

# Modelování havárie s únikem nebezpečných látek

David Prachař

---

Bakalářská práce  
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav ochrany obyvatelstva

Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **David Prachař**  
Osobní číslo: **L17213**  
Studijní program: **B2825 Ochrana obyvatelstva**  
Studijní obor: **Ochrana obyvatelstva**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Modelování havárie s únikem nebezpečných látek**

### Zásady pro vypracování

1. Na základě dostupných zdrojů zpracujte teoretickou část dané problematiky.
2. Vypracujte případovou studii u havárie s únikem nebezpečné látky pomocí zvoleného softwarového vybavení.
3. Na základě závěru případové studie navrhnete případné změny a návrhy ke zlepšení stávajícího stavu v problematice havárie s únikem nebezpečné látky.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam doporučené literatury:

1. VILÁŠEK, Josef, Miloš FIALA a David VONDRÁŠEK. Integrovaný záchranný systém ČR na počátku 21. století. Praha: Karolinum, 2014, 189 s. ISBN: 978-80-246-2477-8.
2. LACINA, Petr a Otakar J. MIKA. Nebezpečné chemické látky a směsi. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013, 131 s. ISBN: 978-80-210-6475-1.
3. Bojový řád Jednotek požární ochrany: Taktické postupy, zásah s přítomností NL [online]. 2016 [cit. 2018-10-22].

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Ivan Princ**

Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání bakalářské práce: 1. listopadu 2019  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. května 2020

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

Jméno a příjmení:   
Jméno díla:   
Studijní program:   
Studijní obor:   
Forma studia:   
Forma práce:

Zásady pro vypracování

1. Práci vypracovává student samostatně, s možnou konzultací s vedoucím práce.
2. Práci vypracovává student v souladu s předepsanými zásadami pro vypracování bakalářské práce.
3. Práci vypracovává student v souladu s předepsanými zásadami pro vypracování bakalářské práce.

Pracovní bakalářská práce

Pracovní bakalářská práce

Pracovní bakalářská práce

Pracovní bakalářská práce

Pracovní bakalářská práce

Pracovní bakalářská práce

Pracovní bakalářská práce

Pracovní bakalářská práce

Pracovní bakalářská práce

L.S.

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

prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.  
ředitel ústavu

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

### Prohlašuji,

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

V Uherském Hradišti, dne: 15. 5. 2020

Jméno a příjmení studenta: David Prachař

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na modelování havárie s únikem nebezpečných látek. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část se zabývá několika tématy, kterými jsou: nebezpečné látky, předpisy a dohody upravující přepravu nebezpečných věcí, integrovaný záchranný systém a softwarové nástroje. V praktické části jsou využity softwarové nástroje TeRex a ALOHA. Na základě daných vstupních informací byl v práci zpracován model havárie s únikem nebezpečné látky a výsledky zapsány pro vyhodnocení dopadu na okolí.

Klíčová slova: SW nástroj ALOHA, SW nástroj TerEx, IZS, nebezpečné látky, modelování

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis is focused on modeling an accident with the release of hazardous substances. The work is divided into theoretical and practical part. The theoretical part deals with several topics, which are: dangerous substances, regulations and agreements governing the transport of dangerous goods, integrated rescue system and software tools. In the practical part, are used software tools TeRex and ALOHA. Based on the input information provided, a hazardous substance spill crash model was processed at work and the results written to evaluate the impact on the surroundings.

Keywords: SW tool ALOHA, SW tool TerEx, IZS, hazardous substances, modeling

Rád bych poděkoval svému vedoucímu Ing. Ivanu Princovi za jeho drahocenný čas, jeho ochotu a odborné vedení. Velké díky patří také mé rodině za možnost studovat a jejich podporu po celou dobu studia.

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

## OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 MODELOVÁNÍ S POUŽITÍM VÝPOČETNÍ TECHNIKY</b> .....	<b>10</b>
<b>2 SOFTWAREVÉ NÁSTROJE</b> .....	<b>12</b>
2.1    OBECNÉ DĚLENÍ SOFTWAREVÝCH MODELŮ .....	13
2.2    KRITÉRIA PRO POSUZOVÁNÍ MODELŮ .....	14
2.3    TEREX .....	15
2.4    ALOHA.....	18
<b>3 NEBEZPEČNÉ LÁTKY</b> .....	<b>21</b>
3.1    NEBEZPEČNÉ LÁTKY A NEBEZPEČNÉ PŘÍPRAVKY.....	21
3.2    ZNAČENÍ A BALENÍ NEBEZPEČNÝCH LÁTEK .....	23
3.3    KYANOVODÍK.....	26
<b>4 PŘEDPISY A DOHODY UPRAVUJÍCÍ PŘEPRAVU NEBEZPEČNÝCH VĚCÍ</b> .....	<b>28</b>
4.1    SYSTEM ZNAČENÍ DIAMANT.....	28
4.2    INFORMAČNÍ SYSTEM HAZCHEM.....	28
4.3    ADR .....	29
4.4    RID.....	32
<b>5 INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTEM</b> .....	<b>35</b>
5.1    STRUKURA IZS A JEJÍ ÚROVNĚ.....	36
<b>6 CÍLE A METODY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>41</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>42</b>
<b>7 SCÉNÁŘ NEHODY</b> .....	<b>43</b>
<b>8 MODELOVÁNÍ ÚNIKU NEBEZPEČNÉ LÁTKY V PROGRAMU TEREX</b> .....	<b>48</b>
8.1    PRÁCE V SW NÁSTROJI TEREX .....	48
<b>9 MODELOVÁNÍ ÚNIKU NEBEZPEČNÉ LÁTKY V PROGRAMU ALOHA</b> .....	<b>50</b>
9.1    PRÁCE V SW NÁSTROJI ALOHA.....	50
<b>10 VÝSLEDKY A POROVNÁNÍ SW NÁSTROJE TEREX A ALOHA</b> .....	<b>53</b>
10.1    VÝSLEDKY MODELOVÁNÍ V SW NÁSTROJI TEREX (OBRÁZEK 12).....	53
10.2    VÝSLEDKY MODELOVÁNÍ V SW NÁSTROJI ALOHA (OBRÁZEK 14) .....	54
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>58</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>59</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>61</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>62</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>63</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>64</b>

## ÚVOD

Každým rokem roste hustota dopravy, ať už se jedná o dopravu silniční, železniční, vodní, leteckou nebo jinou. Logicky z toho vyplývá rostoucí počet vozidel na pozemní komunikaci a množství přepravovaného nákladu. I když s tímto trendem roste počet bezpečnostních systémů vozidel, pořád hraje lidský faktor tu nejdůležitější roli v nehodovosti. Další vliv na nehodovost má špatný technický stav vozovky, nekvalitní stav dopravních prostředků, porucha na signalizačním zařízení atd. Na silnicích se mimo jiné setkáváme i s přepravou nebezpečných látek, která nemusí být na první pohled patrná pro běžného řidiče. Přeprava nebezpečných látek podléhá legislativnímu opatření.

Z nejvýznamnějších právních dokumentů je Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (dále v textu ADR). Veškerá legislativa v o oblasti ADR se v průběhu času mění a upravuje dle nových požadavků na bezpečnost přepravy nebezpečných látek. Dále se pak setkáváme s mezinárodním řádem, který určuje podmínky v přepravě nebezpečných věcí na železnici (dále v textu RID). Tento řád platí pro mezinárodní přepravu nebezpečných věcí po železničních tratích na území smluvních států RID. Všechny dopravní prostředky přepravující nebezpečné látky jsou označeny podle UN kódu. Jedná se identifikační číslo látky a číslo nebezpečnosti látky. Nebezpečné látky (dále v textu NL) mohou být přírodní nebo syntetické, které svými fyzikálními, toxikologickými nebo biologickými vlastnostmi samostatně nebo v kombinaci mohou způsobit ohrožení života, zdraví nebo majetku. NL jsou klasifikovány jako: vybušené, oxidující, extrémně hořlavé, vysoce hořlavé, vysoce toxické, žíravé, dráždivé atd.

Neodmyslitelnou součástí dopravních nehod je integrovaný záchranný systém (dále v textu IZS). Můžeme říct, že se jedná o efektivní systém vazeb, pravidel spolupráce a koordinace záchranných a bezpečnostních složek, orgánů státní správy a samosprávy, fyzických a právnických osob při společném provádění záchranných a likvidačních prací a přípravě na mimořádné události. Složky IZS se dělí na základní složky IZS a ostatní složky IZS. Základní složky zahrnují: Hasičský záchranný sbor České republiky, jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany, poskytovatelé zdravotnické záchranné služby, Policie České republiky. Mezi ostatní složky IZS můžeme zařadit: Vyčleňené síly a prostředky ozbrojených sil obecní policie; orgány ochrany veřejného zdraví; havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby; zařízení civilní ochrany; neziskové organizace a sdružení občanů, která lze využít k záchranným a likvidačním pracím.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 MODELOVÁNÍ S POUŽITÍM VÝPOČETNÍ TECHNIKY

Efektivita současného vedení operací je dána hlavně schopností zpracovávat (v reálném čase a z různých zdrojů najednou) velké množství informací o prostorech kontaminovaných BCHL nebo průmyslovými toxickými látkami, vzájemně je doplňovat a hodnotit. Cílem je předkládat nejlepší možná řešení dané situace. Podrobnou analýzou získaných informací a modelováním pravděpodobného vývoje chemické situace v prostorech operací daleko od prostorů reálného zásahu odpovědných složek, například na specializovaných pracovištích (často na univerzitách nebo státních institucích v jiné části světa, než se nachází skutečné místo vzniku chemické situace) lze požadované informační převahy dosáhnout. S použitím informačních technologií a výpočetní techniky může vzniknout tzv., virtuální operační prostředí, které není omezeno na reálně či potencionálně vzniklé kontaminované prostory, ale téměř neomezeně rozšiřuje oblast své působnosti. V praxi dále může tzv. sdílení informací a nové možnosti spolupráce změnit existující tradiční rozhodovací procesy (standardní operační postupy v případě armádní praxe, či soubory typových činností složek IZS i pohled na autority a hodnoty. Dřívější hierarchické šíření informací, které umožňovalo filtrovat či sdílet podřízeným informace, se nyní omezuje díky snadné dostupnosti informací z elektronických komunikačních a informačních prostředí. [1]

Komplexní hodnocení závažné havárie nebo možného teroristického či nepřátelského působení se zneužitím BCHL a průmyslových toxických látek vyžaduje nejen zhodnocení potenciálních zdrojů rizika některou klasickou metodou analýzy pro velké správní celky, jako je například metoda IAEA-TECDOC-727 (1996), ale i uplatnění prostředků prognostického modelování všech možných havarijních následků. Zde je možné uplatnit například nástroj prognostického modelování s označením TerEx (zkratka slov „teroristický expert“), který však v armádní praxi pro účely modelování následků použití BCHL či úniků průmyslových toxických látek není využíván.

Pro kvalitní uvážení všech těchto faktorů se používání moderních počítačových programů pro modelování stává naprostou nezbytností. Na českém trhu však není v současné době dostatek kvalitních domácích modelových nástrojů. Některé ale existují a jsou prakticky využívány. Jako na příklad lze uvést již zmiňovaný softwarový nástroj české provenience TerEx společnosti T-SOFT, spol. s.r.o.

Existuje tak celá řada zahraničních vysoce kvalitních počítačových modelovacích programů, mezi které patří ALOHA (USA), NBC (DÁNSKO), HPAC (USA), NBC WARNING (DÁNSKO), ROZEX (ČESKO), WHAZAN (UK), DEGADIS (USA), FLUENT (USA), CFC (UK) a další.

Projevem havarijního úniku chemických látek může být vytvoření toxického oblaku, mlhy, nebo oparu. Dosahy obalu a rozsah kontaminované oblasti po takovém havarijním úniku jsou značně rozdílné a navíc závisí na řadě faktorů, mezi které můžeme počítat: [1]

- druh a množství uniklé látky:
- fyzikální, chemické a toxikologické vlastnosti látky,
- směr a rychlost přízemního větru a jeho stálost,
- teplotu a částečně i vlhkost vzduchu,
- vertikální stálost atmosféry,
- charakter terénu z hlediska jeho otevřenosti, zalesněnosti, zástavby (městské, průmyslové, sídlištní apod.),
- výškovou členitost terénu (převýšení terénu). [1]

## 2 SOFTWAREVÉ NÁSTROJE

Softwarové nástroje jsou velmi důležitými prvky v oblasti ochrany obyvatelstva. Jedná se o softwarové aplikace, které pracují na základě empirických zkušeností, které jsou přeneseny do příslušných algoritmů. U některých druhů softwarů jsou algoritmy provázány odlišně, proto dochází k odlišným výsledkům v závislosti na typu použitého softwarového nástroje.

Příkladem mohou být softwarové nástroje ALOHA a TerEx. Při modelových událostech testovaných v praxi jako třeba: únik z chladicího zařízení zimního stadionu a únik ze železniční cisterny se výsledky shodovaly. V těchto případech TerEx oba dva modely mírně nadhodnotil. Konkrétně událost s únikem z chladicího zařízení zimního stadionu o 22 % a únik ze železniční cisterny o 4 %. Avšak při modelování úniku amoniaku z velkého průmyslového zásobníku se výsledky rozcházely s velkými rozdíly. [2]

### Dělení softwarových nástrojů

- Preferované – preferované modely jsou uživatelsky přístupnější. Výhodou u těchto modelů je, že jsou jednodušší, co se týče zadávání vstupních informací a z hlediska záchranářů daleko praktičtější, než modely doporučené. Hlavně kvůli rychlosti vyhodnocení dané situace. Ačkoliv nejsou výstupy z těchto modelů 100% přesné, u záchranných akcí je jedním z nejdůležitějších prvků rychlost zásahu.
- Doporučené – doporučené modely jsou určeny spíše odborníkům, používání těchto modelů je daleko složitější a je potřeba znát přesné vstupní informace. Zpracování těchto modelových situací také zabere více času, což se při zásahu nehodí. Také je u těchto modelů třeba zakoupit uživatelskou licenci. [2]

### Výběr modelů

Při výběru modelu musíme zohlednit několik požadavků a to jestli máme k dispozici model s jednotlivým druhem následků. Nebo kombinovaný, který už počítá např.: s tlakovou vlnou, požáry nebo s dosahem toxických koncentrací. Všechny modely by měli disponovat příručkou, která podrobně popisuje práci se softwarem. Také by každý model měl projít testovací fází a to v reálných podmínkách, nebo by měl být srovnán se softwarem, který už fází testování v reálných podmínkách prošel. [2]

## 2.1 Obecné dělení softwarových modelů

- Screeningové modely.
- Jednoduché modely.
- Specializované modely. [2]

### Screeningové a jednoduché modely

Screeningové a jednoduché modely nevyžadují přesné vstupní informace, tyto modely tedy musí umět vyhodnotit situaci na základě odhadu. Proto jsou výstupy lehce nadhodnocovány, aby nedošlo k milnému výstupu na základě špatného odhadu. Odhadované vstupní informace jsou například směr a rychlost větru, vlhkost nebo stabilita atmosféry. Z praxe je známo, že uživatel ocení jednoduchost těchto modelů při náročnějších případech, u kterých potřebuje co možná nejrychleji získat co nejvíce informací o aktuální situaci.

U pokročilých modelů je třeba výkonnějších počítačů ale také externích digitálních stanic. Pokročilé softwarové nástroje totiž pracují s větším množstvím informací, které zjišťuje ze sítě externích stanic, které jsou rozmístěny nad inkriminovanou oblastí. Tyto modely už pracují i s přesnými terénními informacemi (komplexní terén). Tzn.: velikost překážek, jejich rozmístění a také teplotní stav atmosféry podle jejích vrstev. K charakterizaci stability v přízemní vrstvě používají některé softwarové nástroje Moninovy-Obuchovovy délky „lze definovat jako výšku nad zemským povrchem, kde produkce turbulentní kinetické energie, příslušející turbulentním fluktuacím rychlosti proudění, následkem mechanického tření proudícího vzduchu o zemský povrch, je přesně v rovnováze se zanikáním této energie působením stability zvrstvení.“ Mezi takové softwarové nástroje patří např.: ALOHA, AERMOD, SAVE II, atd. [2]

### Specializované modely

Specializované modely se používají především pro rozptyl bojových chemických látek či biologických zbraní. Jelikož jsou tyto modely používané pro rozptyl těžkého plynu, jsou také používány v chemickém průmyslu, jako kontrola emisí, které vznikají jak u běžného provozu, nebo vznikem nějaké havárie. Do těchto modelů je třeba vkládat podrobné vstupní informace termodynamických veličin, ale taky podrobnou meteorologickou situaci nad daným objektem. [2]

## 2.2 Kritéria pro posuzování modelů

Aby mohl být vybrán správný model, je proto definováno třináct základních posuzovacích kritérií. Tyto kritéria jsou:

- Uživatelská připravenost a vhodně navržené rozhraní (sdělovače, ovladače, barvy).
- Požadavky na hardwarovou podporu.
- Nároky na znalosti a dovednosti uživatele.
- Cena SW nástroje a požadavky na další výdaje (např.: přidružené instalace, výcvikové kurzy, manuály apod.).
- Míra využitelnosti nástroje a schopnost modelovat daný rozptyl/znečištění.
- Rozsah požadovaných vstupních údajů.
- Schopnost modelu počítat různě dlouhé trvání úniku (jak časově krátké, tak i dlouhodobé úniky).
- Velikost území, pro které model dokáže počítat koncentrace znečišťující látky (jako minimum se uvádí vzdálenost 1 až 5 km od zdroje).
- Schopnost modelu zahrnout do výpočtu vliv charakteru okolního terénu (stavby, les, volnou krajinu apod.).
- Formát výstupních informací, s jejich použitím apod. (např.: odkazy z U. S. EPA, nebo v pracích uznávaných odborníků). [2]

### Přeceňování výsledků

Společným charakteristickým rysem softwarových produktů je, že jsou zpravidla značně univerzální s velkým rozsahem funkčnosti a velkou šíří oblastí využití jejich využitelnost se neomezuje pouze na modely situace při bojovém napadení ZHN (tím spíše ne pouze na bojišti), ale také (a v řadě případů převážně) na modely situací, které nastávají při přírodních a průmyslových (technologických) katastrofách, teroristických akcích apod. [1]

Je však nutno dodat, že používání disperzních modelů s sebou nese přílišné přeceňování poskytovaných výsledků. Nejen laická veřejnost, ale mnohdy i vševojskoví či operační velitelé a krizoví manažeři přeceňují výsledky zmíněných programových produktů a očekávají poněkud více, než jsou skutečně schopné poskytnout. Hlavní důvody jsou tyto: [1]

- každý model poskytuje pouze možnou předpověď vývoje chemické situace nikoli situaci reálnou. Rozdíl mezi chápáním předpovědi situace a jejího následného reálného vývoje se mnohdy setkává s obtížným pochopením,

- čím přesnější výstup je požadován, tím přesnější, ale hlavně podrobnější vstupy musí být zadány. Toto tvrzení lze podpořit tím, že holé zprávy o použití ZHN (NBC 1-6 podle alianční taktické publikace ATP-45 NATO) obsahuje minimum informací k tomu, aby bylo možné SW nástroj HPAC (Hazard Prediction and Assessment Capability) použít ke kalkulaci předpovědi chemické (radiační, biologické) situace. Stejný problém se dotýká meteorologických zpráv v přízemní vrstvě atmosféry (zpráva CDM) a výškového větru (zpráva BWM) podle ATP-45 NATO v systému předávání zpráv ve formátu ADatP-3,
- obsluha bez odborných znalostí a patřičného výcviku v oblasti používání softwarových modelovacích nástrojů a interpretace výstupů, tedy tvorby operačně taktických závěrů, deklasuje jakýkoli počítačový model na úroveň „generátoru barevných polygonů“,
- zřejmé chyby samotného modelu, jimiž není míněna pouze kvalita například Gaussova modelu šíření látek v atmosféře, ale i samotná skutečnost, že jednotlivé veličiny (letální koncentrace, přípustné normy atd.) mají u jednotlivých kontaminantů pouze matematicky vypočítané hodnoty, o jejichž relevantnosti lze někdy pochybovat. [1]

### 2.3 TEREX

SW TerEx je určen pro rychlý odhad následků průmyslových havárií, úniků nebezpečných látek, teroristických útoků a následků útoků chemickými, biologickými a jadernými zbraněmi. TerEx je nástroj prioritně určený pro rychlý odhad následků havárií a teroristických nebo vojenských útoků. Má rozsáhlé využití pro operativní jednotky Integrovaného záchranného systému jak přímo na místě, tak i v řídicím středisku. Je vhodný rovněž pro analýzy rizik při územním plánování, navrhování zástavby v okolí komunikací a výrobních závodů, pojišťovnictví apod.

