být aplikována do národních předpisů do června roku 2015. Na základě této směrnice musel být v České republice zpracován nový Zákon o prevenci závažných průmyslových havárií. Hlavním významem direktivy SEVESO III je sladění s nařízením **CLP** (viz. níže v textu). (Sluka, 2013)

Nařízení Evropského společenství (ES) **č. 1907/2006**, které se pracovně nazývá **REACH** – koncepce nové chemické politiky EU a její praktická realizace formou nařízení. Realizací mělo být dosaženo stavu, kdy jsou v EU vyráběny a používány pouze chemické látky, jejichž vlastnosti jsou známy a pouze způsobem jehož bezpečnost je prověřena. Za zjištění vlastností a zda daný způsob používání, který neohrožuje zdraví lidí, nebo životní prostředí

mají osoby, které tyto látky vyrobí, nebo dovezou na území EU a osoby, které je budou používat při podnikání. Aby bylo možné kontrolovat, jak výrobce, dovozce, tak i uživatele dané povinnosti, rozšířil se systém notifikace nových látek (v České republice známý jako systém registrace) na všechny chemické látky a byla zřízena Evropská agentura pro chemické látky, která sídlí v Helsinkách. Hlavním významem tohoto nařízení je zajistit lepší ochranu osob a životního prostředí před možnými riziky, které nebezpečné chemické látky představují. Jelikož chyběly informace o látkách, které byly uvedeny na trh před rokem 1981, kdy byl požadavek na testování zaveden, nařízení REACH zavedlo jednotný systém a zrušilo dělení na „nové“ (uvedené na trh po roce 1981) a „stávající“ (před rokem 1981). Veškerá odpovědnost za testování byla přenesena z orgánů veřejné moci na společnosti. Rovněž toto nařízení požaduje, aby nejnebezpečnější látky byly nahrazovány jinými vhodnými alternativami. (Polívka, Mika, Sabol, 2017, s9)

V roce 2009 vstoupilo s v platnost nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. **1272/2008** o klasifikaci, označování a balení látek a směsí. Toto nařízení nese název **CLP** (Classification, Labelling and Packing). (Polívka, Mika, Sabol, 2017, s10) Hlavním významem **CLP** je:

- 1) Harmonizace kritérií pro klasifikaci látek a směsí a pravidel označování a balení nebezpečných látek a směsí
- 2) Uložení povinnosti výrobcům, dovozcům a následným uživatelům klasifikovat látky a směsi uváděné na trh. Dodavatelům označovat a balit látky a směsi uváděné na trh. Výrobcům a dovozcům klasifikovat látky, které podléhají registraci podle nařízení REACH.
- 3) Uložení povinnosti výrobcům a dovozcům oznámit agentuře ty klasifikace a prvky označení, které nebyly předloženy v rámci registrace podle nařízení REACH. (Polívka, Mika, Sabol, 2017, s11)

V rámci České republiky patří k významné právní opoře při skladování a nakládání s nebezpečnými chemickými látkami **zákon č. 350/2011 Sb. O chemických látkách a chemických směsích**. V tomto zákonu jsou zapracovány příslušné předpisy EU, zejména REACH a CLP. (Polívka, Mika, Sabol, 2017, s12)

Dalším významným zákonem v rámci České republiky je **zákon č. 258/2000 Sb. O ochraně veřejného zdraví**. Tento zákon se mimo jiné zabývá výrobou, distribucí, dovozem, prodejem, používáním, skladováním, balením a označováním nebezpečných chemických

látek a směsí s důrazem na povinnosti fyzických a právnických osob. Tento zákon řeší také odbornou způsobilost pro nakládání s nebezpečnými chemickými látkami. (Polívka, Mika, Sabol, 2017, s12)

Důležitým zákonem v České republice je **Zákon o prevenci závažných havárií č. 224/2015 Sb.**, ve kterém je zpracována direktiva SEVESO III a určuje povinnosti fyzických a právnických osob pro nakládání s nebezpečnými chemickými látkami, povinnost zpracovávat havarijní plány, spolupráci a informovanost dotčeného obyvatelstva, které se nachází v blízkosti zařízení, kde je s příslušnými látkami nakládáno. (Zákon č. 224/2015)

### **3.2 Kategorizace nebezpečných chemických látek**

#### **Kategorizace dle přílohy č. 1 chemického zákona**

Zákon č. 350/2011 zpracovává příslušné předpisy Evropské unie, zejména nařízení REACH a CLP a dělí nebezpečné chemické látky dle přílohy 1. do následujících kategorií, přičemž udává koncentraci samotné nebezpečné látky ve směsi. (Zákon č. 350/2011)

**Kategorie nebezpečných chemických látek dle přílohy č.1 zákona 350/2011:** Vysoce toxické, toxické, karcinogenní (kategorie 1-3 dle průkaznosti karcinogenních účinků), mutagenní (kategorie 1-3 dle průkaznosti mutagenních účinků), toxické pro reprodukci (kategorie 1-3 dle průkaznosti účinků toxicity), zdraví škodlivé, žíravé, dráždivé, senzibilující, nebezpečné pro životní prostředí, nebezpečné pro ozónovou vrstvu. (Zákon č. 350/2011)

#### **Kategorizace dle CLP**

Dle CLP se nebezpečné chemické látky dělí na třídy nebezpečnosti (fyzikální, nebezpečné pro zdraví, nebezpečné pro životní prostředí), následně je každá třída dělena na kategorie nebezpečnosti. (Polívka, Mika, Sabol, 2017, s20)

**Třídy nebezpečnosti: Fyzikální:** Výbušniny, hořlavé plyny, hořlavé aerosoly, oxidující plyny, plyny pod tlakem, hořlavé kapaliny, hořlavé tuhé látky, samovolně reagující látky a směsi, samozápalné kapaliny, samozápalné tuhé látky, samozahřívající se látky a směsi, látky a směsi uvolňující hořlavé plyny při styku s vodou, oxidující kapaliny, oxidující tuhé látky, organické peroxidy, látky a směsi korozivní pro kovy. (Polívka, Mika, Sabol, 2017, s20)

**Nebezpečné pro zdraví:** Akutní toxicita, žíravost, dráždivost (kůže, očí), senzibilní, mutagenní, karcinogenní, toxické pro reprodukci, toxické (při jednorázové expozici, při opakované expozici), nebezpečné při vdechnutí. (Polívka, Mika, Sabol, 2017, s20)

**Nebezpečné pro životní prostředí:** Nebezpečné pro vodní prostředí, nebezpečné pro ozonovou vrstvu (Polívka, Mika, Sabol, 2017, s21)

## 4 POPIS OBJEKTŮ PRO SKLADOVÁNÍ NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK

Zde budou popsány konkrétní nezařazené zdroje, jejich fungování a chod, kterým se bude věnovat praktická část této práce.

### **Čerpací stanice pohonných hmot**

Pohonné hmoty (PHM) jsou skladovány ve dvouplášťových nádržích, do kterých jsou plněny přes přítokovou nepropustnou stáčecí šachtu. Při plnění jsou nádrže chráněny zařízením, které při naplnění určitého procenta kapacity nádrže uzavře stáčecí potrubí. Před stáčením je cisterna připojena na uzemňovací bod pro odvod statické elektřiny po dobu minimálně 20 minut. Stáčení PHM probíhá samospádem, nebo za pomoci cisternového čerpadla hadicí, která se napojuje na koncová šroubení stáčecí šachty a výtlak nádrže cisterny. Zároveň se provádí zapojení hadice na zemnicí bod a připojení zařízení pro zpětný odvod par. Skladovací šachta je nepropustná s uzamykatelným víkem a je vybavena zařízením pro zpětný odvod par při stáčení i při výdeji. K plnění automobilů slouží výdejní stojany, z kterých jsou vyvedeny hadice disponující odsáváním par, které kondenzují a vrací se zpět do podzemní skladovací nádrže. (Šimková, 2008)

### **Plnicí stanice LPG**

Slouží k plnění kovových tlakových nádob na propan-butan, které jsou pevně instalovány ve vozidle. Plnicí stanice LPG se zpravidla skládá z nadzemních dvouplášťových nádrží opatřených pojistnými ventily, natřených nátěrem, který odráží sluneční záření. Zde se skladuje kapalný propan-butan pod maximálním tlakem 1,56 MPa. K dopravě propan-butanu z nádrže k plnicímu stojanu slouží dopravní zařízení, které se skládá z ocelového potrubí, čerpadla, prepouštěcího a pojistného ventilu a manometru pro regulaci tlaku v soustavě. Hadice na plnicím stojanu je opatřena multiventilem, který pokud zaznamená naplnění nádrže automobilu na určitou hranici vrací propan-butan zpětným potrubím zpátky do skladovacího zařízení. Plnění stanice z autocisterny je prováděno tlakovou hadicí přímo na zásobník. LPG je dopravováno do zásobníku za pomoci čerpadla umístěného na vozidle. Během stáčení je zakázáno plnění a stanice musí být pro vjezd vozidel uzavřena. Před započatím stáčení musí být cisterna uzemněna. (Šimková, 2008)

### **Chladicí zařízení na zimních stadionech**

Nejčastější metodou chlazení na zimních stadionech je metoda přímého chlazení za pomoci kompresorových chladících okruhů, kdy v případě zimních stadionů je zapotřebí několik tun amoniaku. Proti tomu dvouokruhová metoda nepřímého chlazení, u které je výrazně vyšší vstupní investice, ale nižší provozní náklady je podstatně bezpečnější. Tato metoda vyžaduje pouze několik set kilogramů amoniaku, výjimečně i jiného chladiva v okruzích a zásobnících. Bohužel většina zimních stadionů v České republice disponuje metodou přímého chlazení.

O udržování chodu chladicího zařízení se stará kompresor, který se stará o distribuci chladiva pod tlakem (směs s amoniakem) na požadované místo, kde chladivo ve výměníku odebírá tepelnou energii z ledové plochy. Po odebrání příslušného množství tepelné energie proudí chladivo přes škrtící ventil do výparníku, kde nabere teplotu okolí a vypařuje se v uzavřeném okruhu. V kondenzátu pod tlakem opět kondenzuje. Děj je kontinuální. Vypařovací teplota musí být nižší, než je teplota chlazené látky, stejně tak i kondenzační teplota musí být vyšší, než je teplota prostředí, do kterého se teplo odvádí. (Puskeilerová, 2010)

### **Zařízení pro dezinfekci vody na plaveckých bazénech**

Voda z bazénu odtéká odtokovými žlábkami do vyrovnávacích nádrží, které se zpravidla nacházejí pod úrovní bazénu v blízkosti strojovny. Z vyrovnávací nádrže proudí voda do strojovny, kde se nacházejí filtry, zpravidla z jemného křemičitého písku k mechanickému odstranění nečistot. Poté následuje chemické čištění, kde se vyrovnává pH vody na požadovanou hodnotu kyselinou sírovou. Poté podle druhu dezinfekce, nejběžnějším je pro plavecké bazény plynný chlór, který bude následně popsán i v praktické části práce. V případě, že se jedná o plynný chlor, je lahev umístěna do dávkovače, který obohacuje protékající vodu pod tlakem o plynný chlór. Tlaková láhev obsahující chlór je v dávkovači pevně přichycena ventilem. Ve strojovně i jejím okolí se nacházejí detektory chlóru. Obsluha smí vstupovat pouze s ochranou dýchacích cest. (Oherová, 2016)

## 5 VYBRANÉ NEBEZPEČNÉ CHEMICKÉ LÁTKY A SMĚSI

Tato kapitola se bude věnovat nebezpečným chemickým látkám, které byly předběžným průzkumem zjištěny jako vysoce pravděpodobné pro výskyt v konkrétních zařízeních.

### **Bezolovnatý automobilový benzin**

je výhradně určený jako palivo pro zážehové spalovací motory, který je za normálních podmínek (teplota 20°C, tlak 101kPa) kapalnou látkou s nižší hustotou než voda (v našich podmínkách se jeho skupenství nemění). Převážně se v silničních nádržkových vozech, železničních nádržkových vozech, které splňují nebo produktovodech. Jedná se o látku extrémně hořlavou, toxickou, žíravou, mutagenní, karcinogenní a nebezpečnou pro životní prostředí. Benzin se vyznačuje zvláště vysokou toxicitou při vdechnutí. Páry benzínu tvoří ve směsi se vzduchem výbušnou směs, těžší než vzduch. Při hoření vzniká hustý černý kouř a oxid uhelnatý. Vdechování produktů pyrolýzy může způsobit vážné poškození zdraví. Vhodnými hasivými jsou prášek, pěna, CO<sub>2</sub>. Voda pouze na ochlazování zásobníku. Pro činnost v okolí mimořádné události spojené s hořením benzínu třeba užití izolačního dýchacího přístroje. V případě vzniku požáru ve vnitřním prostoru je nutné zajistit větrání a vypnout el. proud. Jako opatření k ochraně životního prostředí v případě mimořádné události je užití kanálových ucpávek a norných stěn v přilehlých oblastech, odčerpání nahromaděné vody použité k zásahu na nebezpečnou látku a následná likvidace. Místo události nutno sanovat pilinami, pískem, nebo sorbentem. (Čepro, 2017)

### **Nafta motorová**

Se užívá jako palivo pro vznětové spalovací motory, výrobu olejů, maziv, nátěrů, pojiv a separačních prostředků. Za normálních podmínek (teplota 20°C, tlak 101kPa) jde o kapalnou látku, s nižší hustotou než voda (bod tání se nachází mezi -40 až -6°C, tudíž se v naší zeměpisné oblasti můžeme v zimních měsících setkat se zamrzlou motorovou naftou). Převážně se v silničních nádržkových vozech, železničních nádržkových vozech, nebo produktovodech. Jedná se o látku hořlavou, toxickou, dráždivou a nebezpečnou pro životní prostředí. Nafta se vyznačuje zvláště vysokou toxicitou při vdechnutí. Páry nafty tvoří ve směsi se vzduchem výbušnou směs, těžší než vzduch. Při hoření vzniká čadivý plamen a oxid uhelnatý. Vdechování produktů pyrolýzy může způsobit vážné poškození zdraví. Vhodnými hasivými jsou prášek, pěna, CO<sub>2</sub>. Voda pouze na ochlazování zásobníku. Pro činnost v okolí mimořádné události spojené s hořením nafty je třeba užití izolačního dýchacího přístroje. V případě vzniku požáru ve vnitřním prostoru je nutné zajistit větrání a

vypnout el. proud. Jako opatření k ochraně životního prostředí v případě mimořádné události je užití kanálových ucpávek a norných stěn v přilehlých oblastech, odčerpání nahromaděné vody použité k zásahu na nebezpečnou látku a následná likvidace. Místo události je nutné sanovat pilinami, pískem, nebo sorbentem. (Česká rafinérská, 2012)

