



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Analýza rizik a modelace úniku  
nebezpečných chemických látek z podniku  
DIAMO, státní podnik, odštěpný závod  
Těžba a úprava uranu**

**Risk Analysis and Modulation of Leak of  
Hazardous Chemicals Substances from  
DIAMO, Stateowned Enterprise, Spin-off  
Enterprise Uranium Mining and  
Quarrying**

Diplomová práce

Studijní program: Civilní nouzové plánování  
Autor diplomové práce: Bc. Tereza Ješkeová  
Vedoucí diplomové práce: Ing. Martin Staněk

---

Kladno 2023

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Ješkeová** Jméno: **Tereza** Osobní číslo: **487460**  
Fakulta/ústav: **Fakulta biomedicínského inženýrství**  
Zadávací katedra/ústav: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**  
Studijní program: **Civilní nouzové plánování**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Analýza rizik a modelace úniku nebezpečných chemických látek z podniku DIAMO, státní podnik, odštěpný závod Těžba a úprava uranu**

Název diplomové práce anglicky:

**Risk Analysis and Modulation of Leak of Hazardous Chemicals Substances from DIAMO, Stateowned Enterprise, Spin-off Enterprise Uranium Mining and Quarrying**

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce bude analýza rizik státního podniku DIAMO, odštěpný závod Těžba a úprava uranu se sídlem ve Stráži pod Ralskem a následná modelace úniku vybraných nebezpečných chemických látek v prostředí. V teoretické části bude vymezena problematika chemické bezpečnosti a s tím spojená ochrana obyvatelstva při chemické havárii. Dále budou popsány právní předpisy týkající se chemické bezpečnosti a havarijního plánování. Závěr teoretické části bude věnován popisu samotného podniku. V praktické části bude provedena předběžná a multikriteriální analýza rizik a poté bude provedena modelace úniků nebezpečných chemických látek pomocí softwarových nástrojů ALOHA a TerEx. Výsledky modelací budou komparovány navzájem a rovněž se zónou havarijního plánování daného podniku. Výstupem práce bude návrh na opatření ke zvýšení chemické bezpečnosti a ochrany obyvatel v zóně havarijního plánování daného podniku.

Seznam doporučené literatury:

- [1] SKŘEHOT, Petr a kol., Rozptyl těžkého plynu v atmosféře: teorie - modely - experimenty, Praha: T-SOFT, 2018, ISBN 978-80-905401-2-5.
- [2] POLÍVKA, Lubomír, MIKA, Otakar, J., SABOL, Jozef, Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie, Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2017, ISBN 978-80-7251-467-0.
- [3] KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše, FOLWARCZNY, Libor, KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše, ml., Ochrana obyvatelstva, ed. 2. aktualiz., Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013, 177 s., ISBN 978-80-7385-134-7.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Martin Staněk, Ph.D. katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva FBMI**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **19.09.2022** Termín odevzdání diplomové práce: **18.05.2023**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2024**

Ing. Martin Staněk, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomantka bere na vědomí, že je povinna vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studentky

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Analýza rizik a modelace úniku nebezpečných chemických látek z podniku DIAMO, státní podnik, odštěpný závod Těžba a úprava uranu “ vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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

V Jablonci nad Nisou dne 17.05.2023

.....

Bc. Tereza Ješkeová



**Informovaný souhlas s poskytnutím informací pro účel diplomové práce**

Já, níže podepsaný, souhlasím s poskytnutím informací a s jejich následným uveřejněním v diplomové práci s názvem *Analýza rizik a modelace úniku nebezpečných chemických látek z podniku DIAMO, státní podnik, odštěpný závod Těžba a úprava uranu*. Veškeré poskytnuté informace budou využity výhradně pro tvorbu této diplomové práce.

Podpisem stvrzuji, že jsem byl obeznámen, k jakému účelu informace poskytuji a že souhlasím s jejich poskytnutím.

V..... dne.....

.....

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce Ing. Martinovi Stankovi, Ph.D. za provedené konzultace a odborné vedení. Dále bych chtěla velmi poděkovat mé rodině a blízkým přátelům za jejich velkou podporu, trpělivost a optimismus, který mi během psaní diplomové práce dodávali.

## ABSTRAKT

Předmětem práce je analýza rizik a modelace úniku nebezpečných chemických látek z podniku DIAMO, státní podnik, odštěpný závod Těžba a úprava uranu se sídlem ve Stráži pod Ralskem, se zaměřením na chemickou bezpečnost a s ní spojenou ochranu obyvatelstva v zóně havarijního plánování podniku.

V teoretické části je zhodnocen současný stav problematiky chemických havárií a problematiky chemické bezpečnosti, včetně právních předpisů z této oblasti. V závěru této části je popsán samotný podnik a jeho zóna havarijního plánování.

V praktické části jsou provedeny předběžná a multikriteriální analýza rizik, na jejichž základě jsou zjištěna největší bezpečnostní rizika, která by mohla způsobit vznik závažné havárie, jež by mohla mít dopad i za hranice zájmového území objektu. Následně jsou popsány dva hlavní zdroje ohrožení, kterými jsou zásobník amoniaku a zásobník chloru; pro tyto jsou určeny scénáře úniku, které jsou dále namodelovány prostřednictvím softwarových nástrojů Aloha a TerEx. Výsledky modelací jsou následně komparovány navzájem i se zónou havarijního plánování podniku. V závěru praktické části jsou vyhodnoceny stanovené hypotézy a vytvořen návrh na opatření pro zvýšení chemické bezpečnosti a ochrany obyvatelstva v zóně havarijního plánování podniku, která by mohla ještě částečně doplnit již zavedená bezpečnostní opatření.

Na základě výsledků analýz, provedení sérií modelací úniků nebezpečných chemických látek a analýzy zajištění ochrany obyvatelstva v zóně havarijního plánování lze konstatovat, že ochrana obyvatelstva je v zóně havarijního plánování zajištěna dostatečně a není třeba provádět zásadní změny v bezpečnostních opatřeních.

## **Klíčová slova**

Chemická bezpečnost; ochrana obyvatelstva; prevence závažných havárií; zóna havarijního plánování; nebezpečné chemické látky; analýza rizik; modelace.

## ABSTRACT

The aim of this study is to risk analysis and the simulation of leaks of dangerous chemicals from the DIAMO, Stateowned Enterprise, Spin-off Enterprise Uranium Mining and Quarrying with headquarters in Stráž pod Ralskem, focusing on chemical safety and protection of inhabitants in the emergency planning zone.

Theoretical part covers assessment of current situation associated with chemical accidents and safety including legislation on this subject. The closing part of this section describes the subject company and their emergency planning zone.

In the practical part preliminary and multi-criteria analysis of risks have been conducted, based on which the greatest safety hazards with a potential of causing a serious accident were identified, possibly having impact on larger area than the company's site. Subsequently, two main sources of danger were described, namely ammonia and chlorine tanks and their scenarios of escape was created, which was modeled in Aloha and TerEx software tools. The models were later compared between themselves and with the company's emergency planning zone. Finally, initial hypotheses were tested and measures for increasing chemical safety and protection of inhabitants in the emergency planning zone were proposed which might possibly enhance the existing safety measures.

Based on the results of the analyses, of the conducted series of hazardous chemical substances leak simulations and of the analysis of inhabitants' protection in the emergency planning zone, it is possible to say that the protection of inhabitants in said area is provided at a sufficient level and there is no need to adopt any significant modifications in the safety measures.



## **Keywords**

Chemical safety; Population protection; Prevention of serious accidents;  
Emergency planning zone; Hazardous chemical substances; Risk analysis;  
Modeling.

## Obsah

1	Úvod.....	14
2	Cíle práce a hypotézy .....	15
3	Přehled současného stavu.....	16
3.1	Přehled právních předpisů v oblasti chemické bezpečnosti a související ochrany obyvatelstva .....	16
3.1.1	Právní předpisy EU.....	16
3.1.2	Právní předpisy ČR.....	20
3.2	Chemická bezpečnost.....	24
3.2.1	Závažná havárie .....	24
3.2.2	Zdroje chemických havárií, jejich příčiny a následky.....	24
3.2.3	Prevence chemických havárií .....	27
3.2.4	Zóna havarijního plánování.....	31
3.3	Nebezpečné chemické látky a směsi.....	33
3.3.1	Klasifikace a označování NCHL a směsí .....	34
3.3.2	Klasifikace a označování NCHL v přepravě .....	36
3.4	Ochrana obyvatelstva.....	37
3.4.1	Varování a informování.....	37
3.4.2	Ukrytí .....	38
3.4.3	Improvizovaná individuální ochrana .....	39
3.4.4	Evakuace.....	40
3.4.5	Dekontaminace .....	41
3.4.6	Zásady chování obyvatelstva .....	42

3.5	Modelace úniku nebezpečných látek.....	42
3.6	DIAMO, státní podnik, odštěpný závod Těžba a úprava uranu.....	45
3.6.1	Lokalizace o. z. TÚU .....	46
3.6.2	Zóna havarijního plánování o. z. TÚU.....	46
3.6.3	Životní prostředí .....	46
3.6.4	Klimatický charakter.....	47
3.6.5	Hydrologická charakteristika .....	47
3.6.6	Dopravní Infrastruktura.....	47
3.6.7	Osídlení.....	47
3.6.8	Přehled objektů, v nichž lze předpokládat výskyt většího počtu osob.....	48
4	Metodika.....	49
4.1	Sběr dat.....	49
4.2	Analýza rizik .....	49
4.2.1	Předběžná analýza rizik .....	50
4.2.2	Multikriteriální analýza rizik.....	52
4.3	Modelace .....	57
4.3.1	TerEx.....	58
4.3.2	Aloha .....	60
4.3.3	MARPLOT .....	61
5	Výsledky .....	62
5.1	Analýza rizik .....	62
5.1.1	Vnější zdroje rizik.....	62
5.1.2	Vnitřní zdroje rizik.....	62

5.1.3	Předběžná analýza rizik .....	62
5.1.4	Multikriteriální analýza rizik.....	66
5.2	Seznam NCHL v objektu o. z. TÚU .....	72
5.3	Vybrané chemické látky .....	73
5.3.1	Amoniak .....	73
5.3.2	Chlor.....	75
5.3.3	Významné zdroje rizik v podniku .....	77
5.4	Scénáře úniku .....	79
5.5	Modelace zvolených scénářů pomocí programu Aloha .....	80
5.5.1	Modelace úniku amoniaku .....	81
5.5.2	Modelace úniku chlor .....	82
5.6	Modelace zvolených scénářů pomocí programu TerEx.....	83
5.6.1	Modelace úniku amoniaku .....	84
5.6.2	Modelace úniku chloru.....	86
5.7	Vyhodnocení, řešení a komparace výsledků modelací ve vztahu k ZHP.....	87
5.7.1	Modelace úniku amoniaku .....	87
5.7.2	Modelace úniku chloru.....	93
5.8	Zajištění ochrany obyvatelstva v ZHP.....	101
5.8.1	Havarijní připravenost v o. z. TÚU .....	101
5.8.2	Havarijní připravenost v ZHP o. z. TÚU .....	103
5.9	Návrh opatření pro zvýšení chemické bezpečností a ochrany obyvatel v ZHP o. z. TÚU .....	105
5.10	Vyhodnocení hypotéz .....	105

6	Diskuze .....	108
6.1	Analýza rizik .....	108
6.2	Modelace úniku NCHL .....	110
6.3	Zajištění ochrany obyvatelstva v ZHP .....	116
6.4	Návrh na opatření .....	118
7	Závěr .....	120
8	Seznam použitých zkratk .....	121
9	Seznam použité literatury .....	123
10	Seznam použitých obrázků .....	134
11	Seznam použitých tabulek .....	135
12	Seznam Příloh .....	137

# 1 ÚVOD

V dnešním světě, ve kterém je značně rozvinutý chemický průmysl, dochází k nakládání s velkým množstvím nebezpečných chemických látek a směsí (dále jen NCHL), což představuje riziko vzniku mimořádné události (dále jen MU) spojených s jejich únikem. MU spojené s únikem NCHL jsou v dnešní době tedy stále aktuálním tématem a pro zajištění bezpečnosti života a zdraví osob a zvířat, ŽP a majetku je zapotřebí se prevenci a zvládnutí těchto událostí v dostatečné míře věnovat.

Tato diplomová práce by měla přiblížit problematiku chemických havárií a problematiku chemické bezpečnosti a s ní spojené ochrany obyvatelstva. Práce je zaměřena na analýzu rizik a modelaci úniku nebezpečných chemických látek z podniku DIAMO, státní podnik, odštěpný závod Těžba a úprava uranu se sídlem ve Stráži pod Ralskem (dále jen o. z. TÚU), především z pohledu zajištění ochrany obyvatelstva, které se nachází v jeho blízkém okolí. V rámci zpracování této práce by mělo dojít ke zjištění, zda jsou zde chemická bezpečnost a ochrana obyvatelstva dostatečně zajištěny a popřípadě stanovit návrh možných opatření k jejímu zvýšení.

## 2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

Cílem této diplomové práce je posoudit, zda je v případě vzniku závažné havárie spojené s únikem NCHL dostatečně zajištěna ochrana obyvatelstva v zóně havarijního plánování daného podniku, a v případě potřeby vytvořit návrh na opatření ke zvýšení chemické bezpečnosti a ochrany obyvatel v zóně havarijního plánování daného podniku.

Dílčím cílem práce je přiblížit problematiku chemických havárií a oblast chemické bezpečnosti. Pomocí předběžné a multikriteriální analýzy rizik podniku určit největší bezpečnostní rizika, která by mohla způsobit vznik závažné chemické havárie, jejíž následky představují ohrožení pro obyvatelstvo nacházející se v blízkosti zájmového území o. z. TÚU. Dále vytvořit a vyhodnotit modelace úniků vybraných NCHL a následně provést komparaci výsledků modelací mezi sebou a se zónou havarijního plánování (dále jen ZHP) podniku. Na základě toho určit, zda je ZHP vhodně stanovena a jestli je v ní dostatečně zajištěna chemická bezpečnost.

**Hypotéza 1** - Ochrana obyvatelstva v ZHP je ve vztahu k úniku NCHL z o. z. TÚU zajištěna dostatečně a není třeba provádět změny v bezpečnostních opatřeních.

**Hypotéza 2** – Výsledky modelací úniků NCHL z o. z. TÚU, představující nejvyšší míru ohrožení, nepřekročí v nebezpečné koncentraci vzdálenost hranice ZHP od místa úniku o více než 10 %.

## 3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

### 3.1 Přehled právních předpisů v oblasti chemické bezpečnosti a související ochrany obyvatelstva

Nejvýznamnějším právním dokumentem EU, který se věnoval prevenci závažných havárií, byla směrnice rady Evropy 82/501/EEC (SEVESO I), jejímž hlavním cílem bylo zavést a sjednotit pravidla a bezpečnostní opatření v oblasti chemické bezpečnosti. V roce 1996 byla novelizována směrnicí rady Evropy 96/82/EC (SEVESO II), která se oproti směrnici SEVESO I zaměřovala nejen na ochranu obyvatelstva, ale i na ochranu životního prostředí. Do českého právního řádu byla direktiva SEVESO II implementována zákonem č. 353/1999 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky, který byl na základě novelizace direktiva SEVESO II v roce 2003 změněn zákonem č. 82/2004 Sb., později pak zákonem č. 59/2006 Sb. V současné době je právní rámec EU i ČR v oblasti prevence závažných chemických havárií rozšířen. Základ tvoří aktuálně platná směrnice SEVESO III, která je do české legislativy implementována zákonem č. 224/2015Sb. o prevenci závažných havárií, ve znění pozdějších předpisů [1].

#### 3.1.1 Právní předpisy EU

##### **Směrnice 2012/18/EU o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek (Seveso III.)**

Tato směrnice navazuje na systém prevence závažných havárií založený svými předchůdkyněmi (SEVESO I. a SEVESO II.). Přináší s sebou sjednocení pravidel pro státy EU v oblasti prevence závažných havárií pro objekty, ve kterých



je nakládáno s NCHL za účelem omezení následků závažných havárií na život, zdraví a životní prostředí. Ukládá povinnost všem zemím EU přijmout na vnitrostátní a podnikové úrovni opatření s cílem předcházet závažným haváriím a zajistit odpovídající připravenost a odezvu v případě, že k takovým haváriím přesto dojde. Směrnice stanoví prahové hodnoty minimálního množství pro jednotlivé nebezpečné látky (dále jen NL), podle kterých jsou zařízení dle množství a druhu přítomné látky zařazena či nezařazena do jedné ze dvou kategorií. Podle zařazení se pak odvíjí povinnosti provozovatele. Provozovatelé všech zařazených zařízení jsou povinni poskytnout příslušným orgánům seznam NL s uvedením množství, fyzikální formy a nebezpečných vlastností NL přítomných v objektu, vypracovat politiku prevence závažných havárií, tuto implementovat vhodnými prostředky a systémem řízení bezpečnosti, poskytovat veřejnosti informace o možném ohrožení, které je spojené s únikem NL přítomných v objektu, a dále poskytovat příslušným orgánům informace k identifikaci rizik domino efektu. Další povinnosti provozovatelů objektů s nadlimitním množstvím je vypracovat interní bezpečnostní dokumentaci a havarijní plány. Mezi hlavní povinnosti členský států stanovené touto směrnicí patří vypracovat vnější havarijní plány pro objekty s nadlimitním množstvím NL, zajistit přijetí veškerých nezbytných opatření v případě vzniku závažné havárie, dále zajistit provádění pravidelných kontrol a inspekcí, zpřístupnit relevantní informace veřejnosti a v neposlední řadě podávat hlášení o nehodách Evropské komisi. SEVESO III přizpůsobuje zavedený systém prevence závažných havárií změnám v systému klasifikace chemických látek a směsí, kterou přineslo nařízení CLP [2, 3].

**Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky (nařízení REACH)**

Nařízení REACH stanovuje pravidla pro registraci, hodnocení rizik, povolování a omezování chemických látek, které se vyrábějí nebo dováží na evropský trh v množství, které přesahuje 1 tunu za rok. Dále určuje pravidla pro sestavování bezpečnostních listů a ukládá povinnost dodávat všechny registrované nebezpečné látky s bezpečnostním listem, který obsahuje základní informace o zdravotních, požárních, chemických a manipulačních rizicích, které při nakládání s danou látkou hrozí. Cílem nařízení REACH je vylepšit a sjednotit starý právní rámec EU v oblasti chemických látek, doplnit znalosti o nebezpečnosti chemických látek, zefektivnit jejich kontrolu, sjednotit podmínky uvádění nebezpečných látek na trh, zlepšit ochranu lidského zdraví a životního prostředí (dále jen ŽP) před riziky, které nakládání s chemickými látkami představuje, posílit konkurenceschopnost chemického průmyslu EU a zajistit volný oběh NCHL) na vnitřním trhu EU [4, 5].

**Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (Nařízení CLP)**

Nařízení CLP je úzce spojeno s nařízením REACH a zavádí systém GHS (Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií) do Evropské legislativy. Nařízení CLP je oproti GHS lehce upraveno, zahrnuje předpisy z nařízení REACH, které v GHS nejsou. Cílem nařízení CLP je, aby NCHL byly označovány podle jednotného standardizovaného systému a aby osoby, které s nimi nakládají, byly informovány o jejich účincích ještě

před manipulací s nimi. Dále nařízení CLP ukládá povinnost výrobcům, dovozcům a následným uživatelům NCHL aby látky před uvedením na trh řádně klasifikovali, označovali a balili [6, 7].

### **Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/68/ES ze dne 24. září 2008 o pozemní přepravě nebezpečných věcí**

Tato směrnice určuje podmínky v oblasti mezinárodní silniční, železniční a lodní přepravy nebezpečných věcí/NCHL uvnitř členských států EU nebo mezi nimi. Při tom vychází z mezinárodních dohod a vnitrostátních předpisů, které stanovují jednotná pravidla pro bezpečnou mezinárodní přepravu NCHL v oblasti klasifikace NCHL, označování, konstrukce, zkoušení obalů a dopravních prostředků, nakládání a manipulace. Dále stanoví podmínky pro vystavení přepravních dokladů, požadavky na školení osob zúčastněných na přepravě, povinnou výbavu dopravních prostředků atd. Pro silniční přepravu se jedná o ADR (Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí), pro železniční přepravu RID (Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí) a pro říční přepravu ADN (Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách). Obdobně jsou řešeny zásady pro přepravu NCHL pro leteckou dopravu IATA-DGR (Bezpečná přeprava nebezpečného zboží vzduchem) a námořní přepravu IMDG Code (Mezinárodní předpis pro námořní přepravu nebezpečných věcí) [1, 8, 9].

### 3.1.2 Právní předpisy ČR

#### **Zákon č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi**

Tento zákon zapracovává příslušné předpisy EU a stanovuje systém prevence závažných havárií pro objekty, ve kterých je umístěna nebezpečná látka, za účelem snížení pravděpodobnosti vzniku závažných havárií a omezení jejich následků na životy a zdraví osob a zvířat, na životní prostředí a na majetek v těchto objektech a v jejich okolí. Zákon dále stanoví povinnosti právnických a podnikajících fyzických osob (dále jen PaPFO), které jsou vlastníky či uživateli objektů, ve kterých je s NCHL nakládáno, a působnost veřejné správy v oblasti prevence závažných havárií. Podle zákona jsou subjekty nakládající s NL rozděleny do dvou základních kategorií, kterými jsou provozovatelé a uživatelé. Provozovatelé jsou na základě druhu a množství NL zařazeni do kategorie A či kategorie B. Zákon ukládá provozovateli povinnost zpracovat seznam, ve kterém je uveden druh, množství a fyzikální forma vše NL umístěných v objektu. Provozovatel na základě tohoto seznamu prostřednictvím součtu poměrných množství NL umístěných v objektu podle vzorce a podmínek uvedených v příloze č. 1 k zákonu č. 224/2015 Sb. zpracuje protokol o nezařazení nebo návrh na zařazení do skupiny A nebo skupiny B. Posouzení návrhu a rozhodnutí o zařazení do příslušné skupiny provádí krajský úřad. Zákon dále stanoví obsah a rozsah zpracování bezpečnostní dokumentace a havarijních plánů, který se odvíjí podle zařazení do příslušné kategorie, podmínky pro zpracování vnějšího havarijního plánu a podmínky pro určení ZHP. Zákon také zajišťuje provádění kontrol, informovanost veřejnosti a řeší otázku přestupků [10].

## **Vyhláška č. 225/2015 Sb. o stanovení rozsahu bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu zařazeného do skupiny A nebo skupiny B**

Touto vyhláškou jsou stanoveny požadavky na rozsah analýzy možností neoprávněných činností a provedení případného útoku na objekt. Dále jsou zde kategorizovány a popsány technické prostředky a režimová opatření, určeny požadavky na zajištění fyzické ochrany objektu a stanoven způsob určení rozsahu bezpečnostních opatření přijímaných v objektu [11].

## **Vyhláška 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 struktúře**

Tato vyhláška upravuje zásady pro vymezení ZHP a postup při jejím vymezení. Dále strukturu a náležitosti obsahu vnějšího havarijního plánu a rozsah náležitostí bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektů zařazených do skupiny A nebo B. Vychází přitom z direktivy SEVESO III [12]. Stanovení ZHP dle této vyhlášky je podrobněji popsáno v kapitole 3.2.4. Náležitostem a obsahu vnějšího havarijního plánu a další bezpečnostní dokumentace je věnovaná kapitola 3.2.3.

## **Vyhláška č. 227/2015 Sb. o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku**

Tato vyhláška určuje náležitosti a rozsah posouzení rizik závažné havárie, náležitosti charakteristiky systému řízení bezpečnosti, strukturu bezpečnostního programu a obsah jeho částí, náležitosti obsahu záznamu o provedeném přezkumu bezpečnostního programu, náležitosti obsahu bezpečnostní zprávy a zprávy o posouzení bezpečnostní zprávy. Dále náležitosti obsahu posudku

včetně kritérií hodnocení návrhu bezpečnostní dokumentace, strukturu vnitřního havarijního plánu a náležitosti obsahu podkladů pro stanovení ZHP a zpracování vnějšího havarijního plánu pro objekty, které jsou zařazeny dle zákona č. 224/2015 Sb. do skupiny A nebo B [13].

**Vyhláška č. 228/2015 Sb. o rozsahu zpracování informace veřejnosti, hlášení o vzniku závažné havárie a konečné zprávy o vzniku a dopadech závažné havárie**

Upravuje náležitosti a rozsah informací o nebezpečí závažné havárie, o preventivních opatřeních a žádoucím chování obyvatelstva v případě vzniku závažné havárie, které jsou zpracovávány pro objekty zařazené dle zákona č. 224/2015 Sb. do skupiny A a B, a způsob poskytnutí těchto informací veřejnosti v ZHP. Dále definuje náležitosti obsahu hlášení o vzniku závažné havárie a obsahu konečné zprávy o vzniku a dopadech závažné havárie, včetně způsobu jejich zpracování [14].

**Vyhláška č. 229/2015 Sb. o způsobu zpracování návrhu ročního plánu kontrol a náležitostech o obsahu informace o výsledku kontroly a zprávy o kontrole**

Tato vyhláška upravuje způsob zpracování návrhu ročního plánu kontrol a způsob stanovení termínů provádění kontrol. Určuje kritéria pro hodnocení výsledků systematického posuzování nebezpečí závažné havárie a postup při projednávání a schvalování návrhu ročního plánu kontrol. Dále náležitosti obsahu informace o výsledku kontroly, její strukturu a způsob jejího předložení České inspekci pro životní prostředí a náležitosti obsahu, struktury a způsobu zpracování zprávy o kontrole [15].

## **Zákon č. 350/2011 Sb. o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon)**

Zákon č.350/2011 Sb. implementuje do české legislativy nařízení REACH a nařízení CLP. Tento zákon upravuje práva a povinnosti PaPFO při výrobě, klasifikaci, označování, balení, vývozu, dovozu, zkoušení nebezpečných vlastností a uvádění na trh chemických látek a směsí na území ČR. Dále se zákon zaměřuje na působnost správních orgánů při zajišťování ochrany před škodlivými účinky chemických látek a směsí [16].

## **Vyhláška Ministerstva vnitra č. 328/2001 Sb. o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému**

Určuje zásady koordinace složek integrovaného záchranného systému (dále jen IZS) při společném zásahu, zásady spolupráce operačních středisek základních složek a podrobnosti o jejich úkolech. Dále způsob zpracování a obsah dokumentace IZS a podrobnosti o stupních poplachů poplachového plánu a zásady a způsob zpracování, schvalování a používání havarijního plánu kraje a vnějšího havarijního plánu a v neposlední řadě zásady krizové komunikace a spojení v IZS [17].

## **Vyhláška Ministerstva vnitra č. 380/2002 Sb. k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva**

Upravuje postup zřizování zařízení civilní ochrany, její personál a věcné prostředky. Dále stanoví způsob informování právnických a fyzických osob (dále jen PaFO) o charakteru možného ohrožení, připravovaných opatřeních a způsob jejich provedení. Určuje technické, provozní a organizační zabezpečení jednotného systému varování a vyrozumění a způsob poskytnutí tísňové

informace. Definuje způsob provádění evakuace a její zabezpečení, zásady při poskytování úkrytů a způsob a rozsah kolektivní a individuální ochrany obyvatelstva, požadavky ochrany obyvatelstva v oblasti územního plánování a požadavky na stavby civilní ochrany, nebo stavby dotčené požadavky civilní ochrany [18].

## **3.2 Chemická bezpečnost**

Chemická bezpečnost je řešena za účelem předcházení vzniku chemické havárie, která může nastat při nakládání s NCHL a v případě jejího vzniku k minimalizaci jejich možných nežádoucích následků na život, zdraví, majetek a životní prostředí. Oblast chemické bezpečnosti je právně zajištěna již dříve zmiňovanými právními předpisy, které s sebou přináší komplexní systém prevence závažných havárií. Pro tento systém je zapotřebí definovat možné zdroje chemických havárií, jejich příčiny a následky.

### **3.2.1 Závažná havárie**

Dle Zákona č. 224/2015 Sb.: „*Mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, zejména závažný únik nebezpečné látky, požár nebo výbuch, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu, vedoucí k vážnému ohrožení nebo k vážným následkům na životech a zdraví lidí a zvířat, životním prostředí nebo majetku a zahrnující jednu nebo více nebezpečných látek*“ [10].

### **3.2.2 Zdroje chemických havárií, jejich příčiny a následky**

V rámci chemické bezpečnosti lze definovat dva významné zdroje ohrožení, které mohou zapříčinit vznik chemické havárie. Jedná se jednak o zdroje



stacionární, mezi které patří objekty, kde se NCHL vyrábí, využívají, zpracovávají a skladují za účelem dalšího využití, např. zimní stadiony, bazény, pivovary, čističky vod, chemické závody atd. A jednak o zdroje mobilní, mezi které patří veškeré dopravní prostředky, které přepravují NCHL po silnici, železnici, vodním toku, moři či letecky. Ke vzniku chemické havárie může dojít kdekoliv, kde se s NCHL nakládá. V České republice je značně rozvinutý chemický průmysl a pro přepravu NCHL se převážně využívá silniční a železniční doprava. Vzhledem k této skutečnosti se vznik závažné havárie na území ČR dá předpokládat zejména v místech skladování NCHL, v chemických závodech a v případě mobilních zdrojů na dopravních úsecích, jež se pro přepravu využívají [19].

Ze statistky chemických havárií vychází, že příčiny chemických havárií jsou nejčastěji spojeny se selháním lidského faktoru. Zde se může jednat např. o nedodržení bezpečnostních předpisů, nedbalost, úmyslné jednání (sabotáž), nedostatečnou kvalifikaci či proškolení atd. V menší míře jsou pak havárie zapříčiněné poruchou technické či technologické složky, např. porucha a opotřebení materiálu, nedostatečná údržba, špatné těsnění, poruchy řídicích a bezpečnostních systémů, chybný technologický proces, který může způsobit změny teplot, přetlak, podtlak, nežádoucí chemickou reakci atd. Mezi nejméně časté příčiny patří vnější faktory, který představují přírodní síly (povodně, sesuvy půd atd.). Nicméně nelze opomenout, že chemické látky a průmyslové chemikálie jsou potencionálně zneužitelné i k vojenským a teroristickým účelům jako bojové otravné látky, což ovšem řeší Úmluva o zákazu vývoje, výroby, hromadění zásob a použití chemických zbraní a o jejich zničení. Z velké části dochází k závažným haváriím součtem více faktorů [19, 20,21].

Následky chemických havárií jsou závislé na několika faktorech. Především závisí na druhu NCHL, jejím množství a způsobu skladování. Dále na jejich fyzikálně-chemických vlastnostech, způsobu a rychlosti úniku, prostředí úniku (meteorologické podmínky, konfigurace terénu) a bezpečnostních opatřeních, která jsou před a při vzniku havárie přijímána. Mezi základní projevy, které se při chemických haváriích vyskytují, patří:

- požár
- výbuch
- rozptyl toxické látky, nebo kombinace uvedených např. v rámci domino efektu [19].

Tabulka 1: Základní havarijní projevy chemických havárií a jejich dopady [22]

Havarijní projevy	Zraňující účinky	Stručná charakteristika havarijních dopadů
Rozptyl toxické látky	Toxicita a kontaminace	Ohrožení osob i na větší vzdálenosti, kontaminace ovzduší a/nebo vody a/nebo půdy, zpravidla nevýznamné materiální škody
Požár	Tepelné záření	Ohrožení osob v místě požáru, zapálení materiálů a/nebo destrukce materiálů, zpravidla vznikají značné materiální škody
Výbuch	Tlaková vlna, rozlet fragmentů a tepelné záření	Ohrožení osob v místě výbuchu, zasažení budov a/nebo konstrukcí a/nebo technologií (zničení, poškození), zpravidla vznikají značné materiální škody

### 3.2.3 Prevence chemických havárií

Oblast prevence závažných havárií spojených s únikem NCHL upravuje v České republice zákon č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi, ve znění pozdějších předpisů, jehož hlavním cílem je snížit pravděpodobnost vzniku a omezit následky chemických havárií. Za tímto účelem zákon stanovuje systém prevence závažných havárií [10].

#### **Systém prevence závažných havárií**

Systém se odvíjí na základě toho, do které skupiny je objekt dle zákona č. 224/2015 Sb. zařazen. Provozovatelé objektu, ve kterém se nakládá s nebezpečnou látkou (látkami), jsou povinni zpracovat seznam nebezpečných látek, ve kterém je uveden druh, množství, klasifikace a fyzikální forma všech nebezpečných látek umístěných v objektu. Na základě tohoto seznamu, součtových vzorců a posouzení domino efektu provozovatele navrhuji zařazení objektu do skupiny A nebo do skupiny B.

O zařazení do skupiny či nezařazení následně rozhodne příslušný krajský úřad. Na základě zařazení do příslušné skupiny je provozovatel objektu povinen vypracovat a průběžně aktualizovat bezpečnostní dokumentaci, která stanoví preventivní a bezpečnostní opatření. Přehled bezpečnostní dokumentace je uveden v tabulce 2. Pro objekty, které podle zákona č. 224/2015 Sb. nesplňují podmínky pro zařazení ani do jedné z uvedených skupin, mají provozovatelé povinnost zpracovat protokol o nezařazení. Opatření k provádění záchranných a likvidačních prací (dále jen ZaLP) v případě úniku NCHL z nezařazených

objektů, jsou uvedena v havarijních plánech krajů, popřípadě havarijních plánech těchto objektů [1, 10, 23].

### **Bezpečnostní dokumentace**

Přehled bezpečnostní dokumentace zpracované pro objekty zařazené do skupiny A a B je uveden v tabulce 2. Následně jsou jednotlivé dokumenty popsány podrobněji.

*Tabulka 2: Přehled bezpečnostní dokumentace [10]*

<b>Objekty zařazené do skupiny A</b>	<b>Objekty zařazené do skupiny B</b>
Posouzení rizik závažné havárie	Posouzení rizik závažné havárie
Bezpečnostní program	Bezpečnostní zpráva
Plán fyzické ochrany	Posouzení bezpečnostní zprávy
	Plán fyzické ochrany
	Vnitřní havarijní plán
	Vnější havarijní plán

### **Posouzení rizik závažné havárie**

Posouzení rizik závažné havárie zpracovává provozovatel objektu. Jsou zde identifikované zdroje rizik, provedena analýza rizik a následné hodnocení rizik. Na základě posouzení rizik se následně zpracovává pro objekty zařazené do skupiny A Bezpečnostní program a pro objekty zařazené do skupiny B Bezpečnostní zpráva [10].

## **Bezpečnostní program**

Tento dokument obsahuje základní informace o objektu, posouzení rizik závažné havárie, zásady, cíle a politiku prevence závažných havárií, popis systémů řízení bezpečnosti a závěrečné shrnutí [10].

## **Bezpečnostní zpráva**

Bezpečnostní zpráva obsahuje stejně jako bezpečnostní program základní informace o objektu, posouzení rizik závažné havárie, zásady, cíle a politiku prevence závažných havárií, popis systémů řízení bezpečnosti a závěrečné shrnutí. Navíc je zde technický popis objektu, který zahrnuje zejména technologický popis objektu a informace o umístění NCHL, popis provozních činností a procesů, dále informace o složkách životního prostředí v okolí objektu včetně občanské infrastruktury a v neposlední řadě popis preventivních bezpečnostních opatření k omezení vzniku a následků závažné havárie, ve kterém je přehled instalovaných technických bezpečnostních systémů, informace o provedení posouzení přiměřenosti bezpečnostních a ochranných opatření, popis vlastních ochranných a zásahových prostředků, smluvně zajištěné prostředky a informace o systémech vyrozumění a provádění zásahu [10].

## **Posouzení bezpečnostní zprávy**

Tento dokument zpracovává provozovatel objektu zařazeného do skupiny B a předkládá ho krajskému úřadu do 5 let od schválení bezpečnostní zprávy. Jeho cílem je popis změn provedených v objektu a zhodnocení jejich vlivu na bezpečnostní provoz, na který navazuje zpracování nové bezpečnostní zprávy [10].

## **Plán fyzické ochrany**

Plán fyzické ochrany zpracovává provozovatel objektu zařazeného do skupiny A i do skupiny B. Plán obsahuje bezpečnostní opatření, kterými jsou analýza možností neoprávněných činností a provedení útoku na objekt, režimová opatření, fyzická ochrana a technické prostředky, které jsou přijímány za účelem zabránění vzniku závažné havárie [10].

## **Vnitřní havarijní plán**

Vnitřní havarijní plán zpracovává provozovatel objektu zařazeného do skupiny B. V něm stanoví opatření přijímaná uvnitř objektu při vzniku závažné havárie, vedoucí k minimalizaci jejích následků uvnitř objektu. Vnitřní havarijní plán obsahu scénáře možných závažných havárií a scénáře jejich odezvy, popis možných dopadů závažné havárie a popis činnosti nutné ke zmírnění těchto dopadů, přehled ochranných a zásahových prostředků, kterými objekt (provozovatel) disponuje, způsob vyrozumění dotčených orgánů veřejné správy a varování obyvatelstva, opatření ke zmírnění dopadů závažné havárie mimo objekt a způsob spolupráce se složkami IZS [10].

## **Vnější havarijní plán**

Vnější havarijní plán zpracovává hasičský záchranný sbor (dále jen HZS) kraje a schvaluje krajský úřad pro objekty zařazené do skupiny B na základě podkladů poskytnutých jeho provozovatelem a dalších údajů. Cílem vnějšího havarijního plánu je ochrana života, zdraví osob a zvířat, ŽP a majetku v ZHP. Plán se skládá z části grafické a textové. Textová část se dále člení na část informační, operativní a plány konkrétních činností. V informační části je identifikován provozovatel objektu a jeho činnost, jsou zde určeny zdroje rizik, charakteristika okolního

území a vymezena ZHP. Dále je zde popsána organizace havarijní připravenosti v ZHP, popis možných účinků závažné havárie a základní informace o působení NCHL, které představují riziko závažné havárie. Operativní část obsahuje úkoly příslušných správních úřadů, složek IZS, případně i dalších dotčených správních úřadů, včetně úkolů, sil a prostředků jiných PaFO při havárii, způsob koordinace řešení závažné havárie, způsob zabezpečení informačních toků při řízení ZaLP, zásady činnosti při rozšíření nebo možnosti rozšíření dopadů havárie mimo ZHP a systém napojení a spolupráce dotčených správních úřadů. Třetí část pak představují plány konkrétních činností, které řeší jednotlivé oblasti při provádění ZaLP a opatření k minimalizaci dopadů havárie a k ochraně obyvatelstva v ZHP [1, 10].