Program poskytuje výsledky i při nedostatku přesných vstupních informací. Předpověď následků je založena na konzervativní prognóze – výsledky odpovídají takovým podmínkám, při kterých dojde k maximálním možným následkům. [3]

Základem SW nástroje TerEx je devět základních modelů mimořádných událostí, které pokrývají různé typy havárií a teroristických útoků, a dále seznam nebezpečných látek, který při těchto událostech připadá v úvahu. Seznam nebezpečných látek je rovněž možné zadat podle přání uživatele – buď kompletní databázi, nebo vybrané látky. [4]

TerEx pracuje s devíti základními modely:

- BLEVE – Ohrožení Nádrže plošným požárem.
- DIOXIN – Jednorázový únik dioxinu (tabelární model).
- EXPLOSIVE – Nástražný výbušný systém.
- JET FIRE – Déletrvající masivní únik plynu se zahořením.
- PLUME – Který se dále dělí na: déletrvající únik plynu do oblaku, déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku a pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku.
- POISON – Otravná látka (tabelární model).
- POOL FIRE – Hoření louže kapaliny nebo vroucí kapaliny.
- PUFF – Který se dělí na: jednorázový únik plynu do oblaku, jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku.
- SPREAD – Šíření prachových částic.
- SPREAD EXPLOS – Šíření prachových částic explozí. [2]

Dále TerEx v DEMO verzi pracuje se seznamem, ve kterém se nachází 120 nebezpečných chemických látek, které jsou zároveň i ty nejvíce používané a mohou v dané situaci objevit s největší pravděpodobností. Po registraci se seznam nebezpečných látek rozšíří. Seznam nebezpečných látek obsahuje také funkci „Vlastnosti“.

Ve které lze zjistit:

- Základní informace o dané látce (kódy, R-věty, S-věty, symboly nebezpečnosti apod. dle starých a neplatných právních norem, v současnosti se jedná o P-věty a H-věty dle Směrnic EU 1907/2006/ES a 1272/2008/ES, neboli Směrnice REACH a CLP).
- Fyzikálně-chemické vlastnosti látky.
- Havarijní a toxické vlastnosti látky.
- Možné havarijní modely, které lze pro danou látku použít.
- Vlastní popis dané látky (zraňující projevy). [2]

TerEx má návaznost na geografický informační systém, takže výsledky je možno přímo zobrazovat v mapách. Integrovanou součástí programu je modul pro zobrazování výsledků do mapy. Jako podklad je možno užít lokální geografická data, případně se připojit na služby mapového serveru Státního mapového centra.



Každá instalace má rovněž možnost využití map z prohlížeče Google. TerEx splňuje normy NATO pro systém předávání zpráv ve formátu ADatP-3.

Dále generuje výstupní zprávy ve formátu CAP (Common Alert Protocol) založeném na XML. Pro úplnost je třeba dodat, že je k dispozici modul pro armádní využití, určený pro vyhodnocování účinků ZHN a předpovědi radiační, chemické a biologické situace. Vychází ze standardů NATO ATP-45 a umí generovat šest standardizovaných NBC hlášení. [5]

### **Vstupní informace pro SW nástroj TerEx**

- Celkové množství uniklé látky.
- Střední rychlost větru v přízemní vrstvě.
- Teplota vzduchu.
- Typ převažujícího povrchu v prostoru potenciálního šíření oblaku.
- Oblačnou pokrývku v procentech.
- Dobu vzniku a průběhu havárie (den-noc, roční doba). [2]

### **SW nástroj TerEx v praxi**

Výhodou tohoto softwarového nástroje je jeho jednoduchost, je navržen tak, že s ním nemusí manipulovat pouze profesionál. Je určen i pro uživatele, kteří nejsou odborníky v oboru chemie či havarijního plánování. Pro tyto uživatele je v softwaru přítomen „Průvodce“.

Po zadání vstupních informací nám program vyhodnotí oblast na 2 pásma:

- Nezbytná evakuace – vyznačená jako sytě modrá výseč.
- Doporučený průzkum toxické koncentrace – vyznačena modrým kruhem.

Tomuto softwarovému nástroji lze vytknout to, že nejde zadávat vlastní hodnotu třídy stability atmosféry. Uživatel může vybrat pouze z možností: „léto-den“ nebo „zima-noc“ atd. Tato možnost je výhodou pouze pro záchranáře, kteří v terénu potřebují co nejrychlejší vyhodnocení dané situace. Avšak pro odborníka je absence výběru vlastní volby stability atmosféry velký nedostatek. TerEx si automaticky podle svých algoritmů vybere třídu stability v atmosféře, což jsou specifické tabulky založené na Pasquillově-Giffordově typizaci. Také zde není možno zadat výšku úniku nebezpečné látky, nebo dvoufázový únik látky. Ukládání souborů je také mírnou nevýhodou, protože lze výstup uložit pouze použitím funkce „Print Screen“ nebo před program „Výstřižky“. [2]

## 2.4 ALOHA

ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) je softwarový nástroj určený speciálně pro použití lidmi reagujícími na uvolňování chemických látek, jakož i na plánování a výcvik v případě nouze. SW nástroj ALOHA modeluje klíčová nebezpečí – toxicita, hořlavost, tepelné záření (teplo) a přetlak (výbuch) síla) – souvisí s chemickými úniky, které mají za následek disperzi toxických plynů, požáry anebo výbuchy.

SW nástroj ALOHA běží rychle na malých počítačích (Microsoft® Windows® nebo Macintosh®), které jsou snadno dostupné přenosný. Je navržen tak, aby byl snadno použitelný, abyste jej mohli úspěšně provozovat při vysokém tlaku situace. Jeho chemická knihovna obsahuje informace o fyzikálních vlastnostech přibližně jednoho tisíce běžných nebezpečných chemikálií. Jeho výpočty představují kompromis mezi přesností a rychlostí; SW nástroj ALOHA byl navržen tak, aby produkoval dobré výsledky dostatečně rychle, aby byl užitečný pro respondenty. SW nástroj ALOHA je navržen tak, aby minimalizoval chyby obsluhy. Kontroluje zadané informace a upozorní obsluhu na vytvořené chyby. Nápověda SW nástroje ALOHA na obrazovce nabízí rychlý přístup k vysvětlení funkcí SW nástroje ALOHA a výpočty a také základní informace, které pomohou interpretovat jeho výstup. SW nástroj ALOHA byl vyvinut společně Národní správou oceánů a atmosfér (NOAA) a Agentura na ochranu životního prostředí (EPA). [6]

### Vyhodnocování výsledků

SW nástroj ALOHA dokáže počítat s vertikálními větrnými poryvy na gaussovskou disperzi ale i na disperzi těžkých plynů a odpařování z kaluže. Zohledňuje také odrazy od povrchu země i od vrstvy nízké atmosférické inverze. Také termodynamické hledisko je zde zohledňováno, a to s přenosem tepla z odpařující se kaluže a povrchu země. Výstupy modelů zahrnují sumarizaci uživatelských vstupů, dále grafy se směrem šíření oblaku a koncentrací látky. Celkový výsledek lze uložit do archívu.

SW nástroj ALOHA vychází z polohy zdroje rizika, informací o chemických vlastnostech chemické látky, atmosférických podmínek, charakteru krajiny a množství uniklé látky. Po zadání vstupních informací vykreslí odhad ohrožené oblasti do třech zón ohrožení. Zóny jsou vyznačeny barevně. Červená křivka znamená nejvyšší koncentraci látky v ovzduší, tudíž i největší ohrožení, následuje oranžová a potom žlutá barva. Tomuto odhadu předchází výběr příslušných vhodných hodnot koncentrace látky v ovzduší LOC (Levels of Concern).

Dále program vybírá ze dvou typů modelů a to již výše zmíněných: Gaussovského modelu a modelu těžkých částic. Výběr modelů závisí na výpočtu Richardsonova čísla  $Ri$ . „Richardsonovo číslo je kvantitativní charakteristika vyjadřující stupeň možnosti rozvoje turbulence a konvekce v atmosféře, závisí především na změnách teploty a rychlosti větru s výškou.“ [7]

To znamená, že ALOHA podle molekulové hmotnosti látky a podle Richardsonova čísla automaticky vybírá ze zmíněných dvou modelů. Tyto modely lze také změnit ručně a to v případě pokud se jedná o látku, která je lehčí, než vzduch ale je uložena v kryogenním stavu, což má za následek, že se bude látka chovat jako těžký plyn. Příkladem takového plynu je amoniak. [6]

#### **Vstupní informace pro softwarový nástroj ALOHA:**

- Celkové množství uniklé látky.
- Střední rychlost větru a směr větru.
- Teplota vzduchu.
- Koeficient drsnosti povrchu (volná krajina, město, nebo les, nebo vlastní specifická hodnota).
- Oblačná pokrývka v desetinách.
- Relativní vlhkost vzduchu.
- Čas, datum, zeměpisnou šířku a délku (kvůli výpočtu intenzity slunečního záření).
- Atmosférický tlak (počítaný u nadmořské výšky). [8]

#### **SW nástroj ALOHA v praxi**

Tento softwarový nástroj patří mezi pokročilé modely. Je využíván hlavně pro modelování situací, při kterých došlo k úniku nebezpečných chemických látek na krátké vzdálenosti (do 10 km). Uživatelé používající softwarový nástroj ALOHA jej hodnotí pozitivně, protože vstupní informace jsou snadno zjistitelné, nebo odhadnutelné na základě zkušeností dle charakteru události. V softwarovém nástroji se také nachází dobře zpracovaná příručka.

Nevýhodou tohoto softwarového nástroje je, že jediná možnost jak uložit její výstup je použít možnost „Print Screen“, nebo jej rovnou vytisknout. SW nástroj ALOHA také nedisponuje volbou změny jazyku na češtinu. [6]

Software ALOHA byl použit například při chemické havárii v indickém městě Bhópálu. Tato havárie byla největší chemickou havárií. Stala se 2. prosince 1984. Při nehodě uniklo do ovzduší 27 tun methylisokyanátu a jiných škodlivých látek. Během prvních tří dnů na následky katastrofy zemřelo přibližně 8000 lidí a na následky havárie do dnešního dne zemřelo okolo 25 000 lidí a dalších asi 520 000 lidí bylo zasaženo. [9]

### 3 NEBEZPEČNÉ LÁTKY

Nebezpečné látky jsou přírodní nebo syntetické látky, které svými chemickými, fyzikálními, toxikologickými nebo biologickými vlastnostmi samostatně nebo v kombinaci mohou způsobit ohrožení života, zdraví nebo majetku. [10, 11]

#### 3.1 Nebezpečné látky a nebezpečné přípravky

Jsou látky nebo přípravky, které mají jednu nebo více nebezpečných vlastností, a které mají negativní vliv na život a zdraví lidí a na životní prostředí. Osobám, které s nimi přicházejí do kontaktu, mohou způsobit smrt, krátkodobé, případně dlouhotrvající nebo opakující se poškození zdraví, pokud jsou vdechovány, požitý nebo absorbovány pokožkou. [10, 11]

Nebezpečné látky a nebezpečné přípravky jsou klasifikovány jako:

- **výbušné:** jsou pevné, kapalně, pastové nebo gelové látky a přípravky, které mohou exotermně reagovat i bez přístupu vzdušného kyslíku, přičemž rychle uvolňují plyny, a které, pokud jsou v částečně uzavřeném prostoru, za definovaných zkušebních podmínek detonují, rychle shoří nebo po zahřátí vybuchují,
- **oxidující:** jsou látky a přípravky, které vyvolávají vysoce exotermní reakci ve styku s jinými látkami, zejména hořlavými,
- **extrémně hořlavé:** jsou kapalně látky a přípravky, které mají extrémně nízký bod vzplanutí a nízký bod varu nebo plynné látky a přípravky, které jsou hořlavé ve styku se vzduchem při pokojové teplotě a tlaku,
- **vysoce hořlavé** jsou:
  - látky a přípravky, které se mohou samovolně zahřívat a nakonec se vznítí ve styku se vzduchem při pokojové teplotě bez jakéhokoliv dodání energie,
  - pevné látky a přípravky, které se mohou snadno zapálit po krátkém styku se zdrojem zapálení a které pokračují v hoření nebo vyhořely po jeho odstranění,
  - kapalně látky a přípravky, které mají velmi nízký bod vzplanutí,
  - látky a přípravky, které ve styku s vodou nebo vlhkým vzduchem uvolňují vysoce hořlavé plyny v nebezpečných množstvích,

- **hořlavé:** jsou kapalné látky nebo přípravky, které mají nízký bod vzplanutí,
- **vysoce toxické:** jsou látky nebo přípravky, které při vdechnutí, požití nebo při průniku kůží ve velmi malých množstvích způsobují smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví,
- **toxické:** jsou látky nebo přípravky, které při vdechnutí, požití nebo při průniku kůží v malých množstvích způsobují smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví,
- **zdraví škodlivé:** jsou látky nebo přípravky, které při vdechnutí, požití nebo při průniku kůží mohou způsobit smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví,
- **žiravé:** jsou látky nebo přípravky, které mohou zničit živé tkáně při styku s nimi,
- **dráždivé:** jsou látky nebo přípravky, které mohou při okamžitém, dlouhodobém nebo opakovaném styku s kůží nebo sliznicí vyvolat zánět a nemají žiravé účinky,
- **senzibilizující:** jsou látky nebo přípravky, které jsou schopné při vdechování, požití nebo při styku s kůží vyvolat přecitlivělost, takže při další expozici dané látce nebo přípravku vzniknou charakteristické nepříznivé účinky,
- **karcinogenní:** jsou látky nebo přípravky, které při vdechnutí nebo požití nebo průniku kůží mohou vyvolat rakovinu nebo zvýšit její výskyt,
- **mutagenní:** jsou látky nebo přípravky, které při vdechnutí nebo požití nebo průniku kůží mohou vyvolat dědičné genetické poškození nebo zvýšit jeho výskyt,
- **toxické pro reprodukci:** jsou látky nebo přípravky, které při vdechnutí nebo požití nebo průniku kůží mohou vyvolat nebo zvýšit výskyt nedědičných nepříznivých účinků na potomstvo nebo zhoršení mužských nebo ženských reprodukčních funkcí nebo schopností,
- **nebezpečné pro životní prostředí:** jsou látky nebo přípravky, které při vstupu do životního prostředí představují nebo mohou představovat okamžité nebo pozdější nebezpečí pro jednu nebo více složek životního prostředí. [10, 11]

### 3.2 Značení a balení nebezpečných látek

Nebezpečné chemické látky a směsi jsou látky, které vykazují jednu nebo více nebezpečných vlastností. Klasifikace chemických látek, která je platná od 1. prosince 2012, je dána Evropskou směrnicí 1272/2008/ES. Klasifikace směsí dle uvedené směrnice je platná od 1. června 2015, v současné době jsou směsi klasifikovány dle zákona č. 350/2011 Sb. [7]

Bezpečnost přepravy ovlivňují i technické prostředky, s jejichž využitím je realizovaná přeprava nebezpečných věcí (dále v textu NV) až do místa spotřeby, nebo zpracování. K těmto technickým prostředkům můžeme zařadit:

- manipulační techniku (obaly, manipulační prostředky),
- konvenční a nekonvenční dopravní prostředky. [12]

Obal musí být vyrobený a uzavíratelný tak, aby při normálních manipulačních (včetně přepravních) podmínkách chránil přepravované NV před únikem, poškozením, resp. chránil prostředí před přímým působením specifických vlastností přepravované NV. Před zavedením do sériové výroby musí být každý obal podroben zkouškám, které zohledňují kromě jiného i specifické přepravní podmínky. Obaly pro přepravu NV můžeme dělit podle různých kritérií, nejčastěji se dělí podle objemu, případně nosnosti na:

- obaly určené pro kusové zásilky, které mají maximální čistou hmotnost 400 kg nebo nejvyšší vnitřní objem 450 litrů,
- středně velké nádoby na volně ložené látky (IBC) mají objem nejvíce 3 m<sup>3</sup>,
- velké obaly – jsou konstruované pro mechanickou manipulaci a jejich čistá hmotnost přesahuje 400 kg nebo objem je větší než 450 litrů ne však
- kontejnery pro přepravu volně ložených látek. [12]

Obal musí plnit své základní funkce podle podmínek vyplývajících z logistického řetězce. Volba obalů musí být taková, aby byla zabezpečena podmínka, že NV nesmí být baleny společně do stejného vnějšího obalu nebo do velkého obalu s nebezpečnými nebo jinými věcmi, pokud navzájem nebezpečně reagují a způsobují:

- hoření nebo vývin velkého tepla,
- vývin hořlavých, dusivých, okysličovacích nebo jedovatých plynů,
- vznik žíravých látek,
- vznik nestabilních látek. [12]

K označení nebezpečnosti NV jsou používána identifikační čísla nebezpečnosti, které jsou známy jako Kemlerův kód nebo kód NL (tvořené ze dvou nebo třech čísel a v některých případech doplněné písmenem X), což je v současnosti nejrozšířenější systém označování nebezpečí, resp. prvotní označení pro rychlé určení nebezpečí při požárech a haváriích vzniklých při manipulaci s NV. Všeobecný význam [12]

Jednotlivým NV, jejichž manipulace podléhá mezinárodním předpisům v oblasti přepravy NV jsou přiřazeny čtyřmístné číselné kódy, které každou NV jednoznačně identifikují. Tento kód se nazývá identifikační číslo látky a je mezinárodně známý jako UN-kód. Je jedním z nejčastěji používaných systémů pro rychlou identifikaci NL, jehož autorem je OSN. Z uvedeného důvodu je možné se v odborné literatuře setkat i s jeho dalším synonymem - číslo OSN. [12]

<b>268</b>	268 = 2 plyn 6 toxický 8 žravý
<b>1005</b>	1005 = amoniak bezdodý

Obrázek 1 - Význam číslic tabulky [12]



### Výstražné symboly dle Směrnice 1272/2008/ES

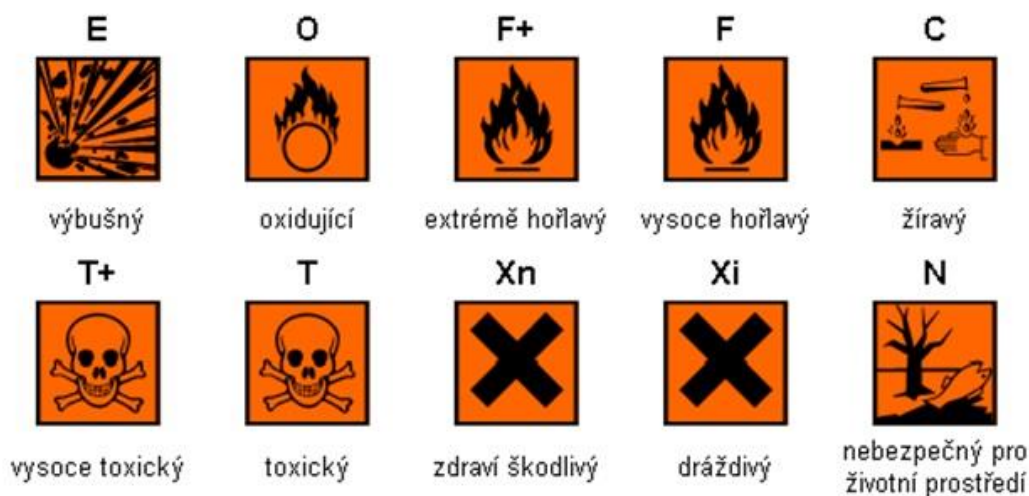
Klasifikace (dříve definovaná jako zjištění a zhodnocení nebezpečných vlastností látek a přípravků/směsí a zařazení do skupiny nebezpečnosti) – podle nařízení CLP se jedná o přiřazení jedné nebo více kategorií nebezpečnosti pro každou příslušnou třídu nebezpečnosti a jednu nebo více standardních vět o nebezpečnosti. [13]



Obrázek 2 - Výstražné symboly dle Směrnice 1272/2008/ES [7]

### Výstražné symboly dle vyhlášky 402/2011 Sb.

Vyhláška o hodnocení nebezpečných vlastností chemických látek a chemických směsí a balení a označování nebezpečných chemických směsí. Tento zákon byl zrušen ke dni 1. 6. 2015.