### **Zkapalněný ropný plyn**

Se užívá jako topné médium v domácnostech, laboratořích, průmyslu a jako alternativní palivo pro spalovací motory. Za normálních podmínek (teplota 20°C, tlak 101 kPa) jde o bezbarvou plynnou látku o hustotě řádově vyšší než vzduch. Bod tání se pohybuje v rozmezí od -186°C do -138°C, teplota varu od -42°C do -0,5°C za normálního tlaku. Zkapalněný ropný plyn se přepravuje produktovody, železničními cisternami, autocisternami, tlakovými lahvemi. Jedná se o látku extrémně hořlavou s mírně narkotickým účinkem při uvolňování ve formě kapaliny ze skladovacích nádob hrozí omrzliny, tudíž je třeba při manipulaci s ventily skladovacích nádob užití rukavic. Zkapalněný ropný plyn je extrémně hořlavý a jeho meze výbušnosti se pohybují od 1,5% do 9,5% objemu. Únik plynu v uzavřených místnostech může vytěsnit vzduch, tudíž hrozí udušení. Při hoření vznikají velmi vysoké teploty a uvolňuje se nedýchatelný oxid uhličitý a jedovatý a výbušný oxid uhelnatý. Vhodnými hasivky jsou středí pěna, vodní mlha, oxid uhličitý. Plný vodní proud se užívá výhradně na ochlazování zásobníku. V případě požárního zásahu na ropný plyn je třeba užití izolačních dýchacích přístrojů a ochranných obleků. (Flaga, 2019)

### **Chlór**

Se užívá k výrobě chlorovaných polymerů, rozpouštědel, desinfekční prostředek ve vodách a bazénech, v potravinářském, zemědělském a papírenském průmyslu. Za normálních podmínek jde o plynnou látku oranžové barvy štiplavého dusivého zápachu, která je 2,5krát těžší než vzduch. Teplota varu chloru je -34°C. Zkapalněný chlor je skladován a přepravován zejména v tlakových lahvích. Jedná se o nehořlavou látku, která tvoří výbušné směsi s řadou anorganických látek a sloučenin, zejména s amoniakem. Chlor se vyznačuje velmi silnou akutní toxicitou a žíravostí. Chlor způsobuje akutní poleptání očí i dýchacích cest. Při likvidaci mimořádné události je nutné užití protichemických oděvů a izolačních dýchacích přístrojů (Spolana, 2011)

### **Amoniak**

Se užívá zejména při výrobě hnojiv, v textilním a potravinářském průmyslu a jako chladicí médium v průmyslových chladicích zařízeních. Za normálních podmínek (teplota 20°C, tlak



101 kPa) jde o bezbarvý silně štiplavý plyn lehčí než vzduch. Bod tání amoniaku je  $-78^{\circ}\text{C}$  a bod varu  $-33^{\circ}\text{C}$  za normálního tlaku. Zkapalněný amoniak se přepravuje zejména tlakovými lahvemi autocisternami, nebo železničními cisternami. Jedná se o silně dráždivou, žíravou, hořlavou látku s vysokou akutní toxicitou, nebezpečnou pro životní prostředí, jejíž meze výbušnosti se pohybují mezi 15 až 30 procenty objemu. Amoniak způsobuje poleptání oční sliznice, dýchacích cest, které mohou vést k opožděnému otoku plic, případně okamžitému udušení. Případný únik zkapalněného amoniaku může způsobit omrzliny. Při vysokých teplotách doprovázených únikem, nebo hořením amoniaku se amoniak rozkládá na vodík a dusík, čímž vznikají vysoce výbušné směsi se vzduchem. Při likvidaci mimořádné události je nutné použití ochranných protichemických oděvů a izolačních dýchacích přístrojů. V případě požáru nutno chladit zásobníky s amoniakem. (SIAD, 2015)

## 6 METODY UŽITÉ V PRÁCI

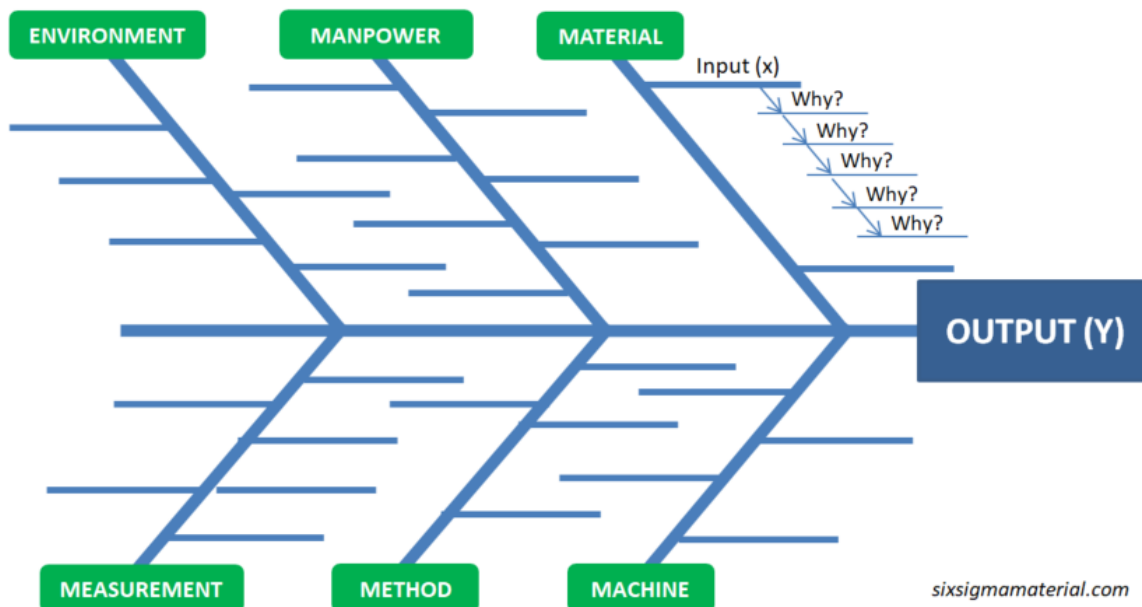
Aby bylo možné rizika řídit, je nezbytná jejich identifikace, analýza, ocenění a pochopení v souvislostech. Identifikace znamená projít všechny pohromy, které mohou nastat a mít nežádoucí dopady na daném území, to znamená použít princip ALL HAZARD APPROACH (Procházková, 2011, s213), což znamená integrovaný přístup ke všem možným mimořádným událostem, jednak událostem vyvolaným přírodními vlivy, tak událostem antropogenního charakteru. Plánování připravenosti vzhledem ke kapacitám, možnostem, technologiím a osob na daném území. (CMS, 2017)

Analýza rizika je zjištění všech možných dopadů pohromy a posouzení ztrát a škod současných, dočasných i trvalých. Analýza rizika je prvním a zásadním krokem v komplexním zabezpečení prevence pohrom a přípravy, aby možná pohroma měla za důsledek co nejmenší důsledky a ztráty. V prvním kroku je třeba správný výběr vhodné metody, nebo kombinaci několika metod analýzy rizik. Veškeré výpočty a výsledky musí provádět tým zkušených specialistů, neboť nekvalifikované provedení může vést ke snížení účinnosti nezbytných, nebo doporučeným opatření, v krajním případě i k nedozírným následkům. (Procházková, 2011, s213)

### 6.1 Ishikawův diagram – diagram rybí kosti

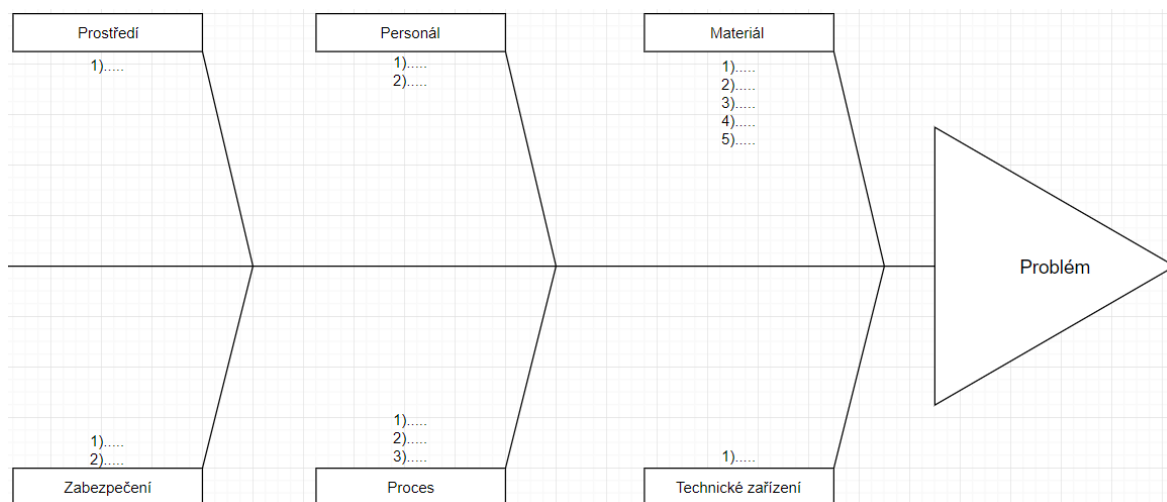
Koncept Ishikawova diagramu (diagramu rybí kosti) byl objeven Kaorem Ishikawou, který tímto přispěl do systému řízení kvality kde se stal jedním z nástrojů managementu kvality. Ishikawův diagram rybí kosti pomáhá v porozumění složitých vztahů mezi příčinou a důsledkem. Diagram rybí kosti nám poskytuje obrazové znázornění příčiny vzniklého respektive možného problému, nebo nějakého nežádoucího jevu a jeho případným následkům. Diagram je nakreslen jako rybí kost a má za úkol pomáhat člověku vidět příčiny a důsledky v konkrétním vztahu. (6sigma.us, 2017)

**Postup při tvorbě diagramu:** Z hlavy ryby, která představuje problém vystupuje páteř, ze které jsou vedeny velké kosti představující hlavní zdroje problému, které mohou vyplývat zejména ze způsobu měření, lidského selhání, strojů, metod, materiálů, nebo prostředí. Z těchto hlavních kostí (zdrojů problémů) mohou vybočovat kosti na další úrovně. Poslední úroveň představuje samotnou příčinu. (Six Sigma Material, 2021)



Obrázek 1 Ishikawa diagram (Six Sig Mamaterial, 2021)

Pro tuto konkrétní práci byl využit editor diagramů na stránkách diagrameditor.com. Jako základní návrh pro diagram, který mapuje příčiny a důsledky v souvislosti se skladováním nebezpečných chemických látek byl vytvořen následující diagram:



Obrázek 2 Základ diagramu pro praktickou část

Diagram je zaměřen na tyto konkrétní příčiny:

- 1) **Materiál** – nedokonalosti materiálu ve kterých je daná látka skladována
- 2) **Personál** – možné důsledky, které mohou zavinit zaměstnanci
- 3) **Prostředí** – nežádoucí událost, která vznikla vlivem prostředí, kde se daná látka nachází
- 4) **Zabezpečení** – s ohledem ke zkoumané situaci
- 5) **Proces** – možné faktory ovlivňující bezpečnost při samotné manipulaci s látkou
- 6) **Technické zařízení** – možné poruchy na technickém zařízení

## 6.2 Matice rizika – Matrix risk

Matice rizika může mít více tvarů a velikostí. Volba vhodné šablony, počtu řádků a sloupců pro hodnocení může vést až k vášnivým debatám mezi odborníky v oblasti řízení rizik. Nejčteněji používanými velikostmi matic jsou však 3x3, 4x4 a 5x5. (Vectorsolutions, 2019)

**Postup při tvorbě matice:** Prvním krokem při tvorbě matice rizika je vymezení systému, na kterém budeme matici zpracovávat. Tento systém zahrnuje všechna zařízení, prostory, technologie, prostředí, zaměstnance a další osoby, které se v systému nacházejí. Následujícím krokem je identifikace nebezpečí. Ke každému pracovnímu místu, činnosti procesu, technologickému zařízení přiřadíme nebezpečnou situaci, která může nastat. Vychází se ze zkušeností hodnotitelů, zaměstnanců a záznamů o nehodách, nebo skoronehodách. Třetím krokem je stanovení a ocenění rizik. Při oceňování rizik bereme v úvahu závažnost možného poškození, nebo selhání a také pravděpodobnost s jakou se toto selhání, nebo poškození může odehrát. Závažnost daného rizika označujeme písmenem Z, pravděpodobnost písmenem P. Při určování závažnosti a pravděpodobnosti si sestavíme tabulku hodnot např. od 1 do 10 (můžeme nastavit i jiné hodnoty např. 1 - 100). Celkové riziko R je dáno součinem mezi závažností a pravděpodobností, tudíž se jedná o vztah:  $R = Z \times P$ . Následuje krok hodnocení rizik, který spočívá ve zhodnocení, zda je možné riziko ponechat, nebo je možné jej nějak snížit případně úplně eliminovat. Pro větší názornost je třeba rizika zakreslit do tzv. matice rizik, která nám názorně demonstruje, která rizika jsou na přijatelné úrovni a kterým je třeba se přednostně věnovat. Posledním krokem je odstranění, nebo omezení rizik přijetím příslušných organizačních opatření, změnou procesů, nebo technologií. Stanovení těchto opatření je výsledkem všech předchozích kroků. (Bílek, 2006)

Pro tuto konkrétní práci tabulku **identifikace nebezpečí** nazveme dle dané nehody/havárie, kterou budeme zkoumat a budeme do ní vkládat důvody, nebo iniciační události, kterými mohla vzniknout a možný rozsah důsledků na základě již hotového Ishikawa diagramu v předchozí kapitole.

Jako **tabulka pravděpodobnosti (P)** bude sloužit bodování **1 – nepravděpodobné** (nejsou záznamy o vzniku takové události), **3 – možné** (již se stalo, jsou dostupné záznamy z veřejných zdrojů, ale není taková událost obvyklá), **10 – málo pravděpodobné** (existuje

více záznamů o vzniku podobné situace), **25 – pravděpodobné** (během provozu se podobné situace běžně stávají).