#### **3.2.4 Zóna havarijního plánování**

Zóna havarijního plánování je na základě podkladů poskytnutých provozovatelem objektu zařazeného do skupiny B stanovena odpovědným krajským úřadem. Jedná se o vymezené území v okolí objektu, ve kterém jsou uplatňovány požadavky ochrany obyvatelstva a požadavky územního rozvoje z hlediska havarijního plánování formou vnějšího havarijního plánu. V případě, že by ZHP zasahovala na území jiného kraje či více krajů, vyzve příslušný krajský úřad tyto kraje ke spolupráci na stanovení ZHP [10, 12, 24].

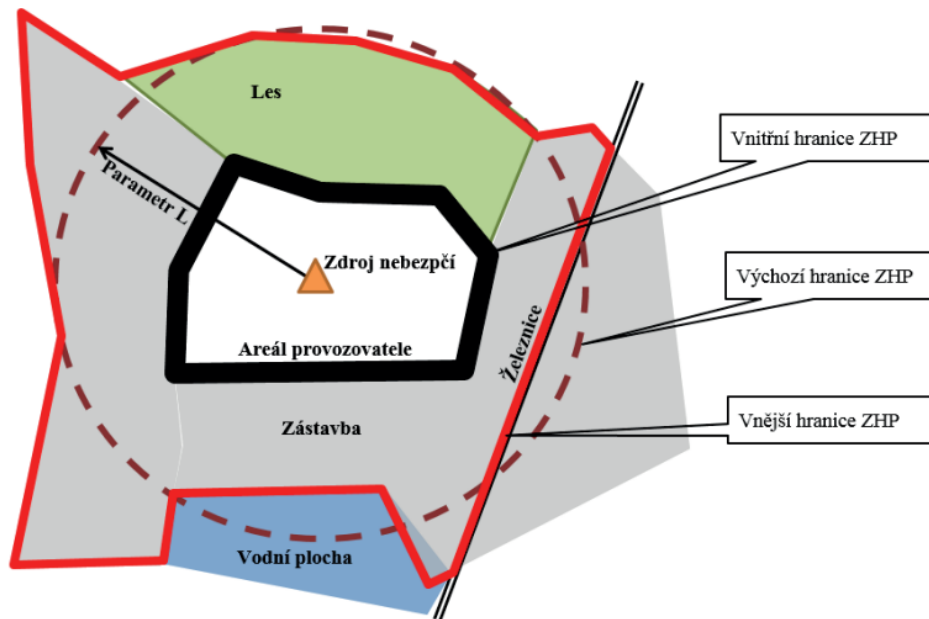
Jedná se tedy o plochu, která je ohraničena vnější hranicí ZHP s výjimkou území, pro které se zpracovává vnitřní havarijní plán. ZHP se nestanovuje, je-li výchozí hranice ZHP shodná nebo menší než plocha území objektu, pro které provozovatel zpracovává vnitřní havarijní plán. Způsob stanovení ZHP udává prováděcí vyhláška č.226/2015 Sb. [1, 12].

Vyhláška pro účely stanovení ZHP využívá tyto pojmy:

- **Parametr L** je minimální vzdálenost výchozí hranice zóny havarijního plánování od zařízení,
- **typový scénář** představuje zjednodušený průběh závažné havárie, při jehož realizaci může dojít k smrtelným nebo nevratným účinkům na zdraví nechráněných osob,
- **modifikační faktor** je číselná hodnota, která charakterizuje očekávané následky podle typového scénáře a nebezpečnosti látky nebo skupiny látek shodné klasifikace a obdobných fyzikálně-chemických vlastností, které mají vliv na stanovení velikosti zóny havarijního plánování,
- **efektivní množství** představuje hodnotu získanou vynásobením množství látky v zařízení modifikačním faktorem, která se použije k odečtu na grafu příslušného typového scénáře [1, 12].

ZHP je vymezena vnitřní hranicí, která tvoří areál provozovatele a vnější hranicí, která je stanovena postupem stanoveným vyhláškou č. 226/2015 Sb. **Vnější hranice ZHP** se stanoví z výchozí hranice ZHP úpravou podle urbanistických, terénních, demografických nebo klimatických poměrů, případně dalších faktorů, které zohledňují podmínky, které mohou ovlivnit rozptyl nebezpečné látky, šíření tepelné nebo tlakové vlny s ohledem na charakter a intenzitu ohrožení a plánovaná opatření ochrany obyvatelstva. **Výchozí hranice ZHP** se vymezuje jako minimální oblast, v níž se v případě realizace typového scénáře uplatní opatření ochrany obyvatelstva. Výchozí hranice ZHP se stanovuje dle postupu, který je uvedený v příloze č. 1 vyhlášky č. 226/2015 Sb. a pro její následnou optimalizaci se využívá SW OPTIZON. Vymezení ZHP je vizuálně zobrazeno obrázkem číslo 1 [1, 12].





Obrázek 1: Vymezení zóny havarijního plánování [1]

### 3.3 Nebezpečné chemické látky a směsi

Nebezpečné chemické látky a směsi jsou látky, které vykazují jednu nebo více nebezpečných vlastností. Výroba, zpracování, skladování, používání a jejich převoz s sebou přináší riziko vzniku havárie, která může ohrozit život, zdraví, životní prostředí a majetek [25, 26].

Terminologický slovník pojmů z oblasti krizového řízení, ochrany obyvatelstva, enviromentální bezpečnosti a plánování obrany státu Ministerstva vnitra ČR [27], tento termín definuje následovně: „Chemická látka nebo chemická směs, která splňuje stanovená kritéria týkající se fyzikální nebezpečnosti, nebezpečnosti pro zdraví nebo nebezpečnosti pro životní prostředí a klasifikuje se podle příslušných tříd nebezpečnosti“.

Při haváriích spojených s únikem NCHL je znalost dané látky pro provádění ZaLP, opatření ochrany obyvatelstva a minimalizaci jejich následků klíčová. Z tohoto vyplývá, že v oblasti chemické bezpečnosti je zapotřebí klást velký důraz na klasifikaci a označování NCHL.

### 3.3.1 Klasifikace a označování NCHL a směsí

Klasifikace NCHL představuje zařazení chemických látek do skupin v závislosti na jejich vlastnostech. V současné době se pro klasifikaci a označování NCHL v oblasti chemické bezpečnosti využívá systém GHS, který je v EU zaveden a lehce upraven a rozšířen nařízením CLP. V ČR jsou kategorie nebezpečnosti dle nařízení CLP definovány v příloze č. 1 zákona č. 224/2015 Sb. NCHL jsou dle nařízení CLP na základě svých vlastností řazeny do tříd nebezpečnosti. Jednotlivé třídy se pak dělí na kategorie, které upřesňují závažnost nebezpečnosti spojenou s danou látkou. Na základě tohoto rozdělení jsou pak látky za účelem sdělení specifické informace na štítku obalu chemické látky o daném druhu nebezpečnosti označovány pomocí výstražných symbolů, signálních slov a vět [28, 29, 30].



Obrázek 2: Výstražné symboly nebezpečnosti dle nařízení CLP [31]

## Signální slova

Signální slova označují příslušnou úroveň závažnosti nebezpečnosti za účelem varování uživatele před možným nebezpečím. Pro závažnější kategorii nebezpečnosti se používá signální slovo „**nebezpečí**“ a pro méně závažnou kategorii nebezpečnosti signální slovo „**varování**“ [28].

## Bezpečnostní věty

Každé třídě a kategorii nebezpečnosti jsou přiřazené bezpečnostní věty, které představují prvotní informaci o bezpečném způsobu zacházení s danou látkou a o povaze nebezpečí, které daná látka představuje. Ty jsou napříč EU standardizovány dle kódů, ve kterých jsou přeloženy do jednotlivých evropských jazyků. Existují dva druhy bezpečnostních vět: **Standardní věty o nebezpečnosti** (H věty), které podrobněji informují o možných rizicích spojených s danou NCHL, a **pokyny pro bezpečné zacházení** (P věty), které představují standardní pokyny a doporučení pro bezpečné nakládání s NCHL a postupy v případě incidentu či nehody [28].

Tabulka 3: Příklady bezpečnostních vět [32, 33]

H – věty	P – věty
H200 – Nestabilní výbušnina.	P222 – Zabraňte styku se vzduchem
H311 – Toxický při styku s kůží	P280 – Používejte ochranné rukavice/ochranný oděv/ochranné brýle/obličejový štít

### 3.3.2 Klasifikace a označování NCHL v přepravě

Pro přepravu jsou zásady klasifikace a označování NCHL stanoveny mezinárodními a vnitrostátními předpisy pro jednotlivé druhy přepravy. Pro tyto účely mezinárodní dohoda ADR zavádí vlastní kategorie nebezpečnosti, pomocí kterých jsou látky na základě svých vlastností rozřazeny do devíti tříd [9].

V rámci přepravy NCHL po silnici a železnici jsou pro identifikaci nebezpečí používány přesně definované oranžové tabulky. V horní polovině tabulky se nachází identifikační číslo nebezpečí, které vyjadřuje nebezpečné vlastnosti látky tzv. **Kemlerův kód**, a v dolní polovině identifikační číslo látky, nebo skupiny látek s podobnými vlastnostmi tzv. **UN kód**. Tabulka má přesně definované parametry, umístění a je na přepravních prostředcích doplňována o bezpečnostní symboly dle ADR/RID, které jsou uvedeny v příloze č. 1. Stejně jako oranžové tabulky mají i bezpečnostní symboly své přesně definované umístění. Dále musí být při přepravě NCHL přítomna také přepravní dokumentace [30,34].



Obrázek 3: Vzor bezpečnostní tabulky s Kemler kódem a UN kódem acetylchloridu [35]

Mezi další systémy, které se využívají k identifikaci nebezpečnosti látek při přepravě patří např. **Systém DIAMANT**, který slouží k rychlému posouzení nebezpečí v případě havárie spojené s únikem NCHL. Dále **HAZCHEM kód**, ten určuje prvotní opatření, která jsou nutná při zásahu přijmout, a často bývá doplněn UN kódem dané látky pro její identifikaci. K identifikaci chemické látky se dále využívá **Registrační číslo CAS**, pod kterým jsou v databázi látky registrovány a popsány [36].

### 3.4 Ochrana obyvatelstva

Ochrana obyvatelstva v případě MU spojené s únikem NCHL představuje především včasné varování a informování obyvatelstva, vyrozumění odpovědných orgánů, ukrytí, individuální improvizovaná ochrana, evakuace a dekontaminace osob. Další opatření jsou přijímána v oblasti provádění ZaLP, nouzového přežití obyvatelstva, monitorování situace, zamezení domino efektu, regulace pohybu osob a vozidel, poskytování předlékařské neodkladné péče a první pomoci. Dále jsou přijímána v oblasti ochrany hospodářských zvířat, zamezení distribuce intoxikovaných potravin, krmiv a vody, hromadného úmrtí osob, ochrany ŽP, zajištění veřejného pořádku a bezpečnosti a komunikace s veřejností a s hromadnými informačními prostředky. V neposlední řadě jsou to opatření v oblasti nakládání s odpady vzniklými při havárii [12, 37].

#### 3.4.1 Varování a informování

Varování obyvatelstva představuje souhrn technických a organizačních opatření zabezpečujících včasné upozornění obyvatelstva orgány veřejné správy na hrozící nebo nastalou MU, kdy se předpokládá realizace opatření na ochranu obyvatelstva a majetku. Varování je zajišťováno prioritně pomocí koncových

prvků varování, které jsou začleněny do jednotného systému varování a vyrozumění. Pro místa, jež nejsou těmito prvky pokryta se využívají mobilní prostředky s výstražným rozhlasovým zařízením. V případě chemické havárie je spuštěn **varovný signál** „Všeobecná výstraha“ (kolísavý tón trvající 140 vteřin, který se může opakovat 3x za sebou), po kterém následuje **varovná informace**, kterou jsou obyvatelstvu sděleny prvotní údaje o charakteru bezprostředního nebezpečí vzniku nebo již nastalé MU. V případě chemické havárie je obsahem varovné informace: *“Chemická havárie, chemická havárie, chemická havárie. Ohrožení únikem škodlivin. Sledujte vysílání českého rozhlasu, televize a regionálních rozhlasů. Chemická havárie, chemická havárie, chemická havárie [38]”*. Prostřednictvím elektronických sirén a místních informačních systémů (dále jen MIS), které jsou součástí jednotného systému varování a vyrozumění (dále jen JSVV), je pak poskytnuta **verbální tísňová informace**, která doplňuje informace o rozsahu a povaze nebezpečí a nutných organizačních, technických a provozních opatřeních k ochraně života, zdraví a majetku obyvatelstva. Pro následné informování obyvatelstva se využívá místní informační systém a hromadné sdělovací prostředky [38].

### 3.4.2 Ukrytí

V případě chemické havárie se využívá přirozených ochranných vlastností staveb, které jsou doplněny provedením úprav proti proniknutí NCHL (např. utěsnění oken a dveří). Mezi nejvhodnější prostory pro improvizované ukrytí patří vícepodlažní budovy s malým počtem oken a otvorů. Ideálním místem pro ukrytí jsou uzavíratelné místnosti ve vyšších patrech, situované ve středu budovy na straně odvrácené od místa havárie [1, 39].

## Zásady ukrytí v případě úniku NCHL

- Co nejrychleji se ukryt v uzavřené místnosti budovy, pokud možno ve vyšších patrech na odvrácené straně od místa úniku NCHL,
- uzavřít okna a dveře, utěsnit prostory, kterými mohou vniknout NCHL do budovy (prostory pode dveřmi a okny, místa ústí ventilace, větracích šachet apod.),
- vypnout ventilaci, klimatizaci,
- uhasit oheň,
- varování dalších osob nacházejících se v budově,
- vypnout všechny elektrospotřebiče,
- sledovat rozhlas či televizi, popř. informace z mobilních rozhlasových zařízení,
- řídit se pokyny složek IZS a orgánů krizového řízení, dle pokynů si připravit evakuační zavazadlo a improvizované osobní ochranné prostředky, případně lze při zasažení provést improvizovanou dekontaminaci povrchu těla pomocí sprchy a mýdla, ideálně žlučového,
- úkryt lze opustit až na pokyn složek IZS, orgánů krizového řízení nebo zpráv předávaných sdělovacími prostředky [39].

V případě, že by po ukrytí následovala evakuace, je při opouštění budovy potřeba vystavit na viditelné místo (vchodové dveře) informaci o evakuaci osob z obydlí s telefonním kontaktem na evakuované osoby [39].

### 3.4.3 Improvizovaná individuální ochrana

Prostředky improvizované individuální ochrany se využívají pro bezprostřední ochranu dýchacích cest, očí a povrchu těla před toxickými

účinky NCHL. Základním principem improvizované ochrany je využití vhodných oděvních součástí a jiných doplňků, které jsou běžnou součástí života, pomocí kterých lze eliminovat nebo alespoň snížit škodlivý vliv NCHL na jedince. Prostředky improvizované ochrany dýchacích cest, očí a povrchu těla se používají jako provizorní řešení v případě, že hrozí časové prodlení a nejsou k dispozici profesionálně vyrobené prostředky (prostředky individuální ochrany). Improvizovaná ochrana se využívá pro potřebu úniku ze zamořeného území, překonání zamořeného prostoru, k ochraně v improvizovaných úkrytech a k evakuaci obyvatelstva z ohroženého prostoru. Jedná se o kombinaci vhodných oděvních součástí s požadovanou ochrannou charakteristikou [1, 39].

**Mezi obecné zásady improvizované ochrany patří:**

- celý povrch těla musí být zakryt, žádné místo nesmí zůstat nepokryté,
- všechny ochranné prostředky je nutno co nejlépe utěsnit,
- k dosažení vyšších ochranných účinků kombinovat více ochranných prostředků nebo použít oděvy v několika vrstvách, ideálně neprodyšných a voděodolných, mimo dýchací cesty [1, 39].

#### **3.4.4 Evakuace**

V případě nutnosti dochází při řešení chemické havárie k evakuaci; ta se provádí při předpokladu, že hrozí zhoršení situace, ochranu osob nelze zabezpečit jiným způsobem, anebo se předpokládá dlouhodobé trvání MU. Evakuace představuje přemístění osob z míst ohrožených MU do míst, která nejsou ohrožena negativními dopady MU a kde jsou evakuovaným osobám při déle trvající evakuaci (nad 48 hod.) zajištěny podmínky nouzového přežití. Evakuaci lze dělit hlediska rozsahu přijímaných opatření, doby trvání a způsobu provedení [1, 39, 40].



## Druhy evakuace

1. **Z hlediska rozsahu** (evakuace objektová, evakuace plošná)
2. **Z hlediska doby trvání** (krátkodobá, dlouhodobá)
3. **Z hlediska způsobu provedení** (přímá, s ukrytím, samovolná, řízená) [1, 39, 40].

V případě evakuace je pro evakuované osoby zřízeno místo shromaždiště, evakuační středisko a přijímací středisko. K evakuaci osob ze ZHP se využívají předem vytipované evakuační trasy, které jsou zpravidla zajištěny policií české republiky (dále jen PČR), popřípadě městskou policií [1, 39].

### 3.4.5 Dekontaminace

Dekontaminace osob se provádí v případě, kdy při chemické havárii dojde ke kontaminaci osob NCHL, a to za účelem odstranění látky nebo alespoň ke snížení jejího škodlivého účinku na bezpečnou úroveň. V případě, že se jedná o kontaminaci toxickou chemickou látkou, může být dekontaminace prováděná třemi metodami [5, 39, 41].

#### Detoxikační metody:

1. **chemická** – zde dochází k reakce kontaminantu s vhodným činidlem (např. kyselinou, zásadou, oxidovadlem) za účelem přeměny na méně škodlivou látku
2. **fyzikální** – odpařování, smývání, sorpce, ředění
3. **mechanická** – odsávání, smývání, otírání [1, 39, 41].

### 3.4.6 Zásady chování obyvatelstva

Správné chování obyvatelstva při vzniku MU hraje velkou roli pro efektivní zajištění ochrany obyvatelstva; pro tyto účely byly vypracovány zásady chování obyvatelstva při havárii spojené s únikem NCHL, mezi které patří:

- nepřibližovat se k místu havárie,
- vyhledat vhodný úkryt,
- utěsnit místnost vybranou k úkrytu,
- připravit si prostředky improvizované ochrany nebo prostředky individuální ochrany,
- připravit nebo provést částečnou dekontaminaci,
- vyvarovat se větší fyzické námahy,
- jednat v klidu a s rozvahou,
- poslouchat rozhlas a televizi,
- netelefonovat a neblokovat tak síť,
- respektovat pokyny a nařízení složek IZS,
- připravit se na evakuaci a připravit si evakuační zavazadlo,
- varovat sousedy,
- dodržet zásady pro opuštění bytu (uhasit otevřený oheň, uzavřít přívod vody, vypnout elektrické spotřebiče atd.) [42].

## 3.5 Modelace úniku nebezpečných látek

Modelace úniku NCHL se provádí za účelem odhadu jejich šíření v prostředí na základě různých matematických modelů. Modelace úniku se využívají ve velké míře v oblasti havarijní plánování, pro doplnění bezpečnostní dokumentace a analýz rizik, dále pro stanovení scénářů a určení možných následků

chemických havárií a pro optimalizaci stanovení ZHP. Zároveň se modelace využívají přímo při probíhajícím úniku NCHL, kde může sloužit jako pomůcka veliteli zásahu pro získání odhadu šíření látky, na jehož základě lze při zásahu postupovat. Oproti komplexním modelacím, které se provádějí při plánovací či analytické činnosti, mají SW v případě tohoto využití řadu nedostatků a omezení, které v podmínkách zásahu nelze zcela překonat a jejich výsledky lze brát pouze velmi orientačně [42, 43]. Znázornění výsledků modelací na mapovém podkladě umožňuje řada geografických informačních systémů.

Výstupy modelací mohou být různé, patří mezi ně například rychlosti úniku, času úniku, množství uniklé látky, ale i koncentrace látky v prostředí, která se nejčastěji udává v jednotkách ppm, hmotnosti nebo váhovým faktorem. Nebezpečné koncentrace plynných látek v ovzduší pro člověka jsou vyjadřovány pomocí předem stanovených koncentrací, které jsou definované pro jednotlivé látky, podle jejich nebezpečných vlastností [44, 43]. Příkladem těchto koncentrací jsou:

- ERPG (Emergency Response Planning Guideline), které se využívají pro plánování bezpečnostních opatření a udávají účinky koncentrace nebezpečných látek ve vzduchu na organismus po dobu 60 min. Při těchto koncentracích lze u exponovaných osob předpokládat projev nepříznivých účinků látky. Jednotlivé kategorie nebezpečných účinků jsou rozděleny do 3 stupňů [44, 46, 47].
- AEGL (Acute Exposure Guideline Levels), které představují úroveň akutní expozice osob nebezpečnou látkou podle doby expozice (10 minut, 30 minut, 1 hodiny, 4 hodin a 8 hodin) a hodnoty nebezpečné koncentrace jsou rozděleny podle závažnosti toxických následků na lidi do 3 stupňů [44, 48].

- IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health), představuje hodnotu koncentrace dané látky, která bezprostředně ohrožuje životy a zdraví osob při expozici, která trvá déle než 30 minut [49, 50]. V podmínkách HZS ČR se používají také koncentrace HPK (havarijní přístupná koncentrace) a HAU (havarijní akční úroveň).

Mezi základní havarijní modely při modelování úniku NCHL patří únik toxické látky, který je reprezentován modely JET, PUFF a PLUME, výbuch plynů, par a prachů, který je reprezentován modely FIRE BALL a BLEVE. Dále požár plynů a par, který reprezentují modely JET FIRE a FLASH FIRE a požár hořlavých kapalin nebo pevných látek jež je reprezentován modely POOL FIRE a FIRE in SOLID [51, 52]. Mezi faktory, které ovlivňují rozptyl a šíření těžkých plynů při úniku NCHL v atmosféře z hlediska modelace patří množství, druh a fyzikálně chemické vlastnosti unikající látky, způsob skladování, charakteristika okolní krajiny a meteorologické podmínky [53]. Dalším důležitým faktorem, podle kterého lze odhadnout možné havarijní projevy, je těkavost látky, dle které lze určit, zda bude unikající látka náchylná ke vznícení [43]. Modelace šíření těžkého plynu v rámci úniku NCHL je ovlivněna i tím, v jakém skupenství je látka skladována, jaký objem má skladovací zařízení a jaké množství látky se v zařízení nachází. V případě, že je plynná látka skladována v kapalném skupenství, je dalším významným faktorem tlak látky ve skladovacím zařízení, při skladování plynné látky v kryogenním stavu pak její teplota. Důležitá je i nadmořská výška, ve které je únik modelován, a v neposlední řadě umístění a velikost otvoru, kterým látka uniká [49].

Mezi základní vstupní údaje, které je pro tvorbu modelací potřeba zadat, patří zejména volba způsobu úniku nebo vhodného matematického modelu, výběr unikající látky, její teplota a způsob skladování (zásobník, cisterna, potrubí

atd.), celkový objem skladovacího zařízení, charakteristika okolní krajiny a meteorologické podmínky, zejména rychlost větru, okolní teplota a stabilita okolní atmosféry. Mezi další potřebné údaje, které mohou být pro vygenerování výsledků potřebné, patří tlak látky ve skladovacím zařízení, rychlost úniku nebo množství celkového množství uniklé látky [49, 54].

### **3.6 DIAMO, státní podnik, odštěpný závod Těžba a úprava uranu**

DIAMO, státní podnik, odštěpný závod Těžba a úprava uranu se sídlem ve Stráži pod Ralskem od roku 1996 provádí hornickou činnost, která představuje likvidaci hlubinné a chemické těžby uranu. Hlavním činností o. z. TÚU je zahlazování následků těžby uranu, která zde probíhala více než třicet let a významně ovlivnila ráz krajiny a podzemních vod. V současné době se jedná především o zahlazování následků chemické těžby uranu a provádění sanace zdejší kontaminované podzemní vody. Proces zahrnuje sanaci horninového prostředí, likvidaci neprovozovaných a nepotřebných vrtů a revitalizaci ploch zasažených těžební aktivitou. Pro účely sanace je v o. z. TÚU vytvořen komplex sanačních technologií, při kterých dochází k nakládání s několika NCHL, jejichž seznam a celkové množství je uvedeno v kapitole 5.2.

Mezi významně nebezpečné látky v podniku lze zařadit **kyselinu dusičnou** a **kyselinu sírovou** které jsou do o. z. TÚU přivážena v železničních cisternách a skladovány ve výrobním úseku (dále jen VÚ) č. 6 a následně pak distribuovány (převáženy) autocisternami do VÚ č. 2 a č. 3., dále **kyselinu chlorovodíkovou**, která je do objektu přivážena v automobilových kontejnerech a následně transportována do provozu neutralizační a dekontaminační stanice (dále jen NDS) matečné louhy a NDS 10. Další významně nebezpečné látky v objektu jsou **Acetylen** (extrémně hořlavý plyn), který se zde využívá zejména

ke sváření v rámci činností všech VÚ a středisek objektu, **semtex a bleskovice** (výbušné látky), které jsou skladovány v areálu POUV a využívají se ke zprůchodňování vrtů. V neposlední řadě se v objektu nachází velké množství **amoniaku (100 tun)** a **chloru (375,8 tun)**. Právě pro jejich nadlimitní množství byl dle z. č. 2024/2015 Sb. zařazen o. z. TÚU do skupiny B [55, 56, 58].

### **3.6.1 Lokalizace o. z. TÚU**

Podnik o. z. TÚU se nachází v Libereckém kraji, ve východní části okresu Česká Lípa. Jedná se o rozsáhlý areál, který se rozprostírá na území obcí Stráž pod Ralskem, Hamr na Jezeře, Noviny pod Ralskem a Ralsko. Objekt je rozčleněn na 3 oblasti: oblast Hamr na Jezeře, oblast Stráž pod Ralskem a oblast chemické těžby [56]. Umístění areálu o. z. TÚU včetně jeho členění je znázorněno v příloze č. 2.

### **3.6.2 Zóna havarijního plánování o. z. TÚU**

ZHP o. z. TÚU zasahuje do katastrálních území obcí Brniště, Noviny pod Ralskem, Stráž pod Ralskem, Dubnice, Ralsko a Hamr na jezeře. V přímém okolí areálu se nenachází žádné veřejné stavby. V obci stráž pod Ralskem převládá panelová zástavba, v obci Hamr na Jezeře a Noviny pod Ralskem převládají rodinné domy [56]. ZHP je znázorněn v příloze č. 3.

### **3.6.3 Životní prostředí**

V širším zájmovém území se nachází přírodní rezervace Ralsko a další přírodní památky. Dále se zde nachází horní tok řeky Ploučnice, protékající obcí Noviny pod Ralskem a kolem obce Stráž pod Ralskem, který je zařazen mezi Evropsky významné lokality [56].

#### **3.6.4 Klimatický charakter**

V létě je klima charakterizováno jako teplotně mírné, průměrná teplota v červenci je 17 °C. Úhrn srážek ve vegetačním období je 400 – 500 mm. Průměrná teplota v lednu se pohybuje okolo -2° C. Úhrn srážek v zimním období činí 250 – 350 mm. V oblasti převládá západovýchodní směr větrů [56].

#### **3.6.5 Hydrologická charakteristika**

Územím protéká řeka Ploučnice s přítoky Luční strouhou, Dubnickým potokem, Ještědským potokem, Ralským potokem a Svěbořickým potokem. Do říčního toku je napojen odtokový kanál, který ústí z levé strany a slouží k odvádění vyčištěných důlních vod do Ploučnice [56].

#### **3.6.6 Dopravní infrastruktura**

Mezi důležité komunikace procházejí územím ZHP patří silnice II. třídy č. 270 Mimoň – Jablonné v Podještědí a č. 278 Stráž pod Ralskem – Osečná. Dále území protínají silnice III. třídy Mimoň – Stráž pod Ralskem – Dubnice a Mimoň – Hamr na Jezeře. Do ZHP vede také železniční trať (vlečka) z Jablonného v Podještědí do areálu Chemické úpravy o. z. TÚU [56].

#### **3.6.7 Osídlení**

Vzhledem k umístění areálu o. z. TÚU je celkový počet obyvatel v ZHP přibližně 5000, přičemž nejvíc se jich nachází ve městě Stráž pod Ralskem. Geografické rozložení obyvatelstva jednak v obcích a jednak v ZHP je popsáno v tabulce, která uvádí přehled celkového počtu obyvatel, včetně osob, které se zde vyskytují dočasně (např. v zaměstnání, ve školách a ve zdravotnických a sociálních zařízeních apod.) [56].

Tabulka 4: Přehled celkového počtu osob v obcích / ZHP [56]

<b>Obec/město</b>	<b>Počet obyvatel v obci</b> (obvyklý pobyt – údaje ze SLBD 2011)	<b>Počet obyvatel v ZHP</b> (obvyklý pobyt – údaje ze SLBD 2011)
Brniště	1 350	163
Noviny pod Ralskem	272	272
Stráž pod Ralskem	4 522	4 487
Dubnice	620	0
Ralsko	1 954	0
Hamr na Jezeře	394	73

### 3.6.8 Přehled objektů, v nichž lze předpokládat výskyt většího počtu osob

Větší výskyt osob se v ZHP o. z. TÚU dá předpokládat ve Stráži pod Ralskem, kde se nachází společná budova knihovny, městského úřadu a polikliniky, dále kulturní dům, mateřská škola, základní škola, bazén, ubytovna Akademie Vězeňské služby ČR a Věznice Stráž pod Ralskem. V obci Noviny pod Ralskem se nachází veřejná knihovna a mateřská škola a v Hamru na Jezeře se v okolí Hamerského rybníka nachází řada rekreačních zařízení. Mezi další zařízení s předpokládaným výskytem nad 100 osob ve Stráži pod Ralskem patří společnost Mega a.s., sportovní hala Suomi, Kulturní dům, krytý bazén Panda, společnost Adient Czech Republic, k.s. a Sport Bar Rokáč [56].



## **4 METODIKA**

Diplomová práce byla zpracována za použití obecně známých vědeckých metod, kterými jsou analýza, dedukce, indukce, modelace a komparace. V této kapitole jsou popsány jednotlivé metody.

### **4.1 Sběr dat**

Při zpracování této diplomové práce byla provedena rešerše odborných literárních zdrojů, právních předpisů, odborných časopisů a internetových zdrojů, a to zejména v oblasti chemické bezpečnosti, chemických havárií, ochrany obyvatelstva a modelace úniku NCHL. Dále byla provedena rešerše dokumentace poskytnuté o. z. TÚU.

### **4.2 Analýza rizik**

V rámci této práce byla provedena předběžná a multikriteriální analýza rizik. Selektce zdrojů rizik byla zaměřena na rizika, která by mohla způsobit vznik závažné havárie s dopadem i za zájmové území objektu. V rámci analýz byla rizika rozdělena na vnější a vnitřní. Při vyhodnocení předběžné a multikriteriální analýzy rizik pro o. z. TÚU byly hrozby pro lepší přehlednost dále rozděleny na hrozby způsobené lidskou činností a přírodními vlivy a hrozby zaviněné systémovými poruchami uvnitř objektu. Výsledky byly následně podle závažnosti dané hrozby barevně rozlišeny a sestupně seřazeny. V případě multikriteriální analýzy bylo počítáno vždy s horší variantou průběhu případného uskutečnění hrozby a každá hrozba byla doplněna o slovní komentář, jaký efekt a projevy by nastalá situace mohla mít.

#### 4.2.1 Předběžná analýza rizik

Pro předběžnou analýzu rizik byla v této práci využita metoda matice rizik, která umožňuje vyhodnocení míry rizika dle vztahu dvou kritérií; zde byla využita pro prvotní selekci zdrojů rizik. Pomocí matice rizik byly hodnoceny jednotlivé typy nebezpečí, jež jsou zaznamenané v registru nebezpečí. Pro určení výsledné míry rizika (R) vychází matice rizik ze vztahu dvou parametrů, kterými jsou zde Frekvence (F), neboli pravděpodobnost výskytu daného typu nebezpečí v časovém horizontu, a Následky (N), neboli souhrn nepříznivých dopadů události či jevu schopného poškodit chráněné zájmy.

$$R = F \times N.$$

Jednotlivým typům nebezpečí jsou přiřazeny příslušné hodnoty koeficientu F a dílčího koeficientu N a následně je pak pomocí stanoveného vzorce vypočítána míra rizika nebezpečí. Výsledky jsou dále shrnuty do matice rizik, na základě, které jsou jednotlivá rizika rozdělena do určených úrovní přijatelnosti.

Tabulka 5: Kategorie frekvence výskytu (zdroj: vlastní)

Stupnice hodnocení (F)	Časová frekvence možné aktivace nebezpečí
1	Vysoce nepravděpodobný výskyt (1x za 50 let)
2	Velmi nepravděpodobný výskyt (1x za 10 let)
3	Nepravděpodobný výskyt (1x za 5 let)
4	Možný výskyt (1x za rok)
5	Občasný výskyt (1x za 6 měsíců)
6	Častý výskyt (1x za měsíc)

Tabulka 6: Kategorie závažnosti následků (zdroj: vlastní)

Stupnice hodnocení (N)	Následky/dopady události	Slovní komentář
1	Bezvýznamné	Dopady na životy, zdraví, majetek a ŽP jsou velmi malé až zanedbatelné
2	Významné	Dopad na životy, zdraví, majetek a ŽP jsou malého lokálního rázu
3	Velké	Jedná se o větší dopad, většího rozsahu na životy, zdraví, majetek a ŽP
4	Kritické	Velice rozsáhlé škody na životech, zdraví, majetku nebo ŽP

### Míra rizika

Míra rizika je v rámci předběžné analýzy rizik rozdělena do pěti úrovní, které jsou znázorněny v tabulce č. 7. Nízká úroveň je zde považována za přijatelnou, střední úroveň za podmíněčně přijatelnou a vysoká, velmi vysoká a kritická úroveň za nepřijatelnou.

Tabulka 7: Kategorie hodnocení míry rizika (zdroj: vlastní)

Stupnice hodnocení (R)	Úroveň rizika	Přijatelnost rizika
1-3	Nízké	Přijatelné
4-6	Střední	Podmínečně přijatelné
7-10	Vysoké	Nepřijatelné
11-15	Velmi vysoké	
16-24	Kritické	

Tabulka 8: Matice hodnocení rizik (zdroj: vlastní)

Kategorie frekvence výskytu	Kategorie závažnosti následků			
	1 Bezvýznamné	2 Významné	3 Velké	4 Kritické
1 Vysoce nepravděpodobný výskyt	1	2	3	4
2 Velmi nepravděpodobný výskyt	2	4	6	8
3 Nepravděpodobný výskyt	3	6	9	12
4 Možný výskyt	4	8	12	16
5 Občasný výskyt	5	10	15	20
6 Častý výskyt	6	12	18	24

#### 4.2.2 Multikriteriální analýza rizik

Multikriteriální analýza rizik vychází z výsledků předběžné analýzy rizik a zaměřuje se na všechny typy nebezpečí, které spadají do oblasti s vysokým, velmi vysokým a kritickým rizikem v rámci předběžné analýzy. Smyslem multikriteriální analýzy je bližší stanovení úroveň rizika. Multikriteriální analýza využívá stejného vztahu jako matice rizik, čili  $R = F \times N$ . R je výsledné riziko, F představuje frekvenci neboli četnost možného typu nebezpečí a N možné následky, které jsou zde rozděleny do 3 oblastí. Těmito oblastmi jsou dopady na životy a zdraví, dopady na ŽP a ekonomické dopady, jimž jsou přiřazeny dle jejich významnosti jednotlivé váhové koeficienty. Jejich vztah je v tomto případě vyjádřeny takto:  $N = (K_o \times VK_o) + (K_{žp} \times VK_{žp}) + (K_e \times VK_e)$

**Ko** je koeficient dopadu na životy a zdraví;

**Kžp** je koeficient dopadu na životní prostředí;

**Ke** je koeficient ekonomických dopadů;

**VKx** je váhový koeficient.

Hodnoty jednotlivých koeficientů dopadu jsou stanoveny expertním odhadem – výběrem ze škály 0 až 10, přičemž hodnota 0 u každého koeficientu představuje neexistující nebo zanedbatelný dopad na daný chráněný zájem. Pro vyjádření různého významu jednotlivých oblastí chráněných zájmů jsou do výpočtu zavedeny váhové koeficienty, které jsou uvedeny v tabulce 9, kdy největší váha je kladena na ochranu života a zdraví osob.