Obrázek 3 - Výstražné symboly dle vyhlášky 402/2011 Sb. [7]

### 3.3 Kyanovodík

Je systémová chemická dusivá látka. Naruší normální používání kyslíku téměř každým orgánem těla. Expozice kyanovodíku může být rychle fatální. Má celotělové (systémové) účinky, zejména ovlivňuje ty orgánové systémy, které jsou nejcitlivější na nízkou hladinu kyslíku: centrální nervový systém (mozek), kardiovaskulární systém (srdce a krevní cévy) a plicní systém (plíce). Kyanovodík je chemický válečný prostředek (vojenské označení, AC). Používá se komerčně pro fumigaci, galvanizaci, těžbu, chemickou syntézu a výrobu syntetických vláken, plastů, barviv a pesticidů. Plynný kyanovodík má výrazný hořký mandlový zápach (jiní popisují zatuchlou „starou teniskovou vůni“), ale velká část lidí ji nemůže detekovat; zápach neposkytuje odpovídající varování před nebezpečnými koncentracemi. Má také hořkou pálivou chuť a často se používá jako roztok ve vodě. [14]

#### Způsoby šíření:

- Vnitřní vzduch: Kyanovodík se může uvolňovat do vnitřního vzduchu jako kapalný sprej (aerosol) nebo jako plyn.
- Voda: K znečištění vody lze použít kyanovodík.
- Jídlo: Ke kontaminaci potravin lze použít kyanovodík.
- Venkovní vzduch: Kyanovodík může být uvolňován do venkovního vzduchu jako kapalný sprej (aerosol) nebo jako plyn.
- Zemědělství: Pokud se kyanovodík uvolňuje do vzduchu jako kapalný sprej (aerosol), má potenciál kontaminovat zemědělské produkty. Pokud se kyanovodík uvolní jako plyn, je vysoce nepravděpodobné, že by kontaminoval zemědělské produkty. [14]

#### Vzhled kyanovodíku:

- Bezbarvá nebo světle modrá kapalina pod 25,6 ° C, bezbarvý plyn nad 25,6 ° C. [14]

#### Řešení nouzových událostí:

##### Chemická nebezpečí:

- Kyanovodík je nestálý s teplem, alkalickými materiály a vodou.
- Kyanovodík reaguje s aminy, oxidanty, kyselinami, hydroxidem sodným, hydroxidem vápenatým, uhličitánem sodným, žiravinami a amoniakem.
- Kyanovodík může polymerovat při teplotě od 50 ° C do 60 ° C; polymerace se může vyskytnout násilně v přítomnosti tepla, alkalických materiálů nebo vlhkosti. [14]

**Nebezpečí výbuchu:**

- Plynný kyanid vodíku se dobře mísí se vzduchem a snadno se tvoří výbušné směsi.
- Omezená polymerace může způsobit selhání nádoby a prudký výbuch.
- Kyanid vodíku se může při kontaktu s alkalickými materiály výbušně rozkládat.
- Výbušný potenciál je závažný, pokud je kyanovodík vystaven teple nebo plameni nebo zásaditým látkám.
- Dolní mez výbušnosti (hořlavé) ve vzduchu (LEL), 5,6 obj. %; horní mez výbušnosti (hořlavé) ve vzduchu (UEL), 40 obj. %.
- Přípravek nebo jeho páry představují výbuch par a jed (toxické) nebezpečí uvnitř, venku nebo v kanalizacích.
- Odtok do kanalizace může představovat nebezpečí výbuchu.
- Při zahřátí mohou kontejnery explodovat. [14]

**Výstražné štítky / štítky pro nebezpečné materiály**

- Název pro přepravu: Kyanovodík, stabilizovaný méně než 3 % vody
- Identifikační číslo: 1051 (Průvodce 117)
- Nebezpečná třída nebo divize: 6.1
- Doplňková nebezpečná třída nebo divize: 3
- Štítek: Hořlavá kapalina nebezpečná při vdechování. [14]



Obrázek 4 - Štítek č. 1 [14]

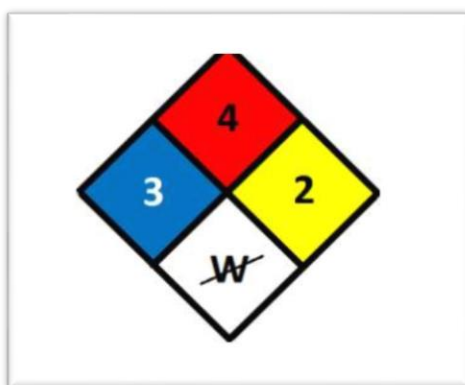


Obrázek 5 - Štítek č. 2 [14]

## 4 PŘEDPISY A DOHODY UPRAVUJÍCÍ PŘEPRAVU NEBEZPEČNÝCH VĚCÍ

### 4.1 Systém značení DIAMANT

Tento systém je určen k rychlému posouzení nebezpečí při nehodách s důrazem na znalost hlavních faktorů, které jsou spojeny s únikem. Neslouží tedy k identifikaci látky. Jedná se o čtverec stojící na hraně, který je rozdělen do 4 polí – viz Obrázek 6.



Obrázek 6 – Systém značení diamant [15]

- Červené pole – značí nebezpečí požáru.
- Modré pole – zobrazuje nebezpečnost látky, s ohledem na poškození zdraví.
- Žluté pole – určuje, zda je látka reaktivní.
- Bílé pole – znázorňuje specifická nebezpečí.

V každém poli je číslo, popřípadě znak, kterým se označuje stupeň nebezpečí. Škála čísel jsou od 0 do 4, kdy platí, že čím větší je číslo, tím větší je nebezpečí. [16]

### 4.2 Informační systém HAZCHEM

Tento systém kombinuje označení látky, způsob jakým se má likvidovat a třídy nebezpečnosti. Toto označování je určeno pro stanovení prvotních opatření při zásahu, uvádí, jaké hasivo má být použito, informuje o opatřeních pro ochranu nasazených sil a upozorňuje, zdali má být provedena evakuace civilních osob. Skládá se ze tří symbolů: z jedné číslice a jednoho nebo dvou písmen. První číslice určuje doporučenou hasební látku. Druhé písmeno informuje o doporučeném stupni ochrany. Třetí symbol opět písmeno, zvažuje nutnost evakuace. [10, 16]

### 4.3 ADR

Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR) byla uzavřena v Ženevě dne 30. září 1957 pod záštitou Evropské hospodářské komise OSN a vstoupila v platnost dne 29. ledna 1968. Samotná dohoda byla změněna protokolem, kterým se mění čl. 14 odst. 3 podepsaný v New Yorku dne 21. srpna 1975, který vstoupil v platnost dne 19. dubna 1985. [17]

Samotná dohoda je krátká a jednoduchá. Klíčovým článkem je druhý článek, který říká, že kromě některých příliš nebezpečných věcí může být jiné nebezpečné zboží přepravováno mezinárodně v silničních vozidlech za předpokladu splnění:

- podmínky pro dotyčné zboží stanovené v příloze A, zejména pokud jde o jejich balení a označování; a
- podmínky stanovené v příloze B, zejména pokud jde o konstrukci, vybavení a provoz vozidla přepravujícího dané zboží. [17]

Přílohy A a B byly od vstupu ADR v platnost pravidelně měněny a aktualizovány. V důsledku změn, které vstoupily v platnost dne 1. ledna 2019, byla zveřejněna revidovaná konsolidovaná verze jako dokument ECE / TRANS / 275, sv. I a II („ADR 2019“). [17]

Struktura je v souladu se strukturou doporučení OSN o přepravě nebezpečného zboží, vozových předpisů, Mezinárodního předpisu o námořní přepravě nebezpečného zboží (Mezinárodní námořní organizace), technických pokynů pro bezpečnou leteckou přepravu nebezpečných věcí (Mezinárodní organizace pro civilní letectví) a předpisy týkající se mezinárodní železniční přepravy nebezpečných věcí (Mezivládní organizace pro mezinárodní železniční dopravu). Rozložení je následující: [17]

Příloha A: Obecná ustanovení a ustanovení týkající se nebezpečných předmětů a látek

- Část 1 – Obecná ustanovení.
- Část 2 – Klasifikace.
- Část 3 – Seznam nebezpečných věcí, zvláštní ustanovení a výjimky týkající se omezených a vyjímaných množství.
- Část 4 – Balení a zásobování nádrží.
- Část 5 – Postupy při odesílání.
- Část 6 – Požadavky na konstrukci a zkoušení obalů, kontejnerů na přepravu volně loženého zboží (IBC), velkých obalů, nádrží a kontejnerů na volně ložený materiál.

- Část 7 – Ustanovení týkající se podmínek přepravy, nakládky, vykládky a manipulace.

Příloha B: Ustanovení týkající se dopravního zařízení a přepravních operací.

- Část 8 – Požadavky na posádky vozidel, vybavení, provoz a dokumentaci.
- Část 9 – Požadavky na konstrukci a schvalování vozidel. [17]

### Identifikační číslo nebezpečnosti – Kemler kód

Tento kód je kombinace dvoumístných nebo trojmístných znaků – číslic někdy doplněná o písmeno X. Číslice jsou uvedené na tzv. oranžové výstražné identifikační tabuli, která je rozdělena na dvě poloviny a to horní a dolní. V horní části je uveden Kemler kód, ve spodní je uveden UN kód, o kterém bude zmíněno dále. Kód slouží, pro rychlou identifikaci nebezpečí v případě havárie. První číslice označuje hlavní nebezpečí látky. Druhá a třetí určuje vedlejší nebo dodatečné nebezpečí. Písmeno X je použito v případě, kdy látka nesmí přijít do styku s vodou. V případě, že jsou první dvě číslice stejné, značí to zvýšení hlavního nebezpečí. V tabulce jsou vypsána číslice a jejich nebezpečnost. [10, 15]

### Identifikační číslo nebezpečnosti – UN kód

UN kód nebo také označovaný jako identifikační číslo nebezpečné látky. Přibližně 3 500 látek má přiřazen svůj UN kód, což jsou čtyřmístné kombinace čísel 0, 1, 2 nebo 3. Na základě tohoto kódu lze přesně určit, o jakou látku se jedná.



Obrázek 7 – UN kód [18]

## Třídy nebezpečných věcí podle ADR

Tabulka 1 – Třídy nebezpečných věcí podle ADR [16]

ČÍSLO	NEBEZPEČNOST
2	UVOLŇOVÁNÍ PLYNŮ POD TLAKEM NEBO CHEMICKOU REAKCÍ
3	HOŘLAVOST PAR, KAPALIN A PLYNŮ
4	HOŘLAVOST TUHÝCH LÁTEK
5	OXIDAČNÍ ÚČINKY
6	TOXICITA
7	RADIOAKTIVITA
8	ŽÍRAVOST
9	NEBEZPEČÍ SAMOVOLNÉ PRUDKÉ REAKCE
X	LÁTKA NESMÍ PŘIJÍT DO STYKU S VODOU
0	DODATKOVÁ ČÍSLICE BEZ VÝZNAMU (VIZ DÁLE)

Každému záznamu v různých třídách bylo přiděleno čtyřmístné číslo UN. Obvykle není možné odvodit třídu nebezpečnosti látky z jejího čísla OSN: musí se vyhledat v tabulce. Výjimkou jsou látky třídy 1, jejichž číslo OSN bude vždy začínat 0. [17]

## Piktogramy ADR



Obrázek 8 - Piktogramy ADR [17]

**Kódy označující stupeň nebezpečnosti látek:**

Každé vozidlo, které přepravuje nebezpečné látky, musí být řádně označeno dle právních předpisů a z mnoha důvodů. Každé látky si vyžadují individuální přístup při skladování nebo při manipulaci s nimi. V případě vzniku mimořádné události je toto označení důležité pro zasahující jednotky, aby bylo zřejmé, o jakou látku se jedná, jaké má nebezpečné vlastnosti a mohli zvolit správný postup a prostředky na odstranění. V ČR jsou nejvíce používané oranžové výstražné tabulky s Kemler a UN kódem. Spojené státy používají značení DIAMANT a Velká Británie používá HAZCHEM. [10]

**4.4 RID**

Je mezinárodní smlouva určující podmínky pro přepravu nebezpečných látek po železnici. Je součástí Úmluvy o mezinárodní železniční přepravě (francouzsky Convention relative aux transports internationaux ferroviaires – COTIF). Tato úmluva byla přijata dne 9. května 1980 v Bernu a byla vyhlášena pod č. 8/1985 Sb. [3]

**Obsah smlouvy**

Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (RID) je přípojkem C Úmluvy o mezinárodní železniční dopravě. Tento řád platí pro mezinárodní přepravu nebezpečných věcí po železničních tratích na území smluvních států RID. Řád také v příloze stanovuje nebezpečné věci, které jsou z mezinárodní přepravy vyloučeny. [3]

Smlouva je rozdělena do sedmi částí. První část se věnuje všeobecným ustanovením, vymezením pojmů apod. Druhá část se zabývá samotnou klasifikací jednotlivých látek. Třetí část obsahuje seznam nebezpečných věcí, zvláštní ustanovení a vynětí z platnosti. Čtvrtou částí je ustanovení o používání obalů a cisteren. Pátá část se věnuje postupům při odesílání, šestá požadavkům na konstrukci a zkoušení obalů, nádob a cisteren a sedmá obsahuje ustanovení o podmínkách přepravy, nakládky, vykládky a manipulace. Celá smlouva má v českém znění 1208 stran. [3]



## Rozdělení věcí do nebezpečných tříd

Tabulka 2 – Třídy nebezpečných věcí podle RID [3]

TŘÍDA	NEBEZPEČNOST
TŘÍDA 1	VÝBUŠNÉ LÁTKY A PŘEDMĚTY
TŘÍDA 2	PLYNY
TŘÍDA 3	HOŘLAVÉ KAPALINY
TŘÍDA 4.1	HOŘLAVÉ TUHÉ LÁTKY, SAMOVOLNĚ SE ROZKLÁDAJÍCÍ LÁTKY A ZNECITLIVĚNÉ TUHÉ VÝBUŠNÉ LÁTKY
TŘÍDA 4.2	SAMOZÁPALNÉ LÁTKY
TŘÍDA 4.3	LÁTKY, KTERÉ VE STYKU S VODOU VYVÍJEJÍ HOŘLAVÉ PLYNY
TŘÍDA 5.1	LÁTKY PODPORUJÍCÍ HOŘENÍ
TŘÍDA 5.2	ORGANICKÉ PEROXIDY
TŘÍDA 6.1	TOXICKÉ LÁTKY
TŘÍDA 6.2	INFEKČNÍ LÁTKY
TŘÍDA 7	RADIOAKTIVNÍ LÁTKY
TŘÍDA 8	ŽÍRAVÉ LÁTKY
TŘÍDA 9	JINÉ NEBEZPEČNÉ LÁTKY A PŘEDMĚTY

Ke každé položce v různých třídách je přiřazeno UN číslo. Používají se následující druhy položek:

Tabulka 3 – Rozdělení podle UN čísla [3]

Samostatné položky pro přesně definované látky nebo předměty, včetně položek pokrývajících více isomerů, např.:		
A	UN 1090	Aceton
	UN 1104	AMYLACETÁTY
	UN 1194	ETHYLNITRIT

Tabulka 4 – Rozdělení podle UN čísla [3], pokračování

Druhé položky pro přesně definované skupiny látek nebo předmětů, které nejsou J. N.:		
B	UN 1133	LEPIDLA
	UN 1266	VÝROBKY KOSMETICKÉ
	UN 2757	PESTICID – KARBAMÁT, TUHÝ, TOXICKÝ
	UN 3101	PEROXID ORGANICKÝ TYP B, KAPALNÝ
Specifické J. N. položky zahrnující skupiny látek nebo předmětů určité chemické nebo technické povahy, jinde nejmenované, např.:		
C	UN 1477	DUSIČNANY, ANORGANICKÉ
	UN 1987	ALKOHOLY
Všeobecné J. N. položky zahrnující skupiny látek nebo předmětů, mající jednu nebo více všeobecných nebezpečných vlastností, jinde nejmenované, např.:		
D	UN 1325	LÁTKA HOŘLAVÁ, TUHÁ, ORGANICKÁ, J. N.
	UN 1993	LÁTKA HOŘLAVÁ, KAPALNÁ, J. N.

*Poznámka:*

*J. N. – Položka (jinde nejmenovaná položka) hromadná položka, k níž mohou být látky, směsi, roztoky nebo předměty přiřazeny.*

## 5 INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM

Integrovaný záchranný systém je nový pojem, který byl zaveden spolu se vznikem zákona o integrovaném záchranném systému, tj. roku 2001. Do té doby nebyl tento pojem legislativně ukotven, a nebyl tudíž ani používán. [19]

Zákon č. 239 /2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů v platném znění vymezuje nové základní pojmy a zejména stanoví složky integrovaného záchranného systému a jejich působnost, stanoví působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů samosprávy, práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na mimořádné události, při záchranných a likvidačních pracích a při ochraně obyvatelstva před a po dobu vyhlášení krizových stavů (stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu, válečný stav). [19]

Samotný pojem integrovaný záchranný systém je nutno chápat jako koordinovaný postup jeho složek při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací. V této souvislosti se setkáváme s pojmy jako např. mimořádná událost, složky integrovaného záchranného systému (dále IZS), záchranné práce, likvidační práce. Pojmy uvedené v zákoně o IZS jsou definovány takto: [19]

- Mimořádná událost je škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy a také haváriemi, které ohrožují život, zdraví, majetek a životní prostředí a které vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací.
- Záchranné práce jsou činnosti vedoucí k odvrácení nebo omezení bezprostředního působení rizik vzniklých mimořádnou událostí, zejména ve vztahu k ohrožení života, zdraví, majetku nebo životního prostředí, a vedoucí k přerušení jejich příčin.
- Likvidační práce jsou činnosti vedoucí k odstranění následků způsobených mimořádnou událostí.
- Ochrana obyvatelstva je plnění úkolů civilní ochrany, zejména varování, evakuace, ukrytí a nouzové přežití obyvatelstva a další opatření k zabezpečení ochrany života, zdraví a majetku.
- Zařízení civilní ochrany bez právní subjektivity je součástí právnické osoby nebo obce, určené k ochraně obyvatelstva; tvoří je zaměstnanci nebo jiné osoby na základě dohody a věcné prostředky.