Pro **tabulku závažnosti (Z)** použijeme bodování **1 – zanedbatelný** (škoda pod 100 tisíc korun, žádné dlouhodobé dopady na zdraví osob) **3 – závažný** (škoda do 1 milionu korun, mírné dopady na zdraví osob) **10 – kritický** (škody několik milionů korun, vážné dopady na zdraví, nebo životech max. 10 osob) **25 – katastrofální** (škody několik milionů korun, vážné dopady na zdraví, nebo životech více než 10 osob)

Tabulka 1 Identifikace nebezpečí + příklad

Identifikace nebezpečí = Únik ropy	
H1	Únik velkého množství ropy z důvodu protržení pláště nádrží o mělčinu
H2	Únik malého množství ropy z důvodu „náhodného“ sepnutí čerpadel
H3	Požár, potopení tankeru, únik ropy z důvodu oslav příchodu Nového roku

Tabulka 2 Hodnota pravděpodobnosti

hodnota	pravděpodobnost	popis
1	nepravděpodobné	Nejsou dostupné informace o podobné situaci
3	možné	Podobná situace se již stala, není obvyklá
10	pravděpodobné	Podobná situace se stává pravidelně
25	běžné	Podobné situace jsou zcela běžné

Tabulka 3 Hodnoty závažnosti

hodnota	závažnost	popis
1	zanedbatelný	<100.000 Kč, dočasné zdravotní komplikace
3	závažný	<1.000.000 Kč, mírné zdravotní komplikace
10	kritický	>1.000.000 Kč, <10 osob vážné zdravotní problémy, nebo †
25	katastrofální	>1.000.000 Kč, >10 osob vážné zdravotní problémy, nebo †

Tabulka 4 Matice

P x Z		Závažnost			
		1	3	10	25
Pravděpodobnost	1	1	3	10	25
	3	3	9	30	75
	10	10	30	100	250
	25	25	75	250	625

Hodnocení přijatelnosti rizik:

$R < 10$  zanedbatelné

$R = 10 - 30$  přijatelné

$R = 31 - 100$  vysoké

$R > 100$  nepřijatelné

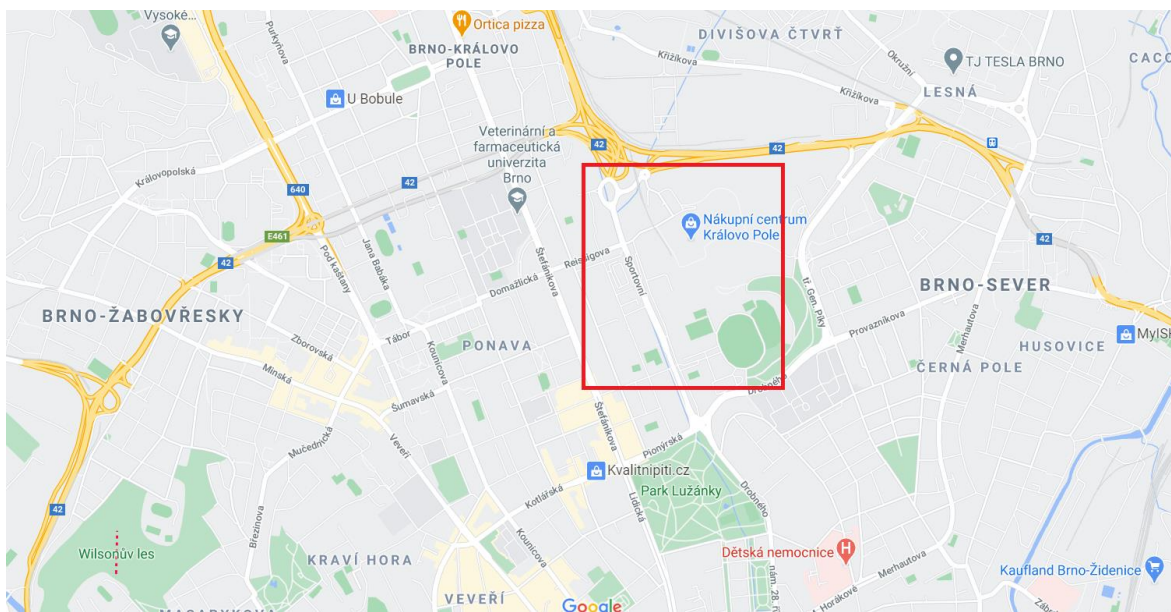
Tabulka 5 Výsledné riziko + opatření + příklad

H	P	Z	R	Stávající opatření	Návrh opatření
1	10	10	100	Sonary, hloubkoměry	Pravidelná kontrola pozornosti kapitána
2	3	3	9	Školení personálu	
3	1	25	25	Předpisy, směrnice	

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 POPIS ÚZEMÍ

Tato bakalářská práce se bude věnovat území města Brna ležící v městské části Královo pole, konkrétně podél ulice Sportovní, poblíž které se nachází ve vzájemné blízkosti několik zařízení, kde se skladují, nebo kde je nakládáno s větším množstvím nebezpečných chemických látek. Konkrétně se jedná o plnicí stanici zkapalněného ropného plynu, čerpací stanici (benzín, nafta), plavecký bazén (chlór), hokejovou halu (amoniak) a teplárenské zařízení na zemní plyn (nebylo popisováno v teoretické části, neboť zde není významné množství nebezpečných chemických látek skladováno, ale pouze zpracováno, praktická část se tímto zařízením bude zabývat pouze v souvislosti s riziky, nebo případnými nehodami ostatních výše zmíněných zařízeních – např. domino efekt). Ve velmi těsné blízkosti všech těchto zařízení se nacházejí dva obchodní domy, významná dopravní tepna městského okruhu a přilehlá sídliště.



Obrázek 3 Poloha zkoumaného území na mapě (google)



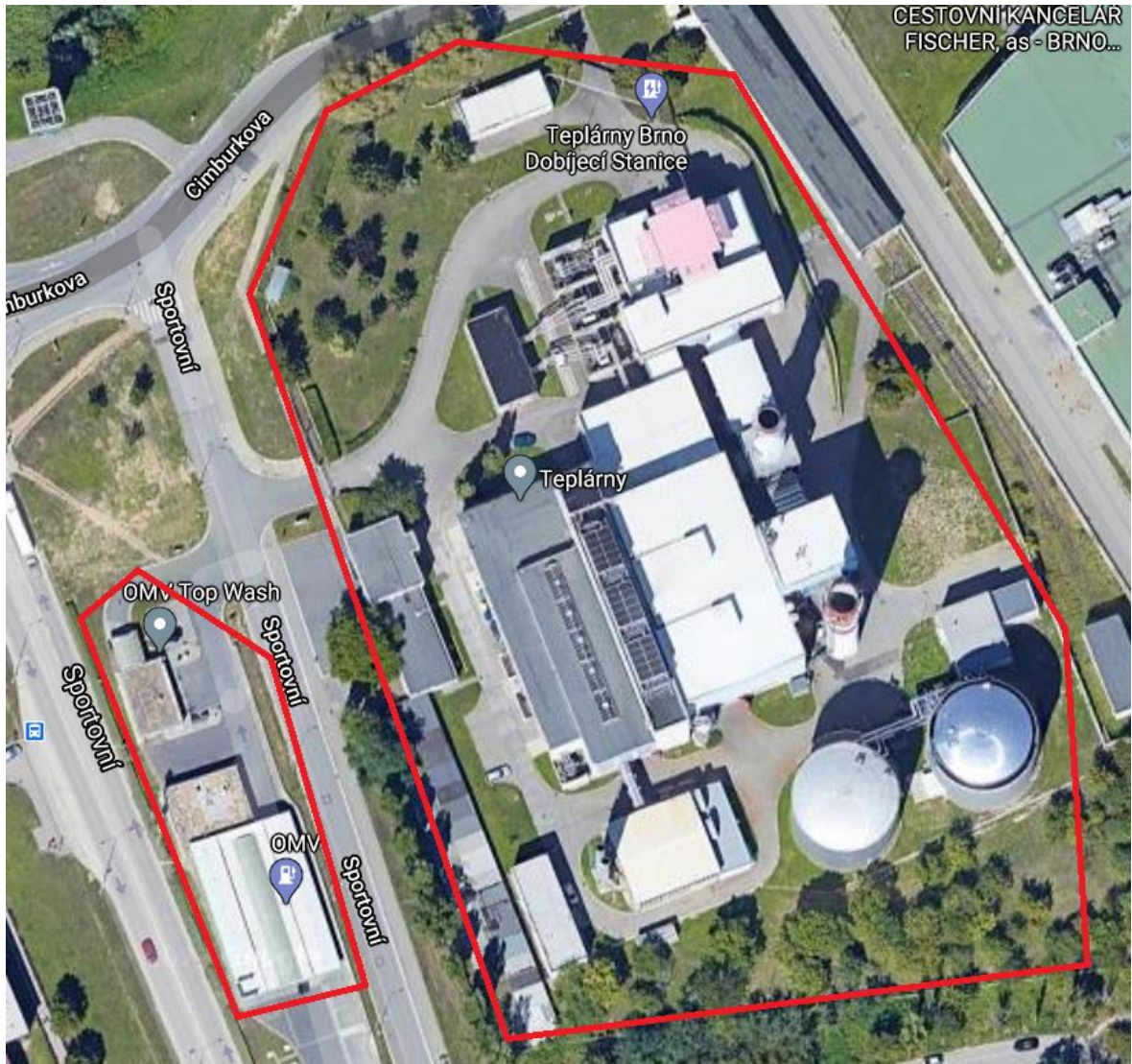


Obrázek 4 Znárodnění konkrétních objektů

### Čerpací stanice OMV

Čerpací stanice se nachází na adrese Cimburkova 8 v městské části Brno – Královo pole. Dle informací od obsluhy se v podzemních nádržích nachází dohromady 200m<sup>3</sup> paliv. Z toho je 50m<sup>3</sup> benzínu a zbylých 150m<sup>3</sup> nafty. Čerpací stanice se nachází v těsné blízkosti obchodního domu Kaufland, areálu tepláren, za kterými se nachází obchodní dům Nákupní centrum Královo pole. Ve větší vzdálenosti se nachází plavecký bazén, plnicí stanice LPG, stanice záchranné služby, hokejová hala a budova obchodní akademie. Dle prvotního zkoumání by nehoda na benzinové pumpě neměla způsobit domino efekt při včasné aktivaci

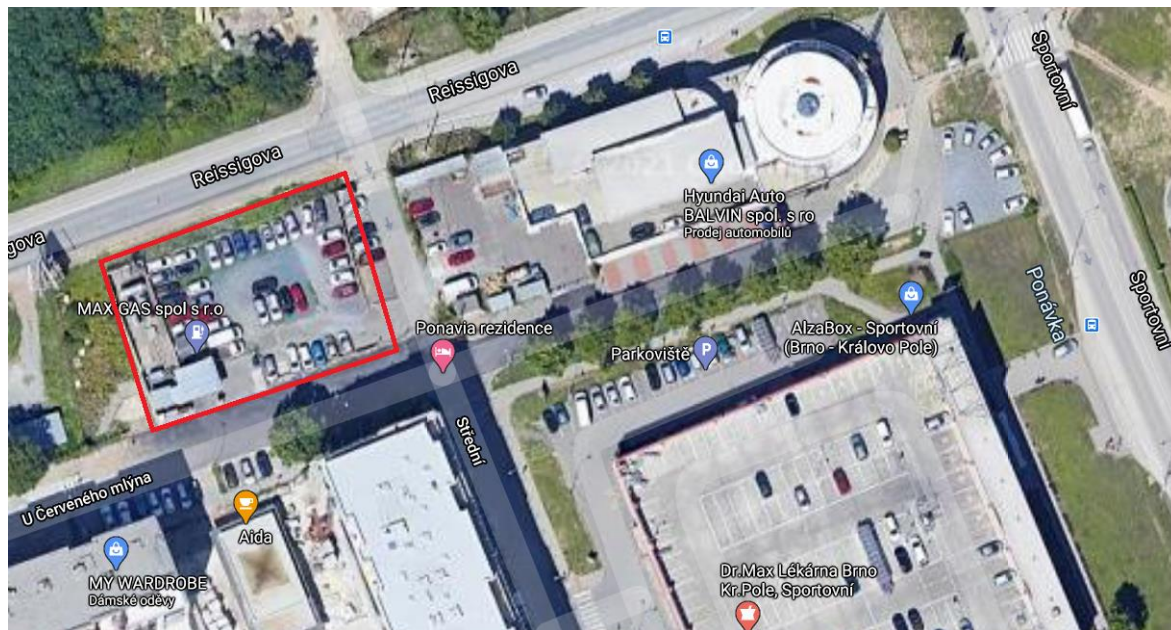
bezpečnostních opatření na žádné zařízení v blízkosti. Nicméně se tímto bude praktická část dále zabývat modelováním, zejména v souvislosti se zařízeními tepláren.



Obrázek 5 Čerpací stanice a objekt tepláren

### **Plnicí stanice zkapalněného ropného plynu**

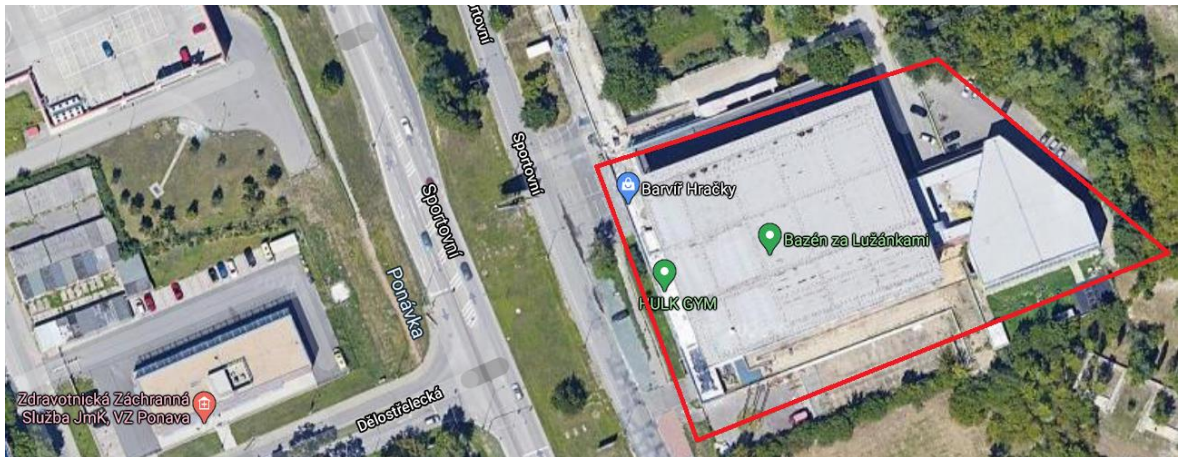
Tato stanice se nachází na adrese U Červeného mlýna 1a v městské části Brno – Královo pole. Plnicí stanice velmi úzce sousedí s obytnou zónou a obchodním domem Kaufland. Jedná se o plnicí stanici s třemi nadzemními dvouplášťovými zásobníky a jedním stojanem pro plnění. V každém zásobníku se nachází přibližně  $15\text{m}^3$  zkapalněného ropného plynu pod tlakem až  $1,56\text{ MPa}$ , což představuje hmotnost přibližně 10 tun LPG na jeden plný zásobník.