#### **Dílčí váhové koeficienty dopadů pro určení následků**

*Tabulka 9: Dílčí váhové koeficienty dopadů pro určení následků (zdroj: vlastní)*

Chráněný zájem	Váhový koeficient	
	Označení	Hodnota
Životy a zdraví osob	VKo	0,5
Životní prostředí	VKžp	0,25
Ekonomika (majetek)	VKe	0,25

#### **Koeficienty frekvence možné aktivace nebezpečí**

*Tabulka 10: Koeficienty frekvence možné aktivace nebezpečí (zdroj: vlastní)*

Časová frekvence možné aktivace nebezpečí	F
1 x za několik měsíců (cca 1-6 měsíců a častěji)	10
1 x za více měsíců až 1 rok (cca 7 až 12 měsíců)	9
1 x za několik málo let (cca 2-4 roky)	8
1 x za více let (cca 5-10 let)	7

Časová frekvence možné aktivace nebezpečí	F
1 x za několik málo desetiletí (cca 2-3 desetiletí)	6
1 x za více desetiletí (cca 4-9 desetiletí)	5
1 x za cca 100 let	4
1 x za několik málo století (cca 2-4 století)	3
1 x za více století	2
1 x za 1000 let a více	1

### Koeficient dopadu na životy a zdraví osob (Ko)

Tento koeficient je stanoven složením dvou dílčích koeficientů vyjadřujících smrtelné dopady (Ko1) a ohrožení osob (Ko2). Ohrožené osoby jsou zde osoby, vůči kterým je zapotřebí provádět neodkladná opatření (např. záchranné práce, zdravotnické ošetření, evakuace atd). Tyto dva koeficienty jsou započteny do výsledné hodnoty stejnou vahou.

$$Ko = (Ko1 + Ko2) / 2$$

Tabulka 11: Koeficientů smrtelných případů (zdroj: vlastní)

Smrtelné dopady	Ko1
0 usmrcených osob	0
1-10 usmrcených osob	1
11-20 usmrcených osob	2
21-50 usmrcených osob	3
51-100 usmrcených osob	4
101-500 usmrcených osob	5
501-1000 usmrcených osob	6
1001-5000 usmrcených osob	7

<b>Smrtelné dopady</b>	<b>Ko1</b>
5001-10000 usmrcených osob	8
10001-20000 usmrcených osob	9
20001 a více usmrcených osob	10

Tabulka 12: Koefficientů ohrožení osob (zdroj: vlastní)

<b>Ohrožené osoby</b>	<b>Ko2</b>
0 ohrožených osob	0
1-10 ohrožených osob	1
11-20 ohrožených osob	2
21-50 ohrožených osob	3
51-100 ohrožených osob	4
101-500 ohrožených osob	5
501-1000 ohrožených osob	6
1001-5000 ohrožených osob	7
5001-10000 ohrožených osob	8
10001-20000 ohrožených osob	9
20001 a více ohrožených osob	10

### **Koefficienty dopadů na životní prostředí**

Tabulka 13: Koefficientů dopadů na životní prostředí (zdroj: vlastní)

<b>Poškození a ohrožení ŽP</b>	<b>Kžp</b>
bez poškození a ohrožení	0
malé poškození a ohrožení	1-2
střední poškození a ohrožení	3-5
velké poškození a ohrožení	6-8

Poškození a ohrožení ŽP	Kžp
velmi velké poškození a ohrožení	9-10

### Koeficient ekonomických dopadů

Tabulka 14: Koeficientů ekonomických dopadů (v korunách českých) (zdroj: vlastní)

Ekonomické dopady (Kč)	Ke
Bez nákladů	0
do 10 000	1
do 50 000	2
do 100 000	3
do 500 000	4
do 1000 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

### Míra rizika

Míra rizika je v rámci multikriteriální analýzy rizik rozdělena do pěti úrovní, které jsou znázorněny v tabulce č. 15. Přičemž úroveň zanedbatelná je považována za přijatelnou, úroveň malá za podmíněčně přijatelnou a střední, vysoká a velmi vysoká úroveň za nepřijatelnou.



Tabulka 15: Kategorie hodnocení míry rizika (zdroj: vlastní)

Stupnice hodnocení (R)	Úroveň rizika	Přijatelnost rizika
R = do 10	Zanedbatelná	Přijatelné
R =11-20	Malá	Podmínečně přijatelné
R = 21-30	Střední	Nepřijatelné
R = 31-40	Vysoká	
R = 41 a více	Velmi vysoká	

### 4.3 Modelace

Pro modelaci vybraných scénářů úniků NCHL v o. z. TÚU byly použity softwarové nástroje TerEx a Aloha. Pro přenesení výsledků modelací na mapu byl v případě programu Aloha využit softwarový program MARPLOT, TerEx má tuto funkcionalitu integrovanou s využitím openstreetmap. Scénáře jsou fiktivní a byly modelovány v letním a zimním období. Meteorologické podmínky byly stanoveny na základě průměrných hodnot pro dané období, tyto hodnoty byly získány z databází weatherspark.com a in-počasí.cz [59, 60]. Pro oba programy byly ve stejném scénáři zvoleny stejné meteorologické podmínky. Pro modelaci byla dále využita data (umístění a technické parametry zásobníků, druh a množství látky v zásobnících atd.) získaná z bezpečnostní dokumentace podniku o. z. TÚU a z Vnějšího havarijního plánu objektu o. z. TÚU. Dále do programu musela být zadána data o způsobu narušení integrity zásobníků; pro oba scénáře byla zvolena stejná technická závada, kdy došlo k utržení instrumentálního potrubí a k vytvoření otvoru na dně zásobníku, v případě amoniaku o průměru 6,5 cm a v případě chloru o průměru 4 cm.

V modelacích byly sledovány rychlost a trvání úniku, množství uniklé látky, rozsah rozptylu látky a velikost zasažené plochy v různých nebezpečných koncentracích. Pro nebezpečné koncentrace byly zvoleny hodnoty vygenerované programem TerEx a dále hodnoty ERPG, IDLH a AEGL.

TerEx uvádí pouze dvě hodnoty koncentrace, ostatní hodnoty (ERPG a AEGL), které sám TerEx neuvádí, byly z důvodu následné komparace s programem Aloha odečteny z grafu. V programu Aloha byly ze stejného důvodu, zpětně zdány hodnoty vygenerované programem TerEx.

Pro následné vyhodnocení modelových scénářů byly zvoleny hodnoty AEGL a IDLH. Komparace výsledků programů byla zaměřena především na velikost nebezpečných zón, vliv ročního období (meteorologických podmínek) a zda dojde či nedojde k překročení ZHP v nebezpečné koncentraci o více jak 10 %. Jako hodnota hranice významnosti bylo zvoleno 10 %, protože představuje významnou statistickou hodnotu, jež vychází z obecné statistiky a je používána v případech označení statisticky vysoce významného rozdílu [61]. A zároveň z pohledu výsledků představuje akceptovatelnou hodnotu nepřesnosti měření.

#### **4.3.1 TerEx**

Softwarový nástroj TerEx neboli Teroristický Expert, je program, který byl vyvinut Českou společností T-soft a je určen pro rychlý odhad a vyhodnocení následků úniku nebezpečných látek. Program umožňuje snadné zadávání vstupních dat, i díky tomu má velké potencionální využití v IZS, kde se používá pro rychlý odhad rozsahu MU. Dál se používá pro analýzy rizik při územním plánování, navrhování zástavby v okolí komunikací, výrobních závodů atd. Velkou výhodou je, že program je schopen poskytnout výsledky i v případě nedostatku vstupních informací. Základem programu je 12 havarijních modelů,

keré pokrývají různé typy MU. V této práci byl využit modul DEGAS, který umožňuje modelaci 4 havarijních projevů a je určený pro modelaci těžkých plynů. V případě této práce byl zvolen Horizontální tryskový únik (jet), který je pro modelaci zvolených scénářů nejvhodnější. V programu se nachází také databáze nebezpečných látek, která obsahuje pro jednotlivé látky jejich identifikaci, klasifikaci a značení, dále jejich fyzikálně chemické vlastnosti a obecnou charakteristiku (např. zásady první pomoci, projevy látky, vhodné hasící prostředky a vhodné ochranné pomůcky, způsob dekontaminace atd.). [62,63].

V případě modelu DEGAS musí být pro vygenerování výsledků vybrán způsob rozptylu látky a unikající látka. Dále se vkládají vstupní údaje, kterými jsou výška měření větru/teploty, relativní vlhkost, charakteristika okolní krajiny, typ rozptylu, teplota látky, průměr otvoru, kterým látka uniká, přetlak látky, teplota vzduchu, rychlost větru, oblačnost, roční období, denní doba, výška otvoru nad zemí, která musí být v případě tohoto modelu nastavena na 0 m, a trvání úniku [62,63]. Trvání úniku bylo zadané z výsledků provedených modelací v programu Aloha, kde u modelací úniku chloru došlo k překročení 60 minut. Z tohoto důvodu byla pro modelace úniku chloru v programu TerEx nastavena doba trvání úniku na 60 minut.

Na základě zadaných vstupních dat je následně vygenerována rychlost úniku, velikost dvou nebezpečných zón včetně koncentrace látky v daných zónách a graf, který udává úroveň koncentrace dané látky ve vztahu k vzdálenosti od zdroje úniku a koncentraci IDLH [62,63].

Výsledky modelací lze díky návaznosti na geografický informační systém zobrazit na mapovém podkladu openstreetmap [62,63].

### 4.3.2 Aloha

Program Aloha (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) je vyvinut americkou agenturou U. S. EPA (United States Environmental Protection Agency) a používá se celosvětově pro modelaci úniku NCHL (toxických, hořlavých, výbušných) do atmosféry. Program na základě zadaných údajů a externích vlivů vygeneruje nebezpečnou zónu (Threat zone), která představuje odhad oblasti, kde hrozí nebezpečí spojené s uniklou látkou. Threat zone je rozdělena na 3 zóny ohrožení, kde červená zóna představuje největší úroveň nebezpečí, oranžová a žlutá zóna nebezpečí představují oblasti s klesajícím nebezpečím.

Program obsahuje mimo jiné i funkcionalitu Threat at Point, která je schopna při zadání konkrétní vzdálenosti zjistit, jaká koncentrace látky (externí koncentrace a perforující koncentrace do budov) se v této vzdálenosti vyskytuje, přičemž k tomuto generuje graf koncentrace oproti časové ose, která značí, kdy se látka do vybraného bodu dostane a jaký bude vývoj koncentrace látky v čase. Aloha je schopna generovat výsledky do vzdálenosti 10 km s maximální dobou expozice 60 minut. Program v základu pracuje se dvěma základními algoritmy (matematickými modely) rozptylu, kterými jsou model rozptylu těžkého plynu (Heavy Gas), který byl využit i v této práci, a Gaussovský model. V programu je nutné zvolit zdroj úniku. Aloha umožňuje zvolit mezi zdrojem přímým, kdy se jedná o celkovou destrukci zásobníku a okamžitý únik jeho celého obsahu, dále zdrojem představujícím kaluži, ze které se látka odpařuje, a zdroji, kdy dochází k úniku ze zásobníku anebo z potrubí. Pro tuto práci byl zvolen zdroj úniku ze zásobníku [64,65, 66].

Pro vygenerování výsledků je v programu zapotřebí zvolit druh unikající látky, zadat lokalitu, včetně její nadmořské výšky, atmosférické podmínky,

datum a čas úniku. Další parametry se v závislosti na druhu zvoleného zdroje úniku liší. V případě úniku ze zásobníku se jedná o parametry zásobníků (orientace zásobníku, jeho šířka a délka a jeho objem), dále skutečnost, jestli je jeho obsah kapalný či plynný, a teplotu látky v něm. Následně je nutno zadat množství látky v zásobníku a procento jeho naplnění. Dále se uvede způsob narušení jeho integrity, v našem případě průměr otvoru, kterým látka uniká, a kde se otvor nachází. Pro vygenerování výsledných nebezpečných zón musí být zvoleny hodnoty koncentrace; v této práci byly využity hodnoty ERPG, AEGL, IDLH a hodnoty společné s programem TerEx. Výsledky nebezpečných zón mohou být zobrazeny na mapovém podkladu v aplikaci MARPLOT [64, 65, 66].

### 4.3.3 MARPLOT

Marplot (Mapping Application for Response, Planning and Local Operation Tasks) je mapovací program, který se využívá mimo jiné pro zobrazení odhadů nebezpečných zón z programu Aloha na mapový podklad. Mezi další jeho funkce patří možnost přidávat objekty do mapy, stejně tak i prohlížet a upravovat data spojená s objekty. Program umožňuje výběr z několika druhů mapových podkladů a obsahuje demografické informace o jednotlivých oblastech, které lze využít pro přesnější odhad možných dopadů MU a plánování opatření k jejich minimalizaci [67, 68].

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Analýza rizik

Předběžná a multikriteriální analýza o. z. TÚU byla zaměřena na rizika, která by mohla zapříčinit vznik závažné havárie nebo jinou MU, jejíž dopady by mohly ohrozit i obyvatelstvo nacházející se v blízkém okolí zájmového území o. z. TÚU. Jednotlivé výsledky provedené předběžné a multikriteriální analýzy rizik jsou prostřednictvím tabulek, kde jsou druhy ohrožení rozděleny na vnější a vnitřní, seřazeny sestupně od největšího rizika po nejmenší.

#### 5.1.1 Vnější zdroje rizik

Vnější zdroje rizika zde představují možné druhy ohrožení, které vznikají mimo zájmové území o. z. TÚU, ale mohla by svým negativním působením ohrozit bezpečnost podniku, popřípadě zapříčinit vznik MU, která by měla následně dopad i na obyvatelstvo nacházející se v přilehlé oblasti podniku. Mezi druhy ohrožení přírodního původu zde patří srážková činnost ve formě přívalových dešťů, krupobití či sněhu, zemětřesení, atmosférické výboje, extrémní atmosférické teploty, přírodní povodně, silný vítr, ale i pád vesmírného tělesa. Ohrožení spojená s lidskou činností zde představuje terorismu či kriminální činnost, narušení dodávek elektrické energie, pád letadla, exploze nebo požár v okolí objektu, události v silniční nebo železniční dopravě.

#### 5.1.2 Vnitřní zdroje rizik

Vnitřní zdroje rizik, představují stejně jako vnější faktory ohrožení bezpečnosti podniku i obyvatelstva v blízkém okolí podniku. Jedná se zde o druhy hrozeb, které vznikají uvnitř podniku a jsou ovlivněny jeho činností. Z vnitřních zdrojů rizik byly v této práci analyzovány technologická a technická

závada, nedostatečná revize, špatná údržba zařízení, únik NCHL, selhání bezpečnostních zařízení, požár a výbuch způsobené vlivem výroby, vnitropodniková dopravní havárie, nedodržení bezpečnostních předpisů a sabotáž. Vnitřní zdroje rizik jsou v o. z. TÚU řešeny preventivními bezpečnostními opatřeními, avšak i přes zavedená opatření stále může daná situace nastat a může tak dojít k výše zmiňovanému ohrožení bezpečnosti.

### 5.1.3 Předběžná analýza rizik

Výsledky provedené předběžné analýzy rizik o. z. TÚU, kde byly zdroje rizik rozděleny na vnější a vnitřní, jsou znázorněny v tabulkách č. 16 a č. 17 dále.

Tabulka 16: Vnější zdroje rizik přírodního původu a vyvolaných lidskou činností (Předběžná analýza rizik) (zdroj: vlastní)

Druh ohrožení	Frekvence	Následky	Míra rizika
Požár velkého rozsahu	4	4	16
Exploze mimo areál	3	4	12
Narušení dodávek elektrické energie	4	2	8
Kriminální činnost	4	2	8
Atmosférické výboje	3	2	6
Vliv silniční nebo železniční dopravy nebo události při ní	2	3	6
Silný vítr	5	1	5
Sluneční záření	5	1	5
Srážková činnost (přívalové deště, krupobití, sníh)	5	1	5
Terorismus	1	4	4
Pád vesmírného tělesa	1	4	4

Druh ohrožení	Frekvence	Následky	Míra rizika
Pád letadla	1	4	4
Extrémní atmosférické teploty	1	3	3
Zemětřesení	1	2	2
Povodně	1	2	2

Tabulka 17: Vnitřní zdroje rizika (Předběžná analýza rizik) (zdroj: vlastní)

Druh ohrožení	Frekvence	Následky	Míra rizika
Únik NCHL	5	4	20
Požár (vlivem výroby)	5	4	20
Exploze v areálu	4	4	16
Vnitropodniková dopravní havárie	3	3	9
Nedodržení bezpečnostních předpisů	3	3	9
Nedostatečná revize zařízení	3	3	9
Technická závada na zařízení	2	4	8
Technologická závada	2	4	8
Uvolnění a pád zásobníku	2	4	8
Špatná údržba	2	4	8
Selhání bezpečnostních zařízení	2	3	6
Sabotáž	2	3	6

V předběžné analýze rizik se ukázalo, že nejvýznamnějšími bezpečnostními riziky pro objekt jsou v případě vnějších zdrojů požár velkého rozsahu a exploze mimo areál. Tyto dvě hrozby byly vyhodnoceny jako velmi vysoké a jsou tedy



považovány za nepřijatelné. Důvodem jejich míry rizika je především to, že požáry a exploze s sebou přinášejí oproti jiným hrozbám zpravidla rozsáhlé následky, které mohou dosahovat do velkých vzdáleností, a kromě jejich vlastních nebezpečných projevů mohou být také zdrojem domino efektu, při kterém může dojít k dalším událostem, např. úniku NCHL, požáru, explozi, produkci zplodin hoření NL, plastů atd. V případě, že by se jejich dopady dostaly až do o. z. TÚU, mohlo by dojít ke značným škodám a zapříčinit v areálu například i narušení integrity zásobníků s NCHL. Stejně tomu je i v případě vnitřních zdrojů rizik, kde byl požár vlivem výroby a exploze v areálu vyhodnocen jako riziko nepřijatelné. Z oblasti vnitřních zdrojů rizik do této kategorie spadl i únik NCHL jako takový, neboť sám o sobě může způsobit zejména škody na zdraví a životech. Únik NCHL může být zapříčiněn řadou faktorů, což je dalším důvodem, proč byla úroveň jeho rizika vyhodnocena jako kritická, a proto je zařazen do skupiny nepřijatelných rizik.

Mezi další nepřijatelná rizika, ale již s nižší úrovní, byla zařazena v případě vnějších zdrojů kriminální činnost a narušení dodávek elektrické energie; následky těchto dvou hrozeb nepředstavují nějaké větší škody, nicméně do této kategorie byly zařazeny díky jejich četnosti, která je v porovnání s ostatními hrozbami větší. V případě vnitřních zdrojů se jedná o vnitropodnikové dopravní havárie, nedodržení bezpečnostních předpisů, nedostatečnou revizi na zařízení, technickou a technologickou závadu na zařízení, uvolnění a pád zásobníku a špatnou údržbu. Četnost těchto druhů ohrožení není tak vysoká, hodnoceny jako nepřijatelné byly z důvodu toho, že s sebou mohou přinést dopady, které by mohly zapříčinit např. únik NCHL, požár, explozi nebo jiný druh ohrožení.

Jako podmíněčně přijatelné byly hodnoceny zejména vnější druhy hrozeb, mezi které spadají atmosférické výboje, silný vítr, sluneční záření, terorismus, srážková činnost, pád vesmírného tělesa, pád letadla a vliv silniční nebo železniční dopravy nebo události při ní. Z oblasti vnitřních hrozeb do této kategorie byly zařazeny selhání bezpečnostních zařízení a sabotáž. U těchto druhů hrozeb je buď velmi vysoká jejich pravděpodobnost, ale následky jsou nízké, nebo jsou jejich následky vysoké, ale pravděpodobnost jejich výskytu je velmi malá.

Jako přijatelná rizika byly vyhodnoceny pouze vnější druhy hrozeb, a to díky velmi malé pravděpodobnosti jejich vzniku. Patří mezi ně extrémní atmosférické teploty, zemětřesení a povodně.

#### **5.1.4 Multikriteriální analýza rizik**

Výsledky provedené multikriteriální analýzy rizik o. z. TÚU, kde byly zdroje rizik stejně jako u předběžné analýzy rozděleny na vnější a vnitřní. Hodnoty jednotlivých koeficientů pro konkrétní druhy ohrožení a jejich frekvence, včetně vypočtených hodnot míry rizika jsou uvedeny v příloze č. 4. Vypočtené hodnoty míry rizika jsou poté přeneseny do tabulek č. 18 a č. 19. Zde byly jednotlivé druhy ohrožení doplněny o komentář s možným následkem, který by mohl v případě jejich vzniku nastat.

Tabulka 18: Vnější zdroje rizik přírodního původu a vyvolaných lidskou činností  
(Multikriteriální analýza rizik) (zdroj: vlastní)

Druh ohrožení	Míra rizika	Možný důsledek
Požár velkého rozsahu	34	Poškození objektů, zásobníků, exploze v areálu.
Exploze mimo areál	28	Vznik požáru, který by se mohl rozšířit do areálu, narušení objektu, narušení integrity zásobníků letícími fragmenty. Exploze v areálu.
Terorismus	18,75	Poškození či úplná destrukce objektů, zásobníků. Požár, exploze v areálu.
Pád letadla	13	Poškození či úplné zničení objektu. Narušení integrity zásobníků. Vznik požáru. Exploze.
Narušení dodávek elektrické energie	11,25	Vliv na chod podniku (narušení procesů výroby), možný únik NCHL
Vliv silniční nebo železniční dopravy nebo události při ní	11,25	Poškození objektů, ztráta integrity zásobníků. Únik přepravovaných medií, ropných produktů z havarovaného prostředku. Požár, exploze.
Kriminální činnost	10	Poškození objektu, poškození bezpečnostního systému, narušení výrobních procesů.
Srážková činnost, (přívalové deště, krupobití, sníh)	10	Zpravidla bez významných následků. Možnost zatékání do objektů, což může způsobit urychlení koroze stavebních konstrukcí, narušení integrity zásobníků/skladovaného materiálu. Způsobení dopravní nehody.
Silný vítr	10	V extrémních případech by mohlo dojít k poškození / zřícení části budov či zásobníků. Způsobení dopravní nehody.
Atmosférické výboje	10	Vznik požáru (zahoření skladových látek, objektů) a možná následná exploze.

Druh ohrožení	Míra rizika	Možný důsledek
Povodně	10	Narušení výrobních procesů, statiky budov, integrity zásobníků.
Zemětřesení	7,5	Narušení statiky budov, integrity zásobníků.
Pád vesmírného tělesa	7	Poškození, úplné zničení objektu, vznik požáru a explozí. Únik NCHL
Sluneční záření	5	Ztráta integrity zásobníků.
Extrémní atmosférické teploty	5	Ztráta integrity zásobníků. Zapříčinění požáru.

Tabulka 19: Vnitřní zdroje rizika (Multikriteriální analýza rizik) (zdroj: vlastní)

Druh ohrožení	Míra rizika	Možný důsledek
Únik NCHL	44	Vysoké ohrožení osob v areálu i mimo něj. Znečištění ovzduší. Ohrožení ŽP.
Požár (vlivem výroby)	38,25	Poškození až úplná destrukce objektů, narušení, integrity zásobníků. Exploze, znečištění ovzduší. Únik NCHL.
Exploze v areálu	26,25	Vznik požáru, narušení statiky či úplná destrukce objektů, narušení integrity zásobníků vlivem požáru či letícími fragmenty. Následné exploze.
Technická závada na zařízení	24	Únik NCHL – vysoké ohrožení osob. Vznik požáru, exploze.
Technologická závada	24	Únik NCHL – vysoké ohrožení osob. Vznik požáru, exploze.

Druh ohrožení	Míra rizika	Možný důsledek
Nedodržení bezpečnostních předpisů	22	Vliv na chod podniku (narušení procesů výroby), možný únik NCHL, vznik požáru, exploze.
Uvolnění a pád zásobníku	21	Únik NCHL – vysoké ohrožení osob. Vznik požáru, exploze.
Špatná údržba	19,25	Únik NCHL – vysoké ohrožení osob. Vznik požáru, exploze.
Vnitropodniková dopravní havárie	18	Poškození objektů, ztráta integrity zásobníků. Únik přepravovaných medií a/nebo ropných produktů z havarovaného prostředku. Požár, exploze.
Nedostatečná revize zařízení	17,5	Únik NCHL – vysoké ohrožení osob. Vznik požáru, exploze.
Sabotáž	17,5	Vliv na chod podniku (výrobní procesy). Únik NCHL, vznik požáru, exploze.
Selhání bezpečnostních zařízení	12,5	Včasně nezjištění úniku NCHL. Pozdní reakce na vznik MU – větší následky.

V multikriteriální analýze byl z vnějších zdrojů rizik, stejně jako v předběžné analýze, vyhodnocen jako nejvýznamnější bezpečnostní riziko pro objekt požár velkého rozsahu, který by se mohl rozšířit i do areálu objektu a zapříčinit poškození budov, ohrožení zdraví a životů, ale i narušení integrity zásobníků a následný únik NCHL. Z obdobných důvodů byla do kategorie nepřijatelných rizik zařazena i exploze mimo areál. V případě vnitřních zdrojů rizik, a i celkově ze všech analyzovaných druhů ohrožení, byl hlavně na základě druhu a rozsahu možných dopadů, množství a druhu skladovaných NCHL

v objektu jako největší bezpečnostní riziko vyhodnocen únik NCHL jako takový. Ten sice nepředstavuje tak velké ohrožení majetku, jako třeba požár či exploze v areálu, ale představuje vysoké ohrožení zdraví a životů osob v areálu i mimo něj a zároveň ohrožení ŽP. V případě vnitřních zdrojů rizik byl do kategorie nepřijatelných rizik dále zařazen požár velkého rozsahu, s nižší mírou rizika pak také exploze v areálu, uvolnění a pád zásobníku, technická a technologická závada a nedodržení bezpečnostních předpisů. Těmto druhům ohrožení byla určena míra rizika na základě možných následků, které mohou vést k zapříčinění vzniku požáru či úniku NCHL, případně dalších důsledků.

Jako podmíněčně přijatelná rizika byly v případě vnějších zdrojů vyhodnoceny z důvodu možných následků terorismus, pád letadla a vliv silniční nebo železniční dopravy nebo události při ní. Především z důvodu vysoké pravděpodobnosti pak také narušení dodávek elektrické energie. Z vnitřních zdrojů sem byla zařazena špatná údržba a nedostatečná revize zařízení. Následky těchto dvou druhů ohrožení by mohly zapříčinit vznik havárie, ale z důvodu přijatých opatření o. z. TÚU je jejich pravděpodobnost výrazně snížena. Mezi další byla do této kategorie zařazena sabotáž, vnitropodniková dopravní havárie a selhání bezpečnostních zařízení.

Do kategorie přijatelných rizik byly v multikriteriální analýze vyhodnoceny zejména abiotické zdroje rizik. Jednak sem byly zařazeny díky jejich velmi nízké pravděpodobnosti, což se týká povodní, zemětřesení, pádu vesmírného tělesa a extrémních atmosférických teplot. A jednak jde o hrozby, u kterých je pravděpodobnost vysoká, ale jejich možné následky jsou v porovnání s ostatními výrazně nižší, což jsou přívalové deště, krupobití či sníh, sluneční záření, silný vítr a atmosférické výboje. V neposlední řadě byla do této kategorie

zařazena i kriminální činnost u které je pravděpodobnost vyšší, ale následky jsou poměrně nízké.

### **Vyhodnocení analýz**

V současnosti se hrozby, které byly vyhodnoceny jako malé nebo zcela zanedbatelné, ukazují pro podnik akceptovatelné nebo dostatečně pokryté bezpečnostními opatřeními. I přesto, že je v o. z. TÚU za účelem prevence, zajištění bezpečnosti a snížení pravděpodobnosti vzniku havárie spojené s hrozbami, které byly vyhodnoceny jako nepřijatelné, zavedena řada bezpečnostních opatření, není jejich vznik zcela vyvrácen a je zapotřebí těmto hrozbám věnovat zvýšenou pozornost.

Z výsledků provedené předběžné a multikriteriální analýzy rizik vyplývá, že největší bezpečnostní riziko v objektu o. z. TÚU představují NCHL, se kterými se v objektu nakládá. Únik NCHL může být zapříčiněn lidskou chybou, provozními příčinami, ale i přírodními vlivy, a představuje riziko vzniku závažné havárie.

## 5.2 Seznam NCHL v objektu o. z. TÚU

Přehled všech nebezpečných látek a směsí podle přílohy č. 1 zákona č. 224/2015 Sb. umístěných v objektu a jejich klasifikace jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 20: Seznam a klasifikace NCHL v objektu o. z. TÚU [69]

Druh látky	Množství (t)	Klasifikace látky	Fyzikální skupenství látky
Acetylén	1,033	Hořlavý plyn, kat. 1(extrémně hořlavý)	plyn
Bleskovice	3000 m	Nestabilní výbušnina	pevná látka
Amoniak Bezvodý (jmenovitě vybraná NL)	100	Hořlavý plyn, kat. 2 Akutní toxicita kat 3, (inhalační cesta) Akutní toxicita pro vodní prostředí, kat.1 Chronic. toxicita pro vodní prostředí kat.2	zkapalněný plyn
Čpavková voda 10 - 35 %	818,120	Akutní toxicita pro vodní prostředí, kat.1	kapalina
Chlor (jmenovitě vybraná NL)	375,800	Akutní toxicita 2, (inhalační cesta), Akutní nebezp. pro vod. prostředí, kat.1	zkapalněný plyn
Chlornan sodný	1	Akutní tox. pro vodní prostředí, kat.1. Chronická tox. pro vod. prostředí, kat.1	roztok
Kyselina dusičná 50-65 %	1 110	Oxidující kapalina, kat.3	roztok
Motorová nafta (jmenovitě vybraná NL)	9,86	Hořlavá kapalina kat. 3 Chronická tox. pro vodní prostředí, kat. 2	kapalina
Propan-butan	1,338	Hořlavý plyn, kat.1	kapalina
Peroxodisíran amonný	-	Oxidující tuhá látka, kat. 3	pevná látka
Semtex 1A	0,8	Výbušnina, podtřída 1.1 Oxidující tuhá látka, kat. 3 Akutní toxicita, kat. 1, kat. 2 Nebezpečný pro vodní prostředí, kat. 2	kapalina



Druh látky	Množství (t)	Klasifikace látky	Fyzikální skupenství látky
Topný olej extra lehký TOEL	8,3 + 2x 8,3	Hořlavá kapalina, kat 3, Nebezpečný pro vodní prostředí, chronicky, kat. 2	kapalina
Zemní plyn odorizovaný (jmenovitě vybraná NL)	0,01	Hořlavý plyn kat. 1 (extrémně hořlavý)	plyn
Zemní plyn neodorizovaný (jmenovitě vybraná NL)	0,017	Hořlavý plyn kat. 1 (extrémně hořlavý)	Plyn

V závislosti na nebezpečných (fyzikálně chemických) vlastnostech, množství a umístění uvedených NCHL představuje nejvýznamnější zdroj rizik v objektu o. z. TÚU skladování amoniaku a chloru v zásobnících, stáčení těchto látek ze železničních cisteren a stáčení a plnění autocisteren. Únik těchto NCHL představuje riziko vznik závažné havárie, jejíž následky mohou zasahovat i za hranice objektu o. z. TÚU a představují tak riziko pro okolní obyvatelstvo.

## 5.3 Vybrané chemické látky

### 5.3.1 Amoniak

Jedná se o bezbarvý, toxický, leptavý, málo hořlavý a výbušný plyn pronikavě čpavého zápachu, je lehčí než vzduch a snadno zkapalnitelný. Ve vodě a běžných organických rozpouštědlech (např. ethanol, benzen, aceton) je snadno rozpustný. Jeho páry mohou ve vzduchu vytvářet výbušnou směs. Při odpařování z kapalného stavu tvoří chladné mlhy, které jsou těžší než vzduch. Dráždí oči, horní cesty dýchací a v případě delší doby inhalační expozice leptá sliznice, dýchací cesty i plíce a může dojít až k edému plic. Při vysoké koncentraci dochází

k zástavě dechu a smrti [70]. Základní klasifikace a vlastnosti amoniaku jsou uvedeny v tabulce 21.

Tabulka 21: Základní klasifikace a vlastnosti amoniaku [70]

Chemický název	Amoniak			
Chemický vzorec	NH <sub>3</sub>			
Číslo CAS	7664-41-7			
Kemlerův kód	268			
UN číslo	1005 (zkapalněný)			
Bod varu	-33,3 °C			
Bod tání	-77,7 °C			
Molární hmotnost	17,031 g/mol			
Hustota par	0,6 (vzduch=1)			
Tenze par	800 kPa/20 °C			
Dolní mez výbušnosti (LEL)	16 %			
Horní mez výbušnosti (UEL)	25 %			
ERPGs (Emergency Response Planning Guidelines)		ERPG - 1	ERPG - 2	ERPG - 3
		25 ppm	150 ppm	1500 ppm
AEGLs (Acute Exposure Guideline Levels)	Doba expozice	AEGL - 1	AEGL - 2	AEGL - 3
	10 min	30 ppm	220 ppm	2700 ppm
	30 min	30 ppm	220 ppm	1600 ppm
	60 min	30 ppm	160 ppm	1100 ppm
	4 hod	30 ppm	110 ppm	550 ppm
	8 hod	30 ppm	110 ppm	390 ppm
IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health)		300 ppm		

Amoniak je do o. TÚU přivážen v železničních cisternách s přepravní hmotností 30 tun a je skladován v otevřeném skladu kapalného amoniaku ve VÚ Č. 6 ve dvou válcových zásobnících s kapacitou každého zásobníku 100 m<sup>3</sup>, přičemž plnicí hmotnost amoniaku v jednotlivých zásobnících je 50 tun.

Ze zásobníků je amoniak následně přečerpáván do automobilových cisteren, obsahujících po naplnění 11 tun amoniaku, a převážen do VÚ č.2 [58]

### 5.3.2 Chlor

Jedná se o žlutozelený, žíravý, nehořlavý plyn s pronikavým štiplavým zápachem, který je 2,5krát těžší než vzduch. Při styku s vlhkým vzduchem tvoří chladné, žíravé a toxické mlhy a je dobře rozpustný v organických nepolárních rozpouštědlech. Chlor reaguje se vzdušnou vlhkostí za vzniku chlorovodíku. Při styku s vodou dochází k tvorbě kyseliny chlorovodíkové a kyseliny chlorné. Se vzduchem netvoří výbušnou směs, ale je silným okysličovadlem a tvoří výbušné a hořlavé směsi s vodíkem a organickými látkami. Silně dráždí a leptá oči, pokožku i dýchací cesty. Inhalace chloru vede k těžkému poleptání dýchacích cest a plic. Při vysoké expozici může dojít ke vzniku toxického edému plic s latencí až dva dny. Při vysoké koncentraci dochází k zástavě dechu, selhání srdce a k následné smrti [70, 71]. Základní klasifikace a vlastnosti chloru jsou uvedeny v tabulce 22.

Tabulka 22: Základní klasifikace a vlastnosti chloru [70]

Chemický název	Chlor			
Chemický vzorec	Cl <sub>2</sub>			
Číslo CAS	7782-50-5			
Kemlerův kód	1017			
UN číslo	265			
Bod varu	-34 °C			
Bod tání	-101,5 °C			
Molární hmotnost	70,91 g/mol			
Hustota par	2,5 (vzduch = 1)			
Tenze par	680,0/20 °C			
ERPGs (Emergency Response Planning Guidelines)		ERPG - 1	ERPG - 2	ERPG - 3
		1 ppm	3 ppm	20 ppm
AEGLs (Acute Exposure Guideline Levels)	Doba expozice	AEGL - 1	AEGL - 2	AEGL - 3
	10 min	0,5 ppm	2,8 ppm	50 ppm
	30 min	0,5 ppm	2,8 ppm	28 ppm
	60 min	0,5 ppm	2 ppm	20 ppm
	4 hod	0,5 ppm	1 ppm	10 ppm
	8 hod	0,5 ppm	0,71 ppm	7,1 ppm
IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health)		10 ppm		

Do o. z. TÚÚ je chlor dopravován v železničních cisternách s přepravní hmotností chloru 56 tun. Železniční cisterny s chlorem se přistavují do stáčírny skladu chloru. Z železniční cisterny je kapalný chlor přes hadice stáčen do jednoho ze dvou skladovacích tanků (označených D a E) ve skladu chloru. Kapacita každého ze čtyř tanků je 82,5 m<sup>3</sup>, přičemž plnicí hmotnost chloru v jednotlivých tankách je 91 tun. Z těchto tanků je následně přečerpáván do speciálních přepravních kontejnerů, obsahujících po naplnění 15,6 tuny chloru, které jsou následně přepravovány do technologie chlorace v areálu NDS 6. Plyny chloru vzniklé při stáčení železničních cisteren či plnění kontejnerů jsou

jímány do tanku na odplynění o objemu 82,5 m<sup>3</sup> označeného C, a taktéž umístěného ve skladu chloru [58]

### 5.3.3 Významné zdroje rizik v podniku

Přehled, popis a umístění vybraných zdrojů rizik závažné havárie je znázorněn v následující tabulce.

Tabulka 23: Seznam vybraných zdrojů rizik závažné havárie [69]

Název látky	Zařízení	Množství (t)	Typ látky	Budova / Jednotka	Areál
Chlor	Zásobník 1	91	Toxická	VÚ č. 5 - sklad chloru	Stráž pod Ralskem- ACHÚ
Chlor	Zásobník 2	91	Toxická	VÚ č. 5 - sklad chloru	Stráž pod Ralskem- ACHÚ
Chlor	Zásobník 3	91	Toxická	VÚ č. 5 - sklad chloru	Stráž pod Ralskem- ACHÚ
Chlor	Železniční cisterna	56	Toxická	VÚ č. 5 - sklad chloru	Stráž pod Ralskem- ACHÚ
Chlor	Automobilový kontejner	15,6	Toxická	VÚ č. 5 - sklad chloru	Stráž pod Ralskem- ACHÚ
Chlor	Automobilový kontejner (stáčení)	15,6	Toxická	VÚ č. 1 - přístřešek chlorace	Stráž pod Ralskem - VP6
Chlor	Automobilový kontejner (stáčení)	15,6	Toxická	VÚ č. 1 - přístřešek chlorace	Stráž pod Ralskem - VP6

Název látky	Zařízení	Množství (t)	Typ látky	Budova / Jednotka	Areál
Amoniak	Zásobník 1	50	Toxická	VÚ č. 5 - stáčírna chemikálií	Stráž pod Ralskem- ACHÚ
Amoniak	Zásobník 2	50	Toxická	VÚ č. 5 - stáčírna chemikálií	Stráž pod Ralskem- ACHÚ
Amoniak	Železniční cisterna	30	Toxická	VÚ č. 5 - stáčírna chemikálií	Stráž pod Ralskem- ACHÚ
Amoniak	Automobilová cisterna	10	Toxická	VÚ č. 5- stáčírna chemikálií	Stráž pod Ralskem- ACHÚ

V návaznosti na selekci zdrojů rizik, které představují potenciální vznik závažné havárie byly v závislosti na pravděpodobnosti a závažnosti následků jako největší zdroje rizika v objektech o. z. TÚU identifikovány 2 hlavní zdroje, kterými jsou **zásobník amoniaku** a **zásobník chloru**, jejichž technické parametry jsou znázorněny v tabulce č 24.