- Věcnou pomocí je poskytnutí věcných prostředků při provádění záchranných a likvidačních prací a při cvičení na výzvu velitele zásahu, hejtmana kraje nebo starosty obce; věcnou pomocí se rozumí i pomoc poskytnutá dobrovolně bez výzvy, ale se souhlasem nebo vědomím velitele zásahu, starosty obce nebo hejtmana kraje.
- Osobní pomocí je činnost nebo služba při provádění záchranných a likvidačních prací a při cvičení na výzvu velitele zásahu, hejtmana kraje nebo starosty obce; osobní pomocí se rozumí i pomoc poskytnutá dobrovolně bez výzvy, ale se souhlasem nebo s vědomím velitele zásahu, starosty obce nebo hejtmana kraje. [19]

IZS se použije v přípravě na mimořádné události a při potřebě provádět současně záchranné a likvidační práce dvěma a více složkami IZS. IZS se tedy podílí na přípravě na mimořádné události, záchraně a likvidaci včetně dalších úkolů ochrany obyvatelstva (varování, evakuace, ukrytí a nouzové přežití) a tím z hlediska jeho působnosti překrývá celý rozsah ochrany obyvatelstva v užším smyslu. [19]

## 5.1 STRUKURA IZS A JEJÍ ÚROVNĚ

IZS v současné podobě je právně vymezený, otevřený systém koordinace a spolupráce. V zákoně o integrovaném záchranném systému jsou stanoveny základní a ostatní složky IZS, které jsou předurčeny k likvidaci mimořádných událostí, přírodních a antropogenních katastrof. IZS je součástí systému vnitřní bezpečnosti státu a podílí se na naplňování ústavního práva občanů na poskytnutí pomoci v případě ohrožení zdraví nebo života ze strany státu. Jeho pevné struktury jsou tvořeny především stávajícími institucionálními částmi jeho základních složek, přičemž nosnou strukturu tvoří Hasičský záchranný sbor České republiky (dále jen HZS ČR). [19]

Základními složkami IZS jsou:

- Hasičský záchranný sbor ČR (HZS ČR),
- jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany,
- poskytovatelé zdravotnické záchranné služby (PZZS) a
- Policie České republiky. [19]

Tyto složky jsou schopny a povinny na základě zvláštních předpisů (zákonů) rychle a nepřetržitě zasahovat na celém území státu.

Ostatními složkami IZS jsou:

- vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil,
- ostatní ozbrojené bezpečnostní sbory,
- ostatní záchranné sbory,
- orgány ochrany veřejného zdraví,
- havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby,
- zařízení civilní ochrany,
- neziskové organizace a sdružení občanů, která lze využít k záchranným a likvidačním pracím. [19]

Tyto ostatní složky IZS poskytují při záchranných a likvidačních pracích pomoc na vyžádání. Poskytování plánované pomoci na vyžádání se zahrnuje do poplachového plánu IZS.

Plánovanou pomoc na vyžádání jsou povinny poskytovat:

- ministerstva, územní správní úřady, orgány krajů a obcí v mezích své působnosti,
- právnické a fyzické osoby, které jsou vlastníkem nebo uživatelem stavby civilní ochrany,
- nebo stavby dotčené požadavky civilní ochrany,
- poskytovatelé akutní lékařské péče, kteří mají zřízen urgentní příjem,
- ostatní složky IZS a
- ostatní osoby, které se k tomu smluvně zavázaly. [19]

Ostatní složky IZS jsou povolávány k záchranným a likvidačním pracím podle druhu mimořádné události, a to na základě jejich oprávnění k takovéto činnosti, které je dáno právními předpisy. Zařazování ostatních složek do IZS se provádí na stupni kraj, kde do poplachového plánu IZS daného kraje zařazuje tyto složky hasičský záchranný sbor kraje na základě předem uzavřené dohody o poskytnutí pomoci na vyžádání podle zákona o IZS. [19]

V době krizových stavů se stávají ostatními složkami IZS také poskytovatelé akutní lůžkové péče, kteří mají zřízen urgentní příjem. Pokud tyto poskytovatelé zdravotních služeb uzavřou s místně příslušným poskytovatelem ZZS nebo s krajským úřadem dohodu o plánované pomoci na vyžádání, začlení je HSZ do poplachového plánu IZS a stanou se ostatními složkami IZS i pro období mimo krizový stav. [19]

S poplachovým plánem IZS kraje disponuje krajské operační a informační středisko IZS (KOPIS), které funguje na bázi KOPIS HZS kraje, s jeho výpisem pro dané území pak disponuje operační a informační středisko územního odboru HZS kraje (OPIS OÚ). Síly a prostředky pro záchranné a likvidační práce se z titulu ostatních složek IZS vyžadují prostřednictvím operačních a informačních středisek HZS kraje. [19]

Když zasahuje IZS, znamená to, že se na místě mimořádné události sejdou dvě a více složek IZS a je třeba společně řešit vzniklou situaci. Způsob řízení záchranných a likvidačních prací závisí především na druhu a rozsahu mimořádné události a také na počtu a druhu složek, podílejících se na těchto pracích. Obecně lze rozdělit způsob řízení do tří úrovní:

- taktické,
- operační a
- strategické. [19]

**Taktická úroveň je řízení** velitelem zásahu, který odpovídá za veškerou činnost související se záchrannými a likvidačními pracemi. Pokud zvláštní právní předpisy nestanovují jinak, je velitelem zásahu velitel jednotky požární ochrany, který řídí záchranné a likvidační práce a koordinuje činnost jednotlivých složek IZS (pokud jsou přítomné) na místě samém. K této činnosti si může zřídit výkonný orgán - štáb velitele zásahu. Pravomoci velitele zásahu jsou dány zákonem o IZS a činnost jeho štábu v průběhu zásahu vyhláškou u Ministerstva vnitra ČR č. 24 7/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany. [19]

**Řízení na operační úrovni** probíhá v operačních střediscích základních složek IZS, přičemž operační a informační střediska HZS ČR jsou současně operačními a informačními středisky IZS. Operační střediska (v obecném smyslu) jsou zřízena v krajích a na ministerstvu vnitra a zajišťují obsluhu linek tísňového volání 150, 155 a 158. Operační a informační středisko IZS kraje (KOPIS) má koordinační roli vůči operačním střediskům; ovládá systémy varování a vyrozumění obyvatelstva, je spojovacím bodem mezi místem zásahu a nejvyšší úrovní řízení. Rovněž zajišťuje příjem linky tísňového volání 112, určené v současné době především cizincům a může požadovat uveřejnění informací v médiích. Operační a informační střediska IZS povolávají na žádost velitelů zásahu k nasazení ostatní složky IZS podle daného stupně poplachového plánu IZS. [19]

**Strategickou úroveň řízení** tvoří přímé angažování starosty obecního úřadu s rozšířenou působností, hejtmana kraje nebo ministerstva vnitra do koordinační činnosti při provádění záchranných a likvidačních prací v případě, že jsou o to požádáni velitelem zásahu.

K této činnosti využívají jako pracovní orgán předem ustavený krizový štáb a využívají zpracované krizové plány. Složení, činnost a funkce krizového štábu jsou stanoveny nařízením vlády č. 462/2000 Sb., k provedení některých ustanovení krizového zákona v platném znění a směrnicí Ministerstva vnitra č. j.: MV-117572-2/PO-OKR-2011 ze dne 24. listopadu 2011 a uvedené ve Věstníku vlády pro orgány krajů a orgány obcí v částce 6 ze dne 30. listopadu 2011, zapojení hejtmána kraje a ministerstva vnitra nastává automaticky v případě, kdy je podle příslušného poplachového plánu IZS mimořádná událost klasifikována nejvyšším stupněm poplachu. Ke koordinaci činnosti na strategické úrovni slouží havarijní plán kraje, který je zpravidla členěn podle správního území obcí s rozšířenou působností. Z důvodů usnadnění záchranných a likvidačních prací a z hlediska ochrany obyvatelstva se u významných potenciálních zdrojů rizika vzniku negativních událostí (objekty chemického průmyslu, jaderně-energetická zařízení) navíc zpracovávají vnější havarijní plány těchto objektů. [19]

Usměrňování a výstavba IZS náleží ministerstvu vnitra. Jeho úkoly a rozhodující část úkolů krajských úřadů a obcí s rozšířenou působností na úseku IZS plní HZS ČR, který je organizační složkou státu a orgánem státní správy. Na úrovni ministerstva vnitra je jeho orgánem Generální ředitelství HZS ČR (dále MV-GŘ HZ S ČR). [19]

Z načrtnutého schématu je patrná odpovědnost za IZS na nižších úrovních u orgánů územní samosprávy. Hejtmáni krajů a starostové obcí s rozšířenou působností mají především funkci výkonnou a kontrolní. Při řízení a koordinaci záchranných a likvidačních prací mohou starostové obcí a hejtmáni krajů využívat k tomu účelu vytvořené flexibilní struktury (prvky krizového řízení) – krizové štáby – jako své pracovní orgány. Tyto štáby jsou svolávány při řešení jednotlivých krizových situací. V krizovém štábu se ustavuje stálá pracovní skupina složená z odborníků, zaměřených na tyto oblasti činnosti:

- příprava podkladů pro rozhodovací činnost předsedy krizového štábu (např. v oblasti ochrany obyvatelstva, přípravy a vyhlášení regulačních opatření, ukládání pracovní povinnosti a výpomoci, zabezpečení nezbytných do dávek, vyhlášení a odvolávání krizových stavů včetně návrhů řešení,
- sledování, analýza a vyhodnocování průběhu mimořádné události nebo krizové situace a opatření přijímaných orgány krizového řízení, složkami integrovaného záchranného systému a územními správními úřady,

- dokumentování postupů řešení mimořádné události nebo krizové situace, vedení přehledu o nasazených silách a prostředcích a o ostatních disponibilních silách využitelných pro řešení mimořádné události nebo krizové situace
- podpora činnosti hejtmana nebo starosty obce s rozšířenou působností při koordinaci záchranných a likvidačních prací
- zajištění provedení úkolů ochrany obyvatelstva a dalších úkolů stanovených předsedou krizového štábu
- operativní součinnost s ostatními krizovými štáby, orgány krizového řízení a dalšími subjekty podílející se na řešení mimořádné události nebo krizové situace
- organizační zabezpečení informovanosti obyvatelstva a hromadných informačních prostředků
- analýza dopadů krizových opatření v území, pro které byl vyhlášen krizový stav, navrhování jejich změn,
- vedení evidence finančních nákladů souvisejících s řešením mimořádné události nebo krizové situace,
- organizační zabezpečení materiální, technické a informační podpory nasazeným silám a prostředkům. [19]

### **Dílčí závěr**

V úvodu bakalářské práce jsou zmíněny SW nástroje ALOHA a TerEx. Jsou zde zmíněny i nebezpečné látky a jedna NL konkrétně – kyanovodík, protože se s ní bude modelovat v praktické části. Dále neodmyslitelnou částí bakalářské práce tvoří předpisy a dohody upravující přepravu NL – HAZCHEM, DIAMANT, ADR nebo RID. Poslední část bakalářské práce je věnována struktuře a úrovněmi IZS.



## 6 CÍLE A METODY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hlavním cílem bakalářské práce je modelování havárie s únikem nebezpečné látky ve dvou softwarových nástrojích (ALOHA, TerEx). Každý z těchto SW nástrojů pracuje na podobném principu a slouží ke stejnému účelu. Ke splnění hlavního cíle byly stanoveny následující dílčí cíle. Prvním dílčím cílem je vypracování případové studie v softwarovém nástroji TerEx, modelování havárie a vyhodnocení výsledku úniku NL z nákladního automobilu. Druhým dílčím cílem je vypracování případové studie v softwarovém nástroji ALOHA, modelace havárie a vyhodnocení výsledku úniku NL z nákladního automobilu. Třetím dílčím cílem je porovnat výsledky z obou SW nástrojů a napsat zhodnocení.

### Metody

**Komparace** je český ekvivalent latinského slova „comparare“, jehož význam je srovnávat. Na základě srovnání lze vyvozovat závěry o vlastnostech objektů nebo procesů. Předpokladem komparace je přesnost předcházejících metod – tedy pozorování, deskripce a klasifikace. Komparace je základní metodou hodnocení a srovnávací metody lze využít při získávání poznatků.

**Modelování** – je zjednodušený obraz skutečnosti. Je to aplikace různých modelů na řešení problematiky. V této práci používáme modelování v softwarových nástrojích.

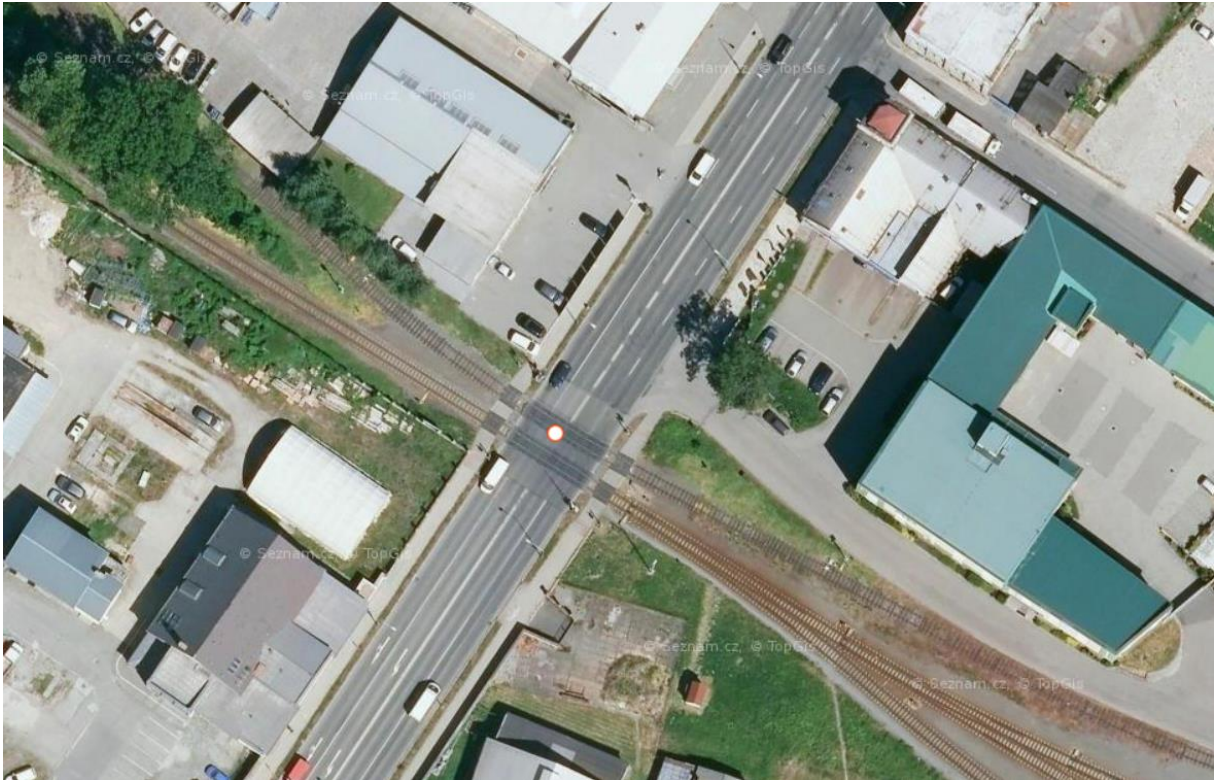
## **PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 SCÉNÁŘ NEHODY

Dne 7. 2. 2020 v 6:40 došlo na chráněném železničním přejezdu na ulici Hulínská v Kroměříži k srážce motorového vlaku RegioShark 844 a nákladního vozidla. Železniční přejezd se nachází 170 m od vlakového nádraží. Nákladní vozidlo převáželo pět sudů obsahující kyanovodík. Jeden sud kyanovodíku váží 200 kg. (Dohromady 1000 kg). Mimo jiné nákladní vozidlo má v palivové nádrži 500 litrů nafty. RegioShark 844 vyjížděl s téměř plnou nádrží o objemu 1000 litrů. Příčinou střetu bylo nedodržení pravidel silničního provozu ze strany řidiče nákladního vozidla. Řidič přehlédl signalizační zařízení a po spuštění závor uvízl mezi nimi. Při střetu došlo k převrácení nákladního vozidla a úniku nebezpečných látek, tj. kyanovodíku a částečně i nafty, ale nedošlo ke styku těchto nebezpečných látek. Místo havárie se nachází severovýchodně od centra Kroměříže (49.3030739N, 17.4009117E). Nedaleko tohoto místa se nachází autobusové a vlakové nádraží, řeka Morava, průmyslová a obytná zóna, a čerpací stanice.



Obrázek 9 - Místo havárie 1 [20]



Obrázek 10 - Místo havárie 2 [20]

Základní meteorologické údaje v okamžiku vzniku havárie:

- rychlost větru:  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,
- přízemní teplota vzduchu:  $3 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
- relativní vlhkost vzduchu: 75 %,
- pokrytí oblohy oblačností: 4/8,
- třída stability atmosféry C.

Další nezbytné údaje:

- nadmořská výška: 191 m. n. m.,
- nákladní automobil – kabina + plocha pro náklad (5 sudů),
- tvar sudů: válcovitý,
- šířka sudu: 0,572 m,
- výška sudu: 0,882 m,
- objem sudu: 205 l (200 kg).

Vlaková souprava:

- tvar nádrže: kvádr,
- šířka nádrže: 1 m,
- výška nádrže: 0,5 m,
- délka nádrže: 1 m,
- objem nádrže: 2 x 500 l,
- velikost otvoru, kterým látka uniká: 10 cm.