Obrázek 6 Plnicí stanice LPG

### Plavecký bazén

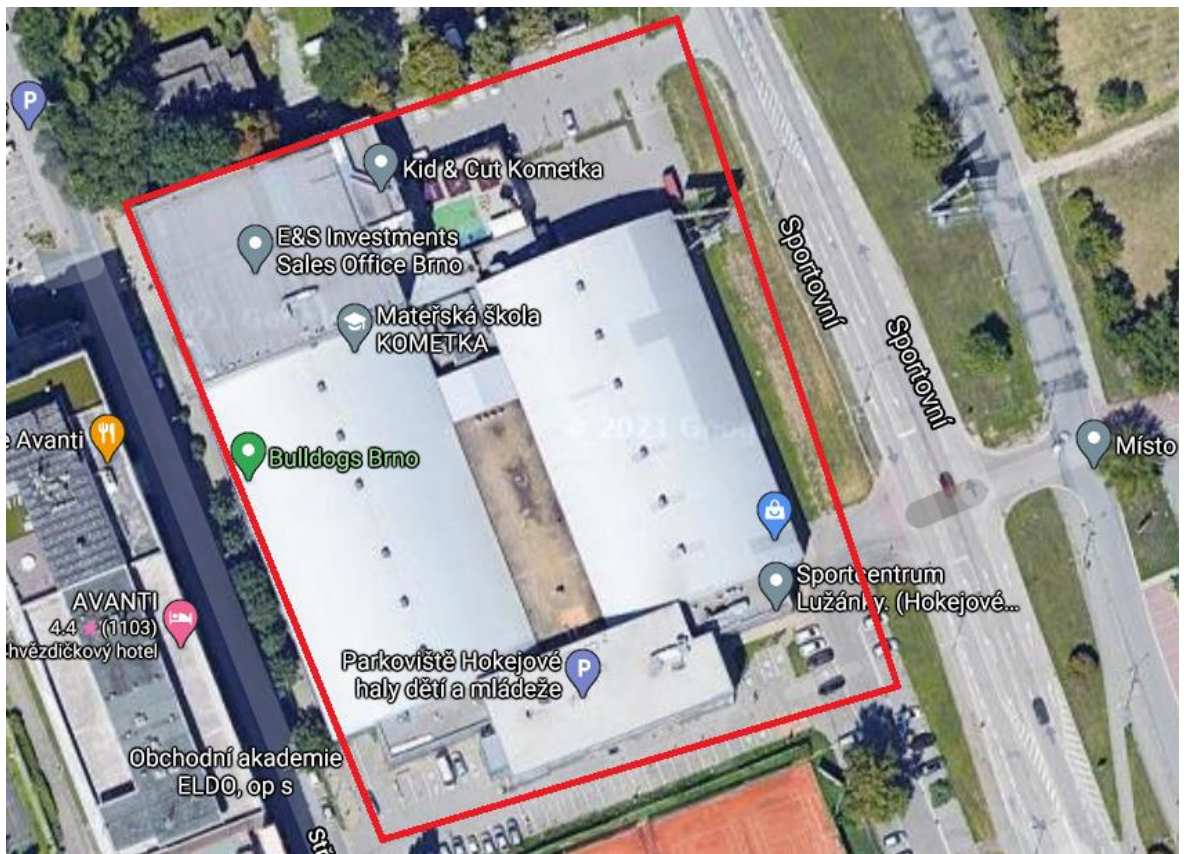
Plavecký bazén nacházející se na adrese Sportovní 4 v městské části Brno - Královo pole, který disponuje 8 plaveckými drahami o délce 50 metrů a maximální hloubce 5m, relaxačním bazénem a wellness centrem. S bazénem úzce sousedí areál posilovny. Ve strojovně, která se nachází pod plaveckým bazénem je voda filtrována a obohacována o plynný chlór z tlakových lahví, které jsou označeny žlutou barvou a skladovány ve větrané místnosti. Tlakové lahve jsou převáženy na rudlu, ke kterému jsou přivázány zpravidla dvěma osobami do místnosti, kde je lahev napojena ventilem do zařízení, které automaticky dávkuje chlor do vody a nachází se zde detektor chloru a vstup je povolen pouze s filtrační obličejovou maskou. Chodba strojovny je vybavena pojízdnými hasícími přístroji s náplní CO<sub>2</sub>, jejichž objem náplně je dostačující k likvidaci jakéhokoliv v těchto místech možného požáru ve fázi iniciace, nebo počátku fáze rozhořívání. V blízkosti plaveckého bazénu se nachází nákupní centrum, hokejová hala, stanice zdravotnické záchranné služby, areál tepláren a čerpací stanice.



Obrázek 7 Plavecký bazén

### **Hokejová hala**

Se nachází na adrese Střední 26 Brno - Královo pole. V hale se nachází dvě ledové plochy. Bližším průzkumem bylo zjištěno, že proti původním předpokladům, že zde bude pro chlazení uskladněno několik tun amoniaku jako v případě většinového podílu kluzišť a zimních stadionů v České republice je zde chlazení ledových ploch řešeno moderním nepřímým systémem s užitím malého množství (140 kg) bezpečného chladiva R134A (tetrafluoretan), které je uskladněno pod tlakem v tlakových ocelových, nebo kompozitních lahvích s uzavíratelným ventilem. V těsné blízkosti se nachází střední škola, hotel (kapacita 250 ubytovaných), stanice zdravotnické záchrané služby a rušná komunikace na ulici Sportovní. (H+H technika, CHTS spol. s.r.o.)



Obrázek 8 Hokejová hala

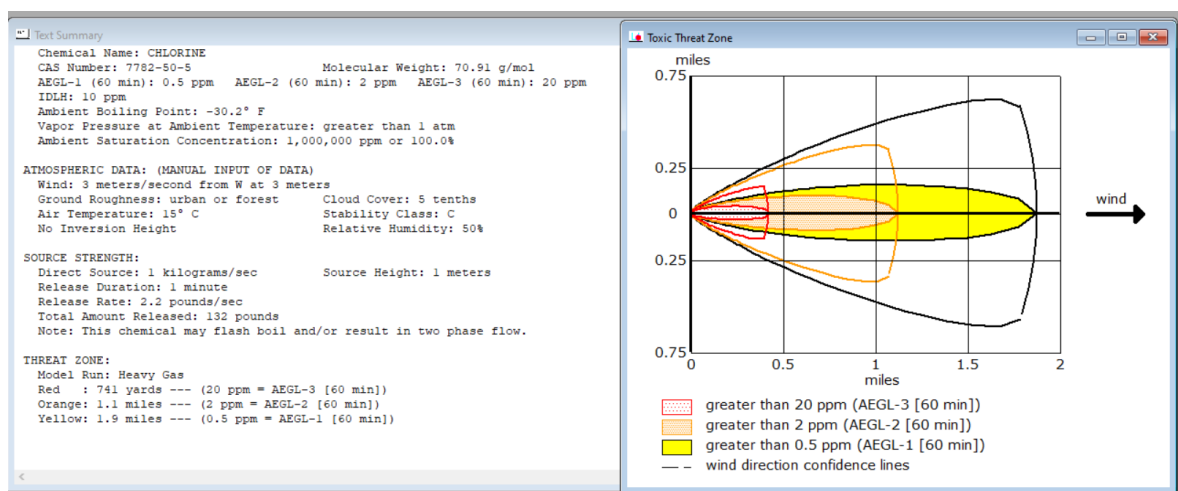
## 8 MODELOVÁNÍ VYBRANÝCH NEHOD S ÚNIKEM NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK V DANÝCH OBJEKTECH

Pro modelování úniku nebezpečných chemických látek byl vybrán program ALOHA vydaný Agenturou ochrany životního prostředí ve Spojených státech (United States Environmental Protection Agency). Každý model je simulován v zastavěném území při teplotě 15 stupňů Celsia, rychlosti západního větru 3m/s a relativní vlhkostí 50% – což je obvyklé jarní a podzimní počasí pro oblast Brna.

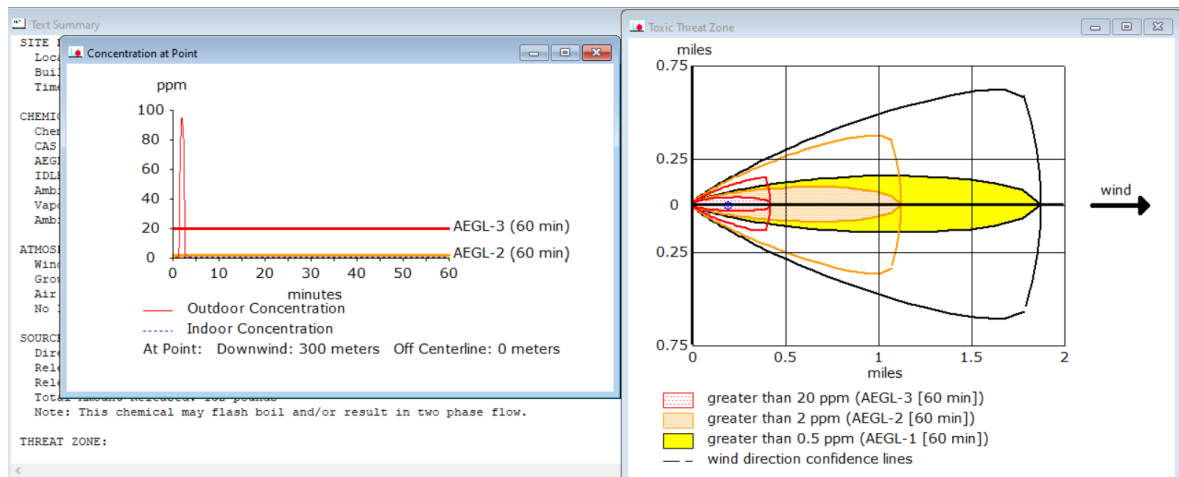
### Únik chloru na plaveckém stadionu

Jako vstupní hodnota byl užit rychlý únik 60 kilogramů chloru za jednu minutu, což odpovídá obsahu jedné tlakové lahve pro skladování chloru.

Během 60 minut po úniku je dle výsledného výpočtu patrné, že po směru větru dosahovala koncentrace více než 20ppm (částic chloru z milionu, což je i krátkodobě života ohrožující koncentrace) do vzdálenosti 0,4 míle, což je přibližně 750 metrů. Ve vzdálenosti 1,1 míle, což představuje přibližně 1,8 km je koncentrace nad 2 ppm, což je stále nad přípustnou koncentrací dle bezpečnostního listu. Ve vzdálenosti nad 1,9 mil – 3 km je již koncentrace chloru pod limitem přípustného expozičního limitu 0,5 ppm. Při výpočtu koncentrace v bodě 300 metrů od úniku po směru větru byla krátkodobě vypočtena hodnota téměř 100ppm, což násobně převyšuje životaohrožující koncentraci. (EPA, 2021) Z modelace vyplývá, že bezpečný prostor se v případě úniku obsahu jedné lahve nachází ve vzdálenosti vyšší, než 3 km.



Obrázek 9 ALOHA chlor – únik 1



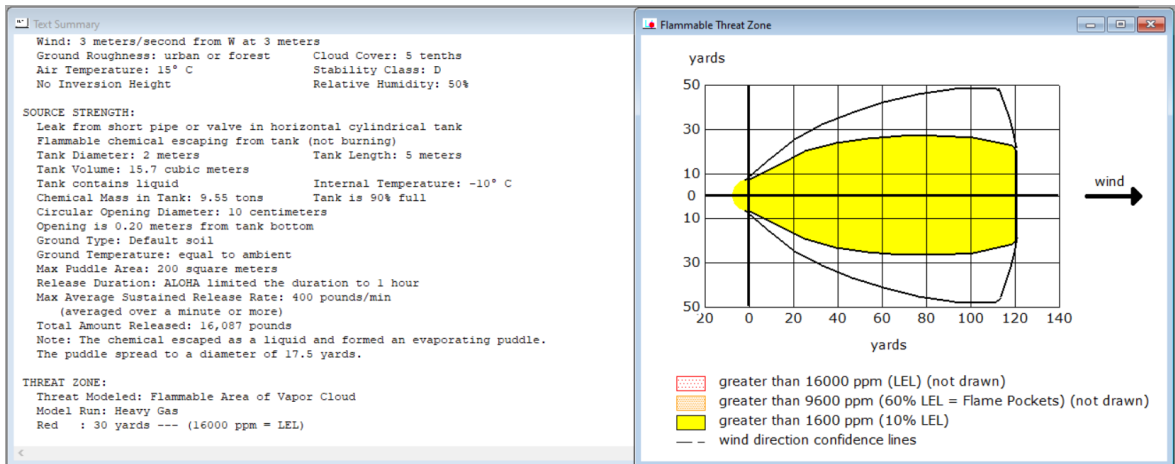
Obrázek 10 ALOHA chlor - únik 2

### Únik LPG vlivem poškození dopravní části zařízení před redukčním ventilem

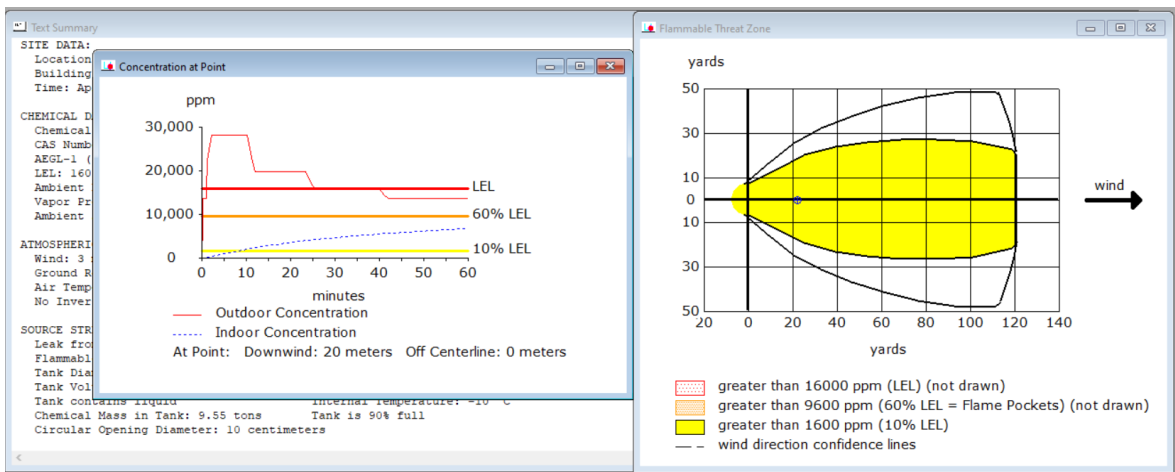
Pro výpočet byla zvolena ležící válcová nádoba o průměru dva metry a délce pět metrů naplněná z 90% zkapalněným ropným plynem, který má teplotu  $-10^{\circ}\text{C}$ . Jako průměr praskliny odkud uniká kapalný plyn jsme užily krátkou trubku o průměru 10 centimetrů, která je vyvedena ze skladovací nádoby ve výšce 20 centimetrů.

Modelace bude zaměřena na určení, zda v okolí (respektive v jak rozsáhlém okolí) koncentrace dosáhne mezi výbušnosti a po jak dlouho dobu se v těchto mezích bude držet, jestli samotným tlakem úniku zkapalněného plynu pod tlakem nehrozí nějaké nebezpečí, jak je tato koncentrace zdraví nebezpečná a v jakém okolí. Na závěr bude modelováno vznícení unikajícího plynu a výbuch stanice.

Po 60 minutách od vzniku úniku, ve vzdálenosti do 120 yardů po směru větru, což představuje přibližně 110 metrů byla koncentrace dlouhodobě mezi 10 a 60 procenty dolní meze výbušnosti (LEL – lower explosive limit). Nicméně 20 metrů od úniku se po dobu 40 minut koncentrace pohybovala nad spodní hranicí meze výbušnosti.