Tabulka 24: Technické parametry zásobníků [69]

Válcový zásobník, stabilní tlaková skladovací nádoba	Amoniak	Chlor
Vnitřní průměr	2,8 m	3 m
Délka	17,64 m	12,5 m
Objem	100 m <sup>3</sup> (80 % plnění) - 50 t	82,5 m <sup>3</sup> (80 % plnění) - 91 t
Zkušební přetlak	2,35 MPa	3 MPa
Hustota látky	624 kg/ m <sup>3</sup> (10 °C) 610 kg/ m <sup>3</sup> (20 °C)	1442 kg/ m <sup>3</sup> (10 °C) 1410 kg/ m <sup>3</sup> (20 °C)

Na základě identifikace největších zdrojů rizik závažné havárie byly vytvořeny scénáře, které jsou podrobněji popsány dále a budou následně za účelem provedení odhadu následků závažné havárie, včetně velikosti zasažené plochy, modelovány pomocí softwarových nástrojů TerEx a Aloha.

#### **5.4 Scénáře úniku**

Pro modelaci úniků NCHL byly vybrány dva scénáře, které by mohly zapříčinit vznik závažné havárie, jejíž dopady by zasahovaly i za hranice o. z. TÚU a představují tak riziko pro okolní obyvatelstvo. Meteorologické podmínky jsou uvedeny v tabulce č. 25. V oblasti převahuje západní směr větru, což vytváří ideální podmínky pro modelaci nejhorších možných scénářů, při kterých by mohlo dojít k zasažení obytných oblastí, které se v tomto směru od místa úniku nachází.

Byly zvoleny tyto scénáře:

1. Při přečerpávání amoniaku z válcového zásobníku (objem 100 m<sup>3</sup>, množství amoniaku 50 tun) do autocisterny došlo k utržení instrumentálního potrubí o průměru 6,5 cm a k následnému úniku amoniaku ze zásobníku.
2. Při přečerpávání chloru z válcového zásobníku (objem 82,5 m<sup>3</sup>, množství chloru 91 tun) do přepravního kontejneru došlo k utržení instrumentálního potrubí o průměru 4 cm a k následnému úniku chloru ze zásobníku.

Tabulka 25: Meteorologické podmínky, charakteristika okolní krajiny, čas vzniku úniku [59, 60]

	<b>Zimní období (leden)</b>	<b>Letní období (srpen)</b>
Teplota okolního vzduchu	-1 °C	+17 °C
Rychlost a směr větru	5 m/s západ	3,5 m/s západ
Relativní vlhkost vzduchu	40 %	50 %
Oblačnost	Částečně oblačno	Částečně oblačno
Inverze	Bez inverze	Bez inverze
Třída atmosférické stálosti	D	C
Výška měření meteorologických podmínek	10 m	10 m
Charakteristika zasaženého prostředí	Obytná krajina	Obytná krajina
Datum a čas vzniku havárie	12. 1. 2022 14:15	12. 8. 2022 14:15

## 5.5 Modelace zvolených scénářů pomocí programu Aloha

Pro modelaci byla do programu vložena vstupní data, mezi která patří: lokalita (pro tuto práci byla zvolena Stráž pod Ralskem, ČR), dále charakteristika okolí, datum a čas úniku, atmosférická data, data o technických parametrech zásobníku, která jsou uvedena v tabulce č. 24 a č. 25, byl vybrán druh unikající látky, její teplo, které odpovídá okolní teplotě, a způsob narušení integrity zásobníku. V obou případech se jedná o otvor na dně zásobníku, u amoniaku o průměru 6,5 cm a u chloru o průměru 4 cm.

Výsledné zóny ohrožení, které určují stupeň ohrožení života a zdraví osob, jsou dle zvolených koncentrací pro jednotlivé modelace znázorněny pomocí tabulek, kde jsou pro lepší přehlednost hodnoty seřazeny sestupně od největší koncentrace po nejmenší. Sledovanými koncentracemi jsou hodnoty ERPG,



AEGL a hodnoty vygenerované programem TerEx, pro amoniak hodnota 210 mg/m<sup>3</sup>(IDLH) a 50 mg/m<sup>3</sup>, pro chlor 29 mg/m<sup>3</sup>(IDLH) a 14,5 mg/ m<sup>3</sup>. Výsledné zóny vygenerované programem Aloha budou následně komparovány s výslednými zónami vygenerovanými programem TerEx a se ZHP o. z. TÚU.

Vstupní a výstupní data jednotlivých modelací pro vybrané scénáře úniků, včetně vyobrazení rozptylu látky v jednotlivých modelacích na mapovém podkladě MARPLOT, jsou znázorněna v příloze č. 5.

### 5.5.1 Modelace úniku amoniaku

#### a) Modelace úniku amoniaku v zimní období

Výstupní data ukazují, že by došlo k úniku cca 45,359 kilogramů za 19 minut (max. 2,470 kg/min).

#### Zóny ohrožení dle zvolených koncentrací

Tabulka č. 26: Únik amoniaku v zimním období zóny ohrožení Aloha [66]

Hodnoty	Koncentrace	Vzdálenost
ERPG – 3	1500 ppm	0,862 km
AEGL – 3	1100 ppm	1 km
210 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	300 ppm	2,6 km
AEGL – 2	160 ppm	3,6 km
ERPG – 2	150 ppm	3,8 km
50 mg/m <sup>3</sup>	72 ppm	6 km
AEGL – 1	30 ppm	9 km
ERPG – 1	25 ppm	9,9 km

#### b) Modelace úniku amoniaku v letním období

Výstupní data ukazují, že by došlo k úniku cca 45,359 kilogramů za 13 minut (max. 3,510 kg/min).

## Zóny ohrožení dle zvolených koncentrací

Tabulka č. 27: Únik amoniaku v letním období zóny ohrožení Aloha [66]

Hodnoty	Koncentrace	Vzdálenost
ERPG – 3	1500 ppm	1,1 km
AEGL – 3	1100 ppm	1,3 km
210 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	300 ppm	3 km
AEGL – 2	160 ppm	4,3 km
ERPG – 2	150 ppm	4,4 km
50 mg/m <sup>3</sup>	72 ppm	6,5 km
AEGL – 1	30 ppm	9,5 km
ERPG – 1	25 ppm	nad 10 km

### 5.5.2 Modelace úniku chloru

#### a) Modelace úniku chloru v zimním období

Výstupní data ukazují, že by došlo k úniku cca 75,791 kilogramů za 60 min (max. 1,330 kg/min).

## Zóny ohrožení dle zvolených koncentrací

Tabulka č. 28: Únik chloru v zimním období zóny ohrožení Aloha [66]

Hodnoty	Koncentrace	Vzdálenost
ERPG – 3	20 ppm	3,8 km
AEGL – 3	20 ppm	3,8 km
29 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	10 ppm	5,8 km
14,5 mg/ m <sup>3</sup>	5 ppm	8,4 km
ERPG – 2	3 ppm	nad 10 km
AEGL – 2	2 ppm	nad 10 km
ERPG – 1	1 ppm	nad 10 km
AEGL – 1	0,5 ppm	nad 10 km

#### b) Modelace úniku chloru v letním období

Výstupní data ukazují, že by došlo k úniku cca 75,793 kilogramů za 60 min (max. 1,330 kg/min).

## Zóny ohrožení dle zvolených koncentrací

Tabulka č. 29: Únik chloru v letním období zóny ohrožení Aloha [66]

Hodnoty	Koncentrace	Vzdálenost
ERPG – 3	20 ppm	3,7 km
AEGL – 3	20 ppm	3,7 km
29 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	10 ppm	5,4 km
14,5 mg/m <sup>3</sup>	5 ppm	7,8 km
ERPG – 2	3 ppm	9,9 km
AEGL – 2	2 ppm	nad 10 km
ERPG – 1	1 ppm	nad 10 km
AEGL – 1	0,5 ppm	nad 10 km

## 5.6 Modelace zvolených scénářů pomocí programu TerEx

V programu byla vybrána unikající látka a její teplota, jež odpovídá okolní teplotě. Dále byla do programu vložena vstupní data, mezi která patří: charakteristika okolí, doba úniku, atmosférická data a data o technických parametrech zásobníku, která jsou uvedena v tabulkách č. 25 a č. 26. Je určen způsob narušení integrity zásobníku, v obou případech se jedná o otvor na dně zásobníku, u amoniaku o průměru 6,5 cm a u chloru o průměru 4 cm. Dále byla doplněna doba trvání úniku, která byla získána pro jednotlivé modelace z předchozích modelací provedených v programu Aloha a je znázorněna v tabulce č. 30.

Tabulka č. 30: Doba trvání úniku z modelací v programu Aloha [66]

Modelace úniku	Doba trvání úniku
Modelace úniku amoniaku v zimní období	19 min
Modelace úniku amoniaku v letním období	13 min
Modelace úniku chloru v zimní období	60 min
Modelace úniku chloru v letním období	60 min

Výsledné zóny ohrožení, které určují stupeň ohrožení života a zdraví osob, jsou dle zvolených koncentrací pro jednotlivé modelace znázorněny pomocí tabulek, kde jsou pro lepší přehlednost hodnoty seřazeny sestupně od největší koncentrace po nejmenší. Sledovanými koncentracemi jsou hodnoty vygenerované programem TerEx, pro amoniak hodnota 210 mg/m<sup>3</sup> (IDLH) a 50 mg/m<sup>3</sup>, pro chlor 29 mg/m<sup>3</sup> (IDLH) a 14,5 mg/m<sup>3</sup> a hodnoty ERPG, AEGL. Výsledné zóny vygenerované programem TerEx budou následně komparovány s výslednými zónami vygenerovanými programem Aloha a se ZHP o. z. TÚU.

Vstupní a výstupní data jednotlivých modelací pro vybrané scénáře úniků, včetně vyobrazení rozptylu jednotlivých úniků modelací na mapovém podkladě, jsou znázorněna v příloze č. 6.

#### **5.6.1 Modelace úniku amoniaku**

##### **a) Modelace úniku amoniaku v zimní období**

Výstupní data ukazují, že by zóna ohrožení osob toxickou látkou dosahovala do vzdálenosti 791 m s koncentrací 210 mg/m<sup>3</sup> a doporučený průzkum toxické koncentrace je ve vzdálenosti 1882 metrů s koncentrací 50 mg/m<sup>3</sup>.

## Zóny ohrožení dle zvolených koncentrací

Tabulka č. 31: Únik amoniaku v zimním období zóny ohrožení TerEx [63]

Hodnoty	Koncentrace	Vzdálenost
ERPG – 3	1500 ppm	0,3 km
AEGL – 3	1100 ppm	0,36 km
210 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	300 ppm	0,791 km
AEGL – 2	160ppm	1,14 km
ERPG – 2	150 ppm	1,15 km
50 mg/m <sup>3</sup>	72 ppm	1,882 km
AEGL – 1	30 ppm	X
ERPG – 1	25 ppm	X

### b) Modelace úniku amoniaku v letním období

Výstupní data ukazují, že by zóna ohrožení osob toxickou látkou dosahovala do vzdálenosti 473 m s koncentrací 210 mg/m<sup>3</sup> a doporučený průzkum toxické koncentrace je ve vzdálenosti 1067 m s koncentrací 50 mg/m<sup>3</sup>.

## Zóny ohrožení dle zvolených koncentrací

Tabulka č. 32: Únik amoniaku v letním období zóny ohrožení TerEx [63]

Hodnoty	Koncentrace	Vzdálenost
ERPG – 3	1500 ppm	0,245 km
AEGL – 3	1100 ppm	0,25 km
210 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	300 ppm	0,473 km
AEGL – 2	160ppm	0,67 km
ERPG – 2	150 ppm	0,68 km
50 mg/m <sup>3</sup>	72 ppm	1, 067 km
AEGL – 1	30 ppm	X
ERPG – 1	25 ppm	X

## 5.6.2 Modelace úniku chloru

### a) Modelace úniku chloru v zimní období

Výstupní data ukazují, že by zóna ohrožení osob toxickou látkou dosahovala do vzdálenosti 2544 m s koncentrací 29 mg/m<sup>3</sup> a doporučený průzkum toxické koncentrace je ve vzdálenosti 3885 metrů s koncentrací 14,5 mg/m<sup>3</sup>.

### Zóny ohrožení dle zvolených koncentrací

Tabulka č. 33: Únik chloru v zimním období zóny ohrožení TerEx [63]

Hodnoty	Koncentrace	Vzdálenost
ERPG – 3	20 ppm	1,5 km
AEGL – 3	20 ppm	1,5 km
210 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	10 ppm	2,544 km
14,5 mg/m <sup>3</sup>	5 ppm	3,885 km
ERPG – 2	3 ppm	X
AEGL – 2	2 ppm	X
ERPG – 1	1 ppm	X
AEGL – 1	0,5 ppm	X

### b) Modelace úniku chloru v letním období

Výstupní data ukazují, že by zóna ohrožení osob toxickou látkou dosahovala do vzdálenosti 1456 m s koncentrací 29 mg/m<sup>3</sup> a doporučený průzkum toxické koncentrace je ve vzdálenosti 2180 metrů s koncentrací 14,5 mg/m<sup>3</sup>.

## Zóny ohrožení dle zvolených koncentrací

Tabulka č. 34: Únik chloru v letním období zóny ohrožení TerEx [63]

Hodnoty	Koncentrace	Vzdálenost
ERPG – 3	20 ppm	1 km
AEGL – 3	20 ppm	1 km
210 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	10 ppm	1,456 km
14,5 mg/m <sup>3</sup>	5 ppm	2,18 km
ERPG – 2	3 ppm	X
AEGL – 2	2 ppm	X
ERPG – 1	1 ppm	X
AEGL – 1	0,5 ppm	X

### 5.7 Vyhodnocení, řešení a komparace výsledků modelací ve vztahu k ZHP

Vyhodnocení a řešení modelových scénářů je zaměřeno na ochranu obyvatelstva, nacházejícího se v blízkém okolí zájmového území o. z. TÚU. Z těchto důvodů byly pro řešení modelových scénářů zvoleny hodnoty koncentrace AEGL, které představují úroveň akutní expozice osob nebezpečnou látkou podle doby expozice. Dále byly zvoleny hodnoty IDLH, které udávají koncentraci dané látky, jež bezprostředně ohrožuje životy a zdraví osob při expozici, která trvá déle než 30 minut. V programu TerEx tyto hodnoty jsou využity pro vygenerování zóny ohrožení. Komparace se ZHP byla provedena v případě zvolených scénářů, kde se látka šířila určitým směrem a kde je hranice ZHP vzdálena od zdroje úniku 5,75 km. Za jiných meteorologických podmínek (směr a rychlost větru) by ZHP byla překročena zcela jinak.

#### 5.7.1 Modelace úniku amoniaku

Komparace výsledků zkoumaných zón z provedených modelací scénáře úniku amoniaku v letním a zimním období jsou znázorněny v následujících

tabulkách. Významné nebezpečné zóny (AEGL – 2 a IDLH) úniku amoniaku v letním a zimním období, vygenerované programem Aloha a TerEx, jsou ve vztahu k ZHP znázorněny na mapovém podkladu v příloze č. 7.

### Komparace výsledků modelací úniku amoniaku v programech Aloha a TerEx

Tabulka 35: Komparace výsledků modelace úniku amoniaku v zimním období [63, 66]

Hodnoty	Koncentrace	Aloha	TerEx	Rozdíl*
ERPG – 3	1500 ppm	0,862 km	0,3 km	0,562 km
AEGL – 3	1100 ppm	1 km	0,36 km	0,64 km
210 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	300ppm	2,6 km	0,791 km	1,809 km
AEGL – 2	160ppm	3,6 km	1,14 km	2,46 km
ERPG – 2	150 ppm	3,8 km	1,15 km	2,65 km
50 mg/m <sup>3</sup>	72 ppm	6 km	1,882 km	4,118 km
AEGL – 1	30 ppm	9 km	X	X
ERPG – 1	25 ppm	9,9 km	X	X

\* - odečtena hodnota TerEx od hodnoty Aloha

Komparace výsledků modelací úniků amoniaku v zimní období v programu Aloha a TerEx ukazuje, že v programu Aloha byly oproti programu TerEx vygenerovány velikosti nebezpečných zón přibližně třikrát větší.



Tabulka 36: Komparace výsledků modelace úniku amoniaku v letním období [63, 66]

Hodnoty	Koncentrace	Aloha	TerEx	Rozdíl*
ERPG – 3	1500 ppm	1,1 km	0,245 km	0,855 km
AEGL – 3	1100 ppm	1,3 km	0,25 km	1,05 km
210 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	300 ppm	3 km	0,473 km	2,527 km
AEGL – 2	160ppm	4,3 km	0,67 km	3,63 km
ERPG – 2	150 ppm	4,4 km	0,68 km	3,72 km
50 mg/m <sup>3</sup>	72 ppm	6,5 km	1,067 km	5,433 km
AEGL – 1	30 ppm	9,5 km	X	X
ERPG – 1	25 ppm	nad 10 km	X	X

\* - odečtena hodnota TerEx od hodnoty Aloha

Komparace výsledků modelací úniků amoniaku v letním období v programu Aloha a TerEx ukazuje, že velikosti nebezpečných zón byly oproti zimnímu období v programu Aloha ve srovnání s programem TerEx vygenerovány dokonce 4,5 až 6,5krát větší.

### Komparace výsledků modelací úniku amoniaku v letním a zimním období

Tabulka 37: Komparace výsledků modelace úniku amoniaku v letním a zimním období v programu Aloha [66]

Hodnoty	Koncentrace	Zima	Léto	Rozdíl*
ERPG – 3	1500 ppm	0,862 km	1,1 km	0,238 km
AEGL – 3	1100 ppm	1 km	1,3 km	0,3 km
210 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	300 ppm	2,6 km	3 km	0,4 km
AEGL – 2	160ppm	3,6 km	4,3 km	0,7 km
ERPG – 2	150 ppm	3,8 km	4,4 km	0,6 km
50 mg/m <sup>3</sup>	72 ppm	6 km	6,5 km	0,5 km
AEGL – 1	30 ppm	9 km	9,5 km	0,5 km
ERPG – 1	25 ppm	9,9 km	nad 10 km	> 0,1 km

\* - odečtena hodnota v zimě od hodnoty v létě

Z komparace úniku amoniaku v zimní a letním období v programu Aloha vyšlo, že nebezpečné koncentrace látky zasáhnou větší oblast v letním období.

Tabulka 38: Komparace výsledků modelace úniku amoniaku v letním a zimním období v TerEx [63]

Hodnoty	Koncentrace	Zima	Léto	Rozdíl*
ERPG – 3	1500 ppm	0, 3 km	0,245 km	- 0,055 km
AEGL – 3	1100 ppm	0, 36 km	0,25 km	- 0,11 km
210 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	301,5 ppm	0, 791 km	0,473 km	- 0, 318 km
AEGL – 2	160ppm	1,14 km	0,67 km	- 0,47 km
ERPG – 2	150 ppm	1,15 km	0,68 km	- 0,47 km
50 mg/m <sup>3</sup>	72 ppm	1,882 km	1, 067 km	- 0,815 km
AEGL – 1	30 ppm	X	X	X
ERPG – 1	25 ppm	X	X	X

\* - odečtena hodnota v zimě od hodnoty v létě

Z komparace úniku amoniaku v zimní a letním období v programu TerEx vyšlo, že nebezpečné koncentrace látky zasáhnou větší oblast v zimním období.

#### **Komparace nebezpečných zón se ZHP (počítáno se západním směrem větru dle scénáře)**

ZHP byla překročena pouze v programu Aloha, a to pouze v koncentracích, které již nepředstavují ohrožení života a zdraví. V tabulkách dále jsou porovnány pouze zóny (koncentrace) amoniaku, které ZHP překročily.

Tabulka 39: Komparace nebezpečných zón úniku amoniaku v zimním období v programu Aloha se ZHP [66]

Hodnota / zóna	Vzdálenost	ZHP	Překročení ZHP
50 mg/m <sup>3</sup> (72 ppm)	6 km	5,75 km	0,25 km
AEGL – 1 (30 ppm)	9 km	5,75 km	3,25 km
ERPG – 1 (25 ppm)	9,9 km	5,75 km	4,15 km

Z komparace výsledných nebezpečných zón úniku amoniaku, které v programu Aloha v zimě překročily ZHP, se ZHP vyšlo, že koncentrace

amoniaku 72 ppm by překročila ZHP o 0,25 km, koncentrace 30ppm o 3,25 km a koncentrace 25 ppm o 4,15 km.

Tabulka 40: Komparace nebezpečných zón úniku amoniaku v letním období v programu Aloha se ZHP [66]

Hodnota / zóna	Vzdálenost	ZHP	Překročení ZHP
50 mg/m <sup>3</sup> (72 ppm)	6,5 km	5,75 km	0,75 km
AEGL – 1 (30 ppm)	9,5 km	5,75 km	3,75 km
ERPG – 1 (25 ppm)	nad 10 km	5,75 km	> 4,25 km

Z komparace výsledných nebezpečných zón úniku amoniaku, které v programu Aloha v létě překročily ZHP, se ZHP vyšlo, že koncentrace amoniaku 72 ppm by překročila ZHP o 0,75 km, koncentrace 30ppm o 3,75 km a koncentrace 25 ppm o více jak 4,25 km.

### Červená zóna

Červená zóna v případě modelace úniku amoniaku v programu Aloha v zimním období nezasahuje žádnou obytnou zónu, v případě letního období dojde k zasažení okraje města Stráž pod Ralskem, kde se nenachází žádné místo s předpokládaným větším počtem obyvatel, ale jsou zde již obytné domy. Koncentrace látky v této zóně představuje ohrožení životů osob nacházejících se v této oblasti. Pro tuto oblast bude z těchto důvodů nařízena evakuace, která by probíhala formou samovolné evakuace, při které obyvatelé opouští zónu ohrožení vlastními prostředky do vlastního náhradního ubytování. Podle programu TerEx koncentrace nacházející se v červené zóně v zimním ani v letním období do obytné oblasti nezasahuje.

## **Oranžová zóna**

Oranžová zóna podle programu Aloha v letním období zasahuje téměř celé město Stráž pod Ralskem, v případě zimního období v menší míře. Podle programu TerEx zasáhne koncentrace vyskytující se v oranžové zóně v zimním období pouze malý okraj města Stráž pod Ralskem, v letním období k zasažení obytné oblasti touto koncentrací nedošlo. V oranžové zóně se nachází koncentrace nebezpečná pro zdraví, jedná se tedy o prostor, ve kterém je ohroženo zdraví osob. V případě úniku amoniaku bude aktivován plán varování a informování obyvatelstva. Prostřednictvím koncových prvků varování zapojených do JSVV bude spuštěn varovný signál „všeobecná výstraha“. Současně budou použity vozy HZS LK, Policie ČR, Jednotek sboru dobrovolných hasičů (dále jen JSDHO) a městské police s výstražným rozhlasovým zařízením. Následovat bude informování obyvatelstva, včetně poskytnutí tísňové informace, prostřednictvím místních informačních systémů a hromadných sdělovacích prostředků. Po vyhlášení signálu všeobecná výstraha se občané neprodleně ukryjí do nejbližších budov a vyčkají dalších pokynů. Při úniku amoniaku se v ZHP pro potřeby ukrytí využívají přirozené ochranné vlastnosti staveb.

## **Žlutá zóna**

Žlutá zóna byla vypočtena pouze v programu Aloha. V obou obdobích by došlo k zasažení obce Hamr na Jezeře a následně k překročení ZHP a zasažení obce Chrátná a části města Osečná v letním období o 3,75 km a v zimním o 3,25 km. V této zóně se nachází pocitová koncentrace látky. V tomto prostoru již nehrozí žádné zvýšené zdravotní riziko, ale stále se zde nachází zvýšená

koncentrace látky. Osoby zde budou informovány o vzniku MU místním rozhlasem a JSVV.

### **Zóna IDLH**

Podle programu Aloha koncentrace nacházející se v této zóně v zimním období zasahuje část města Stráž pod Ralskem do vzdálenosti 2,6 km od zdroje. V letním období dojde k zasažení Stráže pod Ralskem ve větší míře a nebezpečná koncentrace se vyskytuje do vzdálenosti 3 km od zdroje. V programu TerEx byla zóna ohrožení, ve které se nachází koncentrace IDLH, vypočtena v případě letního období do vzdálenosti 0,473 km a v zimním období do vzdálenosti 0,791 km od zdroje. Ani v jednom ročním období zde nedošlo k zasažení obytné zóny. V případě obou programů spadá oblast, ve které se vykytuje koncentrace amoniaku v hodnotě IDLH, do oranžové zóny dle koncentrace AEGL – 2.

#### **5.7.2 Modelace úniku chloru**

Komparace výsledky zkoumaných zón z provedených modelací scénáře úniku chloru v letním a zimním období jsou znázorněny v následujících tabulkách. V programu TerEx v některých případech nedošlo k vygenerování nízkých hodnot nebezpečných koncentrací, proto je nebylo možné komparovat s výsledky z programu Aloha. Významné nebezpečné zóny (AEGL – 2 a IDLH) úniku chloru v letním a zimním období, vygenerované programem Aloha a TerEx jsou ve vztahu k ZHP znázorněny na mapovém podkladu v příloze č. 8.

## Komparace výsledků modelací úniku chloru v programech Aloha a TerEx

Tabulka 41: Komparace výsledků modelace úniku chloru v zimním období [63, 66]

Hodnoty	Koncentrace	Aloha	TerEx	Rozdíl*
ERPG – 3	20 ppm	3,8 km	1,5 km	2,3 km
AEGL – 3	20 ppm	3,8 km	1,5 km	2,3 km
29 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	10 ppm	5,8 km	2,544 km	3,256 km
14,5 mg/m <sup>3</sup>	5 ppm	8,4 km	3,885 km	4,515 km
ERPG – 2	3 ppm	nad 10 km	X	X
AEGL – 2	2 ppm	nad 10 km	X	X
ERPG – 1	1 ppm	nad 10 km	X	X
AEGL – 1	0,5 ppm	nad 10 km	X	X

\* - odečtena hodnota TerEx od hodnoty Aloha

Komparace výsledků modelací úniků chloru v zimní období v programu Aloha a TerEx ukazuje, že v programu Aloha byly oproti programu TerEx vygenerovány velikosti nebezpečných zón přibližně 2,2 až 2,5krát větší.

Tabulka 42: Komparace výsledků modelace úniku chloru v letním období [63, 66]

Hodnoty	Koncentrace	Aloha	TerEx	Rozdíl*
ERPG – 3	20 ppm	3,7 km	1 km	1,7 km
AEGL – 3	20 ppm	3,7 Km	1 km	1,7 km
29 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	10 ppm	5,4 Km	1,456 km	3,944 km
14,5 mg/m <sup>3</sup>	5 ppm	7,8 km	2,18 km	5,62 km
ERPG – 2	3 ppm	9,9 km	X	X
AEGL – 2	2 ppm	nad 10 km	X	X
ERPG – 1	1 ppm	nad 10 km	X	X
AEGL – 1	0,5 ppm	nad 10 km	X	X

\* - odečtena hodnota TerEx od hodnoty Aloha

Komparace výsledků modelací úniků chloru v letním období v programu Aloha a TerEx ukazuje, že velikosti nebezpečných zón byly oproti zimnímu období v programu Aloha ve srovnání s programem TerEx vygenerovány dokonce cca 3,7krát větší.

## Komparace výsledků modelací úniku chloru v letním a zimním období

Tabulka 43: Komparace výsledků modelace úniku chloru v letním a zimním období v programu Aloha [66]

Hodnoty	Koncentrace	Zima	Léto	Rozdíl*
ERPG – 3	20 ppm	3,8 km	3,7 km	- 0,1 km
AEGL – 3	20 ppm	3,8 km	3,7 Km	- 0,1 km
29 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	10 ppm	5,8 km	5,4 Km	- 0,4 km
14,5 mg/m <sup>3</sup>	5 ppm	8,4 km	7,8 km	- 0,6 km
ERPG – 2	3 ppm	nad 10 km	9,9 km	< - 0,1 km
AEGL – 2	2 ppm	nad 10 km	nad 10 km	X
ERPG – 1	1 ppm	nad 10 km	nad 10 km	X
AEGL – 1	0,5 ppm	nad 10 km	nad 10 km	X

\* - odečtena hodnota v zimě od hodnoty v létě

Z komparace úniku chloru v zimní a letním období v programu Aloha vyšlo, že nebezpečné koncentrace látky zasáhnou mírně větší oblast v zimním období.

Tabulka 44: Komparace výsledků modelace úniku chloru v letním a zimním období v TerEx [63]

Hodnoty	Koncentrace	Zima	Léto	Rozdíl*
ERPG – 3	20 ppm	1,5 km	1 km	- 0,5 km
AEGL – 3	20 ppm	1,5 km	1 km	- 0,5 km
29 mg/m <sup>3</sup> (IDLH)	10 ppm	2,544 km	1,456 km	- 1,088 km
14,5 mg/m <sup>3</sup>	5 ppm	3,885 km	2,18 km	- 1,705 km
ERPG – 2	3 ppm	X	X	X
AEGL – 2	2 ppm	X	X	X
ERPG – 1	1 ppm	X	X	X
AEGL – 1	0,5 ppm	X	X	X

\* - odečtena hodnota v zimě od hodnoty v létě

Z komparace úniku chloru v zimní a letním období v programu TerEx vyšlo, stejně jak v programu Aloha, že nebezpečné koncentrace látky zasáhnou větší oblast v zimním období, ovšem s o něco větším rozdílem.

### Komparace nebezpečných zón se ZHP (počítáno se západním směrem větru dle scénáře)

ZHP byla u chloru překročena pouze v programu Aloha, oproti úniku amoniaku s koncentracemi, které již představují ohrožení zdraví. V tabulkách dále jsou porovnány pouze zóny(koncentrace) chloru, které ZHP překročily.

Tabulka 45: Komparace nebezpečných zón úniku chloru v zimním období v programu Aloha se ZHP [66]

Hodnota / zóna	Vzdálenost	ZHP	Překročení ZHP
14,5 mg/m <sup>3</sup> (5ppm)	8,4 km	5,75 km	2,65 km
ERPG – 2 (3 ppm)	nad 10 km	5,75 km	> 4,25 km
AEGL – 2 (2 ppm)	nad 10 km	5,75 km	> 4,25 km
ERPG – 1 (1 ppm)	nad 10 km	5,75 km	> 4,25 km
AEGL – 1 (0,5 ppm)	nad 10 km	5,75 km	> 4,25 km

Z komparace výsledných nebezpečných zón úniku chloru, které v programu Aloha v zimě překročily ZHP, se ZHP vyšlo, že koncentrace chloru 5 ppm by překročila ZHP o 2,65 km, koncentrace 3ppm, 2ppm, 1ppm a 0,5 ppm by překročila ZHP více jak o 4,25 km.

Tabulka 46: Komparace nebezpečných zón úniku chloru v letním období v programu Aloha se ZHP [66]

Hodnota / zóna	Vzdálenost	ZHP	Překročení ZHP
14,5 mg/m <sup>3</sup> (5ppm)	7,8 km	5,75 km	2,05 km
ERPG – 2 (3 ppm)	9,9 km	5,75 km	4, 15 km
AEGL – 2 (2 ppm)	nad 10 km	5,75 km	> 4,25 km
ERPG – 1 (1 ppm)	nad 10 km	5,75 km	> 4,25 km
AEGL – 1 (0,5 ppm)	nad 10 km	5,75 km	> 4,25 km

Z komparace výsledných nebezpečných zón úniku chloru, které v programu Aloha v létě překročily ZHP, se ZHP vyšlo, že koncentrace chloru 5 ppm



by překročila ZHP o 2,05 km, koncentrace 3ppm o 4,15km, 2ppm, 1ppm a 0,5 ppm by překročila ZHP více jak o 4.25 km.

## **Červená zóna**

Červená zóna v programu Aloha zasahuje v obou ročních obdobích téměř celé město Stráž pod Ralskem. Koncentrace látky v této zóně představuje ohrožení životů osob nacházejících se v této oblasti. Ve Stráži pod Ralskem bude z těchto důvodů nařízena evakuace, která proběhne přibližně ze 70 procent formou samovolné evakuace, při které obyvatelé opouští zónu ohrožení vlastními prostředky do vlastního náhradního ubytování, a přibližně 1500 lidí bude evakuováno tzv. hromadnou evakuací do vytipovaných evakuačních středisek. Pro účely hromadné evakuace budou zřízeny místa shromaždiště, evakuační trasy a přijímací střediska, které jsou znázorněny v příloze č. 9.

Podle programu Aloha by byly zasaženy i oblasti, kde se předpokládá větší počet osob, které by se zde vzhledem k době úniku mohly vyskytovat. Mezi tyto oblasti patří ZŠ a MŠ Stráž pod Ralskem, Domov pro seniory Pampeliška, Dům s pečovatelskou službou Stráž pod Ralskem a Poliklinika Stráž pod Ralskem. V těchto budovách by došlo k řízené evakuaci za pomoci složek IZS. Dále mezi místa s předpokládaným větším počtem osob, která by byla zasažena červenou zónou, patří krytý bazén Panda, sport bar Rokáč, obě budovy ubytovny Akademie vězeňské služby, sportovní hala Suomi a Kulturní dům Stráž pod Ralskem. Zde by probíhala samovolná evakuace. Červená zóna by zasáhla i Věznici Stráž pod Ralskem, kde by byla evakuace řízena vězeňskou službou dle interních předpisů.

Podle programu TerEx by se koncentrace nacházející se v červené zóně v případě zimního období nacházela v části města Stráž pod Ralskem, kde se nenachází žádné místo s předpokládaným větším počtem osob, ale stojí zde již řada obytných domů. V případě letního období by byla zasažena okrajová část města, kde se nachází několik obytných domů. V obou ročních obdobích by v těchto oblastech probíhala samovolná evakuace s použitím prostředků individuální improvizované ochrany.

### **Oranžová zóna**

Koncentrace látky, která se dle AGE – 2 nachází v oranžové zóně, nebyla programem TerEx vypočtena. V programu Aloha by v zimním i v letním období koncentrace v této oblasti zasahovala celou obec Hamr na Jezeře. V této oblasti dojde v případě naplnění scénáře k aktivování plánu varování a k informování obyvatelstva. Prostřednictvím koncových prvků varování zapojených do JSVV bude spuštěn varovný signál „všeobecná výstraha“. Současně budou použity vozy HZS LK, Policie ČR, JSDHO a městské police s výstražným rozhlasovým zařízením. Následovat bude informování obyvatelstva, včetně poskytnutí tísňové informace, prostřednictvím místních informačních systémů a hromadných sdělovacích prostředků. Po vyhlášení signálu všeobecná výstraha se občané neprodleně ukryjí do nejbližších budov a vyčkají dalších pokynů. Při úniku chloru se v ZHP pro potřeby ukrytí využívají přirozené ochranné vlastnosti staveb. Podle programu Aloha by došlo k překročení ZHP a k zasažení obce Chrastná, ve které žije cca 42 osob a která je od hranice ZHP vzdálena přibližně 2,6 km, a také k zasažení části města Osečná, ve které žije přibližně 1 135 osob a od hranice ZHP je vzdálená cca 3,8 km. V tomto případě by bylo varování a informování obyvatelstva rozšířeno a využilo by se opět koncových prvků varování zapojených do JSVV. V případě Chrastné se jedná o dva místní

informační hlásiče a v případě Osečné o místní informační systém. Oranžová zóna přesahuje oblast 10 km a zasahovala by do další oblasti, kde už se ale nenachází žádná obytná oblast.

### **Žlutá zóna**

Žlutá zóna byla opět vypočtena pouze v programu Aloha, podle kterého v obou ročních obdobích přesahuje vzdálenost 10 km a došlo by pravděpodobně k zasažení několika obcí. Koncentrace ve žluté zóně již nepředstavuje žádné zvýšené zdravotní riziko. Místní obyvatelé zde budou informováni o vzniku MU místním rozhlasem.

### **Zóna IDLH**

Dle programu Aloha koncentrace nacházející se v zóně IDLH v zimním období zasahuje oblast do vzdálenosti 5,8 km od zdroje, což představuje překročení ZHP o 50 m. V této oblasti se nachází město Stráž pod Ralskem a část obce Hamr na Jezeře. V letním období zóna IDLH dosahuje vzdálenosti 5,4 km od zdroje a zasahuje stejně jako v zimní období město Stráž pod Ralskem a část obce Hamr na jezeře. V letním období k překročení ZHP touto koncentrací v programu Aloha nedojde. V programu TerEx je pro zimním období tato zóna vypočtena do vzdáleno 2,544 km od zdroje úniku a zasahuje město Stráž pod Ralskem. V letním období se tato koncentrace dle programu TerEx vyskytuje do vzdálenosti 1,456 km od zdroje úniku a zasahuje okrajovou část města Stráž pod Ralskem. V případě obou programů spadá oblast, ve které se vykytuje koncentrace chloru v hodnotě IDLH, do oranžové zóny dle koncentrace AEGL - 2.

## **Celkové vyhodnocení provedených modelací úniku amoniaku a chloru**

Provedením komparace úniků amoniaku a chloru modelovaných v programu Aloha a TerEx se ukázalo, že program Aloha v porovnání s programem TerEx vyhodnotil ve všech sledovaných koncentracích látek jak v zimním, tak v letním období nebezpečné zóny výrazně větší. V obou programech došlo ke shodě, že největší ohrožení představuje únik chloru v zimním období.

Červená zóna v žádné z modelací v programech TerEx a Aloha nepokročila ZHP. V žádné z modelací úniků amoniaku ani oranžová zóna nepřekročila ZHP. K překročení oranžové zóny došlo pouze v případě programu Aloha při modelaci úniku chloru, a to v obou ročních obdobích, a k zasažení nebezpečnou koncentrací pro zdraví obce Chrátná a části města Osečná. Žlutou zónu vygenerovala pouze Aloha, která překročila ZHP ve všech provedených modelacích, tato koncentrace ovšem již nepředstavuje zdravotní riziko.