Tabulka 5 – Základní parametry a hodnoty pro modelování [22]

Základní parametry		Hodnoty
Místo havárie		Železniční přejezd na ulici Hulínská, 170 m od vlakového nádraží Kroměříž
Zeměpisná poloha místa nehody		49.3030739N, 17.4009117E
Druh havarovaného zařízení		Srážka nákladního automobilu a vlakové soupravy
Druh havárie		Únik nebezpečných látek z dopravních prostředků
Přízemní teplota vzduchu		3 °C
Rychlost větru		4 m.s <sup>-1</sup>
Směr větru		45°, severovýchodní
Relativní vlhkost vzduchu		70 %
Oblačnost		7,5/10
Třída stability atmosféry		C
Roční období vzniku havárie		Únor
Čas vzniku havárie		6:40
Charakter zasaženého prostředí		Obytná a průmyslová zóna
Nadmořská výška		191 m. n. m.
Nákladní automobil	Nebezpečná látka	Kyanovodík
	Množství nebezpečné látky	1 tuna (5 x 200 kg)
	Tvar	Válcovitý
	Výška sudu	0,882 m
	Šířka sudu	0,572 m
	Objem sudu	205 l
Vlaková palivová nádrž	Nebezpečná látka	Nafta
	Množství nebezpečné látky	2 x 500 l
	Tvar	Kvádr
	Velikost	š.: 1 m, v.: 0,5 m, d.: 1 m
	Velikost otvoru, kterým látka uniká	10 cm

Tabulka 6 – Scénář řešení [22]

Pořadí	Název činnosti / opatření	Charakteristika činnosti / opatření	Provádí	Poznámka
1.	Přijetí hlášení	Dne 7. února v 6:45 hod. přijato hlášení o vzniku srážky nákladního automobilu a vlakové soupravy na železničním přejezdu na ulici Hulínská, 170 m od vlakového nádraží Kroměříž. Sady. Oba havarované dopravní prostředky převážely nebezpečné chemické látky. Nákladní automobil byl převrácen na pravý bok, plášť několika sudů byl roztržen a unikla nebezpečná látka, která byla v zadních prostorech nákladního vozidla. Vlaková souprava v důsledku srážky vykolejila a došlo k porušení palivové nádrže.	OPIS HZS Zlínského kraje	k nehodě došlo v 6:40 hod.
2.	Aktivace zasahující jednotky	Aktivace zasahující jednotky v rámci ÚO HZS Kroměříž a vyhlášení I. stupně poplachu.	OPIS HZS Zlínského kraje	následně: PČR ÚO Kroměříž, ZZS Zlínského kraje, HZS SŽDC
3.	Zhodnocení situace v místě havárie	Došlo ke srážce nákladního automobilu a vlakové soupravy. Přízemní teplota vzduchu byla 3 °C, rychlost větru 4 m.s <sup>-1</sup> , relativní vlhkost 70 %, oblačnost 6/8, stabilita atmosféry D a nadmořská výška 191 m. n. m. Zasažené prostředí je částečně obytného a průmyslového charakteru. Nákladní automobil obsahuje kyanovodík o množství 1 tuny, který je převážen v pěti sudech. Sudy mají válcovitý tvar o těchto rozměrech: šířka 0,572 m, výška 0,882 m. Vlaková souprava má v palivové nádrži 2 x 500 l. Palivová nádrž je těchto rozměrů: šířka 1 m, výška 0,5 m délka 2 m. a velikost otvoru, kterým došlo k úniku 10 cm. Vyhlášení II. stupně poplachu.	Zasahující jednotka ÚO HZS Kroměříž	
3.1	Průzkum aktuální situace v místě havárie	Předání zjištěných informací o havárii na OPIS HZS Zlínského kraje z důvodu potřeby vyhodnocení možného šíření uniklé nebezpečné látky.	Zasahující jednotka ÚO HZS Kroměříž	



Tabulka 7 – Scénář řešení [22], pokračování

Pořadí	Název činnosti / opatření	Charakteristika činnosti / opatření	Provádí	Poznámka
4.	Předání informace o havárii	Na základě výsledků průzkumu a následného zhodnocení situace jsou předány informace o havárii ostatním dotčeným subjektům. Vyhlášení III. stupně poplachu.	OPIS HZS Zlínského kraje	
5.	Varování obyvatelstva v okolí havárie	Provedení varování v okolí místa vzniku havárie.	OPIS HZS Zlínského kraje	
	Řešení vzniklé havárie	Soubor opatření vedoucích k eliminaci následků a dopadů vzniklé havárie.	Všichni účastníci řešení havárie	
6.	6.1 Vypočítání / Vyhodnocení dosahu oblaku (šíření) nebezpečné látky	Pro vyhodnocení byl použit SW nástroj ALOHA. Vyhlášení zvláštního stupně poplachu.	OPIS HZS Zlínského kraje KŠ Města Kroměříž	Stupně poplachu dle počtu postižených osob: I. SP – jednotlivci II. SP – desítky III. SP – stovky zvláštní SP – nad tisíc
	6.2	Na základě získaných informací vyhodnocena situace v místě havárie (změna meteorologických podmínek, změna směru větru) a přijata nezbytná bezpečnostní opatření. Odvolání zvláštního stupně poplachu.		
7.	Ukončení řešení havárie	Ukončení činností přímo souvisejících s řešením havárie.	Zasahující jednotka ÚO HZS Kroměříž	
8.	Obnovení postiženého území	Obnovení postiženého (poškozeného) území následky havárie.	Dotčení, subjekty	

Použité zkratky:

ZZS – Zdravotnická záchranná služba

ÚO – Územní odbor

HZS – Hasičský záchranný sbor

PČR – Policie České republiky

OPIS – Operační a informační středisko

SŽDC – Správa železničních dopravních cest

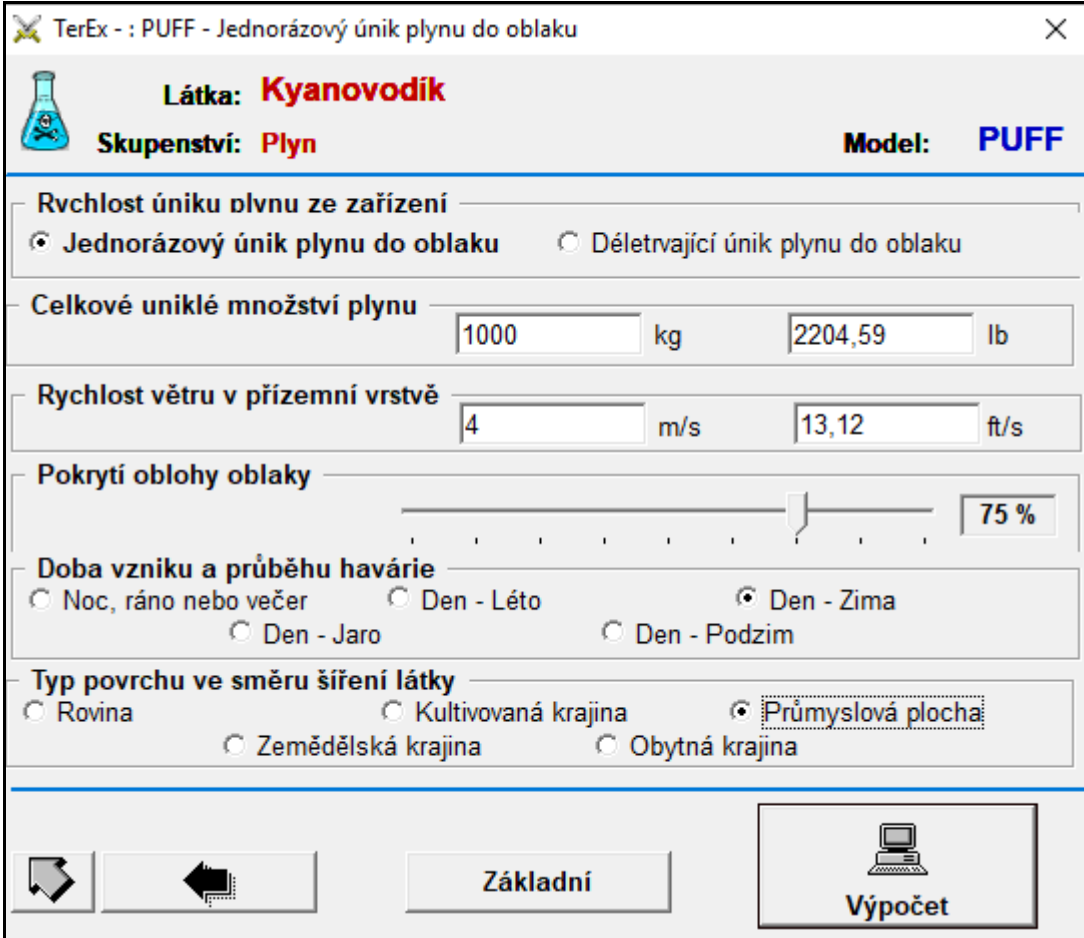
KŠ – krizový štáb

## 8 MODELOVÁNÍ ÚNIKU NEBEZPEČNÉ LÁTKY V PROGRAMU TEREX

Software TerEx se používá pro rychlý odhad následků průmyslových havárií, úniků nebezpečných látek, teroristických útoků a následků útoků chemickými, biologickými a jadernými zbraněmi. [21]

### 8.1 Práce v SW nástroji TerEx

Jako první, při otevření SW nástroje TerEx, rozklikneme pole s názvem Havarijní modely. Při rozkliknutí pole se otevře nabídka s havarijními modely. K výběru použijeme model „PUFF“ – jednorázový únik plynu do oblaku. Zadali jsme potřebné hodnoty- celkové uniklé množství plynu, rychlost větru v přízemní vrstvě, pokrytí oblohy oblaky, dobu vzniku havárie a typ povrchu ve směru šíření látky viz (obrázek 11). Dále se pokračuje kliknutím na tlačítko „Výpočet“.



The screenshot shows the TerEx software interface for a PUFF model simulation. The window title is "TerEx - : PUFF - Jednorázový únik plynu do oblaku". The substance is "Kyanovodík" (Cyanogen) and the model is "PUFF". The interface includes several input fields and radio buttons:

- Rychlost úniku plynu ze zařízení:** Radio buttons for "Jednorázový únik plynu do oblaku" (selected) and "Děletrvající únik plynu do oblaku".
- Celkové uniklé množství plynu:** Input fields for "1000 kg" and "2204,59 lb".
- Rychlost větru v přízemní vrstvě:** Input fields for "4 m/s" and "13,12 ft/s".
- Pokrytí oblohy oblaky:** A slider set to "75 %".
- Doba vzniku a průběhu havárie:** Radio buttons for "Noc, ráno nebo večer", "Den - Léto", "Den - Zima" (selected), "Den - Jaro", and "Den - Podzim".
- Typ povrchu ve směru šíření látky:** Radio buttons for "Rovina", "Kultivovaná krajina", "Průmyslová plocha" (selected), "Zemědělská krajina", and "Obytná krajina".

At the bottom, there are navigation buttons: a back arrow, a left arrow, a "Základní" button, and a "Výpočet" button with a computer icon.

Obrázek 11 - Vstupní hodnoty SW nástroje TerEx [22]

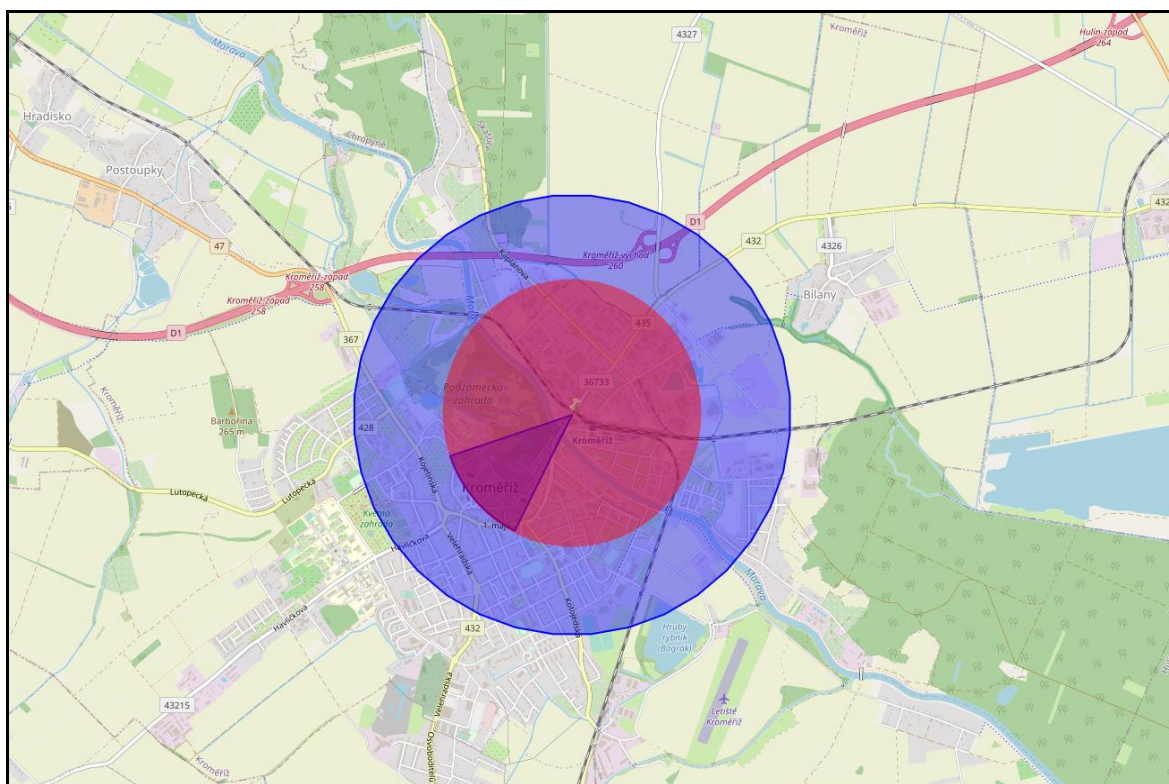


Celkově takto byly udělány tři scénáře. První byl na 1000 kg NL, druhý na 800 kg NL a třetí na 600 kg NL.

Tabulka 8 – Hodnoty evakuace a doporučeného průzkumu v SW TerEx [22]

Číslo scénáře	Množství kyanovodíku	Evakuace do vzdálenosti / Ohrožení osob toxickou látkou	Doporučený průzkum toxické koncentrace (do vzdálenosti od místa úniku)
1.	1000 kg	887 m	1508 m
2.	800 kg	810 m	1388 m
3.	600 kg	718 m	1252 m

Na obrázku 12 je na mapě vyznačeno zasažené území vlivem úniku kyanovodíku. Modrá kruhová výseč znamená celkové území, které může být zasaženo. Červená výseč znamená doporučenou (nutnou) evakuační zónu. Zvýrazněný tmavě modrý trojúhelník nám určuje směr větru. Vítr tedy fouká ze severovýchodu.



Obrázek 12 - Výsledek modelování pro nejhorší variantu scénáře – únik 1000 kg kyanovodíku, grafické znázornění na mapě [22]

## 9 MODELOVÁNÍ ÚNIKU NEBEZPEČNÉ LÁTKY V PROGRAMU ALOHA

ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) je softwarový nástroj určený speciálně pro použití lidmi reagujícími na uvolňování chemických látek, jakož i na plánování a výcvik v případě nouze. ALOHA modeluje klíčová nebezpečí - toxicita, hořlavost, tepelné záření (teplo) a přetlak (výbuch) síla) – souvisí s chemickými úniky, které mají za následek disperzi toxických plynů, požáry anebo výbuchy. [6]

### 9.1 Práce v SW nástroji ALOHA

Oproti SW nástroji TerEx je SW nástroj ALOHA náročnější na zadání. Pro modelování je nutno znát více parametrů. Tím by měl být řešený výsledek přesnější, než u SW nástroje TerEx. Parametry jsou uvedeny v obrázek 13. Celkově takto byly udělány tři scénáře. První byl na 1000 kg NL, druhý na 800 kg NL a třetí na 600 kg NL.

```
SITE DATA:
  Location: Z. PREJEZD HULINKSA KROMERIZ, CZECH
  Building Air Exchanges Per Hour: 4 (user specified)
  Time: May 31, 2020 1045 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: HYDROGEN CYANIDE
  CAS Number: 74-90-8
  Molecular Weight: 27.03 g/mol
  AEGL-1 (60 min): 2 ppm AEGL-2 (60 min): 7.1 ppm AEGL-3 (60 min): 15 ppm
  IDLH: 50 ppm LEL: 56000 ppm UEL: 400000 ppm
  Ambient Boiling Point: 25.1° C
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.40 atm
  Ambient Saturation Concentration: 407,099 ppm or 40.7%

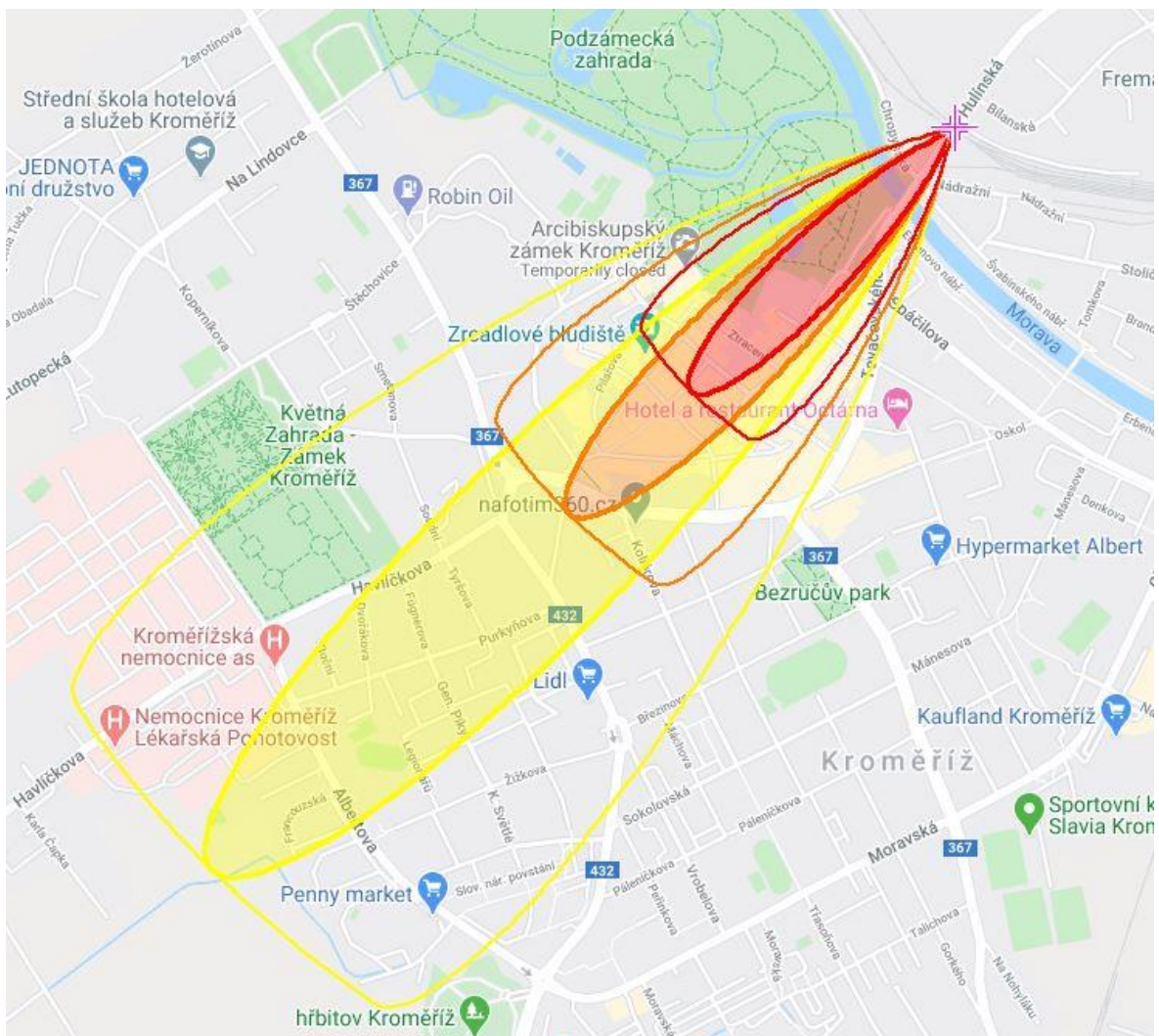
ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 4 meters/second from NE at 2 meters
  Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 7 tenths
  Air Temperature: 3° C
  Stability Class: C (user override)
  No Inversion Height Relative Humidity: 70%

SOURCE STRENGTH:
  Direct Source: 3.334 kilograms/sec Source Height: 2 meters
  Release Duration: 5 minutes
  Release Rate: 200 kilograms/min
  Total Amount Released: 1,000 kilograms

THREAT ZONE:
  Model Run: Gaussian
  Red : 747 meters --- (15 ppm = AEGL-3 [60 min])
  Orange: 1.1 kilometers --- (7.1 ppm = AEGL-2 [60 min])
  Yellow: 2.1 kilometers --- (2 ppm = AEGL-1 [60 min])
```

Obrázek 13 - Parametry (zadání) pro modelaci v SW nástroje ALOHA [22]

Jako první výstup z namodelované havárie (obrázek 14) se nám vytvořila mapa, na které je vyobrazena zasažená zóna toxicitou kyanovodíku. První zóna, červená, sahá do vzdálenosti 747 m. V této zóně by měla nastat evakuace. Druhá zóna oranžová nám udává, že koncentrace NL ve vzduchu může u lidí zakusit nevratné nebo jiné vážné, dlouhotrvající nepříznivé zdravotní účinky nebo může dojít k zhoršené schopnosti úniku. V této zóně je doporučený odsun osob. Ve třetí žluté zóně dochází k podráždění, zhoršení dýchání a u alergiků např. alergická reakce na kůži nebo tečení z očí. Účinky nejsou oslabující, jsou přechodné a vratné po přerušení expozice.