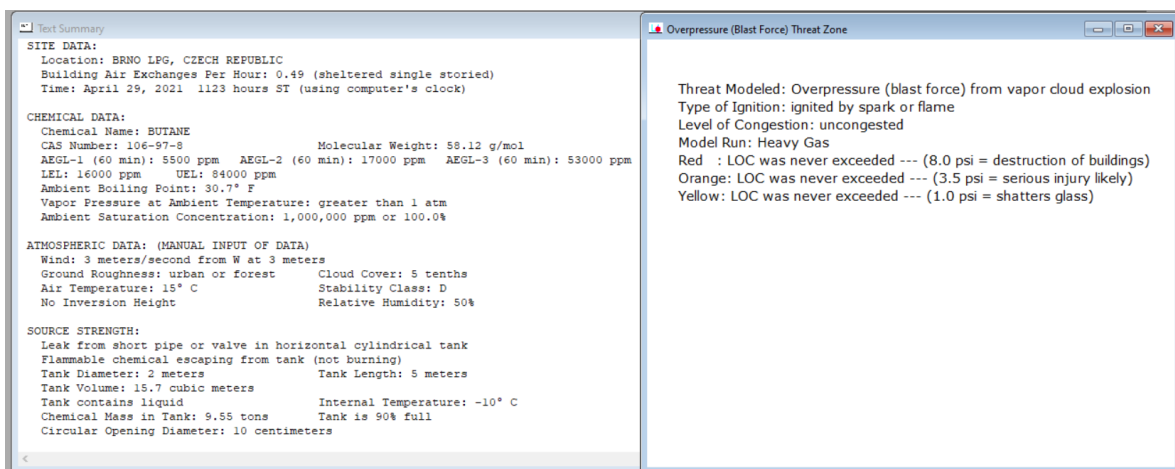


Obrázek 11 ALOHA plyn – únik 1



Obrázek 12 ALOHA plyn – únik 2

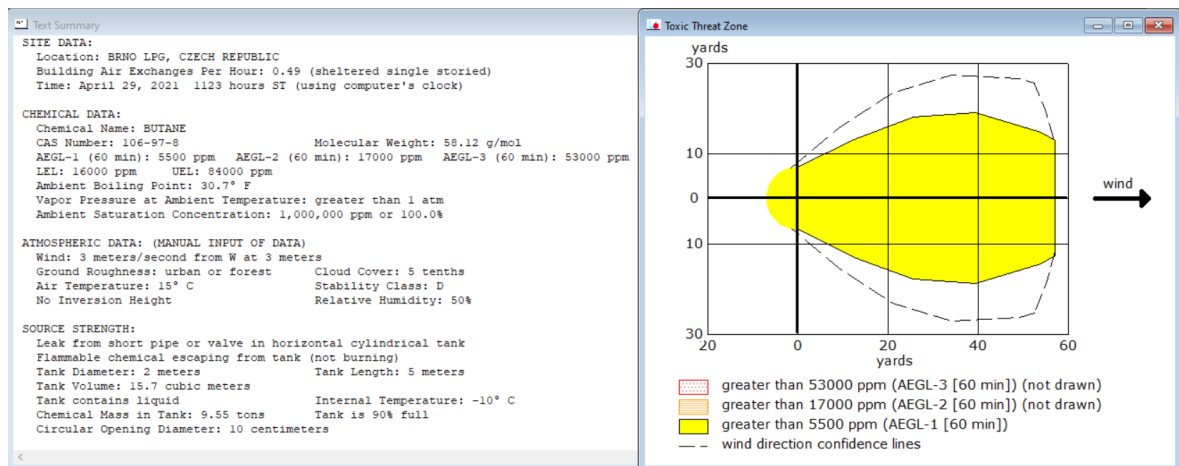
Další modelací bylo zjištěno, že samotný přetlak unikajícího plynu nepůsobí žádné škody na okolí.



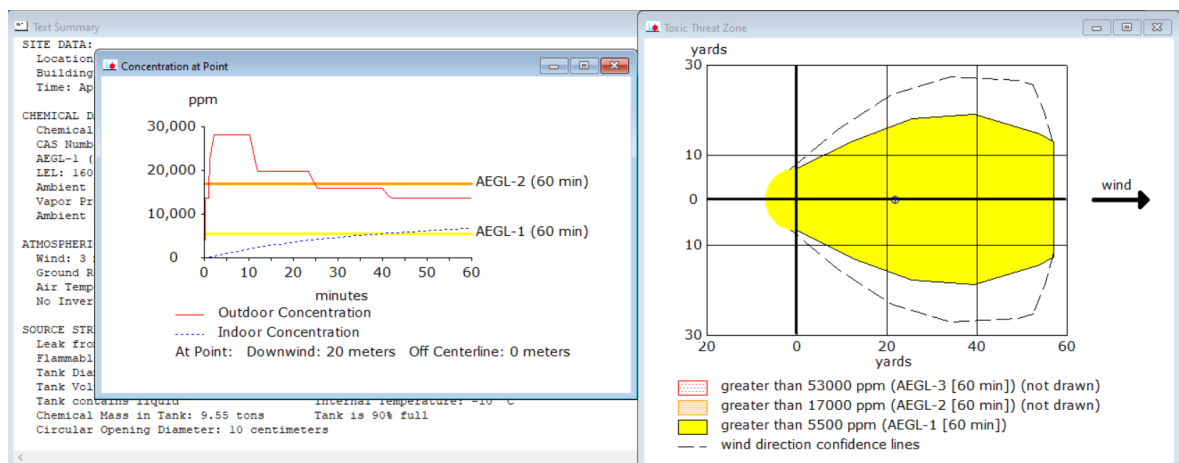
Obrázek 13 ALOHA plyn - únik 3



Modelace působení plynu na zdraví osob ukázala, že do vzdálenosti přibližně 50 metrů, mohou lidé působením plynu pozorovat mírné zdravotní obtíže. V bodě 20 metrů od místa úniku se po krátkou dobu koncentrace plynu pohybuje nad hranicí 17000 ppm což může představovat i horší zdravotní obtíže. (EPA, 2021)

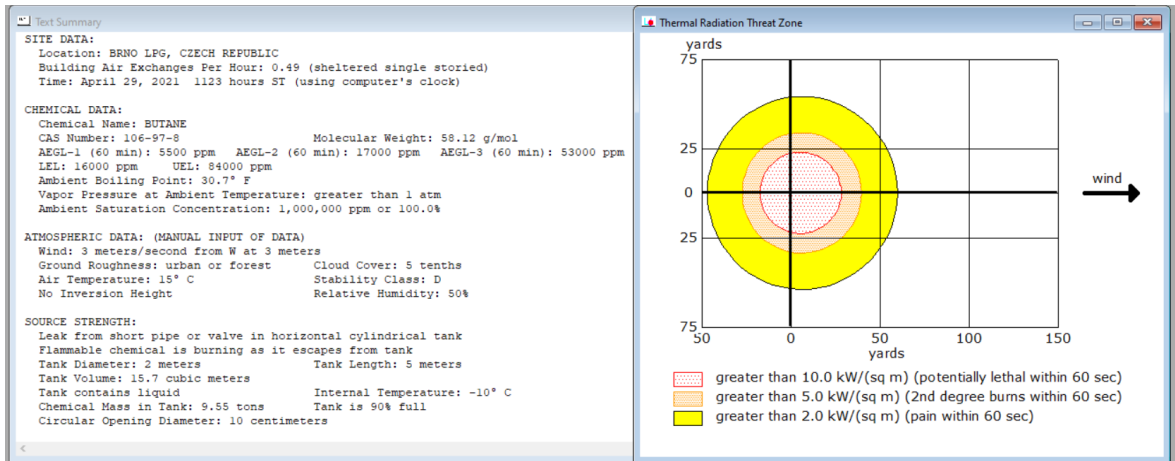


Obrázek 14 ALOHA plyn – únik 4

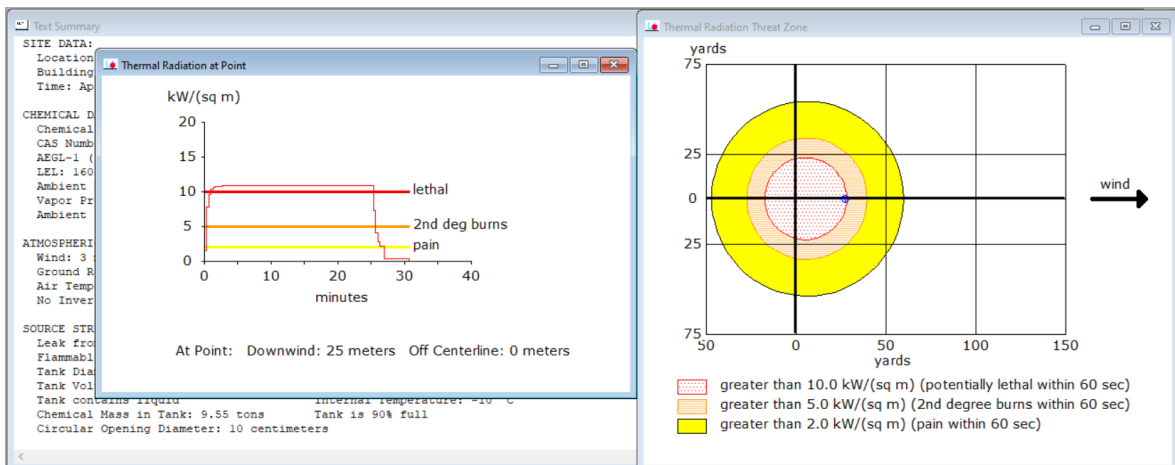


Obrázek 15 ALOHA plyn – únik 5

Další modelace je zaměřená na unikající plyn, který se vznítil. Z modelace je patrné, že toto množství hořícího plynu pod tlakem je schopno svojí tepelnou energií napáchat veliké škody na zdraví, životech i majetku. Smrtnému nebezpečí jsou zde vystaveny osoby v okolí až 25 metrů od vzniku vznícené trhliny ve skladovací nádobě a na vzdálenost až 50 metrů mohou být velmi citelné teplotní změny. Vzhledem k vysokým teplotám zde panuje vysoké riziko výbuchu a následné riziko domino efektu na ostatní zásobníky.

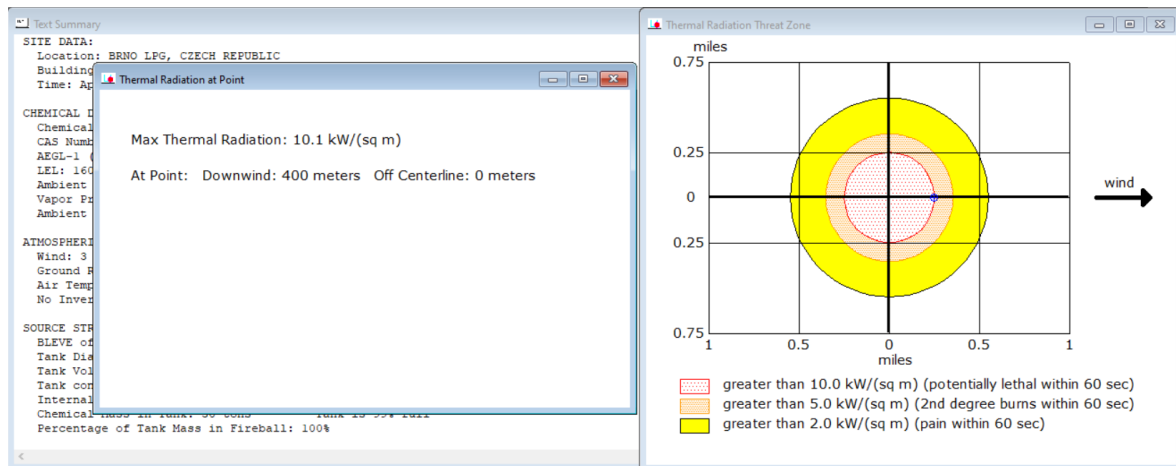


Obrázek 16 ALOHA plyn - hoření 1



Obrázek 17 ALOHA plyn - hoření 2

Výbuch zásobníku s okamžitým domino efektem. Pro tuto mimořádnou událost použijeme jako vstupní data jeden větší zásobník, ve kterém se nachází 30 tun zkapalněného ropného plynu. Z modelace vychází pro výbuch rychlost a směr větru jako zanedbatelný parametr. Dojde ke značnému uvolnění energie za velmi krátkou dobu, která může způsobit fatální následky na zdraví a životech v okruhu o poloměru až 400 metrů a její uvolnění bude ohrožovat okolí v okruhu až 800 metrů, tato možná událost je ze všech událostí pravděpodobně nejnáročnější na dobu obnovy daného území.

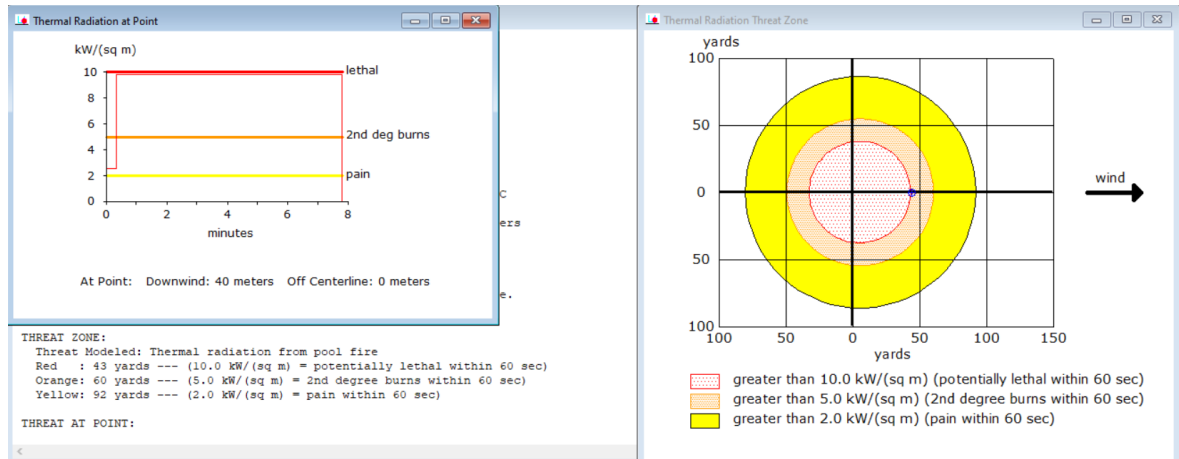


Obrázek 18 ALOHA plyn - výbuch

Vzhledem ke vzdálenosti 300 metrů od benzínové pumpy a uskladnění paliva na benzínové pumpě v podzemních zásobnících, a zastřešení čerpacích stojanů není zde další domino efekt na stanici pohonných hmot předpokládán.

### Požár benzínové pumpy

Pro požár benzínové pumpy byly použity stejné klimatické podmínky jako u předchozích situací. Vzhledem k absenci pohonných hmot v databázi aplikace ALOHA byl v aplikaci CAMEO Chemicals nalezen benzen jako nejvhodnější náhrada (podobné chemicko – fyzikální vlastnosti) jako u běžných pohonných hmot. Simulace je provedena na nekontrolovaném hoření za jehož dobu vyhoří 20 kubických metrů paliva (10 procent objemu nádrží), které trvá 8 minut, což odpovídá času odezvy: Přijetí informace (1-2min), vyhlášení požárního poplachu (1-2min) a příjezdu techniky (4 min) ze stanice HZS Lidická. Tepelný zdroj je natolik silný, že 40 metrů od zdroje hrozí nebezpečí ohrožení života. Tato simulace je nicméně velmi přibližná, neboť nad potencionálním zdrojem se nachází zastřešení, které po nějaký čas znemožňuje šíření tepla, zabraňuje hoření a v celém okolí jsou významné terénní úpravy, které dlouhodobě znemožňují šíření sálavého tepla. Vzhledem k terénu a zdem, za kterými se nachází areál tepláren je možné riziko domino efektu na areál tepláren zcela vyloučit.