Z provedených modelací a z jejich následné komparace vyplývá, že podle programu TerEx je ZHP stanovena zcela dostatečně. V programu Aloha v případě úniku amoniaku také. V případě úniku chloru však došlo k překročení ZHP nebezpečnou koncentrací pro zdraví o více než 10 % vzdálenosti hranice ZHP od místa úniku.

K překročení ZHP hodnotou koncentrace IDLH došlo pouze v programu Aloha, a to v případě úniku chloru v zimním období, kde byla ZHP překročena o 50 m, čili o méně než 10 % vzdálenosti hranice ZHP od místa úniku.

## 5.8 Zajištění ochrany obyvatelstva v ZHP

Zajištění kvalitní havarijní připravenosti představuje snížení rizika vzniku potenciální závažné havárie, která by mohla ohrozit nejen zaměstnance podniku, ale i obyvatelstvo nacházející se v blízkém okolí zájmového území o. z. TÚU, a v případě jejího vzniku zvyšuje schopnost minimalizovat velikost a rozsah jejích dopadů.

### 5.8.1 Havarijní připravenost v o. z. TÚU

O. z. TÚU má zpracovanou a pravidelně aktualizovanou bezpečnostní dokumentaci, která odpovídá náležitostem, jež jsou stanoveny danými právními předpisy, a zcela plní zásady systému prevence závažných havárií. Dále má o. z. TÚU zavedenu řadu bezpečnostních opatření a v objektu dochází k pravidelné údržbě, kontrolní a revizní činnosti jednotlivých zařízení, která představují riziko vzniku MU spojené s únikem NCHL. V případě, že by i přes zavedená opatření došlo k úniku NCHL, bude o. z. TÚU postupovat dle vnitřního havarijního plánu, který v podniku zajišťuje dodržování odpovídajících postupů a opatření.

Pro zajištění včasného varování je v o. z. TÚU vybudován varovný poplachový systém DIAMO VISO, který je napojený na detekční systém a jehož součástí je několik sirén, kterými je pokryt celý areál o. z. TÚU a jejichž prostřednictvím je prováděno prvotní varování. Po něm následuje relace v závodním rozhlase, upřesňující druh poplachu a ohrožení. Odlehlejší pracoviště lze varovat pomocí pohotovostních vozidel se zabudovaným megafonem, radiostanicí či telefonicky. V případě, že následky havárie přesahují hranice o. z. TÚU, dochází k varování obyvatelstva dle vnějšího havarijního plánu.

Pro zajištění havarijní připravenosti je v o. z. TÚU vybudován havarijní sklad, ve kterém se nachází vybavení potřebné k provádění zásahu. Dále podnik disponuje řadou neutralizačních prostředků, havarijních ochranných prostředků a technických prostředků [59].

Podnik má také svoji vlastní jednotku požární ochrany IV, kterou je závodní báňská záchranná služba (dále jen ZBZS) Hamr. Ten je aktivován v případě úniku NCHL, zejména amoniaku a chloru. Dále se ZBZS podílí na školení zaměstnanců objektu v oblasti první pomoci, používání sebezáchranných a oživovacích přístrojů. Provádí kontrolu zařízení havarijní prevence atd. Kromě běžné výjezdové techniky disponuje pro provedení zásahu cisternovou automobilovou stříkačkou typu N3G SCANIA, která má kromě klasického požárního vybavení i vysokotlaké požární čerpadlo, možnost velkoobjemového hašení, vyprošťovací pětitonový naviják, elektropneumaticky ovládaný osvětlovací stožár, plovoucí čerpadlo, elektrocentrálu, normou stěnu a clony pro vytvoření vodní stěny k zamezení úniku toxických plynů [72].

V rámci podniku se během roku ve spolupráci s ZBZS Hamr provádí cvičné poplachy, cvičné požární poplachy a také nácviky zásahových instrukcí, které jsou realizovány dle daného plánu. Při nich dochází mimo jiné i k nácviku zdolávání MU s únikem NCHL za účelem efektivního provedení zásahu a k minimalizaci následků v případě jejího vzniku.

Sklad amoniaku, ve kterém se nachází zásobníky s amoniakem, je oplocený a zajištěný kamerovým systémem a fyzickou ostrahou. Sklad je vybaven detekčním systémem úniku toxického plynu, který je tvořen detekčními zařízeními umístěnými ve dvojicích v oblastech, kde by mohlo dojít k úniku amoniaku. Sklad je dále vybaven systémem plynové detekce, který zajišťuje

nepřetržitou kontrolu koncentrace amoniaku v ovzduší. V případě dosažení mezní koncentrace amoniaku v ovzduší systém automaticky vyšle signál do DIAMO VISO a současně přitom dojde k aktivaci skrápěcího zařízení. Zásobníky amoniaku jsou vybaveny místním a dálkovým měřičem tlaku, dálkovým měřičem teploty, měřičem hladiny, havarijním snímačem z důvodu možného přeplnění zásobníku a dvěma pojistnými ventily. Pod zásobníky jsou instalované záchytné havarijní jímky.

Sklad chloru, ve kterém se nachází zásobníky chloru, je stejně jako sklad amoniaku oplocený a zabezpečený kamerovým systémem. Zásobníky jsou umístěny v tlakově odolné budově s hermeticky uzavíratelnými dveřmi. Sklad je dále vybaven vzduchotechnikou, která zajišťuje pravidelné automatické odvětrávání skladu. Systém vzduchotechniky je napojen na detekční zařízení úniku chloru a likvidační jednotku, která je aktivována v případě zjištění vyšší koncentrace chloru. Je zde také umístěno několik detektorů úniku chloru a jsou zde naistalována STOP tlačítka, která umožňují spuštění optické a akustické signalizace, spuštění skrápěcího systému a uzavření vzduchotechniky a redukčních ventilů. Zásobníky chloru jsou vybaveny místním a dálkovým měřičem tlaku, dálkovým měřičem teploty, tenzometrickými vahami a pojistným ventilem vyvedeným do zásobníku na odplynování. Pod jednotlivými zásobníky jsou také instalovány záchytné havarijní jímky.

### **5.8.2 Havarijní připravenost v ZHP o. z. TÚU**

Pro ZHP je HZS Libereckého kraje (dále jen LK) vypracován vnější havarijní plán, který byl aktualizován v roce 2016. Plán plní náležitosti stanovené vyhláškou č. 226/2015 Sb., je stručný, přehledný a obsahuje veškeré potřebné informace nezbytné k efektivnímu zvládnutí MU spojené s únikem NCHL

v o. z. TÚU. Opatření ochrany obyvatelstva jsou v plánu zajištěna zejména formou plánování konkrétních činností. Jediným jeho nedostatkem je, že v něm jsou zastaralé údaje o množství NCHL, které se v podniku od té doby výrazně snížilo, a dále že v plánu nedošlo k aktualizaci při změně organizace areálu objektu, která byla provedena v roce 2018.

Při aktualizaci vnějšího havarijního plánu o. z. TÚU v roce 2016 byl za účelem zajištění informovanosti osob v ZHP připraven leták „*Informace pro veřejnost v zóně havarijního plánování*“, ve kterém se nachází mimo jiné základní informace o objektu, popis NCHL (amoniak a chlor), které zde představují riziko vzniku závažné havárie, způsob varování a informování obyvatelstva, žádoucí chování osob při havárii a odkaz na bližší informace. Leták je distribuován obyvatelstvu v ZHP [57].

V ZHP o. z. TÚU se také provádí preventivní výchovná činnost, a to prostřednictvím každoroční preventivní výchovné akce, která je určena žákům a učitelům ZŠ Stráž pod Ralskem, jež se nachází v ZHP. Během akce jsou žáci a učitelé seznámeni s informacemi o možném ohrožení spojeném s únikem chloru a amoniaku a s pokyny, jak v případě úniku těchto látek postupovat. Dále mají možnost si prakticky vyzkoušet vytvoření improvizované ochrany dýchacích cest, očí a celého těla. Během akce jsou žáci také seznámeni s technikou a vybavením, které v případě MU používá HZS [57].

Dále jsou v rámci zajištění ochrany obyvatelstva a efektivního zdolávání úniku NCHL prováděna HZS LK ve spolupráci se ZBZS Hamr na Jezeře pravidelná cvičení, která jsou zaměřena právě na zásah při MU s únikem amoniaku a chloru.



Ochrana obyvatelstva v ZHP o. z. TÚU je dále zajištěna opěrným bodem pro likvidaci havárií nebezpečných látek HZS Ústeckého kraje, do jehož obvodu spadá území obce s rozšířenou působností Česká Lípa a který pro provádění zásahu při havárii s nebezpečnými látkami disponuje speciální technikou a potřebným počtem hasičů pro obsluhu této techniky.

### **5.9 Návrh opatření pro zvýšení chemické bezpečnosti a ochrany obyvatel v ZHP o. z. TÚU**

- Doplnění informačních letáků o způsob použití improvizované ochrany a o základy poskytování první pomoci v případě zasažení osob nebezpečnou látkou.
- Rozšíření výchovné činnosti ve formě besed pro další obyvatelstvo v ZHP.
- Pravidelné provádění ncviku evakuace ve vybraných zařízeních s předpokládaným výskytem většího počtu osob.
- Aktualizace vnějšího havarijního plánu s ohledem na změnu organizace areálu o. z. TÚU a změnu množství NCHL.
- Distribuce informačních letáků i do obcí, které se nachází v blízkosti ZHP.

### **5.10 Vyhodnocení hypotéz**

V diplomové práci jsou v kapitole 2 stanoveny dvě hypotézy, které jsou v této kapitole vyhodnoceny.

**Hypotéza 1** tvrdí, že ochrana obyvatelstva nacházejícího se v ZHP je ve vztahu k úniku NCHL z o. z. TÚU zajištěna dostatečně a není třeba provádět změny v bezpečnostních opatřeních.

Tato hypotéza byla potvrzena. O. z. TÚU má adekvátně zpracovanou a pravidelně aktualizovanou bezpečnostní dokumentaci. Dále má zavedena bezpečnostní opatření, která významně snižují pravděpodobnost vzniku závažné havárie spojené s únikem NCHL, jež by měla dosah i za zájmové území objektu. V případě, že by došlo k úniku NCHL, je o. z. TÚU schopen efektivně minimalizovat možné dopady případné závažné havárie, a to díky vnitřnímu havarijnímu plánu, který zajišťuje přijetí odpovídajících postupů a opatření v podniku, a dále díky podnikovým hasičům a pravidelným cvičením.

Dále je pro ZHP kvalitně vypracován vnější havarijní plán, ve kterém je náležitě zajištěna ochrana obyvatelstva. Jediným jeho nedostatkem je, že v něm není provedena aktualizace ve vztahu ke změně organizace o. z. TÚU a snížení množství NCHL v objektu. To však nepředstavuje nedostatek závažného charakteru a nijak to nesnižuje úroveň zajištění ochrany obyvatelstva v ZHP.

V rámci zajištění bezpečnosti a efektivního zdolávání úniku NCHL provádí HZS LK ve spolupráci se ZBZS Hamr na Jezeře pravidelná cvičení, která jsou zaměřena právě na zásah při MU s únikem amoniaku a chloru. V oblastech nacházející se v ZHP se také provádí preventivní výchovná činnost a informování veřejnosti formou pravidelného pořádání besed a přednášek za účelem informování o možném vzniku MU spojené s únikem NCHL a k zajištění připravenosti obyvatel na tuto MU. Dále je pro informovanost a připravenost obyvatel v ZHP zpracován informační leták, který je mezi obyvatelstvo distribuován.

**Hypotéza 2** tvrdí, že výsledky modelací úniků NCHL z o. z. TÚU, představující nejvyšší míru ohrožení, nepřekročí v nebezpečné koncentraci hranici ZHP o více než 10 % vzdálenosti hranice ZHP od místa úniku.

Z výsledků modelací vybraných scénářů v zimním a letním období v případě úniku amoniaku vyplývá, že k překročení ZHP nebezpečnou koncentrací ani v jednom programu nedošlo. V programu Aloha došlo k překročení ZHP nebezpečnou koncentrací pro zdraví o více jak 10 % v případě modelace úniku chloru, a to v obou ročních obdobích. Program TerEx tyto hodnoty koncentrace nevygeneroval, lze se proto reálně opřít jen o koncentrace IDLH, které v ani jedné z modelací úniku chloru ZHP nepřekročily. Při přihlédnutí k veškerým skutečnostem, zejména té, že je únik chloru omezen budovou, ve které se zásobník nachází, lze konstatovat, že za standardních podmínek by k překročení nebezpečnou koncentrací pro zdraví ZHP nedošlo. Na základě těchto skutečností byla tato hypotéza potvrzena.

## 6 DISKUZE

V rámci této části diplomové práce jsou shrnuty a interpretovány získané výsledky, které jsou okomentované autorem práce. Výsledky jsou zde také porovnány s výsledky autorů jiných prací s obdobnou tematikou. Pro přehlednost jsou řešené oblasti rozděleny do několika podkapitol.

### 6.1 Analýza rizik

V praktické části byly nejprve provedeny dvě analýzy rizik za účelem selekce nejvýznamnějšího zdroje rizika v objektu, a to předběžná a multikriteriální analýza. Obě byly zvoleny z toho důvodu, že pracují se vztahem dvou faktorů, kterými jsou následky a pravděpodobnost vybraných hrozeb. Dalším aspektem je, že informace, které jsou pro jejich provedení nezbytné, lze bez větších problémů získat, nebo se dají na základě statistik kvalifikovaně odhadnout. To s sebou ale přináší i možnou nepřesnost jejich výsledků a lze je tedy brát pouze orientačně. V provedené multikriteriální analýze nebyly zvažovány sociální faktory, a to z důvodu zaměření práce zejména na ochranu života a zdraví osob v ZHP.

Výsledky předběžné a multikriteriální analýzy ukázaly, že největší možné riziko v podniku o. z. TÚU, které by mohlo zapříčinit vznik závažné průmyslové havárie, jejíž dopady by mohly zasahovat i za zájmové území objektu, představuje únik NCHL. Zároveň je důležité podotknout, že dopady veškerých hrozeb, se kterými bylo v analýzách počítáno, a zejména těch, které byly vyhodnoceny jako nepřijatelné, by mohly vést k zapříčinění následného úniku NCHL. To potvrzuje, že přítomnost NCHL v objektu představuje největší bezpečnostní riziko nejen pro samotný podnik, ale i pro obyvatelstvo nacházející

se v jeho blízkosti. Tyto výsledky jsou v souladu s Analýzou hrozeb pro ČR, kterou byl jako jedno z nepřijatelných rizik vyhodnocen únik NCHL ze stacionárního zařízení [73]. Výsledky analýz v této práci lze také komparovat s bakalářskou prací Aleny Korbelové s názvem „Analýza úniku nebezpečných chemických látek z podniku SPOLANA a.s. “. V této práci autorka provedla za účelem zjištění nepřijatelných rizik pro daný podnik multikriteriální analýzu, ve které došla ke stejnému závěru, tj. že jedním z nepřijatelných rizik je právě únik NCHL [74]. Obdobně tomu bylo i v diplomové práci autorky Bc. Marie Schmidtové, DiS., s názvem „Analýza a modelace úniku nebezpečné chemické látky ze stacionárního zařízení“, kde jako největší zdroj ohrožení související s vnitřními faktory vyšel také únik NCHL [75]. Z výsledků analýz výše uvedených prací a této diplomové práce je tedy možné konstatovat, že v objektech, kde se nakládá s větším množstvím NCHL, představuje právě jejich únik jedno z největších bezpečnostní rizik.

Jako další hrozby, jejichž míra rizika byla v analýzách této práce vyhodnocena jako nepřijatelná a je vhodné se zde o nich zmínit, jsou požár velkého rozsahu, požár vlivem výroby a exploze mimo i vně areálů. Požár jakéhokoliv původu a stejně tak i exploze představují velké ohrožení, a to nejen svými vlastními ničivými účinky, ale z velké části i tím, že mohou být spouštěčem řady dalších druhů ohrožení, a to nejen v objektech kde se nakládá s NCHL. Což potvrzuje obecnou pravdu, že je potřeba věnovat požární ochraně, stejně tak jak chemické ochraně, patřičnou pozornost zejména formou kvalitně zpracované dokumentace požární ochrany, prováděním cvičení, ale i řádnými školeními BOZP atd.

Mezi další hrozby, které byly vyhodnoceny jako nepřijatelné, patří zejména ty, které jsou spojené s faktem, že se v objektu nakládá s NCHL a tyto by mohly být

spouštěčem vzniku závažné havárie. Jedná se o rizika, jejichž míra se dá velmi dobře snížit zejména přijetím preventivních opatření. Řada těchto opatření je v o. z. TÚU zavedena a pravděpodobnost vzniku havárie je jimi snížena na přijatelnou úroveň. Do této kategorie spadají např. technická či technologická závada, nedodržení bezpečnostních předpisů atd. V analýzách se do kategorie nepřijatelných rizik dostaly díky možným následkům, které mohou způsobit.

Hrozby, které byly analýzami vyhodnoceny jako podmíněčně přijatelné a přijatelné jsou především ty, jejichž pravděpodobnost může být oproti ostatním hrozbám výrazně větší, ale jejich následky nepřestávají tak velké bezpečnostní ohrožení, nebo se jedná o hrozby u kterých mohou mít jejich následky velký dopad, ale jejich pravděpodobnost je velmi nízká anebo je dostatečně snížena zavedenými bezpečnostními opatřeními. V této práci se jedná především o abiotické zdroje rizik, dále například o terorismus, pád letadla, kriminální činnost, špatná údržba či sabotáž.

## **6.2 Modelace úniku NCHL**

Pro modelaci úniku NCHL existuje řada softwarových programů; pro tuto diplomovou práci byly použity dva softwarové nástroje, kterými jsou Aloha a TerEx, jejichž výstupy byly komparovány navzájem a rovněž se ZHP o. z. TÚU.

Pro účely provedení série modelací úniku NCHL byly v závislosti na nebezpečných (fyzikálně chemických) vlastnostech, množství a umístění NCHL, s kterými se v podniku nakládá, identifikovány dva hlavní zdroje rizik, kterými jsou zásobník amoniaku a zásobník chloru. Pro tyto dva zdroje byl zvoleny dva scénáře úniku, v jejichž rámci dojde k provozní havárii, která je zapříčiněna technickou závadou. Tou je utržení instrumentálního

potrubí při přečerpávání látek ze zásobníků do autocisteren. Oba scénáře byly následně modelovány pomocí zmíněných softwarových nástrojů v podmínkách letního a zimního období. Tyto scénáře byly zvoleny především na základě poskytnutých dat, dále z důvodu možnosti komparace úniku dvou rozdílných látek a v neposlední řadě proto, že při jejich naplnění by mohly následky úniků NCHL zasahovat i za zájmové území o. z. TÚU. Scénáře zároveň představují vhodné podklady pro zkoumání havarijní připravenost a ochrany obyvatelstva v ZHP. U zásobníku chloru je pravděpodobnost, že by k naplnění takového scénáře došlo, několikanásobně menší, než u zásobníku amoniaku, který se nachází venku. Zásobník chloru se totiž nachází v tlakově odolné budově s hermeticky uzavíratelnými dveřmi. K tomu, aby se látka dostala z budovy ven, by musela být v případě utržení instrumentálního potrubí současně narušena těsnost budovy, případně by musely být například otevřeny jedny ze vstupních dveří. I přesto, že je pravděpodobnost naplnění scénáře s únikem chloru velmi nízká, není to zcela vyloučit. Také je nutné zdůraznit, že v objektu je kromě zmíněné tlakově odolné budovy zavedena řada dalších preventivních bezpečnostních opatření, předcházejících úniku NCHL.

Reálnost zvolených scénářů lze podpořit skutečnou událostí, konkrétně chemickou havárií, která se stala v USA ve městě Festus v areálu podniku DPC Enterprises, L.P., 14. srpna 2002 v dopoledních hodinách. Tehdy došlo k technické závadě v podobě roztržení hadice, kterou byl přečerpáván chlor z železniční cisterny do zařízení. Z cisterny následně uniklo přibližně 22 tun chloru a únik byl zastaven po necelých třech hodinách. Díky bezpečnostním opatřením došlo ke včasné detekci úniku a k uzavření ventilů v přečerpávacím a plnicím zařízení, čímž došlo k úniku chloru pouze ze železniční cisterny. Oblast v blízkém okolí havárie byla evakuována a nebezpečnou koncentrací bylo zasaženo a následně bylo hospitalizováno 66 osob. Většina intoxikovaných osob

se v době havárie nacházela v nedalekém kempu, který je od místa úniku vzdálený cca 200 m [76].

Oba softwarové nástroje, které byly pro zpracování práce využity, mají své silné i slabé stránky. V případě programu TerEx je jeho silnou stránkou skutečnost, že je přehledný, pracuje v českém jazyce a orientace v něm je jednoduchá. Pro výpočet nebezpečných zón a nebezpečných koncentrací v nich je však v případě zvolení modelu DEGAS se způsobem rozptylu látky Horizontální tryskový únik (jet) nezbytné zadat čas trvání úniku. Tento údaj musí být získán buď např. z vyšetřovací zprávy v případě, že k úniku již došlo a modeluje se reálná havárie, nebo musí být tato data zjištěna pomocí jiného SW nástroje. Tak tomu bylo i v této práci, kdy byly využity časy trvání úniku vygenerované programem Aloha. Autor práce toto považuje za velmi omezující faktor tohoto programu. TerEx pracuje s hodnotami koncentrací látky v  $\text{mg}/\text{m}^3$ , které je zapotřebí pro zjištění předem stanovených koncentrací (ERPG, AEGL, IDLH) nebo pro účely komparace s výsledky programu Aloha převést na hodnoty ppm. Tyto převody pro uživatele představují určitou komplikaci při získávání potřebných dat. Kromě vygenerování dvou nebezpečných zón, ve kterých se vyskytují koncentrace látky, je výstupem z programu TerEx graf, na kterém jsou úrovně koncentrace látky znázorněny pomocí osy ve vztahu ke vzdálenosti od zdroje úniku. Tato osa však zdaleka neukazuje všechny hodnoty a zjištění koncentrací mimo konkrétní vypočtené vzdálenosti je nemožné; pro odhad přibližných hodnot musí uživatel jednotlivé hodnoty průměrovat, což do výsledků zanáší nepřesnosti.

Další nevýhodou dle autora této práce je, že oproti Aloha nelze v programu TerEx zadat konkrétní hodnoty koncentrace, pro které by byly následně vyhodnoceny zóny ohrožení, což představuje ztížení komparace výsledků



a celkově znemožnění získání konkrétních dat s kterými by uživatel mohl chtít pracovat. Model DEGAS není schopen modelovat únik v případě, že se zdroj úniku nenachází přímo na zemi (v nulové výšce), což je další faktor, kterým jsou jeho výsledky ovlivněny. V programu dále nelze nastavit konkrétní procento relativní vlhkosti, uživatel si musí zvolit z předem stanovených hodnot. Toto by asi nemuselo hrát nějakou větší roli v nepřesnosti výsledů, ale je to další faktor, kterým jsou výsledky, alespoň v malé míře, ovlivněny. Program je omezen určitou vzdáleností, do které je schopen vypočítat koncentrace látky nacházejících se v ovzduší či velikostí koncentrace látky, kterou je schopen v závislosti na její vzdálenosti od zdroje vygenerovat. V této práci bylo tímto omezením znemožněno komparovat některé sledované koncentrace, jež byly v programu Aloha vypočteny.

TerEx disponuje vlastním mapovým rozhraním, kde se dají výsledné nebezpečné zóny na pár kliknutí umístit na vybrané místo na mapě; tato funkce programu velmi usnadnila vyhodnocení a komparaci výsledků, a také poskytla lepší představu pro následné řešení modelovaných scénářů ve vztahu k ochraně obyvatelstva, které by bylo nebezpečnými koncentracemi zasaženo.

Program Aloha je v porovnání s programem TerEx méně intuitivní a pro zorientování se v něm je zapotřebí více času. Je nutné podotknout, že výstup modelací je závislý na poměrně velkém množství vstupních dat, což může představovat komplikace v případě, že uživatel nemá dostupná všechna potřebná data. Program je schopen vygenerovat zóny ohrožení dle zvolených konkrétních koncentrací látky, podle přesných potřeb autora. Program pro výběr koncentrací nabízí předem stanovené hodnoty (ERPG, AEGL, IDLH), ze kterých si uživatel může vybrat, nebo může uživatel v programu sám zadat přesné koncentrace, se kterými chce počítat, a to v několika jednotkách

(ppm, mg/m<sup>3</sup> atd.). Toto bylo v práci ve velké míře využito ke sledování poměrně velkého množství hodnot koncentrací látek, a zároveň při komparaci výsledků s programem TerEx, kdy mohly být hodnoty vygenerované programem TerEx pomocí této funkce jednoduše přeneseny do programu Aloha.

Program Aloha oproti programu TerEx negeneruje graf, který by znázorňoval osu celé modelace úniku, jež by udávala koncentrace látky ve vztahu k vzdálenosti od zdroje úniku. Má oproti tomu funkci Threat at Point, která je schopna po zadání konkrétní vzdálenosti ukázat koncentraci látky, která se v této vzdálenosti vyskytuje. Tato funkce je však limitována možnou vzdáleností, konkrétně 10 km, do které je schopna modelovat nebezpečné zóny. V této práci byly tímto omezením ovlivněny výsledky modelací v případě úniku chloru, kde žluta i oranžová zóna tuto vzdálenost přesáhly a další šíření koncentrace látky bylo možné pouze odhadnout. Aloha je omezena i dobou, po kterou je schopna modelovat únik, a to 60 minutami. Pro tuto práci to představovalo omezení výsledků u modelace úniku chloru, kdy doba úniku tuto hranici přesáhla.

Program Aloha sice nedisponuje jako TerEx vlastním mapovým rozhraním, ale jeho výsledky se dají poměrně jednoduše přenést na mapový podklad pomocí programu MARPLOT, což velmi usnadnilo vyhodnocení a komparaci výsledků a vytvořilo i lepší představu pro řešení modelovaných scénářů.

Vzhledem k uvedeným nedostatkům použitých modelových SW autor došel k závěru, že výsledky získané z obou programů lze brát pouze jako orientační a nelze na jejich základě tvrdit, zda je ZHP stanovena dostatečně či nedostatečně.

V provedených modelacích byly ve všech případech zóny ohrožení vygenerované v programu Aloha značně rozsáhlejší, než zóny vygenerované v programu TerEx. I přes velký rozdíl vygenerovaných nebezpečných zón se ve všech provedených modelacích oba programy shodly v tom, že nejhorším z vybraných scénářů úniku NCHL je únik chloru, zejména v zimním období. Při něm bylo zasaženo chlorem v koncentraci nebezpečné pro životy celé město Stráž pod Ralskem a koncentrace nebezpečná pro zdraví by zasáhla celou obec Hamr na Jezeře. Tyto oblasti se nachází v ZHP a bylo by zde v případě uskutečnění scénáře postupováno dle vnějšího havarijního plánu o. z. TÚU. Koncentrace nebezpečná pro zdraví ale překročila o více jak 10 % i ZHP a došlo by tak k zasažení obce Chrásná a části města Osečná. V tomto případě autor práce navrhuje rozšíření varování a informování obyvatelstva i do těchto oblastí prostřednictvím místních informačních systémů a v případě potřeby by mohly být využity i vozy PČR a městské policie s výstražným rozhlasovým zařízením.

Koncentrace látky v hodnotách ERPG – 1 a AEGL – 1, které jsou označeny jako žluté zóny ohrožení, byly vyhodnoceny pouze programem Aloha. Ve všech provedených modelacích u nich došlo k překročení ZHP. Tyto koncentrace však již nepředstavují ohrožení životů či zdraví a v oblastech, kde se vykytují, tedy není zapotřebí provádět opatření v oblasti ochrany obyvatelstva.

V programech není brán ohled na zavedená bezpečnostní opatření, která by v případě úniku NCHL velmi snížila jeho rozsah i následky. Navíc rozdílnost vygenerovaných nebezpečných zón v programech přesahuje ve velké míře 10 %. Tento fakt potvrzuje již dřívější konstatování autora, že provedené modelace lze brát pouze orientačně a i přesto, že v případě chloru v programu Aloha došlo k překročení ZHP o více jak 10 %, nelze na tomto základě tvrdit, že je ZHP stanovena nedostatečně. Z těchto důvodů se autor kloní spíše k výsledkům,

kteřé byly vygenerovány v programu TerEx, jež nepředstavují tak velký rozsah ohrožení a ve kterých v žádné z modelací nedojde k překročení ZHP objektu nebezpečnou koncentrací. Vhodné je také zdůraznit, že i kdyby došlo k naplnění scénářů dle programu Aloha, tj. k překročení ZHP nebezpečnou koncentrací chloru a k zasažení obytných zón, dala by se opatření ochrany obyvatelstva zakotvená ve vnějším havarijním plánu operativně rozšířit i do těchto oblastí. Výsledky modelací lze komparovat s bakalářskou prací Pavlína Cejpkové s názvem „Analýza a modelace úniku nebezpečné chemické látky ze stacionárního zdroje ohrožení“, která ve své práci došla k obdobným výsledkům, tedy že při modelaci úniku NCHL v daném podniku v programu Aloha dojde k překročení ZHP a v případě programu TerEx k překročení ZHP nedojde [67]. Dalo by se tedy konstatovat, že výsledky, které generuje program Aloha jsou více nadhodnoceny a nelze na jejich základě tvrdit, že jsou ZHP daných podniků stanoveny nedostatečně.

Provedené modelace úniku těžkých plynů (amoniak a chor) v podmínkách dvou ročních období, tedy za odlišných meteorologických podmínek, dále potvrdily i závěry kolektivu autorů publikace s názvem „Rozptyl těžkého plynu v atmosféře“ [78], tj. že meteorologické podmínky mají zásadní vliv na množství uniklé látky a na šíření těžkého plynu v atmosféře.

### **6.3 Zajištění ochrany obyvatelstva v ZHP**

Základem ochrany obyvatelstva v ZHP je předcházení vzniku závažné chemické havárie; zde hraje velkou roli kvalitně zpracovaný systém prevence havárií v o. z. TÚU, který je v objektu zajištěn formou bezpečnostní dokumentace a preventivními bezpečnostními opatřeními, jež mají za úkol předcházet vzniku závažných havárií a v případě jejich vzniku napomoci snížení

jejich následků. V průběhu vypracovávání této diplomové práce autor několikrát navštívil o. z. TÚU, kde mu bylo umožněno podrobně se seznámit s bezpečnostní dokumentací podniku a se zavedenými preventivními bezpečnostními opatřeními. Díky nim jsou veškerá hodnocená bezpečnostní rizika v podniku snížena na přijatelnou úroveň a jsou tak splněny všechny zásady a stanovené cíle systému prevence závažných havárií podniku. Na základě této skutečnosti lze konstatovat, že je systémem prevence závažných havárií v o. z. TÚU na velmi dobré úrovni. Toto tvrzení se shoduje s výsledky diplomové práce Mgr. Martina Klátily s názvem „Analýza rizik DIAMO, státní podnik – odštěpný závod Těžba a úprava uranu Stráž pod Ralskem“ z května 2018, kde autor došel k závěru, že systém prevence závažných havárií o. z. TÚU je zapotřebí hodnotit kladně a že jeho cíle a poslání jsou naplňovány beze zbytku ku prospěchu o. z. TÚU a obyvatel obcí, nacházejících se v blízkém okolí zájmového území objektu [79].

Ochrana obyvatelstva v ZHP je dále zajištěna vnějším havarijním plánem o. z. TÚU, podle kterého se postupuje v případě, že v podniku dojde ke vzniku závažné havárie spojené s únikem NCHL. Plán byl v roce 2016 aktualizován a plní veškeré náležitosti, které jsou stanoveny vyhláškou č. 226/2015 Sb. Plán obsahuje potřebné informace, je stručný a přehledný, což z něj dělá v případě, že by došlo ke vzniku závažné havárie, kvalitní a využitelnou pomůcku, podle které se dá postupovat a zajistit tak bezpečnost obyvatelstva v ZHP.

Mezi další preventivní činnosti, které se provádí za účelem zvýšení bezpečnosti obyvatelstva v ZHP, patří pravidelná cvičení HZS LK ve spolupráci se ZBZS Hamr na Jezeře. Cvičení jsou zaměřena na efektivní zdolávání MU, spojených s únikem amoniaku a chloru. V ZHP se také provádí preventivní výchovná činnost a informování veřejnosti formou pravidelného pořádání besed

a přednášek. Dále je pro informovanost a připravenost obyvatel v ZHP zpracován informační leták, který je distribuován mezi obyvatelstvo.

V této práci byla mimo jiné hodnocena havarijní připravenost zaměřená na ochranu obyvatelstva, nacházejícího se v blízkém okolí o. z. TÚU. Dle uvedených skutečností autor práce konstatuje, že havarijní připravenost v rámci ZHP o. z. TÚU je na velmi dobré úrovni a v bezpečnostních opatřeních není třeba provádět zásadní změny.

#### **6.4 Návrh na opatření**

Jak bylo uvedeno v předchozí podkapitole, zajištění ochrany obyvatelstva je v ZHP o. z. TÚU na velmi dobré úrovni. V návrhu na možná opatření, která by mohla ještě částečně přispět ke zvýšení bezpečnosti v ZHP a jejím blízkém okolí, je doplnění informačních letáků o způsob použití improvizované ochrany a poskytování první pomoci při zasažení osob nebezpečnou látkou (amoniakem a chlorem). Tyto informace jsou již zpracované ve vnějším havarijním plánu podniku a pro realizaci tohoto doporučení by tedy stačilo doplnit je do aktuálně distribuovaných informačních letáků. Současně s aktualizací informačních letáků by mohla být rozšířena oblast, do které jsou letáky distribuovány, konkrétně do obce Chrásná a do města Osečná. Tyto obce se již nenachází v ZHP podniku, ale podle výsledků modelace úniku choru v programu Aloha došlo k jejich zasažení nebezpečnou koncentrací pro zdraví. Tím by došlo minimálně ke zvýšení povědomí jejich obyvatel o možném riziku závažné havárie spojené s únikem NCHL. V ZHP o. z. TÚU je prováděna preventivní výchovná činnost formou každoroční výchovné akce pro žáky a učitele ZŠ Stráž pod Ralskem. V jejím průběhu jsou žáci a učitelé seznámeni s informacemi o možném ohrožení spojeném s únikem chloru a amoniaku

a s pokyny, jak v případě úniku těchto látek postupovat. Dále mají možnost si prakticky vyzkoušet vytvoření improvizované ochrany. Dalším bodem v návrhu opatření je rozšířit tyto besedy i pro ostatní obyvatele nacházející se v ZHP. Zejména například pro osoby v domově pro seniory Pampeliška a osoby v domě s pečovatelskou službou, nacházející se ve Stráži pod Ralskem. Dále je v práci navrženo, aby v objektech s předpokládaným výskytem většího počtu osob (např. ZŠ, MŠ, domov pro seniory, domov s pečovatelskou službou, věznice ve Stráži pod Ralskem a dětský domov se ZŠ v obci Hamr na Jezeře) probíhal pravidelný nácvik evakuace. Posledním bodem návrhu doporučení je provedení aktualizace vnějšího havarijního plánu vzhledem k uskutečněným změnám v organizaci areálu o. z. TÚU a ve snížení množství NCHL v objektu.

## 7 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo na základě provedení předběžné a multikriteriální analýzy a následné série modelací úniku NCHL z o. z. TÚU posoudit, zda je v případě vzniku závažné havárie spojené s únikem NCHL dostatečně zajištěna ochrana obyvatelstva v ZHP objektu.

Výsledky provedených analýz poukázaly na to, že největší bezpečnostní riziko pro vznik závažné havárie a ohrožení obyvatelstva v jeho blízkém okolí představuje únik NCHL z o. z. TÚU. Výsledky modelací úniků vybraných NCHL z objektu ukázaly, že v případě úniku chloru ze zásobníku by mohlo dojít k překročení hranice ZHP objektu. Pravděpodobnost, dopady a rozsah takového úniku jsou však velmi sníženy přijatými bezpečnostními opatřeními. Nelze tedy konstatovat, že by ZHP byla stanovena nedostatečně. Ochrana obyvatelstva v ZHP je zajištěna především kvalitním systémem prevence závažných havárií o. z. TÚU a dobře zpracovaným vnějším havarijním plánem. Z výsledků práce tedy vychází, že ochrana obyvatelstva v ZHP podniku je zajištěna dostatečně a v bezpečnostních opatřeních není třeba provádět změny.



## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ADN – Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách

ADR – Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí

ÁCHÚ – Areál chemické úpravny

CLP – Nařízení Evropského parlamentu o klasifikaci, označování a balení látek a směsí

ERPG – Emergency Response Planning Guidelines

GHS – Globálně harmonizovaného systému klasifikace a označování chemikálií

HAU – Havarijní akční úroveň

HPK – Havarijní přístupná koncentrace

HZS – Hasičský záchranný sbor

IATA-DGR – Bezpečná přeprava nebezpečného zboží vzduchem

IMDG Code – Mezinárodní předpis pro námořní přepravu nebezpečných věcí

IZS – Integrovaný záchranný systém

JSDHO – Jednotka sboru dobrovolných hasičů

JSVV – Jednotný systém varování a vyrozumění

LK – Liberecký kraj

MIS – Místní informační systém

MU – Mimořádná událost

NCHL – Nebezpečné chemické látky a směsi

NDS – Neutralizační a dekontaminační stanice

NDS ML – Neutralizační a dekontaminační stanice matečné louhy

NL – Nebezpečné látky

o. z. TÚU – DIAMO, státní podnik, odštěpný závod Těžba a úprava uranu

PaFO – Právnícké a fyzické osoby

PaPFO – Právnícké osoby a podnikajících fyzické osoby

PČR – Policie České republiky

ppm – Parts per million

REACH – Nařízení Evropského parlamentu a Rady o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických

RID – Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí

SKLR – Stanice likvidace kyselých roztoků

STS – Středisko technických služeb

VP – Vyluhovací pole

VÚ – Výrobní úsek

ZaLP – Záchranné a likvidační práce

ZBZS – Závodní báňská záchranná služba

ZHP – Zóna havarijního plánování

ŽP – Životní prostředí

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. KOLEKTIV AUTORŮ. Ochrana obyvatelstva a krizové řízení: skriptá. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. ISBN 978-80-86466-62-0.
2. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU ze dne 4. července 2012 o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek a o změně a následném zrušení směrnice Rady 96/82/ES. In: Úřední věstník Evropské unie
3. European commission: Analysis and summary of Member States' reports on the implementation of Directive 96/82/EC on the control of major accident hazards involving dangerous substances [online]. 2017 [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-92-79-35682-7. Dostupné z: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/26c9aa63-523e-11e7-a5ca-01aa75ed71a1/language-en>
4. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, o změně směrnice 1999/45/ES a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 793/93, nařízení Komise (ES) č. 1488/94, směrnice Rady 76/769/EHS a směrnic Komise 91/155/EHS, 93/67/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES. In: Úřední věstník Evropské unie
5. ECHA. Socio-economic impacts of REACH authorisation [online]. 2021 [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-92-9481-907-9. Dostupné z: [https://echa.europa.eu/documents/10162/13637/socioeconomic\\_impact\\_reach\\_authorisations\\_en.pdf/12a126f2-9267-1dcd-75e3-ce0f072918e4](https://echa.europa.eu/documents/10162/13637/socioeconomic_impact_reach_authorisations_en.pdf/12a126f2-9267-1dcd-75e3-ce0f072918e4)
6. 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 (Text s významem pro EHP). In: Úřední věstník Evropské unie
7. ECHA. Introductory Guidance on the CLP Regulation [online]. 2019 [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-92-9481-026-7. Dostupné z: [https://echa.europa.eu/documents/10162/2324906/clp\\_introductory\\_en.pdf/b65a97b4-8ef7-4599-b122-7575f6956027](https://echa.europa.eu/documents/10162/2324906/clp_introductory_en.pdf/b65a97b4-8ef7-4599-b122-7575f6956027)
  8. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/68/ES ze dne 24. září 2008 o pozemní přepravě nebezpečných věcí (Text s významem pro EHP). In: Úřední věstník Evropské unie
  9. Economic Commission for Europe Inland Transport Committee. ADR European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road [online]. 2018 [cit. 2023-05-01]. ISBN 978-92-1-363312-0. Dostupné z: [https://unece.org/DAM/trans/publications/ADR\\_2019\\_vol1\\_1818953\\_E.pdf](https://unece.org/DAM/trans/publications/ADR_2019_vol1_1818953_E.pdf)
  10. Zákon č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií). In: Sbírka zákonů České republiky
  11. Vyhláška č. 225/2015 Sb. o stanovení rozsahu bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu zařazeného do skupiny A nebo skupiny B. In: Sbírka zákonů České republiky
  12. Vyhláška 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. In: Sbírka zákonů České republiky

13. Vyhláška č. 227/2015 Sb. o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku. In: Sbírka zákonů České republiky
14. Vyhláška č. 228/2015 Sb. o rozsahu zpracování informace veřejnosti, hlášení o vzniku závažné havárie a konečné zprávy o vzniku a dopadech závažné havárie. In: Sbírka zákonů České republiky
15. Vyhláška č. 229/2015 Sb. o způsobu zpracování návrhu ročního plánu kontrol a náležitostech o obsahu informace o výsledku kontroly a zprávy o kontrole. In: Sbírka zákonů České republiky
16. Zákon č. 350/2011 Sb. o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). In: Sbírka zákonů České republiky
17. Vyhláška Ministerstva vnitra č. 328/2001 Sb. o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému. In: Sbírka zákonů České republiky
18. Vyhláška Ministerstva vnitra č. 380/2002 Sb. k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva. In: Sbírka zákonů České republiky
19. HON, Zdeněk, Michaela MELICHAROVÁ a Leoš NAVRÁTIL. Modelování nebezpečných dopadů chemických havárií. In: Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí. Žilina: Žilinská univerzita, 2016, s.770. ISBN 978-80-554-1213-9.
20. BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG. Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií. 2. Frýdek-Místek: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. ISBN 978-80-7385-005-0.
21. PURKAIT, Mihir, Piyal MONDAL, Murchana CHANGMAI, Vikranth VOLLI a Chi-Min SHU. Hazards and Safety in Process Industries: Case Studies. 1. Boca Raton: CRC Press, 2021. ISBN 978-0-367-51651-2.)

22. MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. Radiační a chemické havárie. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5.
23. HZS hlavního města Prahy. Prevence závažných havárií [online]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/krizove-rizeni-a-cnp-prevence-zavaznych-havarii-prevence-zavaznych-havarii.aspx>
24. RICHTER, Rostislav. Slovník pojmů krizového řízení. Vydání první. Praha: Ministerstvo vnitra, Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2018. ISBN 978-80-87544-91-4.
25. 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.
26. 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
27. MVČR. Terminologický slovník pojmů z oblasti krizového řízení, ochrany obyvatelstva, enviromentální bezpečnosti a plánování obrany státu [online]. Praha, 8. 6. 2016. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/soubor/terminologicky-slovník-mv-verze-ke-stazeni.aspx>
28. ENVIGROUP. Příručka k nařízení CLP [online]. Dostupné z: <https://ekohelp.cz/view/article/61>
29. EVROPSKÁ AGENTURA PRO CHEMICKÉ LÁTKY. Úvodní pokyny k nařízení CLP [online]. 2019, s. 92. Dostupné z:

[https://www.echa.europa.eu/documents/10162/23036412/clp\\_introductory\\_cs.pdf/820e6975-6223-4e5e-b1ca-87a5adb15666](https://www.echa.europa.eu/documents/10162/23036412/clp_introductory_cs.pdf/820e6975-6223-4e5e-b1ca-87a5adb15666)

30. MATĚJKA, Jiří. Chemická služba: učební skripta. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2012. ISBN 978-80- 87544-09-9
31. HZS ČR Moravskoslezského kraje. Výstražné symboly dle ES 1272/2008. In: Hasičský záchranný sbor České republiky [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/nebezpecne-latky.aspx>
32. EKOHELP. Seznam H-vět - standardní věty o nebezpečnosti (H věty) podle směrnice CLP (1272/2008/ES) [online]. Dostupné z: <https://ekohelp.cz/view/article/1>
33. EKOHELP. Seznam P-vět - pokyny pro bezpečné zacházení (P věty) podle směrnice CLP (1272/2008/ES) [online]. Dostupné z: <https://ekohelp.cz/view/article/2>
34. Požáry.cz. Kemler a UN – označování nebezpečných látek při silniční přepravě [online]. 17.01.2012. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>
35. Externí bezpečnostní poradce ADR. Význam čísel na oranžových tabulkách. In: Adr-dgsa.cz [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <http://www.adr-dgsa.cz/oranzove-tabulky.html#>
36. Požáry.cz. Hazchem a Diamant – označování nebezpečných látek při silniční přepravě [online]. 24.01.2012. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/50602-hazchem-a-diamant-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>

37. BRÍZA, Jan et al. Ochrana obyvatelstva v případě krizových situací a mimořádných událostí nevojenského charakteru. 1. vydání. Brno: Tribun EU, 2014. ISBN 978-80- 263-0722-8.
38. MINISTERSTVO VNITRA generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. Požadavky na zařízení pro jednotný systém varování a vyrozumění a postup při schvalování připojení nových zařízení do jednotného systému varování a vyrozumění [online]. 4.2.2022, s. 77. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/soubor/pozadavky-na-zarizeni-pro-jednotny-system-varovani-a-vyrozumeni-zmena-c-1-pdf.aspx>
39. KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše, Danuše KRATOCHVÍLOVÁ 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.
40. FOLWARCZNY, Libor a Jiří POKORNÝ. Evakuace osob. 1. V Frýdek-Místek: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-8663-492-0.
41. KOTINSKÝ, Petr a Jaroslava HEJDOVÁ. Dekontaminace v požární ochraně. 1. V Frýdek-Místek: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-86634-31-0.
42. SKŘEHOT, Petr. Prevence nehod a havárií. 2. díl Mimořádné události a prevence nežádoucích následků. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce a T-SOFT, 2009. ISBN 978-80-86973-73-9.
43. ČAPOUN, Tomáš. Chemické havárie. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8.



44. SLUKA, Vilém. Výkladový terminologický slovník některých pojmů používaných v posouzení rizik závažné havárie pro účely zákona o prevenci závažných havárií. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce. 2022 [online]. Dostupné z: <https://www.vubp.cz/soubory/p>
45. SKŘEHOT, Petr. Rozptyl těžkého plynu v atmosféře: teorie – modely – experimenty. V Praze: T-SOFT, 2018. ISBN 978-80-905401-2-5.
46. Emergency Response Planning Guidelines (ERPGs). Office of Response and Restoration [online]. Dostupné z: <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/emergency-response-planning-guidelines-erpgs.html>
47. AIHA Guideline Foundation, American Industrial Hygiene Association. 2020 Emergency Response Planning Guideline (ERPG®) and Workplace Environmental Exposure Level (WEEL®) Handbook. 2018. ISBN, 9781523147625 a 1523147628.
48. National Center for Environmental Assessment. EXPOSURE FACTORS HANDBOOK: 2011 EDITION [online]. Washington, DC, 2011. Dostupné z: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/efh-frontmatter.pdf>
49. JONES, Robert. ALOHA® (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) 5.4.4 Technical Documentation. Seattle: National Oceanic and Atmospheric Administration, 2013.
50. NIOSH. Immediately Dangerous To Life or Health (IDLH) Values [online]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/niosh/idlh/default.html>
51. PRAVEEN, Patel. Hazard Evaluation Using Aloha Tool in Storage Area of an Oil Refinery. International Journal of Research in Engineering and

- Technology. 2015, 04(12), 203-209. ISSN 23217308. Dostupné z: doi:10.15623/ijret.2015.0412040
52. NABHANI, Nader a Amir ROSTAMZADEH. Consequence Modeling of Ammonia Storage Tank in a Chemical Plant - a Case Study. International Journal of Mechanical and Production Engineering. 2015, 3(4), 11-13. ISSN 2320-2092.
53. PITSCHMANN, Vladimír. Chemické zbraně a ochrana proti nim. Praha: Manus, 2011. ISBN 978-80-86571-09-6.
54. HAVLOVÁ, Michaela. TerEx: Uživatelský manuál. Praha: T-SOFT a.s., 2012.
55. DIAMO, státní podnik. DIAMO, státní podnik, odštěpný závod Těžba a úprava uranu [online]. Dostupné z: <https://www.diamo.cz/cs/tuu>
56. HZS Libereckého kraje. Vnější havarijní plán objektu DIAMO, státní podnik odštěpný závod Těžba a úprava uranu Stráž pod Ralskem [online]. In: 2019. Dostupné z: [https://www.diamo.cz/storage/app/media/dokumenty/TUU/havarijni\\_plan.pdf](https://www.diamo.cz/storage/app/media/dokumenty/TUU/havarijni_plan.pdf)
57. MV-generální ředitelství HZS ČR. Zpracování vnějšího havarijního plánu státního podniku DIAMO. Časopis 112 [online]. XIX(5/2020). Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-xix-cislo-5-2020.aspx?q=Y2hudW09Nw%3D%3D>
58. Plán zdolávání závažných provozních nehod (Havarijní plán). DIAMO, státní podnik odštěpný závod Těžba a úprava uranu, Stráž pod Ralskem.2020.
59. Weather Spark: Climate and Average Weather Year Round in Stráž pod Ralskem Czechia [online]. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z:

<https://weatherspark.com/y/77794/Average-Weather-in-Str%C3%A1%C5%BE-pod-Ralskem-Czechia-Year-Round>

60. In-počasí: Archiv počasí [online]. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: [https://www.in-pocasi.cz/archiv/?typ=teplota&mesic=5&den=1#overview\\_graph](https://www.in-pocasi.cz/archiv/?typ=teplota&mesic=5&den=1#overview_graph)
61. KHAN, Noohi. Introduction to Statistical Tests of Significance. *Research & reviews : journal of statistics*. 2021, 10(2), 17-22. Dostupné z: doi:10.37591/RRJoST
62. BARTA, Jiří a Tomáš LUDÍK. TerEx – modelování a simulace (Studijní pomůcka pro předmět Krizové scénáře) [online]. 2012. Dostupné z: [https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/26278/mod\\_resource/content/1/Studijni\\_pomucka\\_TerEx.pdf](https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/26278/mod_resource/content/1/Studijni_pomucka_TerEx.pdf)
63. TEREX, software: Licence pro FBMI ČVUT Kladno.
64. BARTA, Jiří a Tomáš LUDÍK. ALOHA – modelování a simulace (Studijní pomůcka pro předmět Krizové scénáře) [online]. 2012. Dostupné z: [https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/17735/mod\\_resource/content/1/Studijni\\_pomucka\\_Aloha.pdf](https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/17735/mod_resource/content/1/Studijni_pomucka_Aloha.pdf)
65. PRAVEEN, Patel. Hazard Evaluation Using Aloha Tool in Storage Area of an Oil Refinery. *International Journal of Research in Engineering and Technology*. 2015, 04(12), 203-209. ISSN 23217308. Dostupné z: [IJRET 2015041204,0.pdf](https://www.ijret.org/papers/2015/04/12/203-209.pdf)
66. EPA. ALOHA Software [online]. Dostupné z: [ALOHA Software | US EPA](https://www.epa.gov/aloha)
67. NOAA's Office of Response & Restoration—Protecting our Coastal Environment. MAROPLOT. In: NOAA's National Ocean Service • Office of Response and Restoration [online]. 2020. Dostupné z: <https://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/marplot.pdf>

68. EPA. MARPLOT Software [online]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/marplot-software>
69. Bezpečnostní zpráva, Část III. – Posouzení rizik závažné havárie. DIAMO, statní podnik odštěpný závod Těžba a úprava uranu, Stráž pod Ralskem. 2016.
70. CAMEO CHEMICALS. Database of Hazardous Materials. In: [cameochemicals.noaa.gov](http://cameochemicals.noaa.gov). [online]. Dostupné z: CAMEO Chemicals | NOAA
71. STŘEDA, Ladislav, Stanislav BRÁDKA a Markéta BLÁHOVÁ. Nebezpečné chemické látky a ochrana proti nim. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2006. ISBN 80-866-4063-9.
72. ZÁCHRANÁŘ. Novinky ze ZBZS Hamr na Jezeře a činnost pro o. z. TÚU Stráž pod Ralskem v roce 2016-2017 [online]. Ostrava: OKD, HBZS, a. s. 111 © 2018]. Dostupné z: <https://zachranar.cz/2017/07/novinky-ze-zbzs-hamr-na-jezere-a-cinnost-pro-o-z-tuu-straz-pod-ralskem-v-roce-2016-2017/>.
73. PAULUS, František, Antonín KRÖMER, Jan PETR a Jaroslav ČERNÝ. ANALÝZA HROZEB PRO ČESKOU REPUBLIKU: ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA [online]. In: . 2015, s. 9 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/soubor/analyza-hrozeb-zprava-pdf.aspx>
74. KORBELOVÁ, Alena. Analýza úniku nebezpečných chemických látek z podniku SPOLANA a.s. Kladno, 2017. Bakalářská práce. České vysoké učení technické, Fakulta biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce Martin Staněk.
75. SCHMIDTOVÁ, Marie. Analýza a modelace úniku nebezpečné chemické látky ze stacionárního zařízení. Kladno, 2021. Diplomová práce. České

vysoké učení technické, Fakulta biomedicínského inženýrství, Vedoucí práce Martin Staněk.

76. U.S. CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION BOARD. Investigation Report: Chlorine Release DPC Enterprises, L.P. Washington D.C.: U.S. Chemical Safety And Hazard Investigation Board, 2003. Report no. 2002- 04-I-MO
77. CEJPKOVÁ, Pavlína. Analýza a modelace úniku nebezpečné chemické látky ze stacionárního zařízení. Kladno, 2020. Bakalářská práce. České vysoké učení technické, Fakulta biomedicínského inženýrství, Vedoucí práce Martin Staněk.
78. SKŘEHOT, Petr. Rozptyl těžkého plynu v atmosféře: teorie – modely – experimenty. V Praze: T-SOFT, 2018. ISBN 978-80-905401-2-5.
79. KLÁTIL, Martin. 1. Analýza rizik DIAMO, státní podnik – odštěpný závod Těžba a úprava uranu Stráž pod Ralskem. Kladno, 2018. Diplomová práce. České vysoké učení technické, Fakulta biomedicínského inženýrství, Vedoucí práce Vladimír Kecek.
80. EPA. MARPLOT Software [online]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/marplot-software>

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vymezení zóny havarijního plánování .....	33
Obrázek 2: Výstražné symboly nebezpečnosti dle nařízení CLP .....	34
Obrázek 3: Vzor bezpečnostní tabulky s Kemler kódem a UN kódem .....	36

## 11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

<i>Tabulka 1: Základní havarijní projevy chemických havárií a jejich dopady</i> .....	26
<i>Tabulka 2: Přehled bezpečnostní dokumentace</i> .....	28
<i>Tabulka 3: Příklady bezpečnostních vět</i> .....	35
<i>Tabulka 4: Přehled celkového počtu osob v obcích / ZHP</i> .....	48
<i>Tabulka 5: Kategorie frekvence výskytu</i> .....	50
<i>Tabulka 6: Kategorie závažnosti následků</i> .....	51
<i>Tabulka 7: Kategorie hodnocení míry rizika</i> .....	51
<i>Tabulka 8: Matice hodnocení rizik</i> .....	52
<i>Tabulka 9: Dílčí váhové koeficienty dopadů pro určení následků</i> .....	53
<i>Tabulka 10: Koeficienty frekvence možné aktivace nebezpečí</i> .....	53
<i>Tabulka 11: Koeficientů smrtelných případů</i> .....	54
<i>Tabulka 12: Koeficientů ohrožení osob</i> .....	55
<i>Tabulka 13: Koeficientů dopadů na životní prostředí</i> .....	55
<i>Tabulka 14: Koeficientů ekonomických dopadů (v korunách českých)</i> .....	56
<i>Tabulka 15: Kategorie hodnocení míry rizika</i> .....	57
<i>Tabulka 16: Vnější zdroje rizik přírodního původu a vyvolaných lidskou činností (Předběžná analýza rizik)</i> .....	63
<i>Tabulka 17: Vnitřní zdroje rizika (Předběžná analýza rizik)</i> .....	64
<i>Tabulka 18: Vnější zdroje rizik přírodního původu a vyvolaných lidskou činností (Multikriteriální analýza rizik)</i> .....	67
<i>Tabulka 19: Vnitřní zdroje rizika (Multikriteriální analýza rizik)</i> .....	68
<i>Tabulka 21: Základní klasifikace a vlastnosti amoniaku</i> .....	74
<i>Tabulka 21: Základní klasifikace a vlastnosti amoniaku</i> .....	74
<i>Tabulka 22: Základní klasifikace a vlastnosti chloru</i> .....	76
<i>Tabulka 23: Seznam vybraných zdrojů rizik závažné havárie</i> .....	77
<i>Tabulka 24: Technické parametry zásobníků</i> .....	78
<i>Tabulka č. 26: Únik amoniaku v zimním období zóny ohrožení Aloha</i> .....	81
<i>Tabulka č. 26: Únik amoniaku v zimním období zóny ohrožení Aloha</i> .....	81
<i>Tabulka č. 27: Únik amoniaku v letním období zóny ohrožení Aloha</i> .....	82
<i>Tabulka č. 28: Únik chloru v zimním období zóny ohrožení Aloha</i> .....	82

<i>Tabulka č. 29: Únik chloru v letním období zóny ohrožení Aloha .....</i>	<i>83</i>
<i>Tabulka č. 30: Doba trvání úniku z modelací programu Aloha .....</i>	<i>83</i>
<i>Tabulka č. 31: Únik amoniaku v zimním období zóny ohrožení TerEx.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabulka č. 32: Únik amoniaku v letním období zóny ohrožení TerEx .....</i>	<i>85</i>
<i>Tabulka č. 33: Únik chloru v zimním období zóny ohrožení TerEx .....</i>	<i>86</i>
<i>Tabulka č. 34: Únik chloru v letním období zóny ohrožení TerEx .....</i>	<i>87</i>
<i>Tabulka 35: Komparace výsledků modelace úniku amoniaku v zimním období .....</i>	<i>88</i>
<i>Tabulka 36: Komparace výsledků modelace úniku amoniaku v letním období .....</i>	<i>89</i>
<i>Tabulka 37: Komparace výsledků modelace úniku amoniaku v letním a zimním období v programu Aloha.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabulka 38: Komparace výsledků modelace úniku amoniaku v letním a zimním období v TerEx .....</i>	<i>90</i>
<i>Tabulka 39: Komparace nebezpečných zón úniku amoniaku v zimním období v programu Aloha se ZHP .....</i>	<i>90</i>
<i>Tabulka 40: Komparace nebezpečných zón úniku amoniaku v letním období v programu Aloha se ZHP .....</i>	<i>91</i>
<i>Tabulka 41: Komparace výsledků modelace úniku chloru v zimním období.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabulka 42: Komparace výsledků modelace úniku chloru v letním období .....</i>	<i>94</i>
<i>Tabulka 43: Komparace výsledků modelace úniku chloru v letním a zimním období v programu Aloha.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabulka 44: Komparace výsledků modelace úniku chloru v letním a zimním období v TerEx. ....</i>	<i>95</i>
<i>Tabulka 45: Komparace nebezpečných zón úniku chloru v zimním období v programu Aloha se ZHP .....</i>	<i>96</i>
<i>Tabulka 46: Komparace nebezpečných zón úniku chloru v letním období v programu Aloha se ZHP .....</i>	<i>96</i>



## 12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Bezpečnostní značky pro silniční a železniční přepravu.....	1
Příloha 2: Umístění areálu o. z. TÚU a jeho členění.....	2
Příloha 3: Zóna havarijního plánování o. z. TÚU.....	3
Příloha 4: Výpočty multikriteriální analýzy.....	4
Příloha 5: Vstupní a výstupní data modelací v programu Aloha.....	6
Příloha 6: Vstupní a výstupní data modelací v programu TerEx.....	18
Příloha 7: Nebezpečné zóny (AEGL -2 a IDLH) úniku amoniaku.....	30
Příloha 8: Nebezpečné zóny (AEGL -2 a IDLH) úniku chloru.....	32
Příloha 9: Evakuační trasy ze ZHP.....	34

# Příloha 1: Bezpečnostní značky pro silniční a železniční přepravu

[31]



Výbušné látky a věci obsahující výbušné látky



Nehořlavé nejedovaté plyny



Jedovaté plyny



Hořlavé kapaliny



Hořlavé plyny



Nehořlavé nejedovaté plyny



Jedovaté plyny



Hořlavé kapaliny



Hořlavé tuhé látky, samovolně se rozkládající látky a znečistlivé výbušné látky



Samozápalné látky



Látky, které s vodou vyvíjejí hořlavé plyny



Hořlavě (oxidačně) působící látky



Organické peroxidy



Jedovaté látky



Infekční látky



Radioaktivní látky



Radioaktivní látky



Radioaktivní látky



Radioaktivní látky

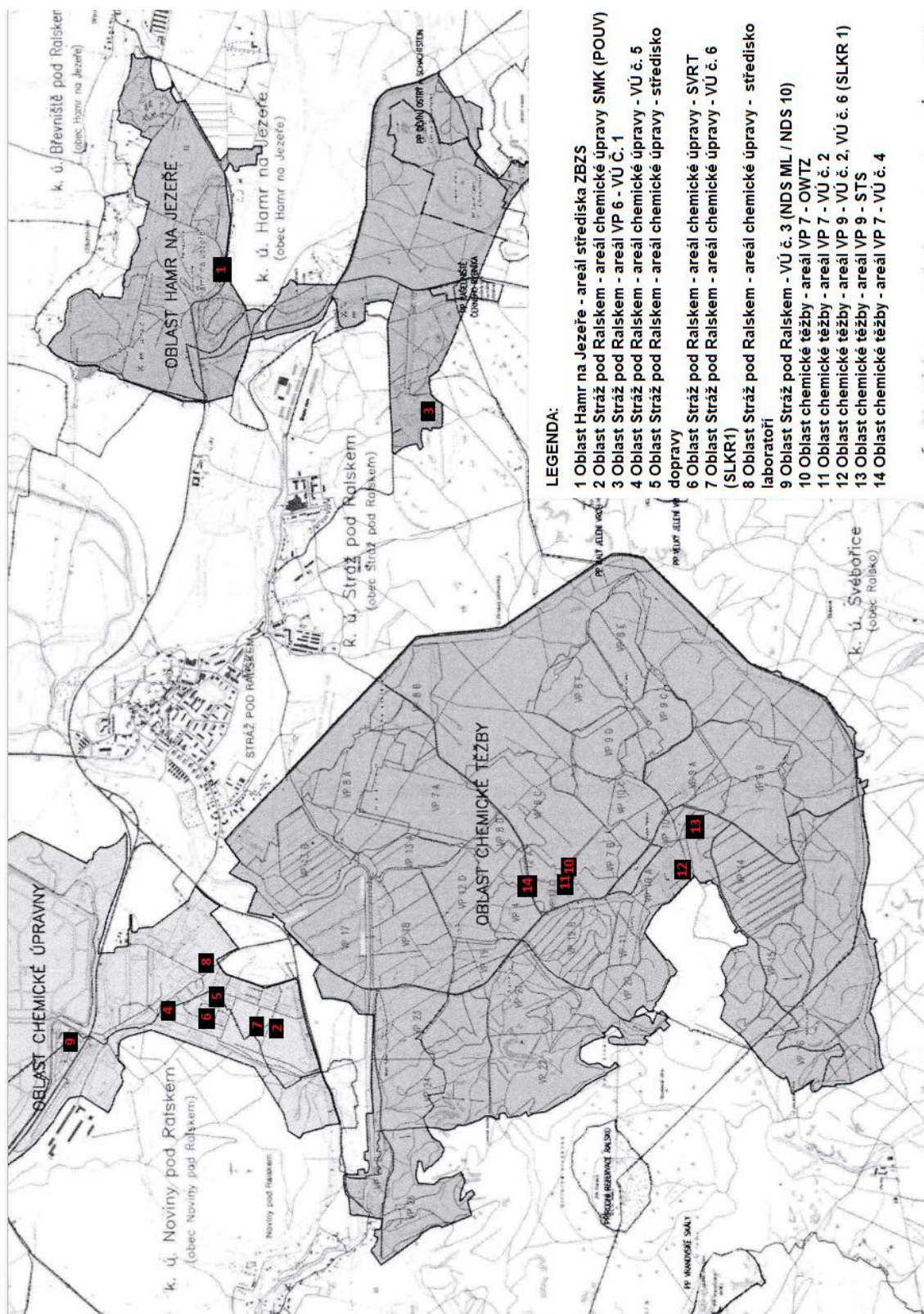


Žíravé látky



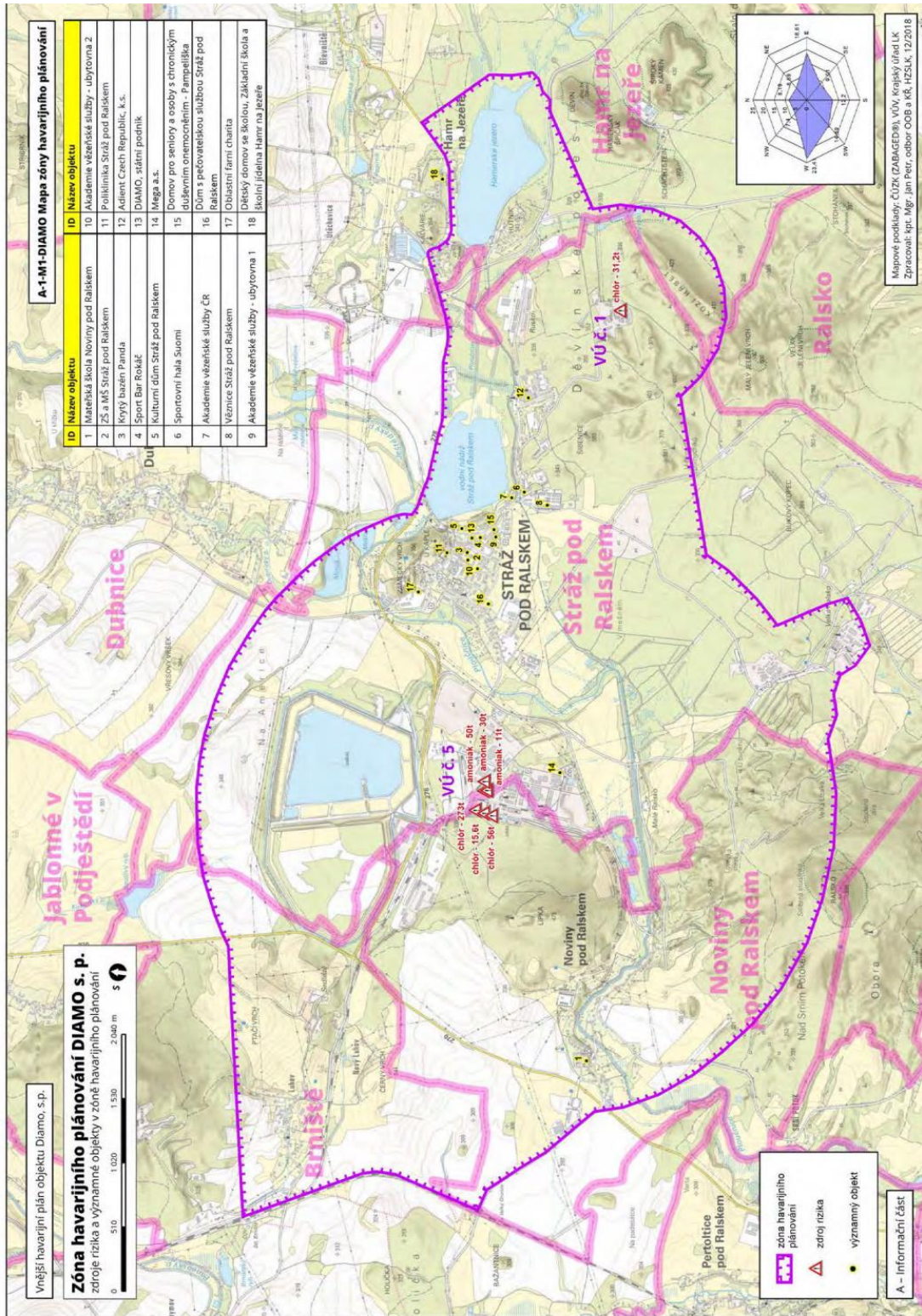
Různé nebezpečné látky a předměty

## Příloha 2: Umístění areálu o. z. TÚU a jeho členění [69]





# Příloha 3: Zóna havarijního plánování o. z. TÚU [56]



## Příloha 4: Výpočty multikriteriální analýzy (zdroj vlastní)

*Vnější zdroje rizik přírodního původu a vyvolaných lidskou činností*

Druh ohrožení	Ko1	Ko2	Kžp	Ke	F	Míra rizika
Požár velkého rozsahu	1	5	7	4	8	34
Exploze mimo areál	1	5	6	4	7	28
Terorismus	2	5	4	4	5	18,75
Pád letadla	4	7	7	8	2	13
Narušení dodávek elektrické energie	0	0	1	4	9	11,25
Vliv silniční nebo železniční dopravy nebo události při ní	0	1	1	3	9	11,25
Kriminální činnost	0	1	1	2	10	10
Srážková činnost, (přivalové deště, krupobití, sníh)	0	1	1	2	10	10
Silný vítr	0	1	1	2	10	10
Atmosférické výboje	0	1	1	2	10	10
Povodně	0	4	1	5	4	10
Zemětřesení	0	4	1	5	3	7,5
Pád vesmírného tělesa	2	5	3	4	2	7
Sluneční záření	0	1	0	1	10	5
Extrémní atmosférické teploty	0	4	1	5	2	5

Vnitřní zdroje rizika (Multikriteriální analýza rizik) (zdroj: vlastní)

Druh ohrožení	Ko1	Ko2	Kžp	Ke	F	Míra rizika
Únik NCHL	4	7	5	6	8	44
Požár (vlivem výroby)	2	4	6	5	9	38,25
Exploze v areálu	2	3	5	5	7	26,25
Technická závada na zařízení	1	5	1	5	8	24
Technologická závada	1	5	1	5	8	24
Nedodržení bezpečnostních předpisů	1	5	1	4	8	22
Uvolnění a pád zásobníku	1	5	1	5	7	21
Špatná údržba	1	5	1	4	7	19,25
Vnitropodniková dopravní havárie	1	3	1	4	8	18
Nedostatečná revize zařízení	1	4	1	4	7	17,5
Sabotáž	1	3	1	5	7	17,5
Selhání bezpečnostních zařízení	1	4	0	2	7	12,5

## Příloha 5: Vstupní a výstupní data modelací v programu Aloha [66, 80]

### Únik amoniaku v zimním období,

#### SITE DATA:

Location: STRÁŽ POD RALSKEM, CZ  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.5 (user specified)  
Time: January 12, 2022 1415 hours DST (user specified)

#### CHEMICAL DATA:

Chemical Name: AMMONIA  
CAS Number: 7664-41-7 Molecular Weight: 17.03 g/mol  
AEGL-1 (60 min): 30 ppm AEGL-2 (60 min): 160 ppm AEGL-3 (60 min): 1100 ppm  
IDLH: 300 ppm LEL: 150000 ppm UEL: 280000 ppm  
Ambient Boiling Point: -34.1° C  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

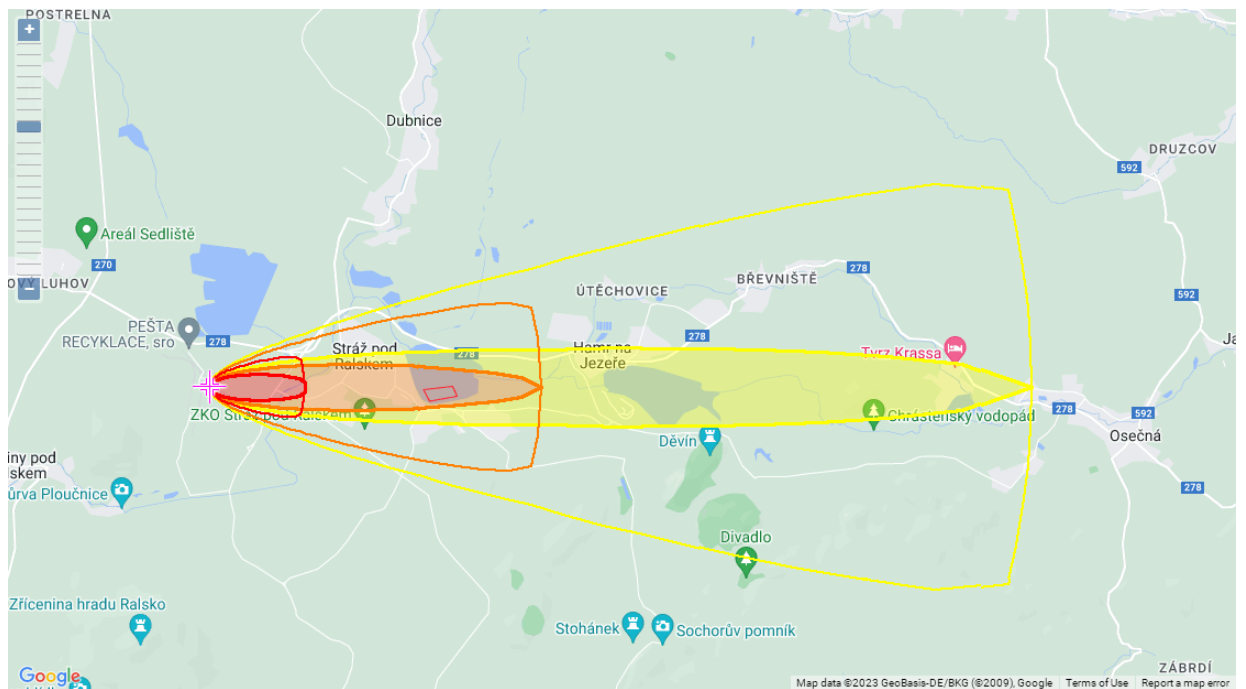
#### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from W at 10 meters  
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths  
Air Temperature: -1° C Stability Class: D  
No Inversion Height Relative Humidity: 40%

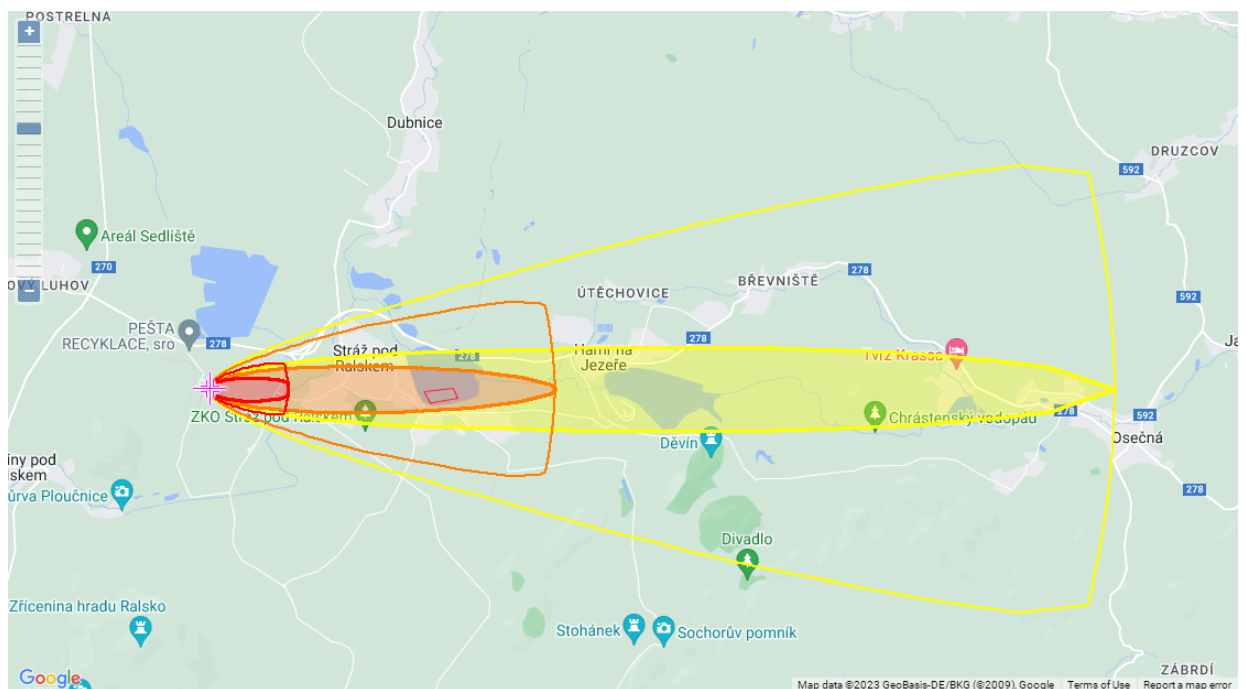
#### SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank  
Flammable chemical escaping from tank (not burning)  
Tank Diameter: 2.8 meters Tank Length: 16.2 meters  
Tank Volume: 100 cubic meters  
Tank contains liquid Internal Temperature: -1° C  
Chemical Mass in Tank: 50 tons Tank is 71% full  
Circular Opening Diameter: 6.5 centimeters  
Opening is 0 meters from tank bottom  
Release Duration: 19 minutes  
Max Average Sustained Release Rate: 2,470 kilograms/min  
(averaged over a minute or more)  
Total Amount Released: 45,359 kilograms  
Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