Obrázek 14 - Výsledek modelování pro nejhorší variantu scénáře – únik 1000 kg kyanovodíku, grafické znázornění na mapě [22]

Tabulka 9 - Hodnoty evakuace a doporučeného průzkumu v SW ALOHA [22]

Číslo Scénáře	Množství kyanovodíku	Evakuace do vzdálenosti / Ohrožení osob toxickou látkou	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku
1.	1000 kg	747–1100 m	2100 m
2.	800 kg	667–976 m	1900 m
3.	600 kg	576–843 m	1600 m

K hodnocení a stanovení bezpečné vzdálenosti po úniku nebezpečných látek byly vybrány následující kritéria ochranných opatření (PAC – Protective Action Criteria): AEGL – hodnoty úrovní akutní expozice (Acute Exposure Guideline Levels) zveřejněné Agenturou pro ochranu životního prostředí USA EPA (U.S. Environmental Protection Agency).



## 10 VÝSLEDKY A POROVNÁNÍ SW NÁSTROJE TEREX A ALOHA

### 10.1 Výsledky modelování v SW nástroji TerEx (obrázek 12)

Z modelu můžeme vyčíst, že maximální evakuační zóna je 887 m. Samotný model hlavně poukazuje na zóny evakuace a zóny ohrožení. Současným plánem opatření a minimalizací dopadů mimořádné události na obyvatelstvo se nezabývá. Není zde řešena ani technická stránka havárie jako likvidace, obnovovací práce a další.

#### Evakuační zóny SW nástroje TerEx

Evakuační zóna představuje červenou barvu (viz obrázek 12) a bude potřeba evakuovat lidi ze zóny 887 m. V první řadě by měla nastat evakuace tam, jakým směrem fouká vítr.

#### Zasažené místa SW nástroje TerEx (obrázek 12)

- část centra města,
- ulice a náměstí: Na Sladovných, Resslerova, Chobot, Na kopečku, Volného, Malý Val, Lázeňská, Pilařova, Jánská, Kovářská, Ztracená, Křižná, Dobrovského, Vodní, Farní, Moravcova, Vejvanovského, 1. máje, Tylova, Šafaříková, Tovačovského, Spáčilova, Kostnická, Oskol, Nerudova, Denkova, Erbenovo nábřeží, Rostislavova, Švabinského nábřeží, Tomkova, Brandlova, Bartošova, Štítného, Tržiště, Chelčického, Stoličkova, Veleoslavínova, Nádražní, Wolkerova, Bílanská, Hlávková, Hulínská, Raisova, Partyzánská, Kaplanova, Na Sádkách, Chropyňská, Velké náměstí, Stojanovo náměstí, Sněmovní náměstí, Riegrovo náměstí, Komenského náměstí, Husovo náměstí,
- Arcibiskupský zámek, Podzámecká zahrada (UNESCO),
- školy: Arcibiskupské gymnázium, ZŠ Církevní, Konzervatoř, ZŠ Zámoraví, ZŠ Oskol, ZŠ J. A. Komenského
- firmy: Pharmix s.r.o., Technické služby Biopas Kroměříž, Magneton, Pneuservis Lukrom, AZK Autoservis, AUTOSHOP PAULUS, spol. s r.o., autoshop DACIA a RENOLT, Kmotr
- autobusové nádraží, vlakové nádraží,
- obchody: Penny Market, CZC.cz, Albert Supermarket,
- restaurace, hospody, kavárny.

V důsledku úniku kyanovodíku z nákladního automobilu se tedy předpokládá ohrožení s následnou evakuací v rozsahu:

- 2000 lidí z firem,
- 500 lidí z obchodů,
- 4000 lidí žijících v této oblasti,
- 2000 lidí ze škol,
- 500 až 1000 lidí z ulic.

V celkovém počtu bude potřeba evakuovat tedy až 9500 lidí.

## 10.2 Výsledky modelování v SW nástroji ALOHA (obrázek 14)

Z modelování v SW nástroji ALOHA můžeme vyzorovat rozdílné výsledky, proti SW nástroji TerEx. Zóny, které jsou zasaženy nebezpečnou látkou, jsou podstatně menší. První zóna, červená, sahá do vzdálenosti 747 m. V této zóně by měla nastat evakuace. Druhá zóna oranžová nám udává, že koncentrace NL ve vzduchu může u lidí zakusit nevratné nebo jiné vážné, dlouhotrvající nepříznivé zdravotní účinky nebo může dojít k zhoršené schopnosti úniku. V této zóně je doporučený odsun osob. Ve třetí žluté zóně dochází pouze k podráždění. Účinky nejsou oslabující, jsou přechodné a vratné po přerušení expozice.

### Zasažené místa SW nástroje ALOHA

- ulice a náměstí: Chropyňská, Nádražní, Tovačovského, Vejvanovského, Blahoslava, Spáčilova, Kostnická, Moravcova,
- Arcibiskupský zámek, Podzámecká zahrada (UNESCO),
- školy: ZŠ J. A. Komenského, ZŠ Církevní
- restaurace, hospody, kavárny.

V důsledku úniku kyanovodíku z automobilové cisterny se tedy předpokládá ohrožení s následnou evakuací v rozsahu:

- 500 lidí z firem,
- 100 lidí z obchodů,
- 1000 lidí žijících v této oblasti,
- 300 lidí ze škol,
- 200 až 500 lidí z ulic.

V celkovém počtu bude potřeba evakuovat tedy až 2400 lidí.

Tabulka 10 - Srovnání výsledků SW nástrojů ALOHA a TerEx [22]

<b>Při úniku 1000 kg kyanovodíku</b>	<b>ALOHA</b>	<b>TerEx</b>
Vzdálenost evakuace	747 m	887 m
Doporučený průzkum	2100 m	1508 m
Evakuováno z firem	500 lidí	2000 lidí
Evakuováno z obchodů	100 lidí	500 lidí
Evakuováno z domů/bytů	1000 lidí	4000 lidí
Evakuováno ze škol	300 lidí	2000 lidí
Evakuováno z ulic	500 lidí	1000 lidí
<b>Při úniku 800 kg kyanovodíku</b>		
Vzdálenost evakuace	667 m	810 m
Doporučený průzkum	1900 m	1388 m
<b>Při úniku 600 kg kyanovodíku</b>		
Vzdálenost evakuace	576 m	718 m
Doporučený průzkum	1600 m	1252 m

### Vyozorované rozdíly SW nástrojů ALOHA a TerEx

- SW nástroj ALOHA nemodeluje kruhovou oblast evakuace. Tahle oblast je ovlivněna pouze směrem větru, proto bude místo zasažení výrazně menší, co se týče do plochy. Od místa havárie a směru větru bude delší než u SW nástroje TerEx.
- SW nástroj ALOHA pracuje s třemi zónami ohrožení, zatímco SW nástroj TerEx pouze se dvěma.
- vzdálenost evakuace vyšla u SW nástroje ALOHA vždy menší než u SW nástroje TerEx, zatímco u doporučeného průzkumu tomu bylo naopak
- Při přenášení modelu do mapy v SW nástroji ALOHA je k zapotřebí další program

### Na základě těchto výsledků byla dále provedena tato opatření:

- záchrana a evakuace osob nacházejících se v nebezpečné zóně mimořádné události,
- dekontaminace zachráněných osob (v prostoru již mimo zasaženou oblast),
- upřesnění rozsah uzavření prostoru ohroženého vzniklou havárií včetně zajištění objížděných tras,

- upřesněno varování obyvatelstva nacházející se v nebezpečné zóně nebo v potenciálně ohrožených oblastech v důsledku šíření uniklé nebezpečné látky,
- organizace ukrytí osob nacházejících se na volném prostranství v nebezpečné zóně,
- předání výsledku vyhodnocení nadřazeným orgánům a subjektům dotčených vzniklou havárií,
- zamezení dalšímu uniku nebezpečné látky,
- zabránění další kontaminaci okolního prostředí (např. vodního zdroje, kanalizace apod.),
- odvětrávání již kontaminovaných prostor,
- monitoring vývoje situace resp. šíření nebezpečné látky,
- likvidace nebezpečné látky: pokrytí místa úniku nebo louže kapalné látky sorbentem včetně zákazu zkrápění louže kapalné fáze a současně zabránění dalšímu ohřívání zasaženého prostoru.

### **Postup při evakuaci.**

Pokud se jedná pouze o evakuaci z jednoho ohroženého objektu (požár, podezření na uložení nástražného výbušného systému apod.), jsou evakuovaní odvedeni na shromaždiště v bezpečné vzdálenosti od ohroženého objektu. Zde je provedena evidence osob za účelem zjištění, zda byly evakuovány všechny osoby. V tomto případě se většinou jedná o krátkodobou evakuaci v řádu hodin. Proto jsou evakuované osoby umístěny přechodně např. v budově obecního úřadu nebo v místní škole (tělocvičně) či kulturním domě, kde obdrží teplé nebo studené nápoje a v případě potřeby i deky nebo náhradní oblečení. [23]

V případě, kdy se očekává dlouhodobější ohrožení (např. povodně), je nutné evakuovaným osobám (pokud nemají vlastní možnosti náhradního ubytování) poskytnout na přechodnou dobu také nouzové nebo náhradní ubytování, včetně stravování. [23]

Protože je obvykle třeba překonat větší vzdálenosti, navíc s evakuačními zavazadly využívají se pro dopravu jak osobní automobily evakuovaných osob, tak i autobusy, které jsou zajištěny orgány provádějícími evakuaci. [23]

V průběhu evakuace je nutné dodržovat pokyny orgánů provádějících evakuaci, zejména policie, aby celý proces proběhl rychle a organizovaně. Osoby, které se evakuují vlastními automobily, musí znát určenou evakuační trasu a jsou také povinny se evidovat v evakuačním středisku. Tyto informace zjistíte od orgánů provádějících evakuaci. [23]



Co se týká zajištění ubytování, jako nouzové ubytování slouží především tělocvičny, sportovní haly, školy, kulturní domy apod., tedy objekty, které nejsou k ubytování osob běžně určeny. Zde je tedy nutné očekávat provizorní podmínky (karimatky, spací pytle, omezená kapacita hygienických zařízení atd.). Toto ubytování je pouze dočasné, než se uvolní prostory v objektech pro náhradní ubytování (internáty, vysokoškolské koleje, penziony, hotely apod.), kam jsou evakuovaní následně přemístěni. Adresu určeného místa k ubytování se dozvíte v evakuačním středisku. [23]

V obou výše uvedených typech ubytování je zajištěno také stravování a další nezbytná péče (zdravotní, psychosociální a duchovní pomoc). Je třeba zde ale také počítat s dodržováním režimových opatření (vstup jen pro ubytované, dodržování nočního klidu a pořádku apod.).

Při evakuaci je možno vzít si s sebou také domácí mazlíčky (pes, kočka), ale ubytování pro zvířata v rámci řízené evakuace nelze vždy zaručit (domácí zvířata je nutné ubytovat mimo předurčené ubytovací prostory na náklady majitele). Zvažte proto v tomto případě jejich dočasné ubytování u rodiny či známých. Předejdete tím tak případným problémům s ubytováním zvířat. V obou případech nezapomeňte pro zvířata sbalit krmivo a prostředky pro jejich zabezpečení (vodítko, náhubek, přepravní box apod.). [23]

## ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na problematiku dopravní nehodu na železničním přejezdu s únikem nebezpečné látky (NL). Cílem práce bylo pomocí scénáře nasimulovat a vyhodnotit dopravní nehodu s následným únikem nebezpečné látky pomocí softwarových nástrojů ALOHA a TerEx. Pomocí výsledků jsme mohli dojít k dané problematice a navrhnout či nastolit návrhy na zlepšení v dané problematice.

Teoretická část bakalářské práce se zabývá základními softwarovými nástroji, jako jsou ALOHA a TerEx. Dále jsou zde uvedeny nebezpečné látky, které jsou uvedeny v legislativních normách, a to v Nařízení REACH a Nařízení CLP. Jedná se o velmi rozsáhlé nařízení, které určuje především obecné zásady pro klasifikaci a také označování nebezpečných látek a směsí. V souvislosti s technickým pokrokem se dá předpokládat, že bude dále docházet ke změnám a novelizacím legislativy. Potom je věnována pozornost problematice, která se týká Evropské dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR) a RID – Mezinárodní smlouva určující podmínky pro přepravu nebezpečných látek po železnici. Je součástí Úmluvy o mezinárodní železniční přepravě (francouzsky Convention relative aux transports internationaux ferroviaires – COTIF). V závěru teoretické části je popsán integrovaný záchranný systém (IZS), který byl zaveden spolu se vznikem zákona o IZS (2001). Do té doby nebyl tento pojem legislativně ukotven a nebyl tudíž ani používán.

Praktická část bakalářské práce se zabývá modelováním dopravní nehody při přepravě nebezpečných látek. Cílem nebylo zjistit, jak k události došlo, ale jaké části území se budou muset evakuovat. Maximální možný únik mohl být 1000 kg nebezpečné látky. K nasimulování dopravní nehody s únikem nebezpečné látky byly použity softwarové programy ALOHA a TerEx. Simulace dopravní nehody byla provedena za stejných meteorologických i povětrnostních podmínek a byla rozdělena na tři části: 100% únik NL, 80% únik NL a 60% únik NL. V každé části byly zanalyzovány zóny evakuační vzdálenosti a doporučený průzkum toxické koncentrace od místa úniku.

Na konci práce byly vyhodnoceny výsledky.

Závěrem lze konstatovat, že vytyčený cíl bakalářské práce byl splněn.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] PITSCHMANN, Vladimír a kolektiv. *Chemické zbraně a ochrana proti nim*. Praha: 2011. MANUS. 224 s. ISBN 978-80-86571-09-6.
- [2] SKŘEHOT, Petr a Jan BUMBA. *Prevence nehod a havárií*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. 595 s. ISBN 978-80-86973-73-9.
- [3] ČESKO. *Sdělení Ministerstva zahraničních věcí č. 20/2017 Sb. m. s. o přijetí změn Řádu pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (RID), který je přípojkem C k Úmluvě o mezinárodní železniční přepravě (COTIF)*. Vláda ČR – MZV. Praha: 2017. Dostupné také z: [https://www.epravo.cz/\\_dataPublic/sbirky/2017m/sb0011-2017m.pdf](https://www.epravo.cz/_dataPublic/sbirky/2017m/sb0011-2017m.pdf)
- [4] SKŘEHOT, P., HAVLOVÁ, M. VANĚČEK, M. 2008. *SPREAD – Uživatelská příručka verze 3.0.8*. Praha: T-soft a.s., 2008, 77 s.
- [5] HORÁK, J., KUDLÁK, A. 2007. *Pomůcka: pro využívání softwaru pro rychlý odhad následků havárií a teroristických útoků program TerEx*. České Budějovice, 2007, 54 s. Dostupné z: <http://www.zsf.jcu.cz/structure/departments/kra/projekty/vyukovepomucky-pro-software-emoff-a-terex/terex.pdf>
- [6] National Service Center for Environmental Publications (NSCEP): *ALOHA - USER'S MANUAL, U.S. Environmental Protection Agency Report an environmental violation [online]*. 2007 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1003UZH.PDF?Dockey=P1003UZH.PDF>
- [7] *Nebezpečné látky*. HZS Moravskoslezského kraje [online]. [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/nebezpecne-latky.aspx>
- [8] *Uživatelská příručka ALOHA for Windows (Version 5.4.7, Sept 2016, 7.33 MB EXE)*, dostupné z: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/ALOHA547installer.exe>
- [9] MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie*. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. 169. ISBN 978-80-7251-321-5.
- [10] MÁLEK, Zdeněk a Miroslav TOMEK. *Logistika přeprav nebezpečných věcí*. Zlín: UTB ve Zlíně, 2011, ISBN 978-80-754-131-5
- [11] TOMEK, Miroslav, Miloslav SEIDL a Luboš HALAMA. *Bezpečnost přepravy nebezpečných věcí*. Žilina: Hydropneutech, s.r.o., 239 s., ISBN 978-80-968479-9-0
- [12] CEMPÍREK, Václav a Rudolf KAMPF. *Nebezpečné zboží v logistických systémech*. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2004. 84 s. ISBN 80-86530-22-1
- [13] EUROPSKA UNIE. *Nářízení (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci a označování látek a směsí = nařízení CLP*. Státní zdravotní ústav [online]. 19. února 2020 [cit. 2020-05-28]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?qid=1591079454589&uri=CELEX:32008R1272>
- [14] HYDROGEN CYANIDE (AC): Systemic Agent: *The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [online]*. 12. května 2011 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: [https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/emergencyresponsecard\\_29750038.html](https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/emergencyresponsecard_29750038.html)

- [15] ŠENOVSKÝ, Michail. *Nebezpečné látky II. 2., aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství*, 2007. 229 s. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-000-5.
- [16] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi*. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. Recetox. 131 s. ISBN 978-80-210-6475-1.
- [17] European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road: About the ADR. UNECE [online]. [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: [https://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr\\_e.html](https://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr_e.html)
- [18] Sdělení Ministerstva zahraničních věcí č. 19/2015 Sb. m. s. o přijetí změn Řádu pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (RID), který je přípojkem C k Úmluvě o mezinárodní železniční přepravě (COTIF).
- [19] FIALA, Miloš, Josef VILÁŠEK a David VONDRÁŠEK, 2014. *Integrovaný záchranný systém ČR na počátku 21. století*. Praha: Karolinum, 188 s. ISBN 978-80-246-2477-8.
- [20] Železniční přejezd - ulice Hulínská: Mapy.cz [online]. 7. 5. 2018 [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?vlastni-body&x=17.4007805&y=49.3030905&z=19&l=0&base=ophoto&ut=Nov%C3%BD%20b od&uc=97-m9x8Zk0&ud=17%C2%B024%273.456%22E%2049%C2%B018%2711.083%22N>
- [21] BARTA, Jiří a Tomáš LUDÍK, 2012. *TerEx – modelování a simulace: Studijní pomůcka pro předmět KRIZOVÉ SCÉNÁŘE* [online]. [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: [https://modle.unob.cz/pluginfile.php/26278/mod\\_resource/content/1/Studijni\\_pomucka\\_TerEx.pdf](https://modle.unob.cz/pluginfile.php/26278/mod_resource/content/1/Studijni_pomucka_TerEx.pdf). Studijní pomůcka. Univerzita obrany.
- [22] vlastní
- [23] EVAKUACE. Portál KRIZPORT [online]. 2018 [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/navody/evakuace>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AC	Vojenské označení kyanovodíku
J. N.	Položka (jinde nejmenovaná položka)“ hromadná položka, k níž mohou být látky, směsi, roztoky nebo předměty přiřazeny.
ADR	Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí
NL	Nebezpečná látka
RID	Přeprava nebezpečných věcí na železnici
OSN	Organizace spojených národů
J. N.	Položka (jinde nejmenovaná položka)“ hromadná položka, k níž mohou být látky, směsi, roztoky nebo předměty přiřazeny.
IZS	Integrovaný záchranný systém
BCHL	Bojové chemické látky
ZHN	Zbraně hromadného ničení
NBC	Nuclear, Biological and Chemical
HPAC	Hazard Prediction and Assessment Capability
CAP	Common Alert Protocol
IBC	Intermediate bulk container
AC	Vojenské označení kyanovodíku
SW	Software
OPIS	Operační a informační středisko