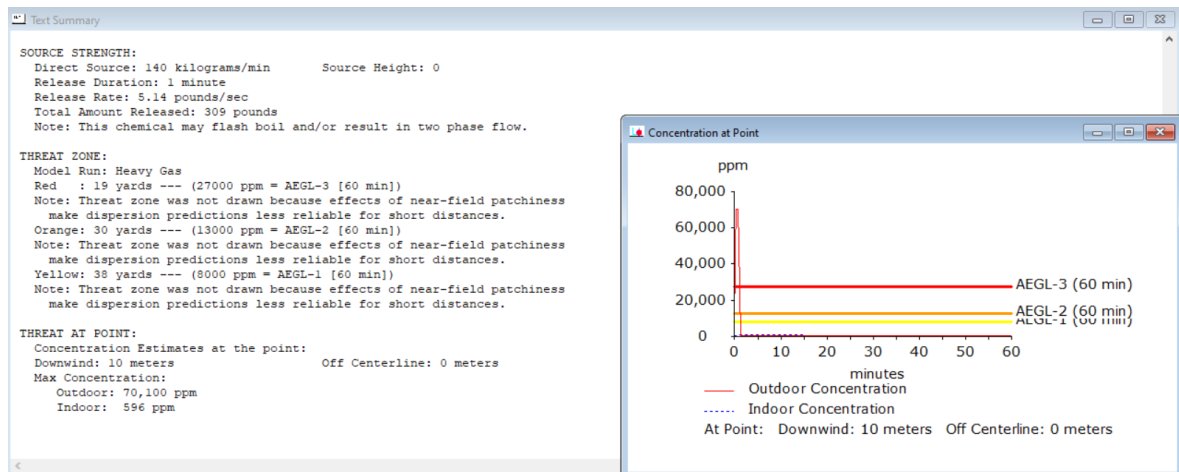


Obrázek 19 ALOHA požár pohonných hmot

### Únik chladiva na hokejové hale

Jelikož se jedná o (relativně) bezpečné chladivo, je tato simulace nejméně zajímavá.

Použili jsme stejné klimatické podmínky jako v předchozích situacích. Při úniku 140 kg, což odpovídá náplni pro chlazení ledových ploch v hale, dosahuje únik této látky nebezpečných hodnot jen velmi krátkou dobu a na velmi malou vzdálenost. Vzhledem k vlastnostem této látky je nejnebezpečnějším faktorem skladováním v takovém malém množství, že se jedná o plyn pod tlakem a při velmi nízké teplotě.



Obrázek 20 ALOHA únik chladiva

## 9 ANALÝZA RIZIK POMOCÍ ISHIKAWA DIAGRAMU

Zde bude přímo aplikován stejný diagram použitý v teoretické části práce na konkrétní možné scénáře, jejich příčiny a důsledek.

**Diagram rybí kosti na únik chloru: Materiál:** Poškozená lahev, nebo její součást (ventil), netěsnost dávkovače.

**Personál:** Nepozornost, nedodržování bezpečnostních opatření.

**Prostředí:** Vzhledem k poloze, ve které se chlor nachází je rizikem prostředí živelná pohroma většího rozsahu.

**Zabezpečení:** Jelikož se jedná o vysoce nebezpečnou látku, je zde riziko její krádeže a následného zneužití.

**Proces:** Každá manipulace s tlakovou lahví nese riziko upuštění, nechtěné zavazování o ventil.

**Technické zařízení:** Porucha jednoho, nebo obou přístrojů – detektor i dávkovač.



Obrázek 21 Diagram únik chloru

**Diagram rybí kosti na požár benzinové pumpy: Materiál:** Netěsný materiál může způsobit netěsnosti jak v plášťích nádrže, tak na víkách šachet k nádržím, nebo dopravních zařízeních vedoucích z nádrží ke stojanům. Tyto netěsnosti mohou vést ke zvýšenému výskytu par.

**Personál:** Nedodržování bezpečnostních opatření, jak ze strany personálu, např. při stáčení pohonných hmot z autocisterny, tak nedostatečným dohledem nad zákazníky, zda dodržují bezpečnostní opatření v okolí stojanů.

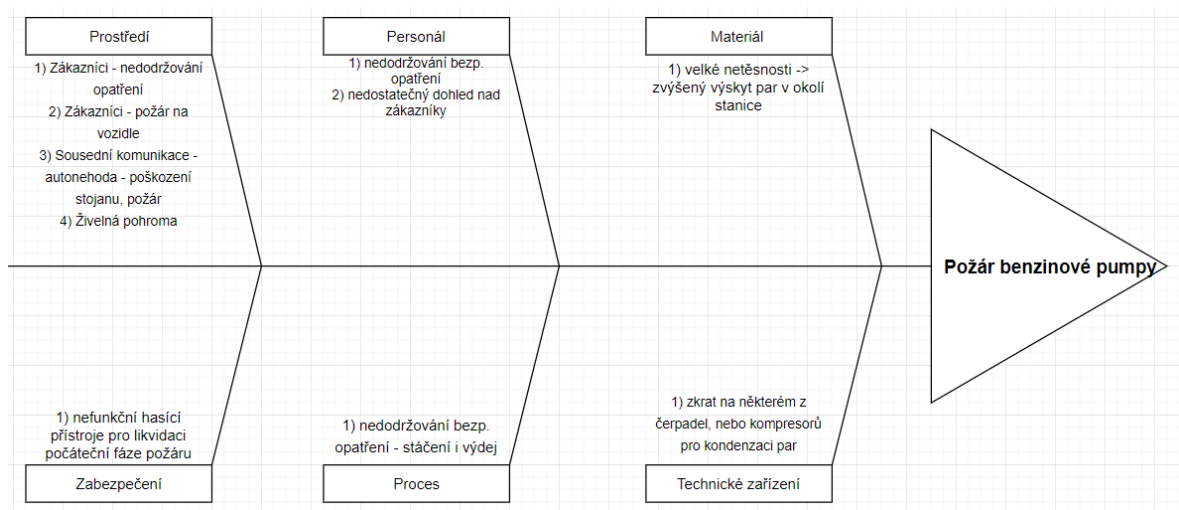
**Prostředí** Benzinové pumpy je samo o sobě nebezpečným prostředím. Ve velmi těsné blízkosti nádrží a výdejních stojanů se pohybují zákazníci, kteří ne vždy musejí mít pocit, že se jich bezpečnostní opatření týká. Vedle samotných stojanů stojí vozidla, která mohou

vlivem špatného technického stavu zahořet. Na velmi krátkou vzdálenost od stojanů se nachází rušná komunikace, vlivem autonehody může být zasažen některý ze stojanů.

**Zabezpečení:** Důležitým zabezpečovacím prvkem na čerpacích stanicích jsou hasicí přístroje pro případ drobného zahoření lze předejít vysokým škodám.

**Proces:** Nedodržování bezpečnostních opatření během procesu tankování, nebo stáčení.

**Technické zařízení:** Zkrat na některém z čerpadel, nebo kompresoru sloužícím ke kondenzaci par.



Obrázek 22 Diagram požáru benzínové pumpy

Samostatnou kapitolou, pro kterou není tento diagram zpracován je **únik ropných produktů** z důvodu **živelné pohromy**, která bude zařazena v matici rizik.

**Diagram rybí kosti v souvislosti s únikem a následným požárem, nebo výbuchem zkvalněného ropného plynu: Materiál:** Poškození, nebo netěsnost pláště, dopravního zařízení, nebo některého z ventilů.

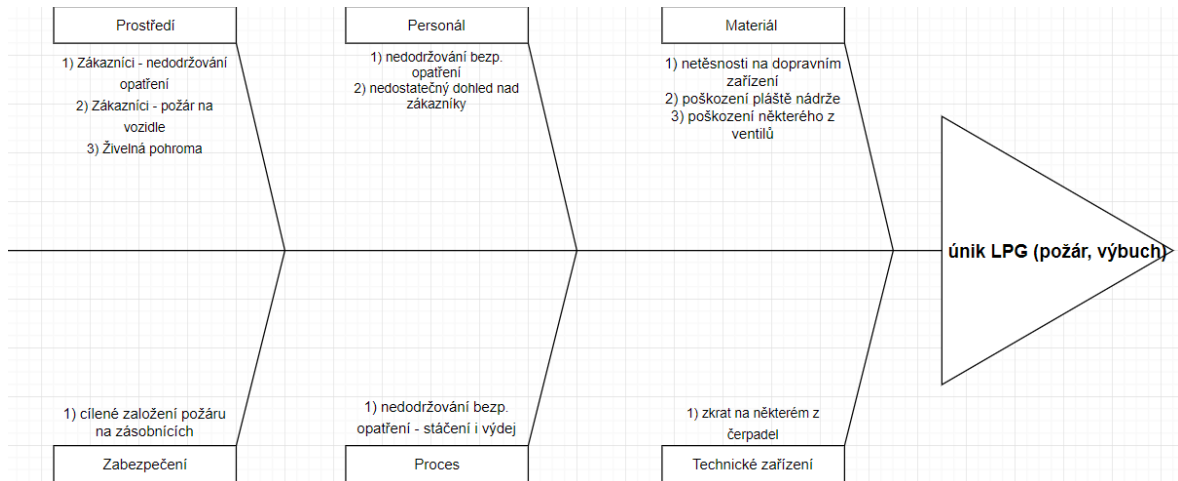
**Personál:** Dodržování bezpečnostních opatření a dohled nad zákazníky.

**Prostředí:** Zejména zákazníci, kolemjdoucí a vozidla nacházející se v blízkosti zásobníku a výdejního zařízení.

**Zabezpečení:** Proti úmyslnému zapálení, nebo jinému útoku na obyvatelstvo v souvislosti s provozem plnicí stanice.

**Proces:** Bezpečnostní opatření během plnění aut ze stojanu i plnění zásobníku z autocisterny.

**Technické zařízení:** Zkrat na některém z elektrických zařízeních.



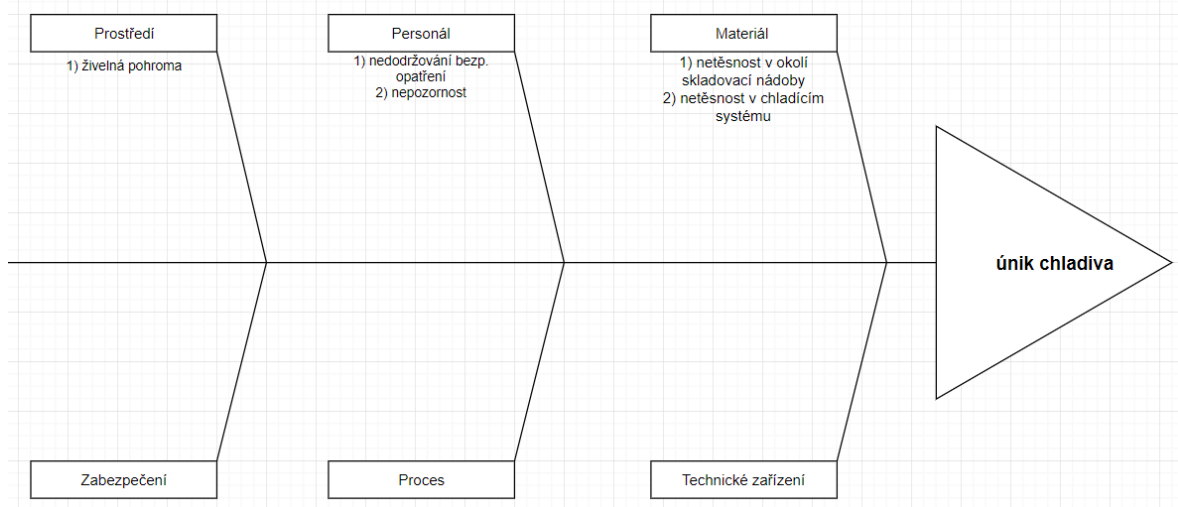
Obrázek 23 Diagram plnicí stanice plynu

**Diagram rybí kosti v souvislosti s únikem chladiva:**

**Materiál:** Netěsnost na některém z komponentů, kde se nachází chladivo pod tlakem.

**Personál:** Nepozornost, nebo nedodržování bezpečnostních opatření.

**Prostředí:** Živelná pohroma.



Obrázek 24 Diagram únik chladiva

V souvislosti s únikem chladiva nebyly u zabezpečení nalezeny zdroje rizik, neboť účelové zneužití chladiva, které by vedlo k cílenému a účinnému úniku nebezpečné chemické látky není v tomto množství relevantní. Jako důsledek úniku chladiva by se daly netěsnosti některého z komponentů shrnout zároveň jako příčina procesu a daného technického zařízení.

## 10 ANALÝZA RIZIK POMOCÍ MATICE

Matice rizik bude zpracována stejně jako Ishikawa diagram pro každou situaci zvlášť. Pro označování příčin a uvádění hodnot možných důsledků a pravděpodobností budeme vycházet z tabulek a hodnot, které se nacházejí v tabulkách teoretické části práce. Následné hodnocení rizika bude vycházet z pravděpodobností dle popsanych událostí pod analýzou, které jsou dostupné z veřejných informačních zdrojů. Závažnost důsledků bude hodnocena a pod analýzou zdůvodněna dle předchozích modelů, nebo dle událostí, které se dosud staly.

### 10.1 Analýza rizik úniku chlóru na plaveckém stadionu

Převzaté příčiny z diagramu rybí kosti, k některým příčinám přiřazen únik dle rozsahu, některé příčiny sloučeny pro snadnější orientaci.

Tabulka 6 Únik chlóru - identifikace

Únik chlóru	
H1	Únik velkého rozsahu z důvodu netěsnosti
H2	Únik malého rozsahu z důvodu netěsnosti
H3	Únik velkého rozsahu / nesprávná funkčnost dávkovače
H4	Únik malého rozsahu / nesprávná funkčnost dávkovače
H5	Únik velkého rozsahu během manipulace s lahvemi
H6	Únik malého rozsahu během manipulace s lahvemi
H7	Únik velkého rozsahu v souvislosti se zneužitím nebezpečné chem. látky
H8	Únik velkého rozsahu v souvislosti s živelnou pohromou
H9	Únik velkého rozsahu z důvodu poruchy detektoru
H10	Únik malého rozsahu zaviněním obsluhy
H11	Únik velkého rozsahu zaviněním obsluhy

Pro následující tabulku budou převzaty hodnoty z předchozích tabulek v teoretické části práce pro zhodnocení pravděpodobnosti a dopadů.