### a) Zóny ohrožení únik amoniaku v zimní období s koncentrací AEGL

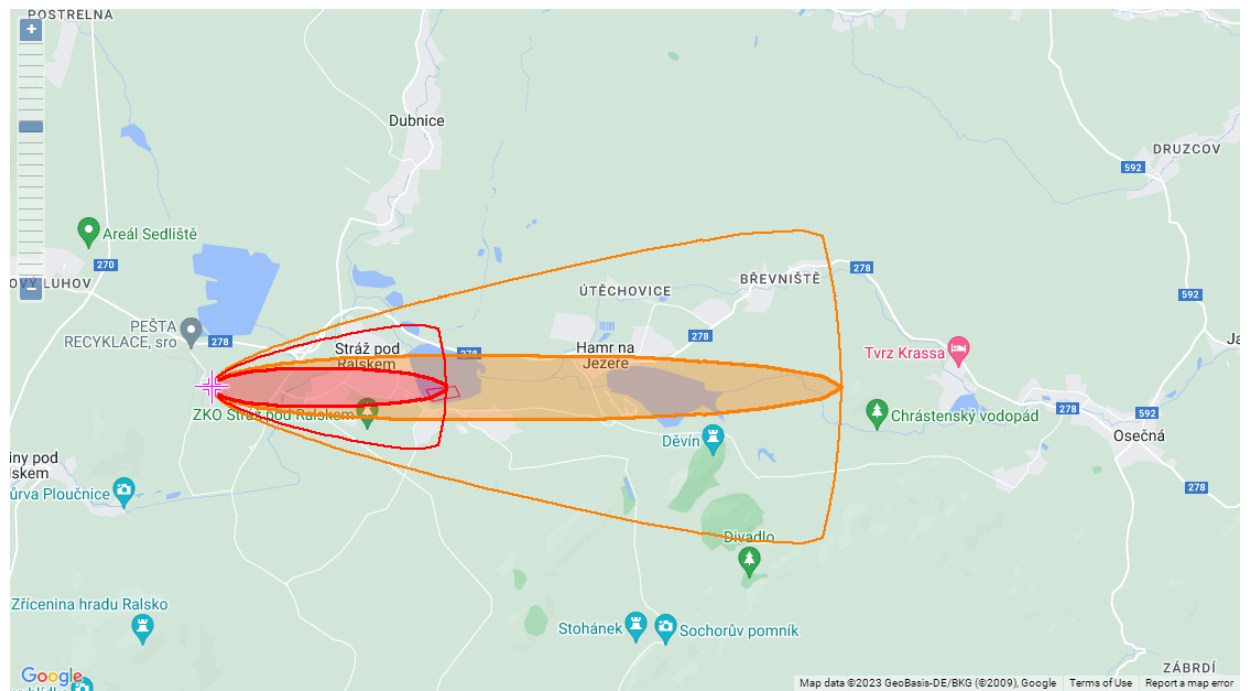


### b) Zóny ohrožení únik amoniaku v zimní období s koncentrací ERPG





c) Zóny ohrožení únik amoniaku v zimní období s koncentrací z TerEx



## Únik amoniaku v letním období

### SITE DATA:

Location: STRÁŽ POD RALSKEM, CZ  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.5 (user specified)  
Time: August 12, 2022 1415 hours DST (user specified)

### CHEMICAL DATA:

Chemical Name: AMMONIA  
CAS Number: 7664-41-7 Molecular Weight: 17.03 g/mol  
AEGL-1 (60 min): 30 ppm AEGL-2 (60 min): 160 ppm AEGL-3 (60 min): 1100 ppm  
IDLH: 300 ppm LEL: 150000 ppm UEL: 280000 ppm  
Ambient Boiling Point: -34.1° C  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

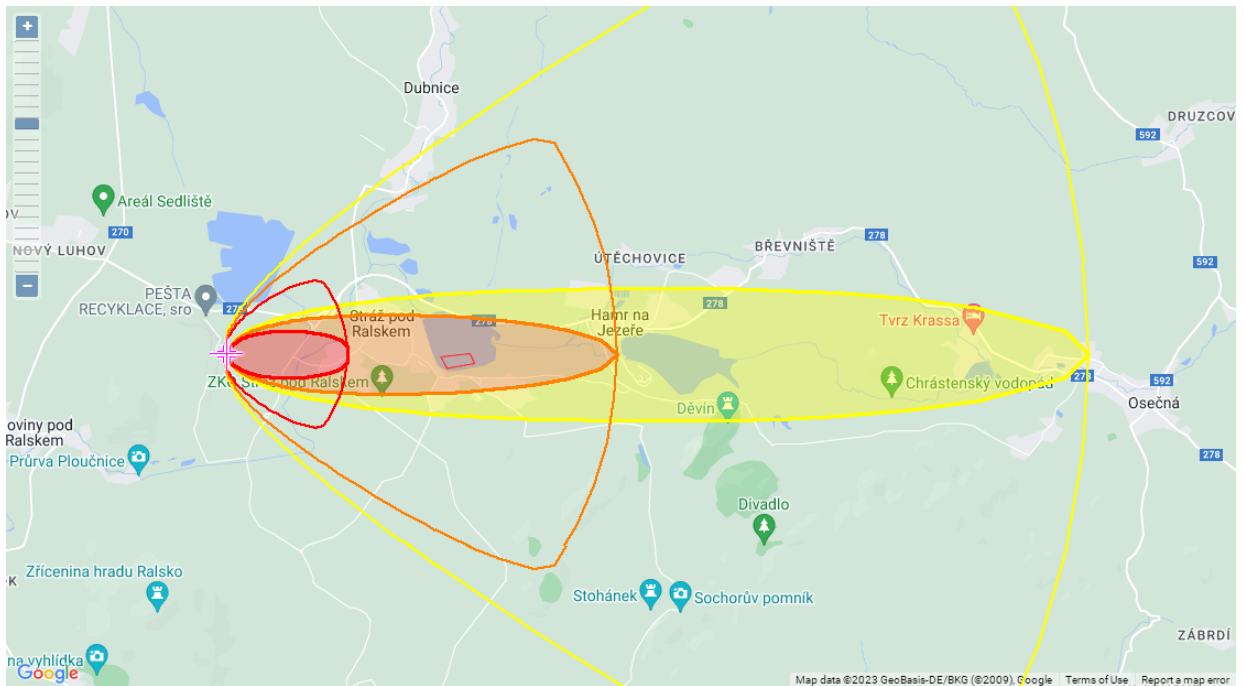
### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3.5 meters/second from W at 10 meters  
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths  
Air Temperature: 17° C Stability Class: C  
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

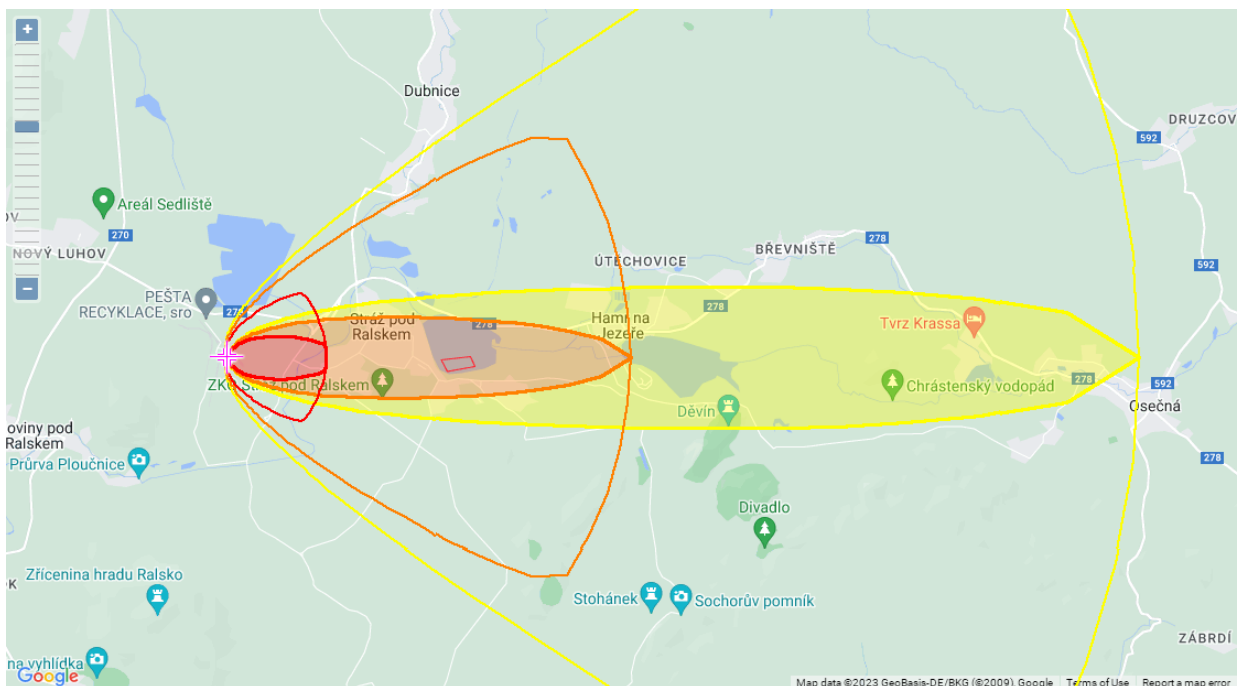
### SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank  
Flammable chemical escaping from tank (not burning)  
Tank Diameter: 2.8 meters Tank Length: 16.2 meters  
Tank Volume: 100 cubic meters  
Tank contains liquid Internal Temperature: 17° C  
Chemical Mass in Tank: 50 tons Tank is 74% full  
Circular Opening Diameter: 6.5 centimeters  
Opening is 0 meters from tank bottom  
Release Duration: 13 minutes  
Max Average Sustained Release Rate: 3,510 kilograms/min  
(averaged over a minute or more)  
Total Amount Released: 45,359 kilograms  
Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

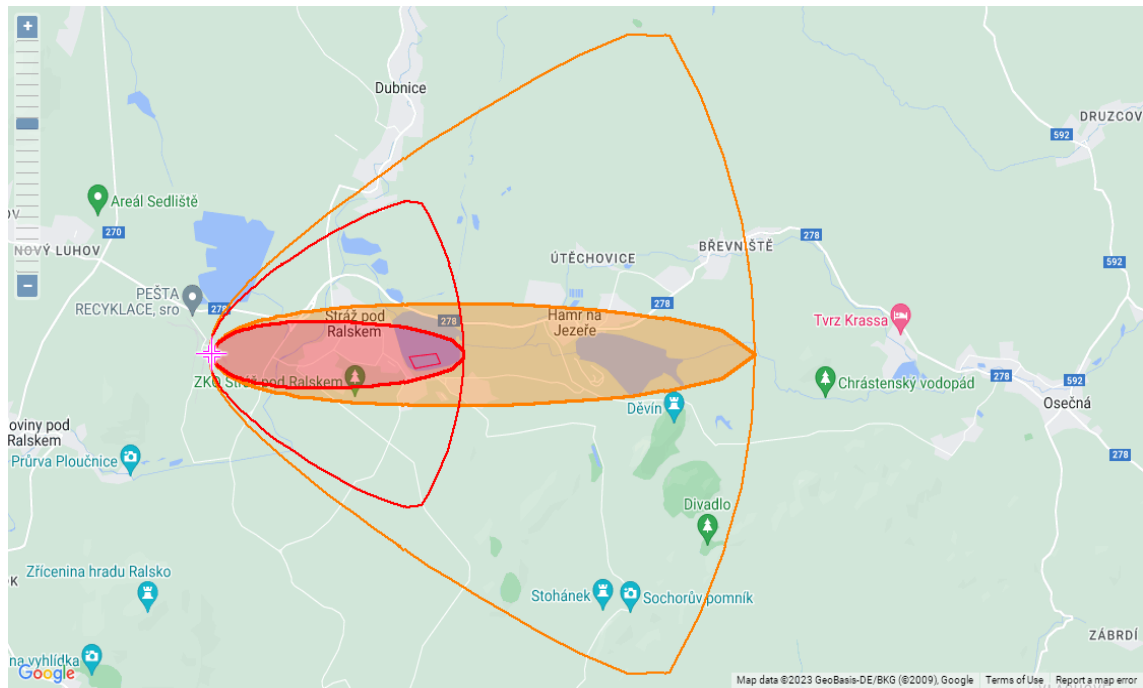
### a) Zóny ohrožení únik amoniaku v letním období s koncentrací AEGL



### b) Zóny ohrožení únik amoniaku v letním období s koncentrací ERPG



### c) Zóny ohrožení únik amoniaku v zimní období s koncentrací z TerEx



## Únik chloru v zimním období

### SITE DATA:

Location: STRÁŽ POD RALSKEM, CZ  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.5 (user specified)  
Time: January 12, 2022 1415 hours DST (user specified)

### CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CHLORINE  
CAS Number: 7782-50-5 Molecular Weight: 70.91 g/mol  
AEGL-1 (60 min): 0.5 ppm AEGL-2 (60 min): 2 ppm AEGL-3 (60 min): 20 ppm  
IDLH: 10 ppm  
Ambient Boiling Point: -34.8° C  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

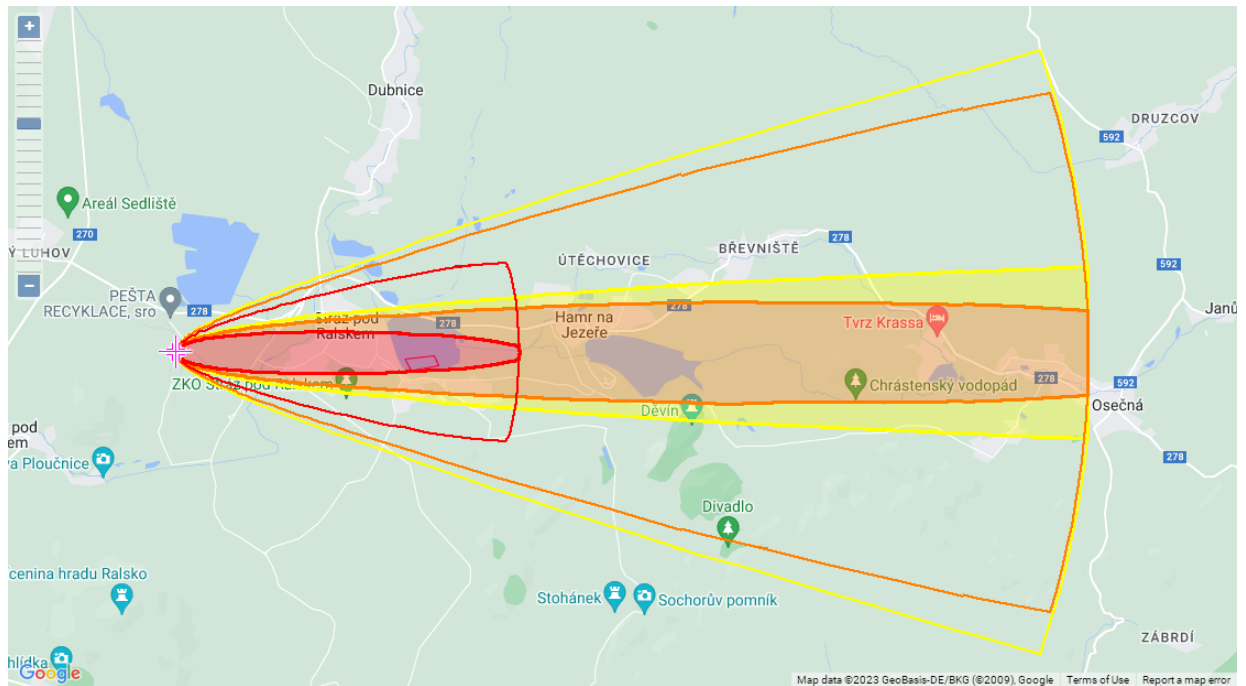
### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from W at 10 meters  
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths  
Air Temperature: -1° C Stability Class: D  
No Inversion Height Relative Humidity: 40%

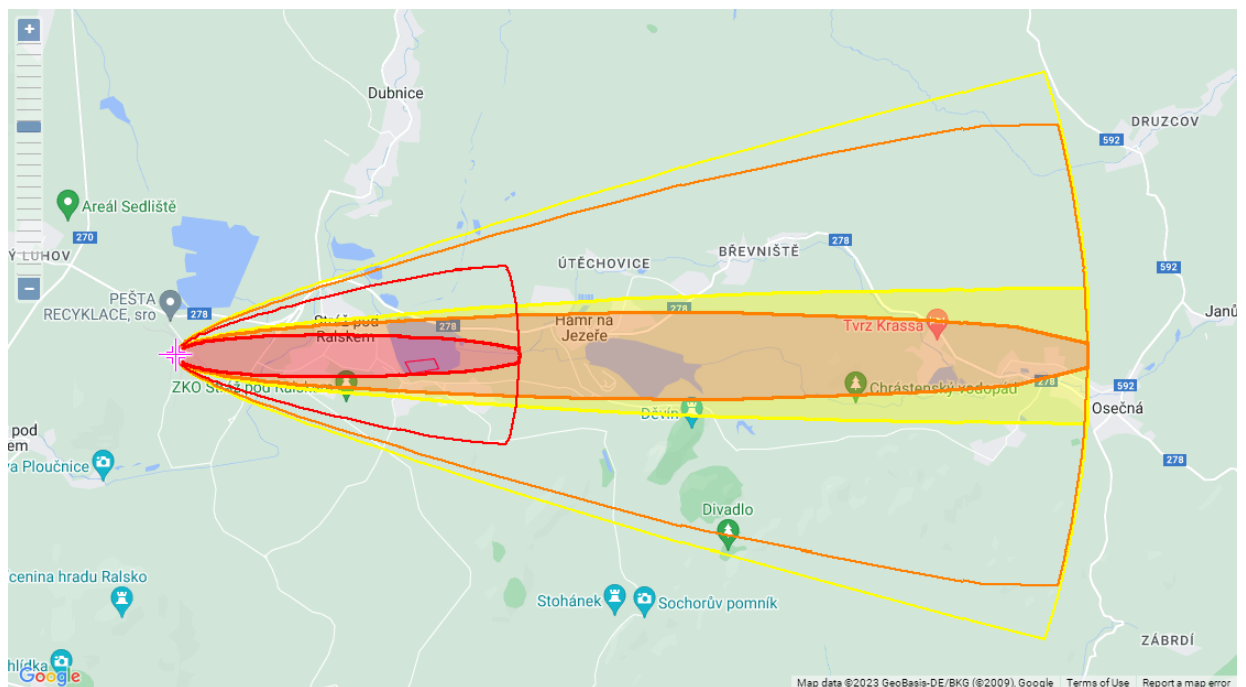
### SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank  
Non-flammable chemical is escaping from tank  
Tank Diameter: 3 meters Tank Length: 11.7 meters  
Tank Volume: 82.5 cubic meters  
Tank contains liquid Internal Temperature: -1° C  
Chemical Mass in Tank: 91 tons Tank is 68% full  
Circular Opening Diameter: 4 centimeters  
Opening is 0 meters from tank bottom  
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour  
Max Average Sustained Release Rate: 1,330 kilograms/min  
(averaged over a minute or more)  
Total Amount Released: 75,791 kilograms  
Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).|

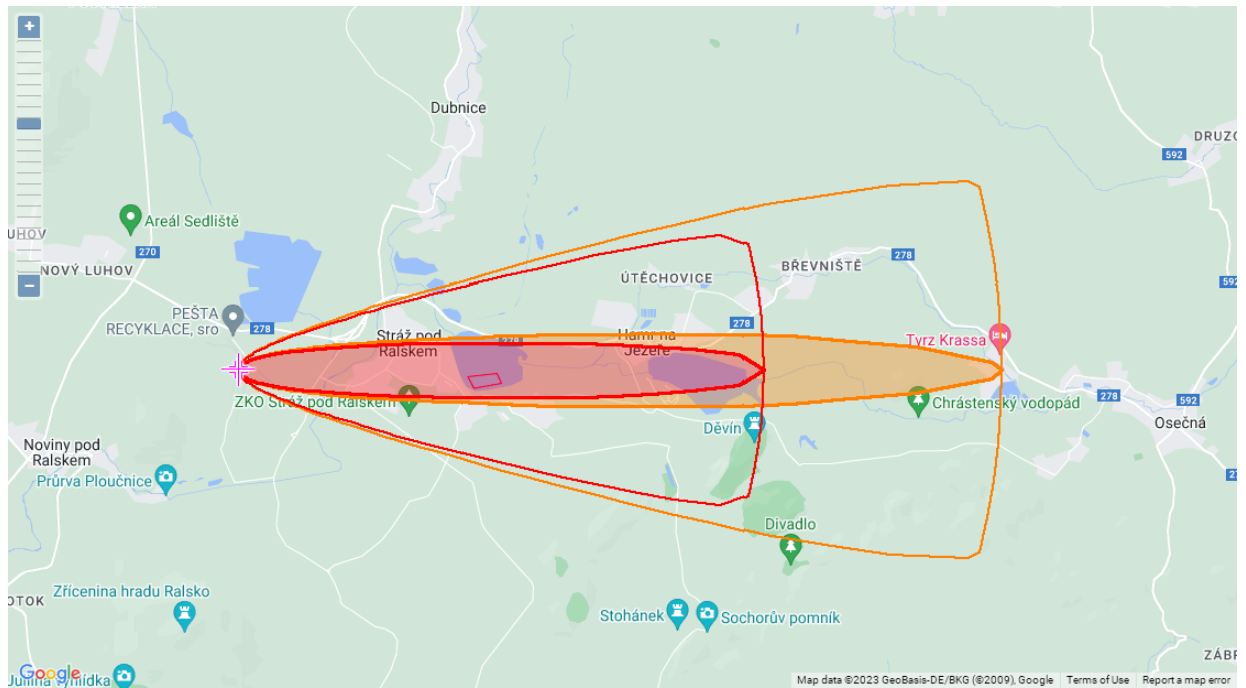
### a) Zóny ohrožení únik chloru v zimní období s koncentrací AEGL



### b) Zóny ohrožení únik chloru v zimním období s koncentrací ERPG



### c) Zóny ohrožení únik chloru v zimním období s koncentrací z TerEx



## Únik chloru v letním období

### SITE DATA:

Location: STRÁŽ POD RALSKEM, CZ  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.5 (user specified)  
Time: August 12, 2022 1415 hours DST (user specified)

### CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CHLORINE  
CAS Number: 7782-50-5 Molecular Weight: 70.91 g/mol  
AEGL-1 (60 min): 0.5 ppm AEGL-2 (60 min): 2 ppm AEGL-3 (60 min): 20 ppm  
IDLH: 10 ppm  
Ambient Boiling Point: -34.8° C  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

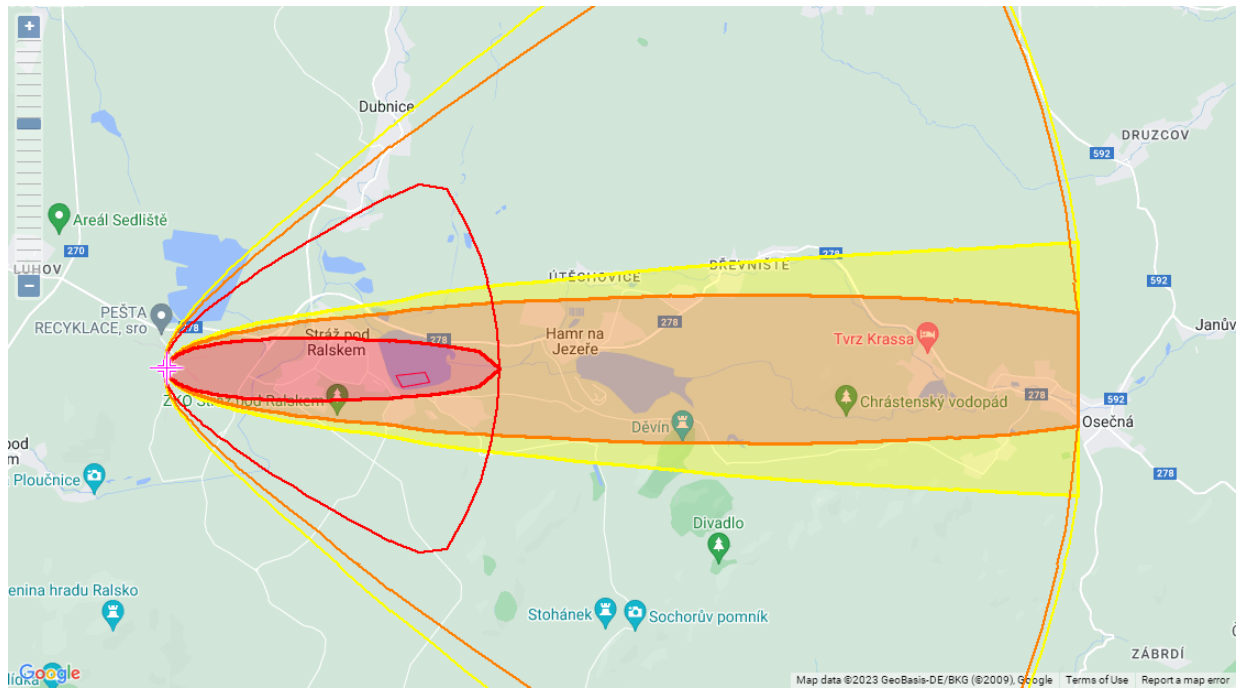
Wind: 3.5 meters/second from W at 10 meters  
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths  
Air Temperature: 17° C Stability Class: C  
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

### SOURCE STRENGTH:

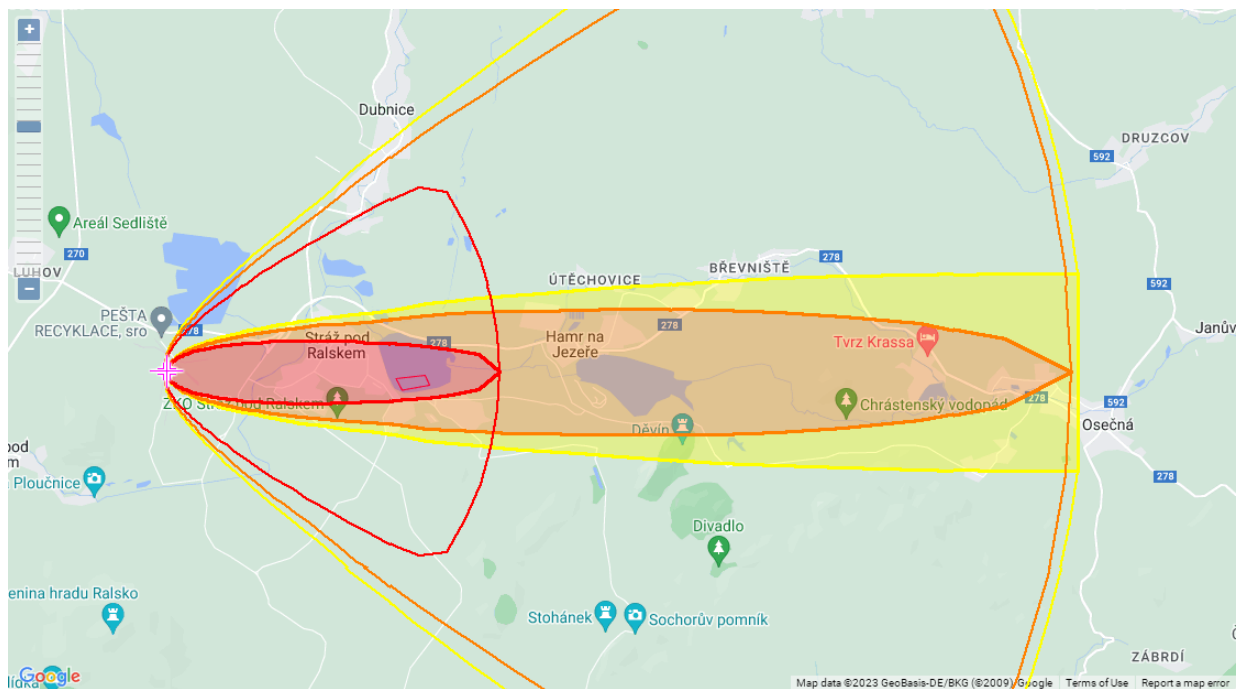
Leak from hole in horizontal cylindrical tank  
Non-flammable chemical is escaping from tank  
Tank Diameter: 3 meters Tank Length: 11.7 meters  
Tank Volume: 82.5 cubic meters  
Tank contains liquid Internal Temperature: -1° C  
Chemical Mass in Tank: 91 tons Tank is 68% full  
Circular Opening Diameter: 4 centimeters  
Opening is 0 meters from tank bottom  
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour  
Max Average Sustained Release Rate: 1,330 kilograms/min  
(averaged over a minute or more)  
Total Amount Released: 75,793 kilograms  
Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).



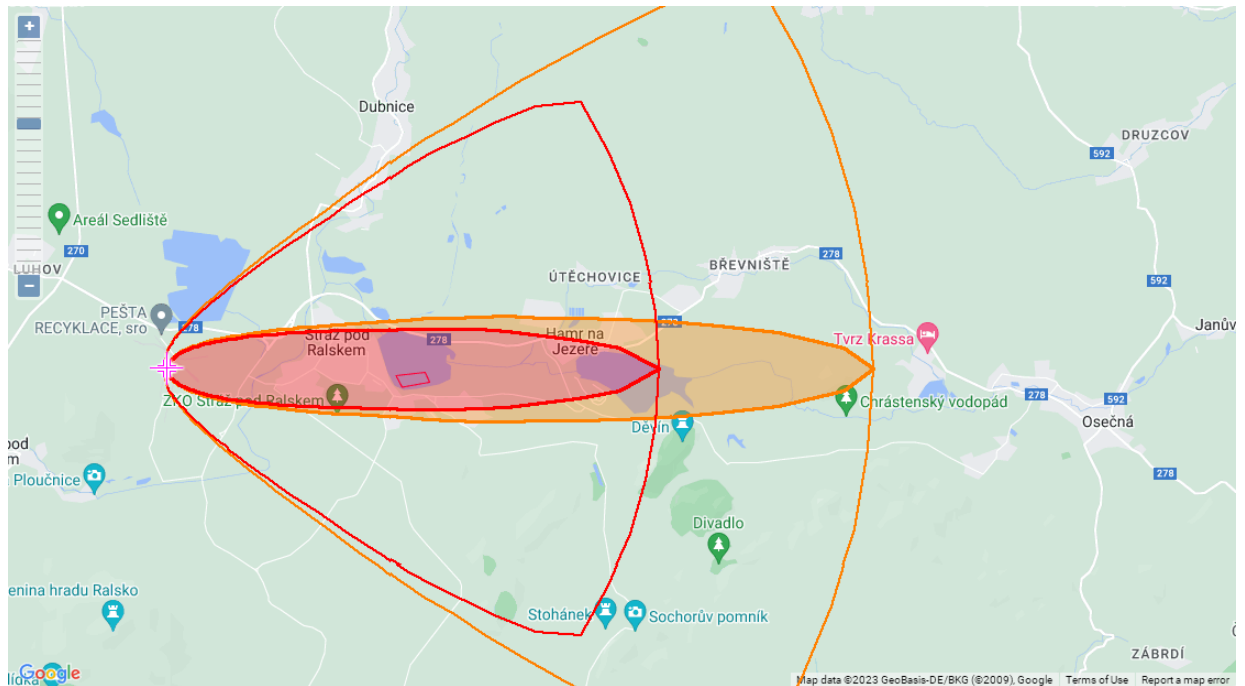
### a) Zóny ohrožení únik chloru v letním období s koncentrací AEGL



### b) Zóny ohrožení únik chloru v letním období s koncentrací ERPG



### c) Zóny ohrožení únik chloru v letním období s koncentrací z TerEx



## Příloha 6: Vstupní a výstupní data modelací v programu TerEx [63]

### Únik amoniaku v zimním období

#### Vstupní parametry

Látka	amoniak
Výška měření větru/teploty	10 m
Teplota vzduchu	-1 °C
Rychlost větru	5 m/s
Relativní vlhkost	50 %
Zataženo	50 %
Doba vzniku	Den - zima
Typ atmosférické stálosti	Izotermie
Typ povrchu ve směru šíření látky	Obytná krajina
Typ rozptylu	Horizontální tryskový únik (jet)
Teplota látky	-33,3 °C (po přepočtu)
Rychlost úniku látky	9,15498880779376 kg/s
Plocha otvoru	0,00331830724035422 m <sup>2</sup>
Trvání úniku	1140 s
Přetlak látky	2350 kPa
Výška otvoru nad zemí	0 m

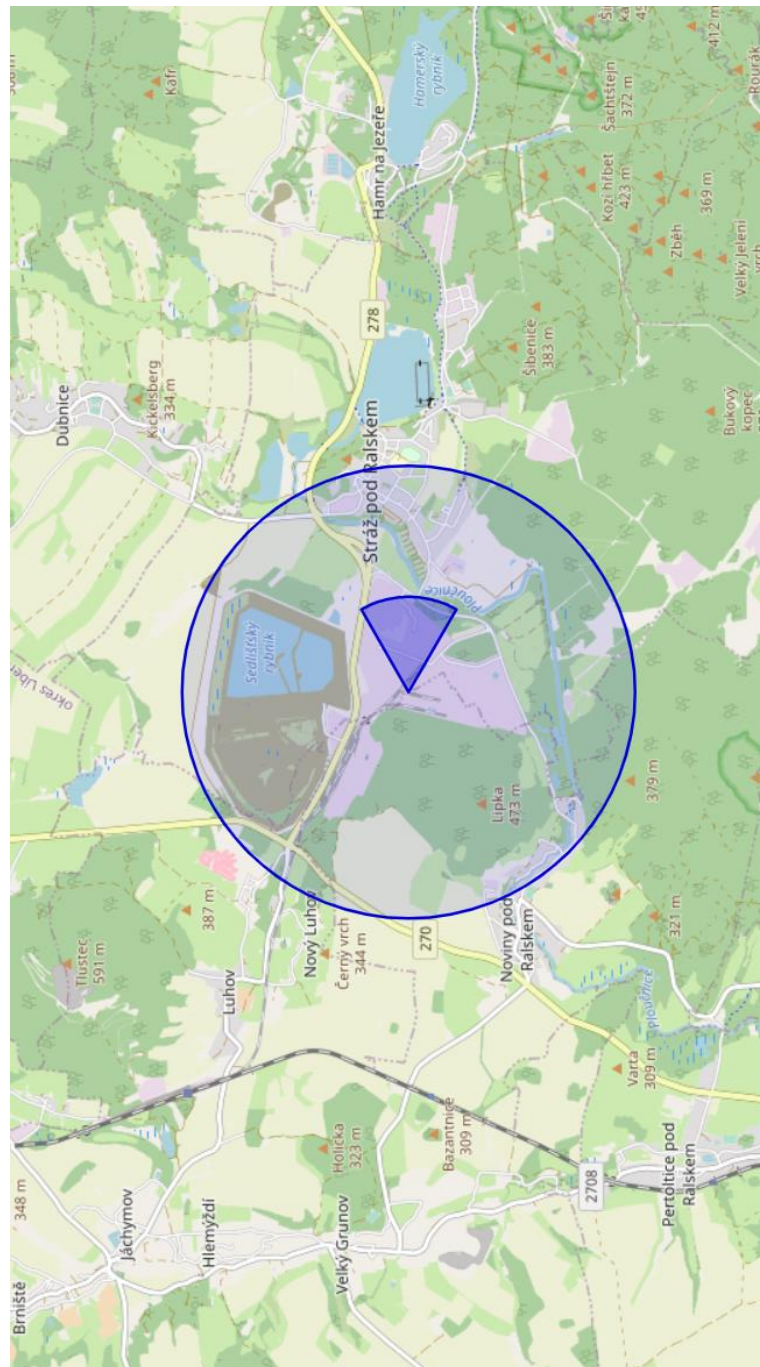
#### Výsledek výpočtu

Ohrožení osob toxickou látkou	791 m [Koncentrace: 210 mg/m <sup>3</sup> ]
Doporučený průzkum koncentrace plynu	1882 m [Koncentrace: 50 mg/m <sup>3</sup> ]