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obrázek 1 - Význam číslic tabulky [12].....</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 2 - Výstražné symboly dle Směrnice 1272/2008/ES [7] .....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 3 - Výstražné symboly dle vyhlášky 402/2011 Sb. [7] .....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 4 - Štítek č. 1 [14] .....</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 5 - Štítek č. 2 [14] .....</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 6 – Systém značení diamant [15] .....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 7 – UN kód [18] .....</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 8 - Piktogramy ADR [17] .....</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 9 - Místo havárie 1 [20] .....</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 10 - Místo havárie 2 [20] .....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 11 - Vstupní hodnoty SW nástroje TerEx [22] .....</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 12 - Výsledek modelování pro nejhorší variantu scénáře – únik 1000 kg kyanovodíku, grafické znázornění na mapě [22] .....</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 13 - Parametry (zadáání) pro modelaci v SW nástroje ALOHA [22].....</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 14 - Výsledek modelování pro nejhorší variantu scénáře – únik 1000 kg kyanovodíku, grafické znázornění na mapě [22] .....</i>	<i>51</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1 – Třídy nebezpečných věcí podle ADR [16] .....</i>	<i>31</i>
<i>Tabulka 2 – Třídy nebezpečných věcí podle RID [3] .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 3 – Rozdělení podle UN čísla [3] .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 4 – Rozdělení podle UN čísla [3] , pokračování .....</i>	<i>34</i>
<i>Tabulka 5 – Základní parametry a hodnoty pro modelování [22] .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabulka 6 – Scénář řešení [22] .....</i>	<i>46</i>
<i>Tabulka 7 – Scénář řešení [22], pokračování .....</i>	<i>47</i>
<i>Tabulka 8 – Hodnoty evakuace a doporučeného průzkumu v SW TerEx [22] .....</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 9 - Hodnoty evakuace a doporučeného průzkumu v SW ALOHA [22].....</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka 10 - Srovnání výsledků SW nástrojů ALOHA a TerEx [22] .....</i>	<i>55</i>

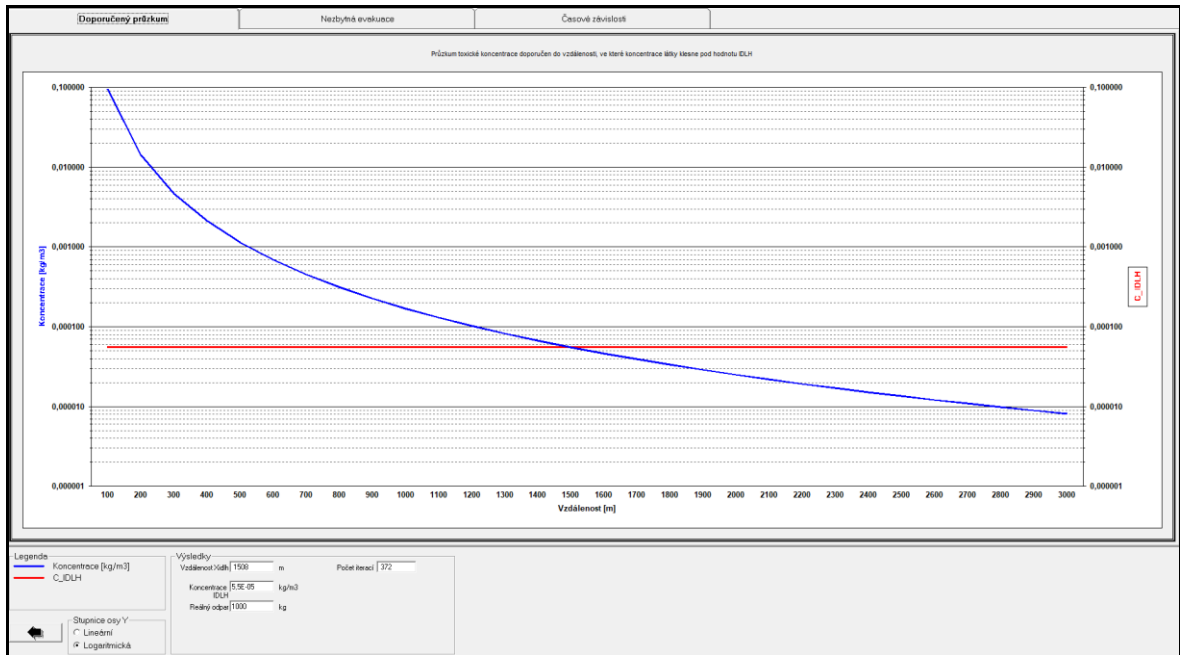
## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI - Výstupní data SW nástroje TerEx

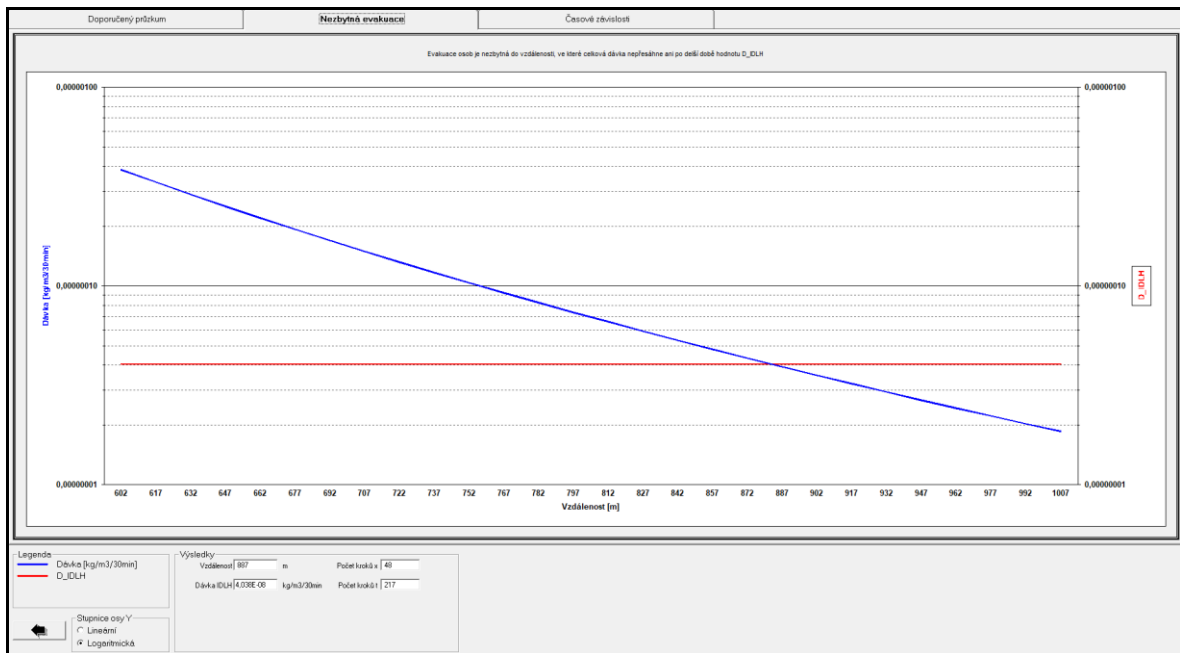
Příloha PII – Vstupní + výstupní data SW nástroje ALOHA



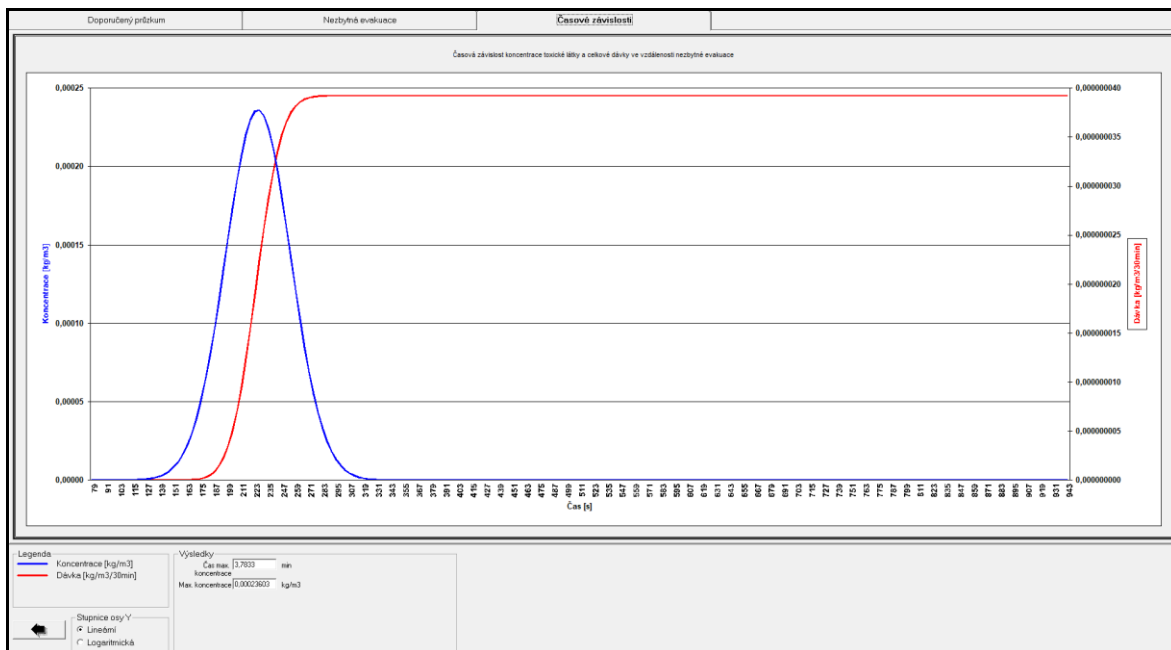
# PŘÍLOHA P I: VSTUPNÍ + VÝSTUPNÍ DATA SW NÁSTROJE TEREX



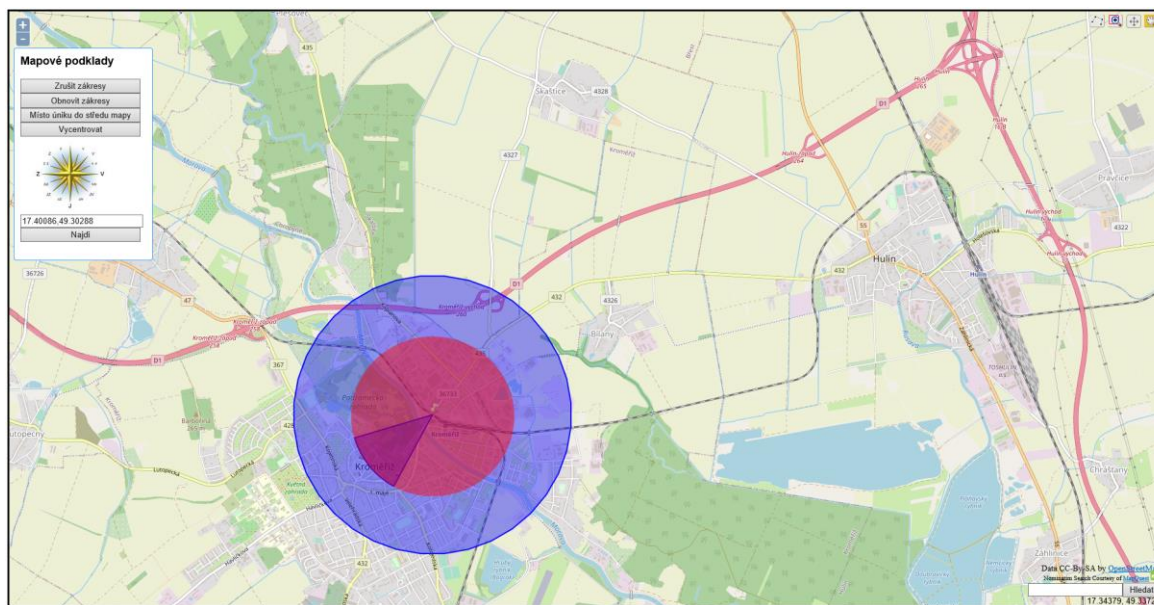
Doporučený průřez toxické koncentrace (1000 kg kyanovodíku)



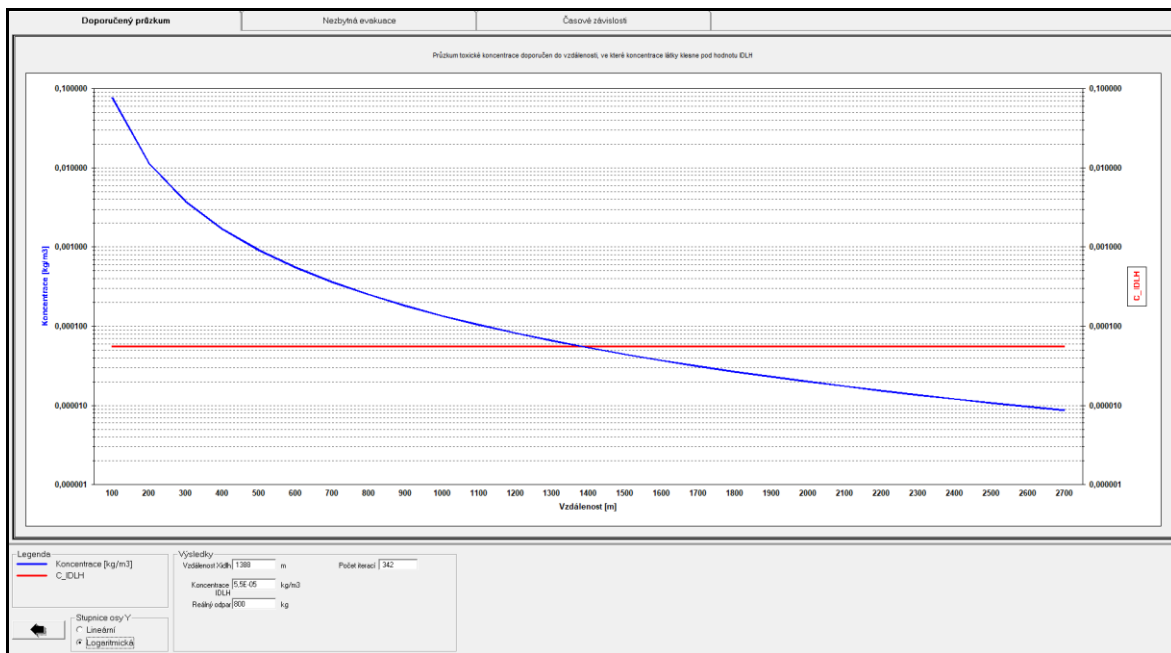
Nezbytná evakuace (1000 kg kyanovodíku)



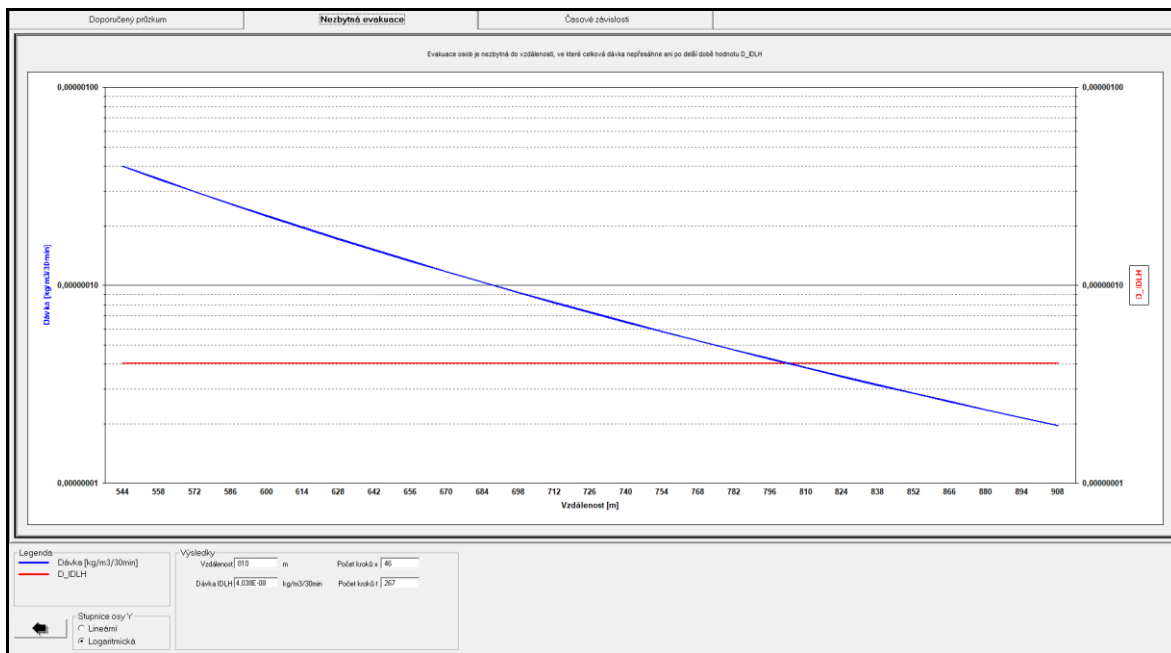
Časová závislost koncentrace toxické látky a celkové dávky ve vzdálenosti nezbytné evakuace (1000 kg kyanovodíku)



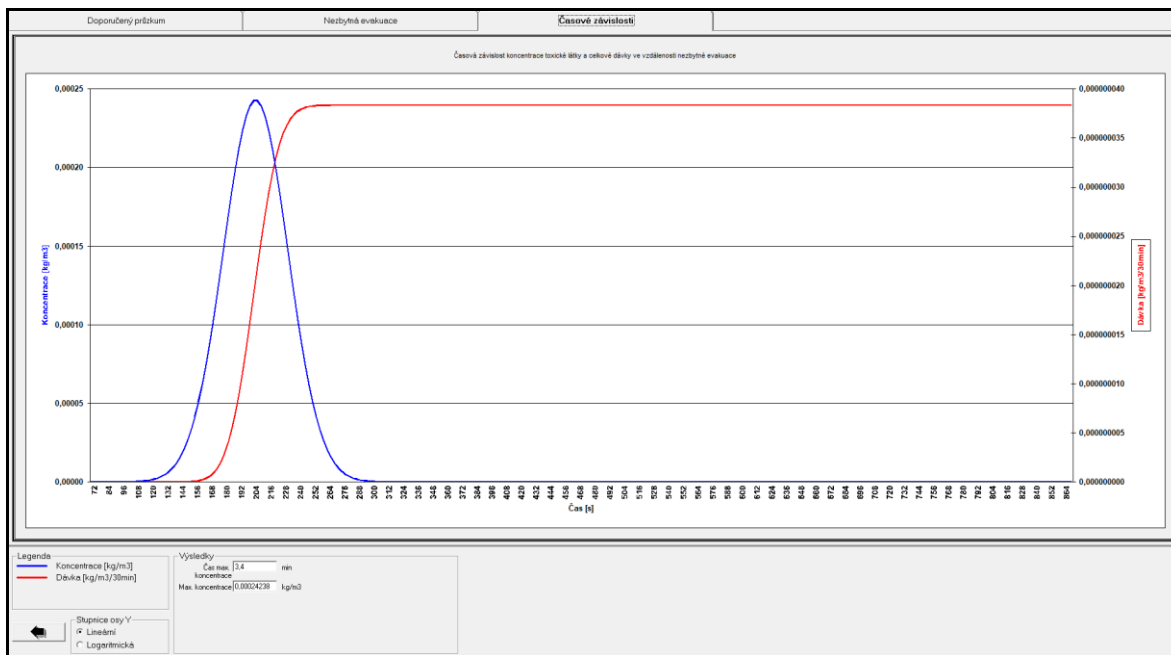
Mapa ohrožení (800 kg kyanovodíku)