Tabulka 7 Únik chloru - výsledné riziko + opatření

H	P	Z	R	Stávající opatření	Návrh opatření
1	1	25	25	Detektor, obsluha s maskou	
2	3	3	9	Detektor, obsluha s maskou	
3	1	25	25	Detektor, obsluha s maskou	
4	1	3	3	Detektor, obsluha s maskou	
5	1	25	25	Dvě osoby s maskou	
6	1	3	3	Dvě osoby s maskou	
7	1	25	25	Lahve v uzamčené místnosti	
8	3	25	75	Uzavření ventilů	Včasný odvoz lahví na bezp. místo
9	1	25	25	Revize detektoru	
10	3	3	9	Školení obsluhy	
11	1	25	25	Školení obsluhy	

Vzhledem k dostupným informacím o událostech byly připsány tři pravděpodobnostní body u živelné pohromy. V souvislosti s těsnou blízkostí řeky Ponávky a se vznikem havárie v souvislosti s povodněmi v Neratovicích, kdy došlo k úniku chloru ve Spolaně v roce 2002 (Bartlová, Pešák, 2003, s18), kde vlivem včasné evakuace celého okolí z důvodu povodní neměla událost následky na životech obyvatelstva. Monitorováním situace a modelováním úniku nebezpečné chemické látky byl odhadnut únik na 14 kilogramů chloru, nicméně se později ukázalo, že únik byl řádově vyšší. Třemi pravděpodobnostními body byla vyhodnocena netěsnost a únik malého rozsahu z důvodu netěsnosti láhve, nebo jiného prvku, kdy v Jihlavě dne 8.11.2019 unikal chlor z poškozené lahve (Málek, 2019) a ve Varnsdorfu dne 10.7.2004 měla na svědomí únik chloru také poškozená láhev (Secký, 2004). Třemi pravděpodobnostními body bylo rovněž ohodnoceno zavinění obsluhy z důvodu události ze dne 9.3.2013 v Karlových Varech, kdy unikl chlor vinou obsluhy a muselo být ošetřeno 30 lidí, nakonec bez vážnějších zdravotních problémů (ČT 24, 2013).

Hodnocení stupně závažnosti vychází z modelování v programu ALOHA, kdy byl rozsáhlý únik (řádově kilogramy) hodnocen nejvyšší možnou hodnotou. Malý únik, ke kterým

docházelo ve výše popsaných událostech (s výjimkou události v Neratovicích) byl hodnocen třemi body.

Jako opatření v případě živelné pohromy bylo navrženo při včasné meteorologické výstraze ohledně značné eskalace přírodních jevů dočasné pozastavení provozu a včasný odvoz naplněných tlakových lahví na bezpečné místo.

## 10.2 Analýza rizik úniku, zahoření, nebo výbuchu LPG na plnicí stanici

Převzaté scénáře z diagramu rybí kosti aplikujeme do matice rizik, některé sloučíme, jinde určíme dopad, který bude mít za následek stejná iniciační událost.

Tabulka 8 Identifikace nebezpečí zkapalněného ropného plynu

Nehoda/havárie na LPG stanici	
H1	Netěsnost na dopravním zařízení a následný únik
H2	Netěsnost na dopravním zařízení a následný požár
H3	Poškození pláště nádrže a následný únik
H4	Poškození pláště nádrže a následný požár
H5	Špatná funkce některého ventilu a následný únik
H6	Špatná funkce některého ventilu a následný požár
H7	Nedodržování bezp. opatření – požár
H8	Přírodní jevy, možnost výbuchu
H9	Cílené poškození, uvolnění ventilu, založení požáru
H10	Zkrat na elektrickém zařízení – požár
H11	Výbuch z jakékoliv výše uvedené příčiny

Tabulka 9 Výsledné riziko a opatření na stanici LPG

H	P	Z	R	Stávající opatření	Návrh opatření
1	1	3	3	Pravidelné revize	
2	1	10	10	Pravidelné revize	
3	1	3	3	Pravidelné revize	
4	1	10	10	Pravidelné revize	
5	3	3	9	Pravidelné revize	
6	1	10	10	Pravidelné revize	
7	1	10	10	Kontroluje obsluha	
8	1	25	25	Uchycení zásobníku, uzemnění	
9	3	10	30	Obsluha, zamykání areálu	
10	1	10	10	Uzemnění	
11	1	25	25	Vše výše uvedené	

Pro analýzu rizik v souvislosti s nehodou, nebo havárií byly využity hodnoty z výše přiložené tabulky. Jako největší dopad byl vyhodnocen výbuch zásobníku plnicí stanice, který nebyl v ČR dosud zaznamenán, tudíž byla jeho pravděpodobnost vyhodnocena pouze jedním bodem. Jediné scénáře, které byly ohodnoceny třemi pravděpodobnostními body, protože byly na území ČR zaznamenány jsou netěsnost, nebo špatná funkce některého z ventilů například dne 18.6.2016 v Mostě, během stáčení z autocisterny došlo k zamrznutí přetlakového ventilu, který se poté nedovřel (Požáry.cz, 2016) a cílené zapálení plnicí stanice, které se stalo dne 18.6. 2020, kdy došlo k úmyslně založenému požáru zásobníků LPG v Českém Těšíně, kde bylo riziko následného výbuchu nádrží. Zamezení výbuchu ochlazením nádrží zabralo jednotkám HZS několik hodin (idnes, 2020).

Bodování závažnosti vychází z přidělování hodnot dle modelování v programu ALOHA, na základě čehož byl výbuchu zásobníku s následným pravděpodobným domino efektem na ostatní zásobníky ohodnocen nejvyšším možným počtem. Požár byl ohodnocen 10 body závažnosti, z důvodu jeho možných letálních následků na bezprostředním okolí. Únik byl vzhledem k malé míře ohrožení a „nízké“ finanční škodě ohodnocen třemi body.

Vzhledem k výsledkům analýzy, kde se hodnoty rizika vždy pohybovaly mezi zanedbatelnou a přijatelnou úrovní nebyla navržena žádná další bezpečnostní opatření.

### 10.3 Analýza rizik v souvislosti s provozem čerpací stanice pohonných hmot

Převzaté příčiny z Ishikawa diagramu budou použity jako hodnoty pro výslednou matici rizik. Hodnoty pravděpodobností a dopadů zůstávají stejné jako v předchozích analýzách. Samotnou kapitolou jsou přírodní jevy, které mohou mít za následek vyplavení zásobníku stanice pohonných hmot a následný únik produktů.

Tabulka 10 Identifikace nebezpečí čerpací stanice

Rizika spojená s rizikem vzniku požáru nebo úniku na čerpací stanici pohonných hmot	
H1	Netěsnosti v nádržích, nebo dopravním zařízení – výskyt hořlavých/výbušných par
H2	Nedodržování bezpečnostních opatření – malý rozsah požáru
H3	Nedodržování bezpečnostních opatření – velký rozsah požáru
H4	Vnější prostředí: nehoda, požár automobilu – malý rozsah požáru
H5	Vnější prostředí: nehoda, požár automobilu – velký rozsah požáru
H6	Cílené založení požáru – malý rozsah požáru
H7	Cílené založení požáru – velký rozsah požáru
H8	Zkrat na elektroinstalaci – malý rozsah požáru
H9	Zkrat na elektroinstalaci – velký rozsah požáru
H10	Počáteční fáze hoření (rozhořívání) – absence funkčního hasícího přístroje
H11	Živelná pohroma – únik do volného toku

Tabulka 11 Výsledné riziko + opatření čerpací stanice

H	P	Z	R	Opatření	Navrhovaná opatření
1	1	10	10	Konstrukce nádrží	
2	1	3	3	Kontrolována obsluhou	
3	1	10	10	Kontrolována obsluhou	
4	3	3	9	Hasící přístroje	
5	1	10	10	Hasící přístroje	
6	3	3	9	Obsluha	
7	1	10	10	Obsluha	
8	3	3	9	Technické normy	
9	1	10	10	Technické normy	
10	1	10	10	Revize, kontroly	
11	3	10	30	Naplnění, utěsnění	

Na základě průzkumu informačních zdrojů byly třemi body pravděpodobnosti ohodnoceny vlivy vnějšího prostředí na vznik požáru malého rozsahu. V minulosti jsou tyto případy zaznamenané např. 23. června roku 2018 požár cisterny v Tochovicích vlivem technické závady na palivovém systému vozidla. (přibram.cz, 2018) Dalším bodem, který je hodnocen třemi pravděpodobnostními body je cílené založení požáru, (který v konečném důsledku dospěje jen do malého rozsahu) kdy po vykradení čerpací stanice dne 15. října 2006 pachatel „zametal stopy“ jejím zapálením čímž způsobil škodu za 600 tisíc korun. (Horáková, 2006) Třemi pravděpodobnostními body byla rovněž ohodnocena závada na elektroinstalaci, která se stala 9. prosince v roce 2006 v Havířově. Jednalo se o požár střechy nad stojany, nádrže a stojany s pohonnými hmotami díky včasnému zásahu HZS nebyly zasaženy. (Kůdela, 2006) Třemi pravděpodobnostními body byla vyhodnocena pravděpodobnost živelné katastrofy a následným únikem ropných produktů do volného toku z důvodu sousedství řeky Ponávky a událostí z roku 2002 ve Veselí nad Lužnicí, kdy cisterna nestihla naplnit zásobník před povodní, ten byl vztakovou silou nadnesen, vznikly trhliny v potrubí a plášti a následoval únik produktů do rozvodněné řeky (Miklovský, 2013)

Hodnocení stupně závažnosti vyplývá z modelování prostřednictvím programu ALOHA, ve kterém byl modelovaný rozsáhlý požár pohonných hmot. Rozsáhlejší požár byl vzhledem k možným závažným důsledkům na životech, zdraví a majetku ohodnocen deseti body závažnosti. Požár menšího rozsahu vzhledem k pravděpodobným minimálním finančním i zdravotním újmám byl hodnocen třemi body. Vzhledem k vysoké finanční škodě při zničení zásobníku živelnou pohromou a možné škodě na životním prostředí je závažnost důsledku hodnocena deseti body.

Z analýzy vyplývá, že bezpečnostní opatření jsou skutečně účinná a pravděpodobně jsou společností respektována.

Vzhledem k hodnotám rizik, které se pohybují mezi zanedbatelnou a přijatelnou mírou nebyla navržena žádná další bezpečnostní opatření.

#### 10.4 Analýza rizik v souvislosti s provozem hokejové haly

Jelikož ve zpracovávaném příkladu se nevyskytuje amoniak, ale relativně bezpečné chladivo tetrafluoretan v malém množství je ještě před analýzou předpokládáno, že hodnota rizika zde nebude dosahovat vysokých hodnot, které povedou k návrhům dalších nezbytných opatření. Pro zpracování převezmeme možné příčiny z Ishikawa diagramu a hodnoty pravděpodobnosti a závažnosti z předešlých analýz.

Tabulka 12 Identifikace nebezpečí únik chladiva

Rizika spojená s chlazením vnitřního ledu	
H1	Netěsnost chladicího systému
H2	Technická závada na čerpadle
H3	Chyba obsluhy
H4	Požár strojovny, vadná skladovací nádoba => úraz
H5	Živelná pohroma

Tabulka 13 Výsledné riziko + opatření – únik chladiva

H	P	Z	R	Opatření	Návrh opatření
1	3	3	9	Izolace systému	
2	3	3	9	Kontroly	
3	1	3	3	Školení obsluhy	
4	1	10	10	Revize tlakových lahví	
5	1	3	3	Uzavření areálu	

Pravděpodobnostní hodnota 3 byla dána pro netěsnost chladicího systému, jelikož je způsob odebírání ledu z ledové plochy řešen stejným způsobem jako u kluzišť s přímým systémem chlazení, kde se pod ledem nachází tenké potrubí s proudícím médiem pro odvod tepla. Událost, kdy unikl čpavek kvůli proražení ledu a následně proražení zařízení s proudícím médiem se stala dne 11. dubna 2013 v Rosicích u Brna (ČT24, 2013). Jelikož se v tomto případě nejedná o amoniak, ale o bezpečné chladivo je hodnota závažnosti důsledků 3 z důvodů finančních škod na zařízení a úniku chladicího média. Dne 9.5. 2018 došlo k úniku čpavku na stadionu v Příbrami z důvodu netěsnosti pístu čerpadla (irozhlas, 2018) (čerpadlo, které dopravuje chladicí médium pod ledovou plochu se vyskytuje i u nepřímého systému chlazení) z tohoto důvodu byla této pravděpodobnosti dána hodnota 3.

Jako hodnoty závažnosti důsledků úniku byla vzhledem k ceně chladiva a možné související škody (nutnost opravy kompresoru, čerpadla, odstavení ledu) a potenciální vymodelované možnosti ohrožení v programu ALOHA způsobené v souvislosti s únikem dána hodnota 3, neboť je vysoce nepravděpodobné, že samotný únik napáchá druhotné škody na zdraví, nebo majetku. Výjimkou je tlaková nádoba, která při poškození může poranit osoby v bezprostřední blízkosti, pro tento případ byla dána hodnota závažnosti 10. Únik chladiva je v případě živelné pohromy zanedbatelným problémem vzhledem ke škodám, které by živelná pohroma velkého rozsahu v daném území mohla na hale a jejím bezprostředním okolí napáchat, přesto byla dána hodnota 3 vzhledem k pravděpodobným finančním škodám na chladivu a systému chlazení.

Nejhůře z této analýzy vychází nádoba, ve které se nachází chladicí médium pod tlakem, kdy vlivem požáru strojovny, nebo chybou výroby může v případě výbuchu způsobit úraz obsluhy, nebo zasahujících jednotek.

Vzhledem k nízkým hodnotám rizika, které jednotlivé scénáře vykazují zde nebyla navržena další opatření sloužící k eliminaci současných rizik.



## 11 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ

Analýza současného stavu vykazuje negativní hodnoty pouze v souvislosti se skladováním chloru a přírodními jevy. Nejedná se jen o případné povodně, jak již bylo zmíněno, ale jakékoliv značné výkyvy počasí, které mohou vést k hrubému narušení infrastruktury. V tomto konkrétním případě bylo navrženo pro případ včasné předpovědi ohledně eskalace přírodních jevů odvoz naplněných skladovacích nádob na bezpečné místo. V případě, že by se jednalo o nějaký průmyslový objekt, kde se skladuje tato nebezpečná látka v podstatně větších obalech, než jsou tlakové lahve, je zde na místě projevit alespoň snahu o odsun co největšího množství skladované látky, například prostřednictvím autocisteren. Stejný odvoz a vyprázdnění zásobníku by bylo možné aplikovat i pro případ plnicích stanic zkapalněného ropného plynu, případně ještě najít vhodný způsob jak tento prázdný zásobník dočasně a efektivně zatížit proti pohybu (například naplnit vodou). I přes příznivé výsledky analýz si zaslouží návrh na zlepšení i oblast zabezpečení u všech větších nezařazených zdrojů. A to nejen v souvislosti s nebezpečím skladování nebezpečných chemických látek, ale pro případ například čerpacích a plnicích stanic i z preventivních důvodů. Jako vhodná varianta zajištění těchto objektů se jeví například napojení kamerového systému na bezpečnostní agenturu, nebo městskou policii. V případě čerpacích a plnicích stanic by došlo nejen k potlačení rizika zneužití nebezpečných chemických látek, ale i ke značné eliminaci přepadávání čerpacích stanic. Dalším návrhem na zlepšení z oblasti zabezpečení skladování nebezpečných chemických látek jsou detektory samotného úniku látky, kouře nebo tepla, které jsou napojeny na pult centrální ochrany. Nicméně z výsledných analýz vyplývá, že současná opatření jsou poměrně účinná a nejlepším opatřením pro eliminaci možných rizik je držet se minimálně již zavedených standardů a bezpečnostních opatření.

## ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce bylo zjistit pomocí modelování a následných analýz míru rizika na určitém území, na kterém se nacházejí nezařazené zdroje. V teoretické části bylo pojednáno o riziku, nebezpečných chemických látkách, jejich právní problematice a dělení. Pro praktickou část bylo vybráno území malé části města Brna, kde se na malé ploše nachází větší množství nezařazených zdrojů: Konkrétně čerpací stanice, plnicí stanice ropného plynu, plavecký bazén a hokejová hala. Pro prvotní průzkum „co by se mohlo stát, kdyby“ bylo aplikováno modelování v softwarovém programu ALOHA a užito více relevantních scénářů. Pro následné zmapování příčiny a důsledku byly vytvořeny Ishikawa diagramy pro každý důsledek. Finální semikvantitativní analýza rizik pomocí matice byla poskládána z dat, která vycházela z modelování, diagramu příčin a důsledků a v neposlední řadě z událostí, které byly v minulosti popsány a mají vysokou míru shody, nebo jsou naprosto totožné s analyzovanými scénáři.

Výsledek analýzy je poměrně překvapivý: Jako lidé jsme pozorní, při práci s nebezpečnou chemickou látkou respektujeme bezpečnostní opatření, vyrábíme zásobníky pro skladování z kvalitních materiálů, navrhujeme a schvalujeme procesy, kde jsou rizika spojená s těmito látkami eliminována na co nejnižší možnou úroveň. Pro skladování nebezpečných chemických látek máme mezinárodní, národní i vnitropodnikové předpisy, které vyžadují pro jakékoliv zacházení s nebezpečnou látkou vysoké standardy pro ochranu našeho zdraví, zdraví našeho okolí a ochranu životního prostředí. Co nám však dělá značné problémy je pochopení a přizpůsobení se nenadálým přírodním vlivům a pohromám. Analýza rizik zde sice vycházela v negativních číslech pouze pro živelnou katastrofu v souvislosti se skladováním chloru, kde bylo v souvislosti s výsledkem navrženo opatření, nicméně v souvislosti s přírodními jevy byly ve většině případů výrazně vyšší hodnoty, než u mnou předpokládaného lidského selhání. Myslím si, že by tato bakalářská práce mohla být přínosem zejména obyvatelům bydlícím v blízkosti konkrétních, nebo podobných nezařazených zdrojů pro uvědomění si hrozícího nebezpečí a zlepšení jejich připravenosti na případnou mimořádnou událost.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

1. 6sigma.us, 2017. [online] [cit. 2021-04-17] Dostupné z: <https://www.6sigma.us/etc/what-is-ishikawa-fishbone-diagram/>
2. BARTLOVÁ, Ivana a Miloš PEŠÁK, 2003. Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II: analýza rizik a připravenost na průmyslové havárie. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. SPBI Spektrum, 33. ISBN 80-86634-30-2.
3. BÍLEK, 2006. [online] [cit. 2021-04-23] Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/prakticky-priklad-s-komentarem-jak-vyhodnotit-rizika-na-pracovisti>
4. BOŽEK, František, 2015. Řízení rizik. Brno: Univerzita obrany. [online] [cit. 2020-11-17] Dostupné z: [https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/59301/mod\\_resource/content/1/Rizeni\\_rizik\\_studijni\\_opora.pdf](https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/59301/mod_resource/content/1/Rizeni_rizik_studijni_opora.pdf)
5. CMS.gov, 2017. Emergency Preparedness Regulation. [online] [cit. 2020-12-30] Dostupné z: <https://www.cms.gov/Medicare/Provider-Enrollment-and-Certification/SurveyCertEmergPrep/Downloads/FAQ-Round-Four-Definitions.pdf>
6. ČEPRO, 2017. [online] [cit. 2021-01-15] Dostupné z: [https://www.ceproas.cz/public/files/userfiles/Produkty\\_sluzby/Bezpecnostni\\_listy/BA\\_%C4%8CEPRO\\_REACH\\_CLP\\_23\\_3\\_2017.pdf](https://www.ceproas.cz/public/files/userfiles/Produkty_sluzby/Bezpecnostni_listy/BA_%C4%8CEPRO_REACH_CLP_23_3_2017.pdf)
7. ČESKÁ RAFINÉRSKÁ, 2012. [online] [cit. 2021-01-15] Dostupné z: [https://www.ceproas.cz/public/files/userfiles/Produkty\\_sluzby/Motorova\\_nafta.pdf](https://www.ceproas.cz/public/files/userfiles/Produkty_sluzby/Motorova_nafta.pdf)
8. Česká republika. Zákon č.224/2015 Sb. ze dne 11.9.2015 O prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami, nebo chemickými směsmi. Sbírka zákonů České republiky. 2015, částka 93.
9. Česká republika. Zákon č.350/2011 Sb. ze dne 29.11.2011 O chemických látkách a chemických směsích. Sbírka zákonů České republiky. 2011, částka 122.
10. Česká republika. Zákon č.239/2000 Sb. ze dne 9.8.2000 O integrovaném záchranném systému. Sbírka zákonů České republiky 2000, částka 73.
11. Česká republika. Zákon č.240/2000 Sb. ze dne 9.8.2000 O krizovém řízení. Sbírka zákonů České republiky 2000, částka 73.
12. ČT 24, 2013. [online] [cit. 2021-05-01] Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/regiony/1112420-za-unikem-chloru-v-karlovarskem-bazenu-stoji-chyba-zamestnancu>
13. ČT 24, 2013. [online] [cit. 2021-05-03] Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/regiony/1105628-unik-cpavku-na-stadionu-v-rosicich>
14. EPA, 2021. [online] [cit. 2021-04-29] Dostupné z: <https://www.epa.gov/aegl/about-acute-exposure-guideline-levels-aegls>
15. Flaga, 2019. [online] [cit. 2021-01-22] Dostupné z: [https://www.flaga.cz/images/flaga-downloads/PROPAN\\_BUTAN\\_1965\\_SMES\\_B-CZ-2019.pdf](https://www.flaga.cz/images/flaga-downloads/PROPAN_BUTAN_1965_SMES_B-CZ-2019.pdf)
16. HORÁKOVÁ, Vendula 2006. [online] [cit. 2021-05-03] Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/6011-cerpaci-stanice-byla-pred-pozarem-vykradena/>
17. HZS ČR, 2020. Havarijní plánování. [online] [cit. 2020-11-29] Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/krizove-rizeni-a-cnp-havarijni-planovani-havarijni-planovani.aspx>

18. H+H technika, CHTS, spol. s.r.o. [online] [cit. 2021-04-06] Dostupné z: <https://adoc.pub/komplexni-eeni-energetiky-zimniho-stadionu-hokejova-halamla.html>
19. idnes, 2020. [online] [cit. 2021-05-03] Dostupné z: [https://www.idnes.cz/ostrava/zpravy/pozar-benzinka-cesky-tesin-pachatel-policie.A200618\\_080549\\_ostrava-zpravy\\_alh](https://www.idnes.cz/ostrava/zpravy/pozar-benzinka-cesky-tesin-pachatel-policie.A200618_080549_ostrava-zpravy_alh)
20. irozhlas.cz, [online] [cit. 2021-05-05] Dostupné z: 2018 [https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/pribram-cpavek-zimni-stadiun-unik\\_1805090936\\_gol](https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/pribram-cpavek-zimni-stadiun-unik_1805090936_gol)
21. KÚDELA, Petr, 2006. [online] [cit. 2021-05-03] Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/6271-v-havirove-horela-strecha-cerpaci-stanice/>
22. MÁLEK, Martin, 2019. [online] [cit. 2021-05-02] Dostupné z: <https://smj.cz/unik-chloru-v-chlorovne-bazenu-e-rosickeho-v-jihlave/d-2756>
23. MERNA, Tony, Faisal F. AL-THANI, 2008. Corporate Risk Management, Chichester (UK): John Wiley & Sons. ISBN: 978-0-470-51833-5.
24. MIKLOVSKÝ, Tomáš, 2013. [online] [cit. 2021-05-02] Dostupné z: <https://www.petrol.cz/aktuality/cerpaci-stanice-pod-vodou-2952>
25. OHEROVÁ, Martina, 2016. Koupání dětí v krytých bazénech. České Budějovice. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. [online] [cit. 2021-03-02] Dostupné z: <https://theses.cz/id/f8krkv/18214960>
26. POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA a Jozef SABOL, 2017. Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. ISBN 978-80-7251-467-0.
27. Požáry.cz, 2016. [online] [cit. 2021-05-02] Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/138648-pri-cerpani-lpg-v-moste-zustal-otevreny-pretlakovy-ventil-unik-kontrolovali-hasici/>
28. Pribram.cz, 2018. [online] [cit. 2021-05-03] Dostupné z: <https://www.pribram.cz/clanek/prave-ted-nekolik-hasicskych-jednotek-zasahuje-pri-pozaru-nakladniho-vozidla-u-cerpaci-stanice/10756/>
29. PROCHÁZKOVÁ, Dana, 2011. Analýza a řízení rizik. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-04841-2.
30. PUSKEILEROVÁ, L. 2010. Bezpečnost provozu chladicích technologií na zimních stadionech. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí dizertační práce prof. Ing. František Babinec, CSc. [online] [cit. 2021-01-18] Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=33282](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=33282)
31. Six Sigma Material, 2021. [online] [cit. 2021-04-27] Dostupné z: <https://www.six-sigma-material.com/Fishbone-Diagram.html>
32. SIAD, 2015. [online] [cit. 2021-01-20] Dostupné z: <https://www.siad.cz/documents/261220/0/amoniak+%28cpavek%29.pdf/8581c627-42b5-84c1-7396-761cff1776c3>
33. SECKÝ, Tomáš, 2004. [online] [cit. 2021-05-02] Dostupné z: [https://www.varnsdorf.cz/cz/urad/odbory\\_meu/odbor-zivotniho-prostredi/informace-z-odboru/unik-chloru-bazenu-ve-varnsdorfu.html](https://www.varnsdorf.cz/cz/urad/odbory_meu/odbor-zivotniho-prostredi/informace-z-odboru/unik-chloru-bazenu-ve-varnsdorfu.html)
34. Sixsigmamaterial.com, 2021. [online] [cit. 2021-04-29] Dostupné z: <https://www.six-sigma-material.com/Fishbone-Diagram.html>
35. Spolana, 2011. [online] [cit. 2021-01-17] Dostupné z: [https://www.spolana.cz/CZ/Produkty/Documents/BL\\_Chlor\\_%20kapalny\\_techicky\\_CZ.pdf](https://www.spolana.cz/CZ/Produkty/Documents/BL_Chlor_%20kapalny_techicky_CZ.pdf)

36. SLUKA, Vilém, 2013. Implementace směrnice 2012/18/EU (Seveso III) a analýza a hodnocení rizik v České republice. Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti, roč. 6, č. 3-4. [online] [cit. 2020-12-07] Dostupné z: <<http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-03-04-2013/implementace-sevesoIII-v-cr.html>>. ISSN 1803-3687.
37. ŠIMKOVÁ, Markéta, 2008. Posouzení bezpečnosti čerpací stanice pohonných hmot. Diplomová práce (Ing.) Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. [online] [cit. 2021-03-25] Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=6832](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=6832)
38. TICHÝ, Milík, 2006. Ovládání rizika: analýza a management. V Praze: C.H. Beck. Beckova edice ekonomie. ISBN 80-7179-415-5.
39. Vectorsolutions, 2019. [online] [cit. 2021-04-23] Dostupné z: <https://www.vectorsolutions.com/resources/blogs/levels-of-a-risk-matrix/?hsCtaTracking=5056cd4b-a08a-4fde-a321-009593af2e12%7C9ba9a603-a56c-4213-a16a-253000efc76b>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

H Hodnota (její číselné označení)

HZS Hasičský záchranný sbor

LEL Dolní mez výbušnosti

LPG Zkapalněný ropný plyn

P Pravděpodobnost

PHM Pohonné hmoty

ppm částice z milionu

R Riziko

Z Závažnost

† Oběť

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Ishikawa diagram (Six Sig Mamaterial, 2021).....	27
Obrázek 2 Základ diagramu pro praktickou část .....	27
Obrázek 3 Poloha zkoumaného území na mapě (google).....	32
Obrázek 4 Znázornění konkrétních objektů.....	33
Obrázek 5 Čerpací stanice a objekt tepláren.....	34
Obrázek 6 Plnicí stanice LPG .....	35
Obrázek 7 Plavecký bazén .....	36
Obrázek 8 Hokejová hala.....	37
Obrázek 9 ALOHA chlor – únik 1 .....	38
Obrázek 10 ALOHA chlor - únik 2 .....	39
Obrázek 11 ALOHA plyn – únik 1 .....	40
Obrázek 12 ALOHA plyn – únik 2.....	40
Obrázek 13 ALOHA plyn - únik 3 .....	40
Obrázek 14 ALOHA plyn – únik 4.....	41
Obrázek 15 ALOHA plyn – únik 5.....	41
Obrázek 16 ALOHA plyn - hoření 1 .....	42
Obrázek 17 ALOHA plyn - hoření 2 .....	42
Obrázek 18 ALOHA plyn - výbuch.....	43
Obrázek 19 ALOHA požár pohonných hmot .....	44
Obrázek 20 ALOHA únik chladiva .....	44
Obrázek 21 Diagram únik chloru.....	45
Obrázek 22 Diagram požáru benzínové pumpy .....	46
Obrázek 23 Diagram plnicí stanice plynu.....	47
Obrázek 24 Diagram únik chladiva .....	47

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Identifikace nebezpečí + příklad.....	29
Tabulka 2 Hodnota pravděpodobnosti.....	29
Tabulka 3 Hodnoty závažnosti .....	29
Tabulka 4 Matice .....	30
Tabulka 5 Výsledné riziko + opatření + příklad .....	30
Tabulka 6 Únik chloru - identifikace .....	48
Tabulka 7 Únik chloru - výsledné riziko + opatření.....	49
Tabulka 8 Identifikace nebezpečí zkapalněného ropného plynu .....	50
Tabulka 9 Výsledné riziko a opatření na stanici LPG .....	51
Tabulka 10 Identifikace nebezpečí čerpací stanice.....	52
Tabulka 11 Výsledné riziko + opatření čerpací stanice.....	53
Tabulka 12 Identifikace nebezpečí únik chladiva.....	54
Tabulka 13 Výsledné riziko + opatření – únik chladiva.....	55