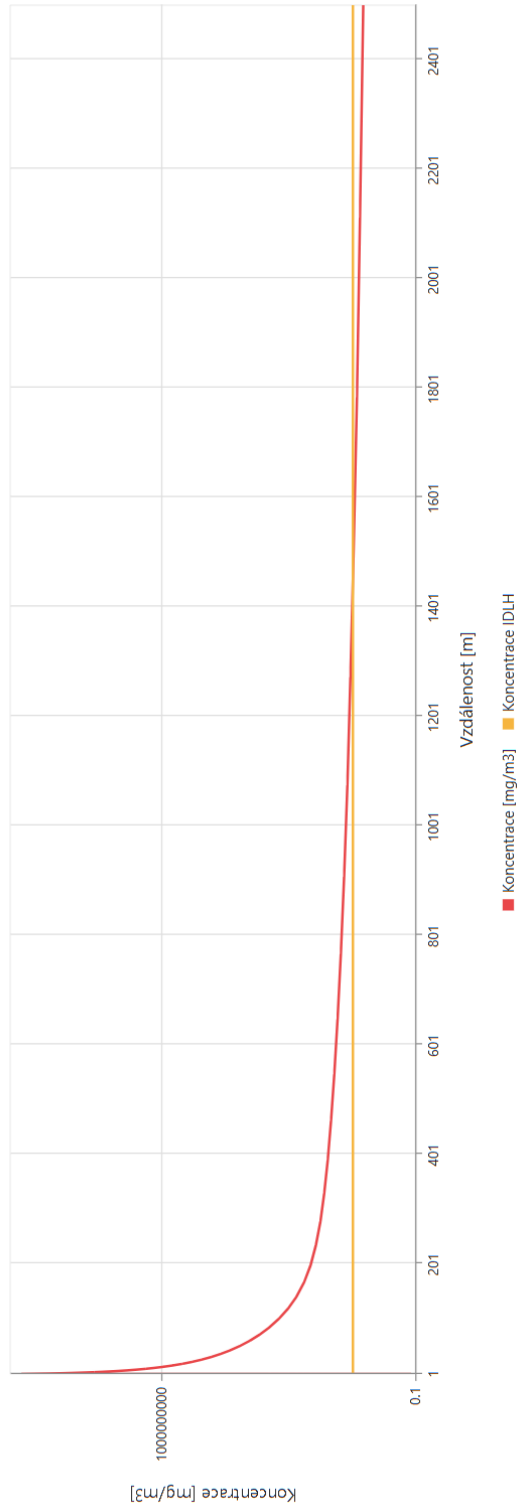
#### Doporučený průzkum koncentrace plynu

**EVAKUACE DO VZDÁLENOSTI 1882 m**

## Zóny ohrožení únik amoniaku v zimní období



## Graf úniku amoniaku v zimní období



## Únik amoniaku v letním období

### Vstupní parametry

Látka	<b>amoniak</b>
Výška měření větru/teploty	<b>10 m</b>
Teplota vzduchu	<b>17 °C</b>
Rychlost větru	<b>3,5 m/s</b>
Relativní vlhkost	<b>50 %</b>
Zataženo	<b>50 %</b>
Doba vzniku	<b>Den - léto</b>
Typ atmosférické stálosti	<b>Konvekce</b>
Typ povrchu ve směru šíření látky	<b>Obytná krajina</b>
Typ rozptylu	<b>Horizontální tryskový únik (jet)</b>
Teplota látky	<b>-33,3 °C (po přepočtu)</b>
Rychlost úniku látky	<b>8,86646899189309 kg/s</b>
Plocha otvoru	<b>0,00331830724035422 m<sup>2</sup></b>
Trvání úniku	<b>780 s</b>
Přetlak látky	<b>2350 kPa</b>
Výška otvoru nad zemí	<b>0 m</b>

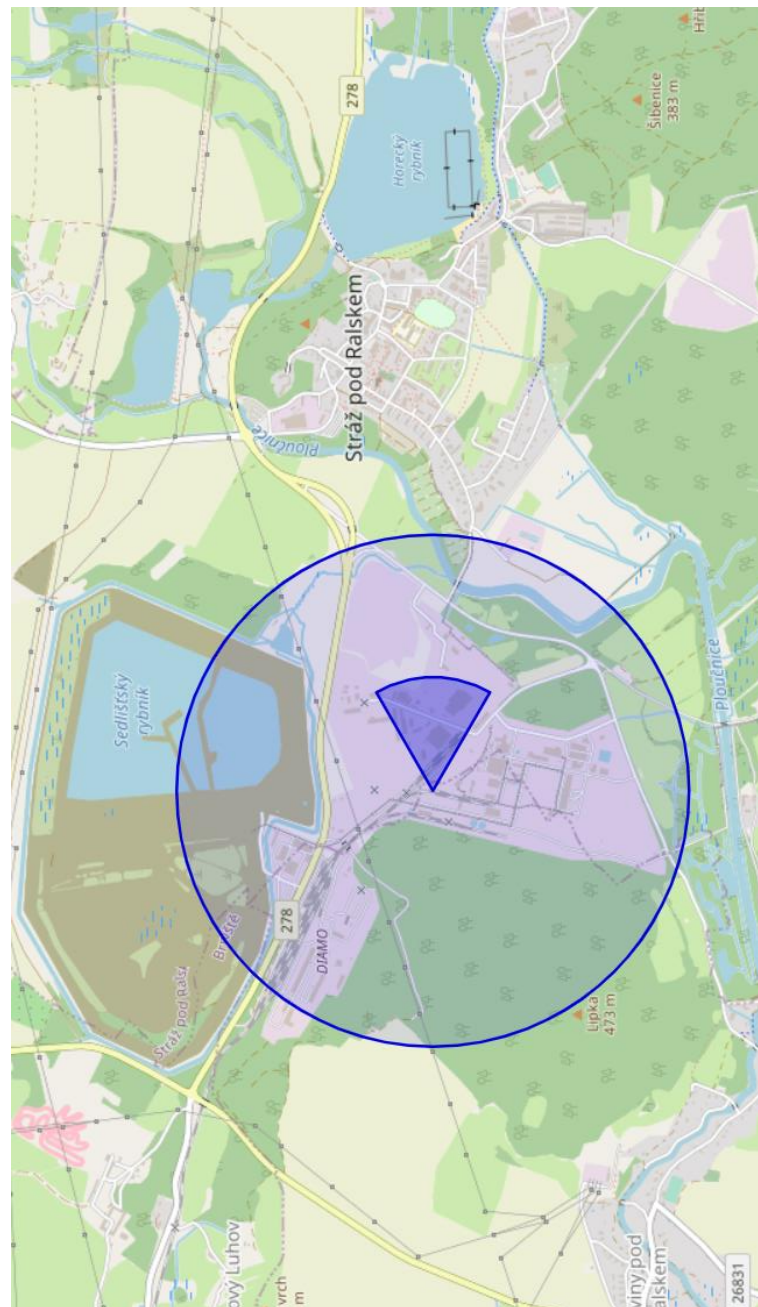
### Výsledek výpočtu

Ohrožení osob toxickou látkou	<b>473 m</b> <b>[Koncentrace: 210 mg/m<sup>3</sup>]</b>
Doporučený průzkum koncentrace plynu	<b>1067 m</b> <b>[Koncentrace: 50 mg/m<sup>3</sup>]</b>

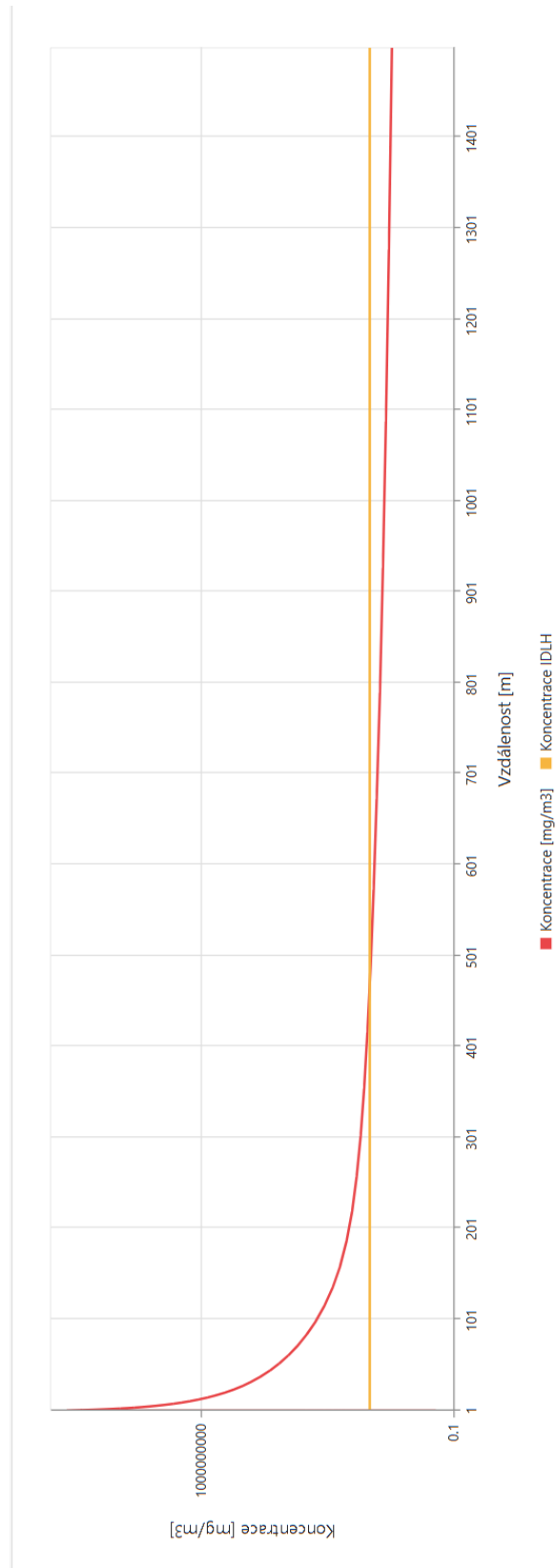
### Doporučený průzkum koncentrace plynu

**EVAKUACE DO VZDÁLENOSTI 1067 m**

## Zóny ohrožení únik amoniaku v letním období



## Graf úniku amoniaku v letním období





## Únik chloru v zimním období

Vstupní parametry	
Látka	chlor
Výška měření větru/teploty	10 m
Teplota vzduchu	-1 °C
Rychlost větru	5 m/s
Relativní vlhkost	50 %
Zataženo	50 %
Doba vzniku	Den - zima
Typ atmosférické stálosti	Izotermie
Typ povrchu ve směru šíření látky	Obytná krajina
Typ rozptylu	Horizontální tryskový únik (jet)
Teplota látky	-34 °C (po přepočtu)
Rychlost úniku látky	9,02105073379448 kg/s
Plocha otvoru	0,00125663706143592 m <sup>2</sup>
Trvání úniku	3600 s
Přetlak látky	3000 kPa
Výška otvoru nad zemí	0 m

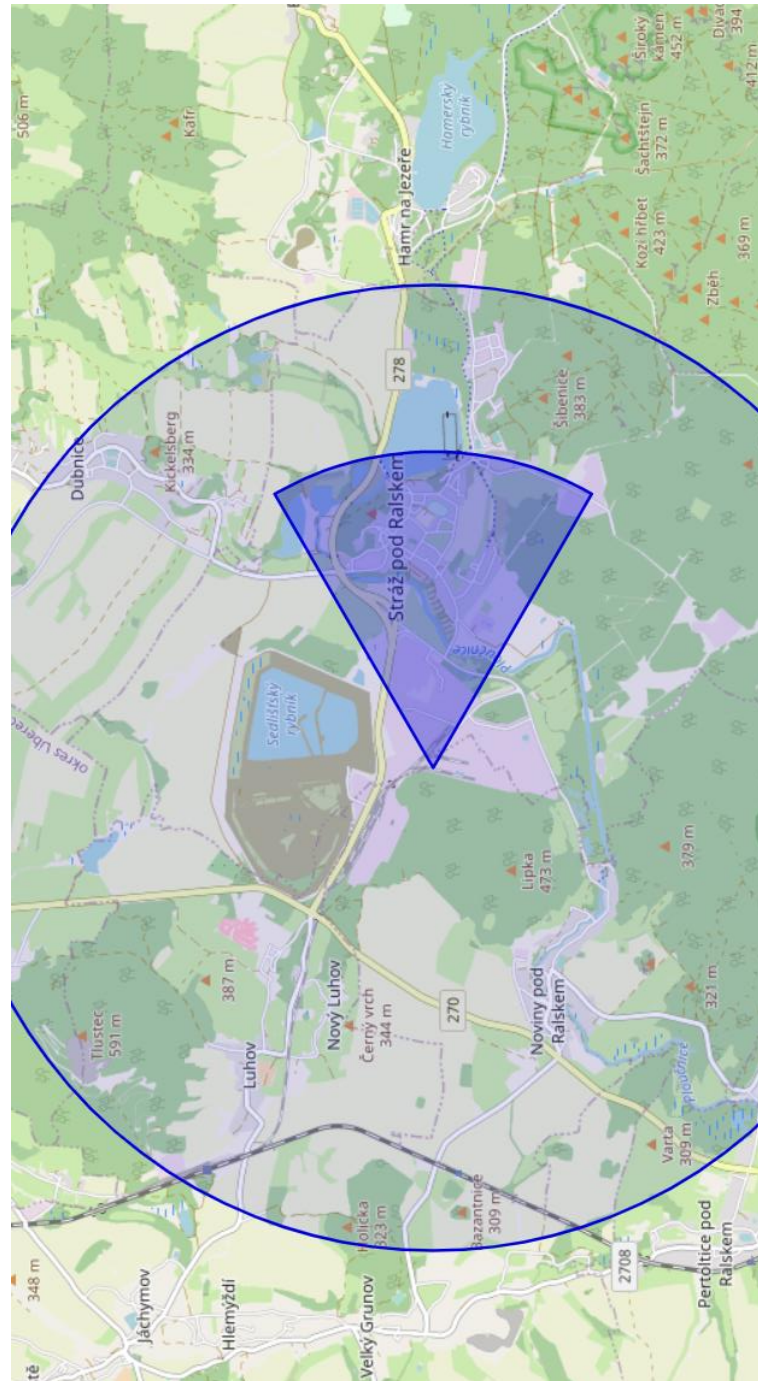
  

Výsledek výpočtu	
Ohrožení osob toxickou látkou	2544 m [Koncentrace: 29 mg/m <sup>3</sup> ]
Doporučený průzkum koncentrace plynu	3885 m [Koncentrace: 14,5 mg/m <sup>3</sup> ]

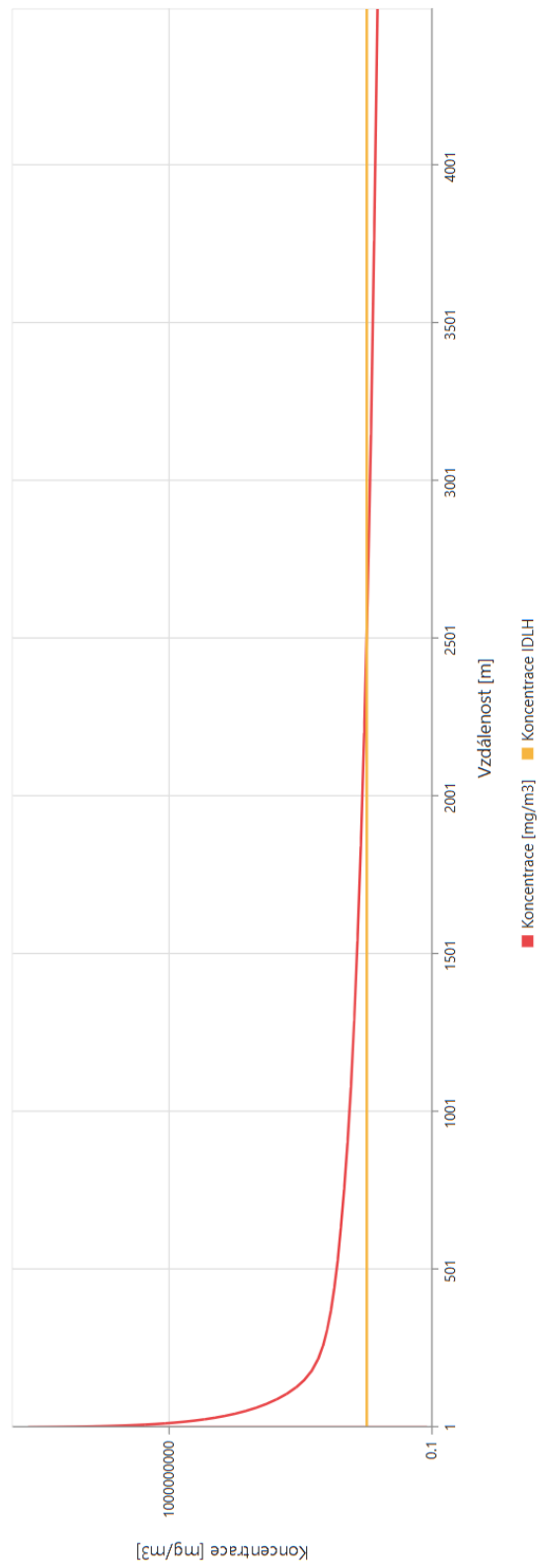
  

Doporučený průzkum koncentrace plynu	
<b>EVAKUACE DO VZDÁLENOSTI</b>	<b>3885 m</b>

## Zóny ohrožení únik chloru v zimní období



## Graf úniku chloru v zimní období



## Únik chloru v letním období

### Vstupní parametry

Látka	<b>chlor</b>
Výška měření větru/teploty	<b>10 m</b>
Teplota vzduchu	<b>17 °C</b>
Rychlost větru	<b>3,5 m/s</b>
Relativní vlhkost	<b>50 %</b>
Zataženo	<b>50 %</b>
Doba vzniku	<b>Den - jaro</b>
Typ atmosférické stálosti	<b>Konvekce</b>
Typ povrchu ve směru šíření látky	<b>Obytná krajina</b>
Typ rozptylu	<b>Horizontální tryskový únik (jet)</b>
Teplota látky	<b>-34 °C (po přepočtu)</b>
Rychlost úniku látky	<b>8,73675198132313 kg/s</b>
Plocha otvoru	<b>0,00125663706143592 m<sup>2</sup></b>
Trvání úniku	<b>3600 s</b>
Přetlak látky	<b>3000 kPa</b>
Výška otvoru nad zemí	<b>0 m</b>

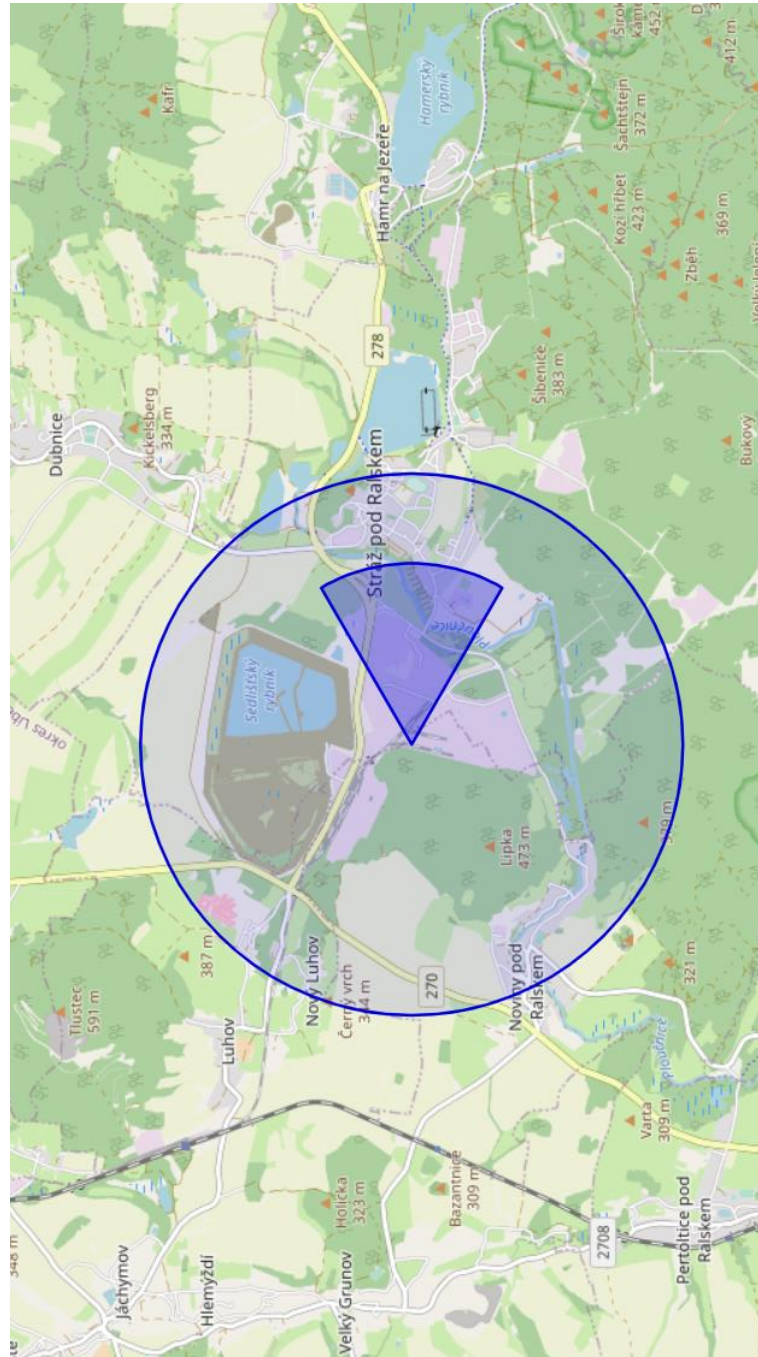
### Výsledek výpočtu

Ohrožení osob toxickou látkou	<b>1456 m</b> <b>[Koncentrace: 29 mg/m<sup>3</sup>]</b>
Doporučený průzkum koncentrace plynu	<b>2180 m</b> <b>[Koncentrace: 14,5 mg/m<sup>3</sup>]</b>

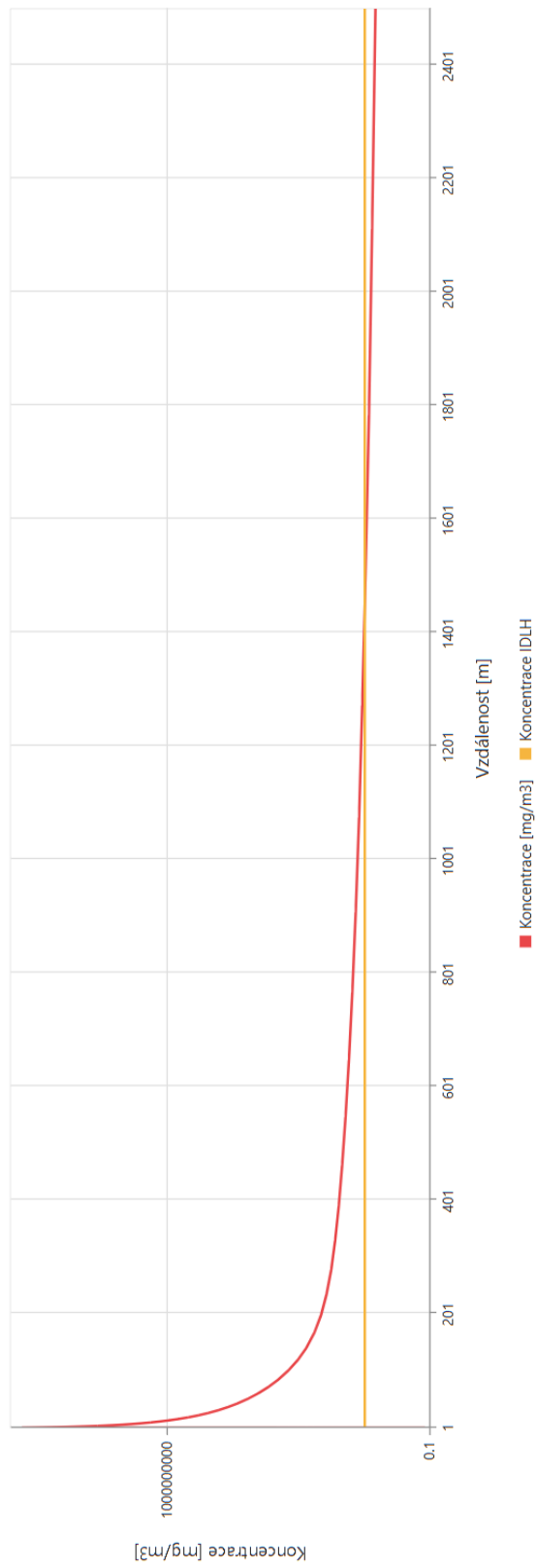
### Doporučený průzkum koncentrace plynu

**EVAKUACE DO VZDÁLENOSTI 2180 m**

## Zóny ohrožení únik chloru v letním období



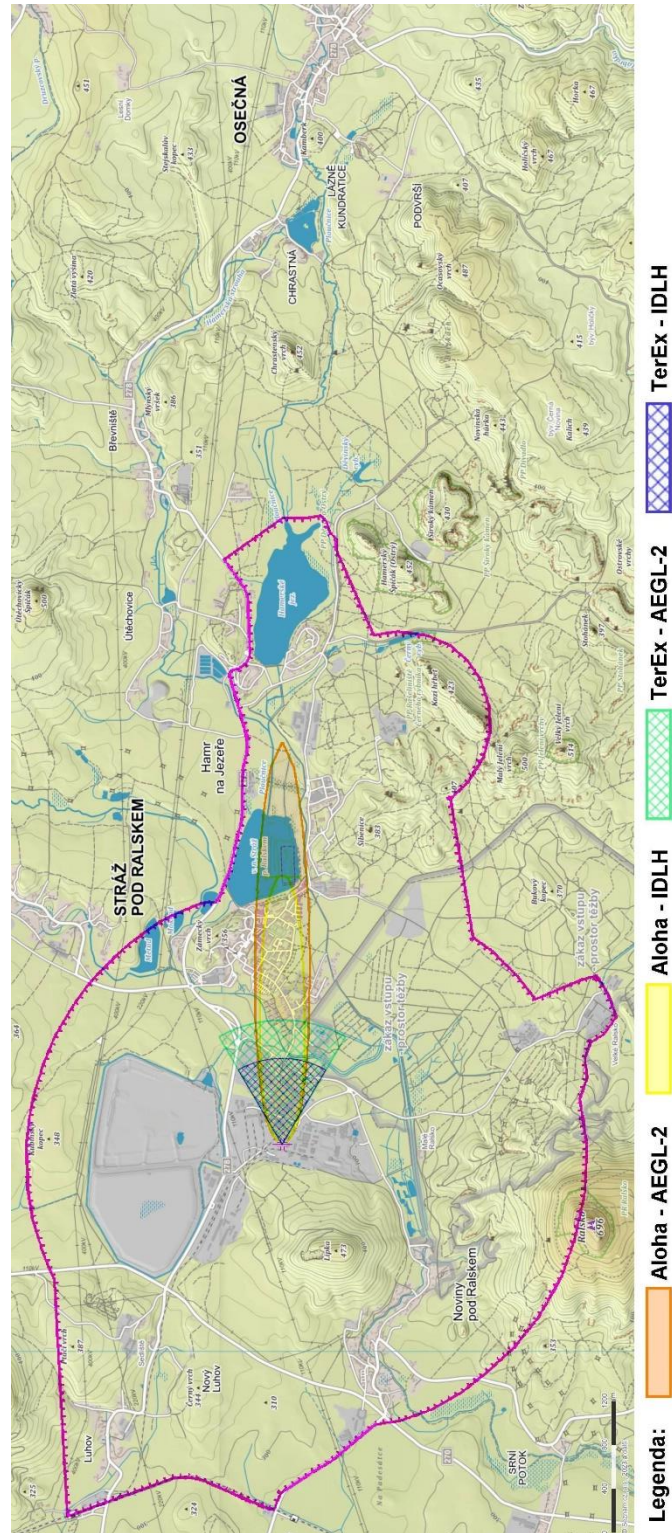
## Graf úniku chloru v letním období



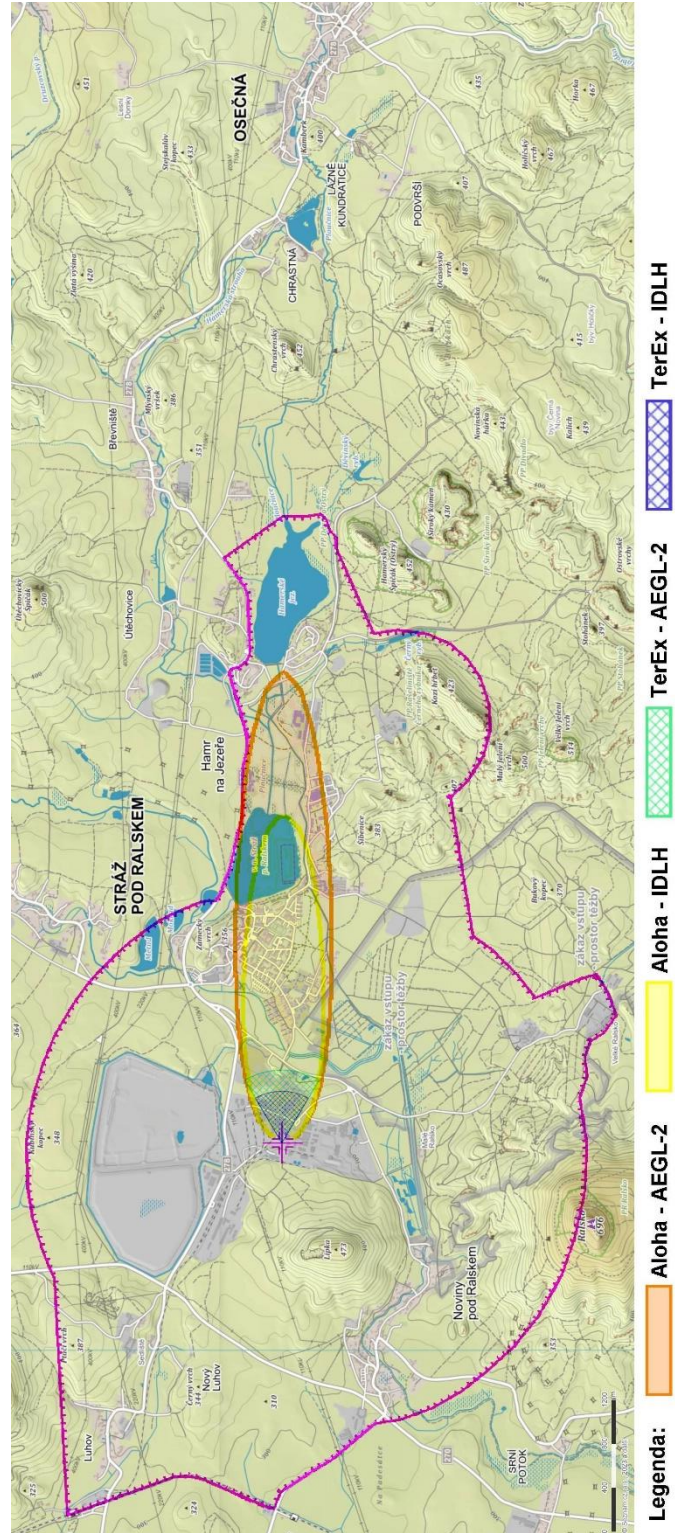


# Příloha 7: Nebezpečné zóny (AEGL -2 a IDLH) úniku amoniaku (zdroj vlastní)

## a) Únik amoniaku v zimní období



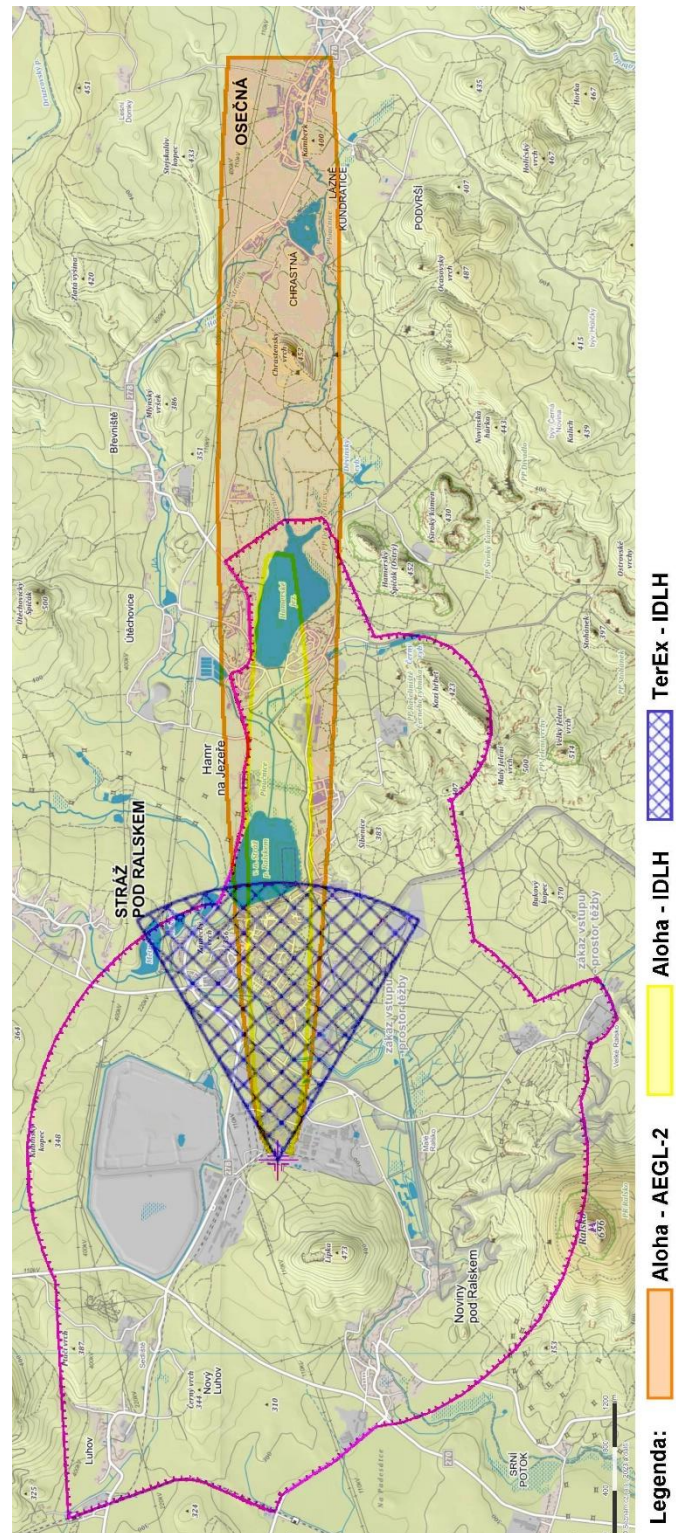
## b) Únik amoniaku v letním období



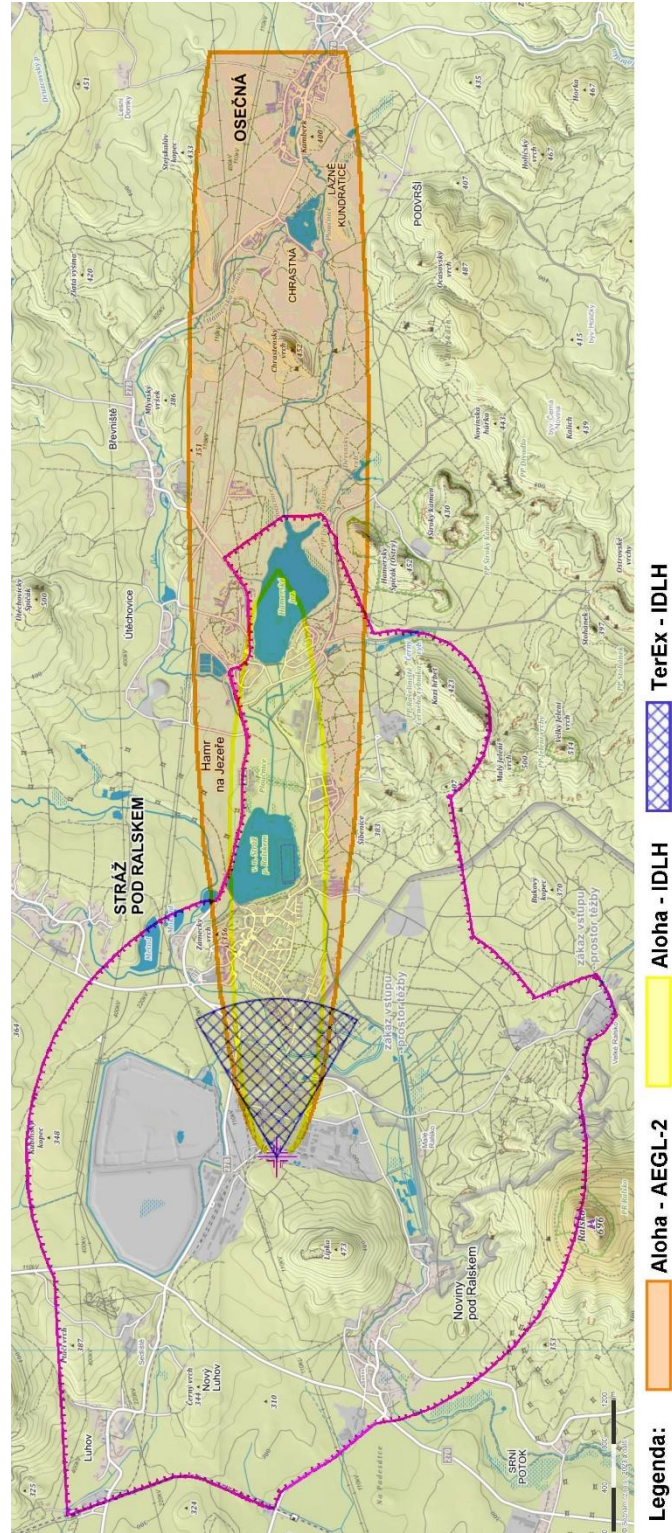


## Příloha 8: Nebezpečné zóny (AEGL -2 a IDLH) úniku chloru (zdroj vlastní)

### a) Únik chloru v zimní období



## b) Únik chloru v letním období





# Příloha 9: Evakuační trasy ze ZHP [56]