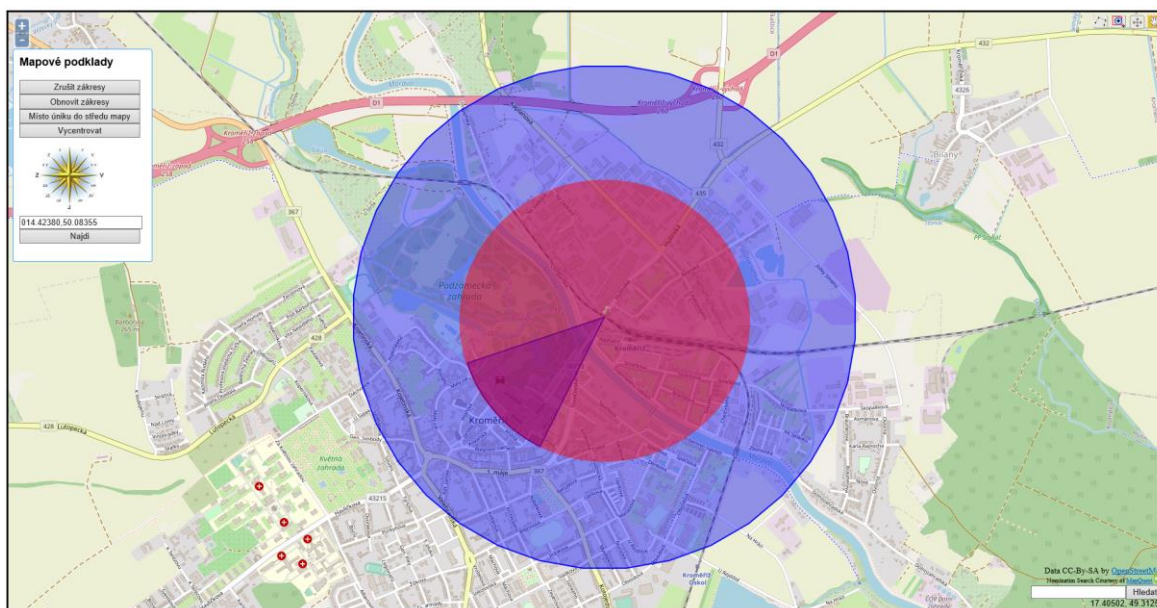
Doporučený průzkum toxické koncentrace (800 kg kyanovodíku)



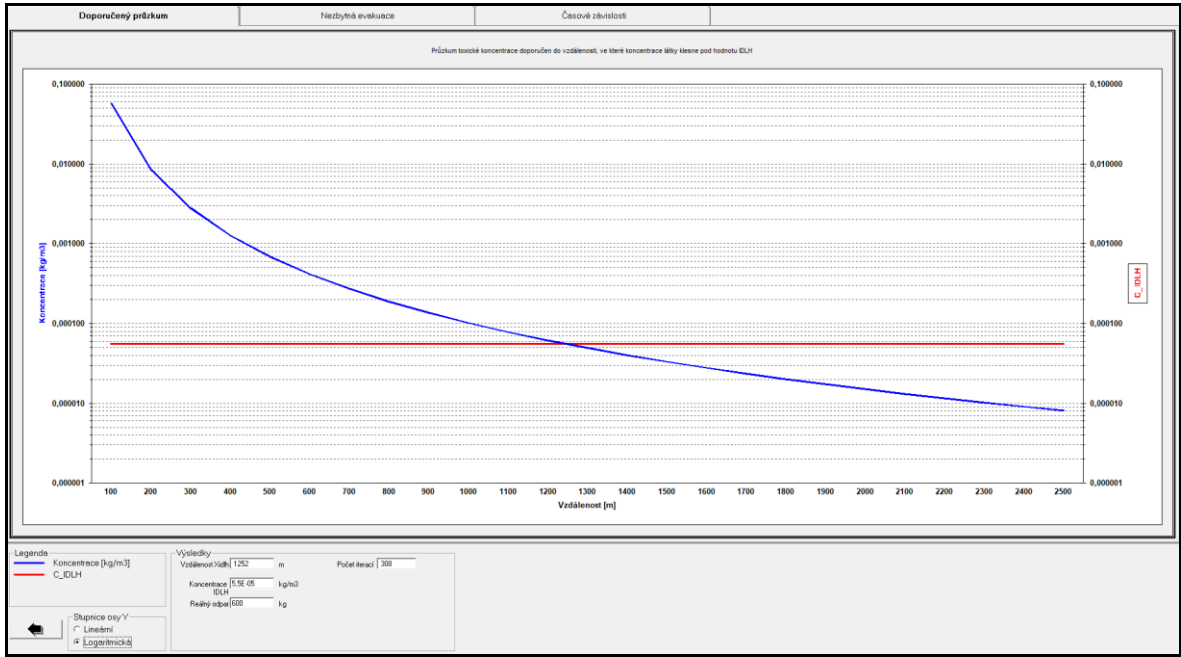
Nezbytná evakuace (800 kg kyanovodíku)



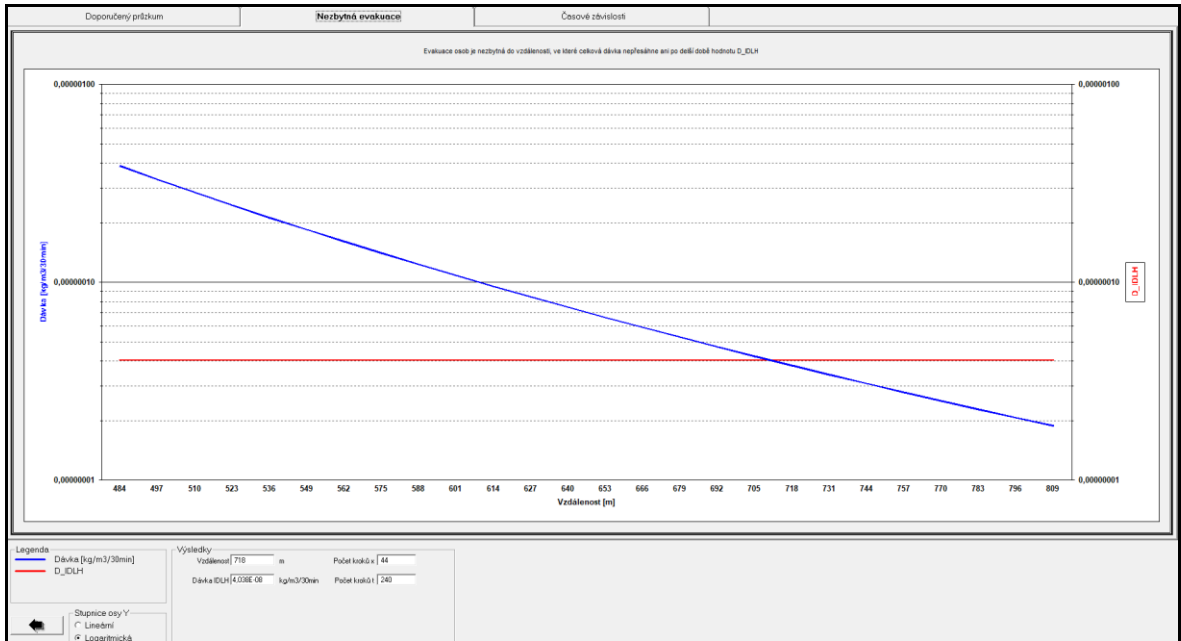
Časová závislost koncentrace toxické látky a celkové dávky ve vzdálenosti nezbytné evakuace (800 kg kyanovodíku)



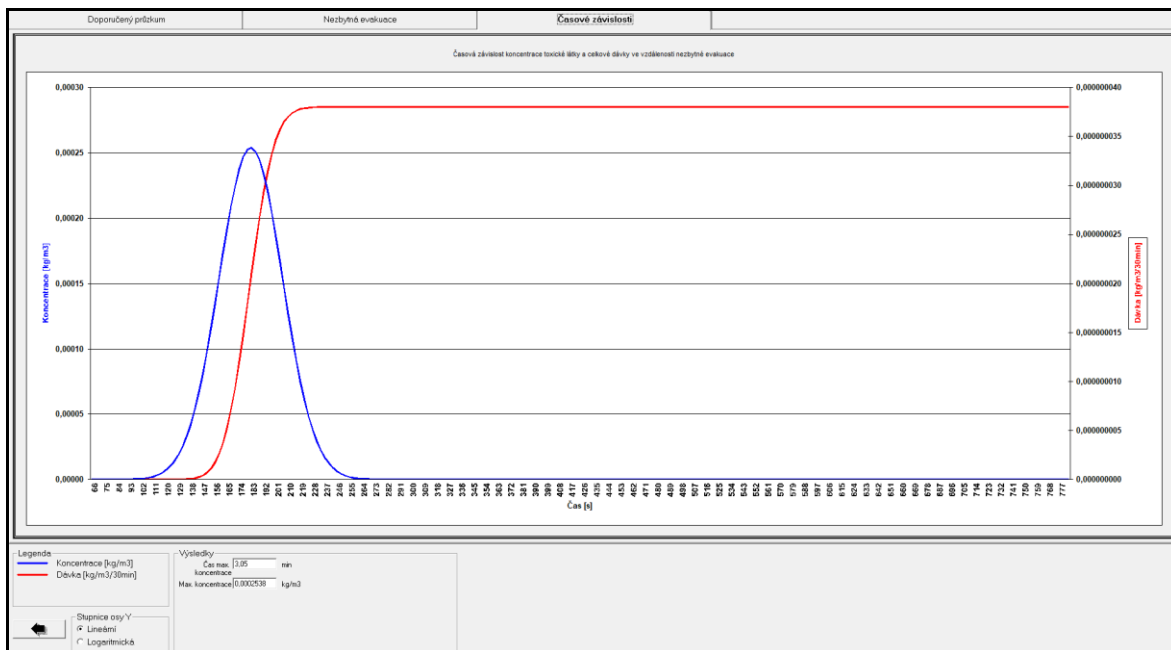
Mapa ohrožení (600 kg kyanovodíku)



Doporučený průzkum toxické koncentrace (600 kg kyanovodíku)

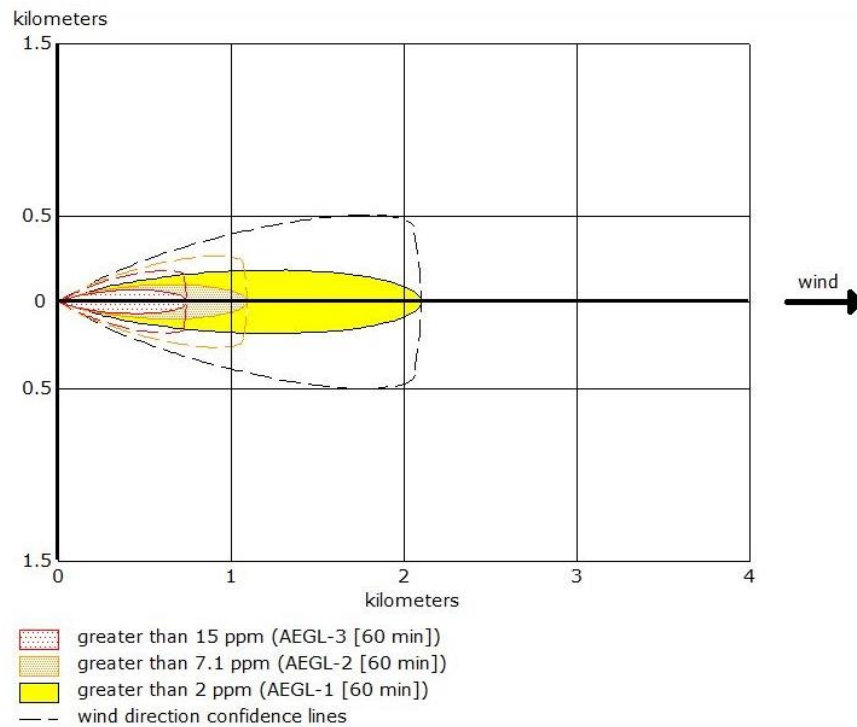


Nezbytná evakuace (600 kg kyanovodíku)



Časová závislost koncentrace toxické látky a celkové dávky ve vzdálenosti nezbytné evakuace (600 kg kyanovodíku)

## PŘÍLOHA P II: VSTUPNÍ + VÝSTUPNÍ DATA SW NÁSTROJE ALOHA



### Zóny ohrožení pro 1000 kg kyanovodíku

#### SITE DATA:

Location: Z. PREJEZD HULINKSA KROMERIZ, CZECH  
 Building Air Exchanges Per Hour: 4 (user specified)  
 Time: May 31, 2020 1045 hours ST (using computer's clock)

#### CHEMICAL DATA:

Chemical Name: HYDROGEN CYANIDE  
 CAS Number: 74-90-8      Molecular Weight: 27.03 g/mol  
 AEGL-1 (60 min): 2 ppm    AEGL-2 (60 min): 7.1 ppm    AEGL-3 (60 min): 15 ppm  
 IDLH: 50 ppm      LEL: 56000 ppm      UEL: 400000 ppm  
 Ambient Boiling Point: 25.1° C  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.40 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 407,099 ppm or 40.7%

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

Wind: 4 meters/second from NE at 2 meters  
 Ground Roughness: urban or forest      Cloud Cover: 7 tenths  
 Air Temperature: 3° C  
 Stability Class: C (user override)  
 No Inversion Height      Relative Humidity: 70%

#### SOURCE STRENGTH:

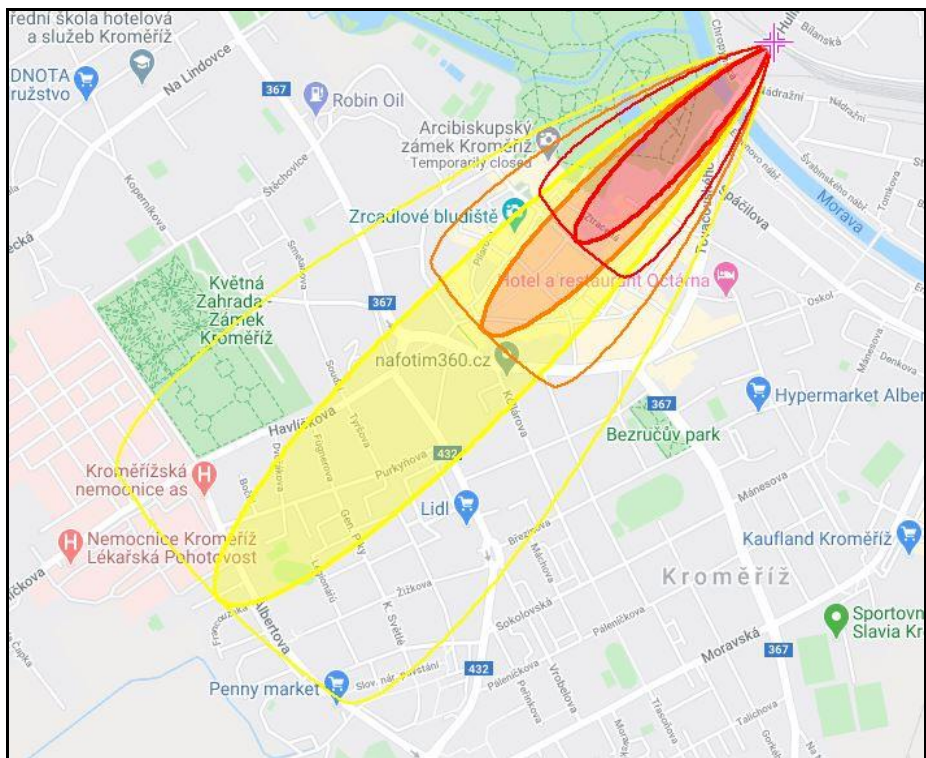
Direct Source: 2.667 kilograms/sec      Source Height: 2 meters  
 Release Duration: 5 minutes  
 Release Rate: 160 kilograms/min  
 Total Amount Released: 800 kilograms

#### THREAT ZONE:

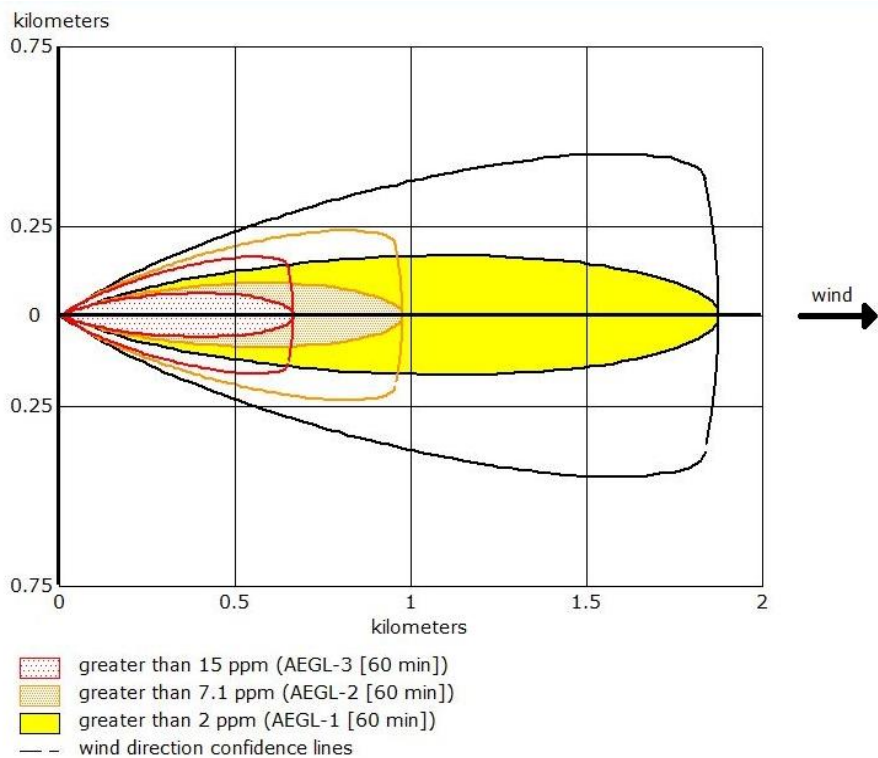
Model Run: Gaussian  
 Red : 667 meters --- (15 ppm = AEGL-3 [60 min])  
 Orange: 976 meters --- (7.1 ppm = AEGL-2 [60 min])  
 Yellow: 1.9 kilometers --- (2 ppm = AEGL-1 [60 min])

### Vstupní hodnoty pro 800 kg kyanovodíku





Mapa ohrožení (800 kg kyanovodíku)



Zóny ohrožení pro 800 kg kyanovodíku



SITE DATA:

Location: Z. PREJEZD HULINKSA KROMERIZ, CZECH  
Building Air Exchanges Per Hour: 4 (user specified)  
Time: May 31, 2020 1045 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: HYDROGEN CYANIDE  
CAS Number: 74-90-8 Molecular Weight: 27.03 g/mol  
AEGL-1 (60 min): 2 ppm AEGL-2 (60 min): 7.1 ppm AEGL-3 (60 min): 15 ppm  
IDLH: 50 ppm LEL: 56000 ppm UEL: 400000 ppm  
Ambient Boiling Point: 25.1° C  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.40 atm  
Ambient Saturation Concentration: 407,099 ppm or 40.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 4 meters/second from NE at 2 meters  
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 7 tenths  
Air Temperature: 3° C  
Stability Class: C (user override)  
No Inversion Height Relative Humidity: 70%

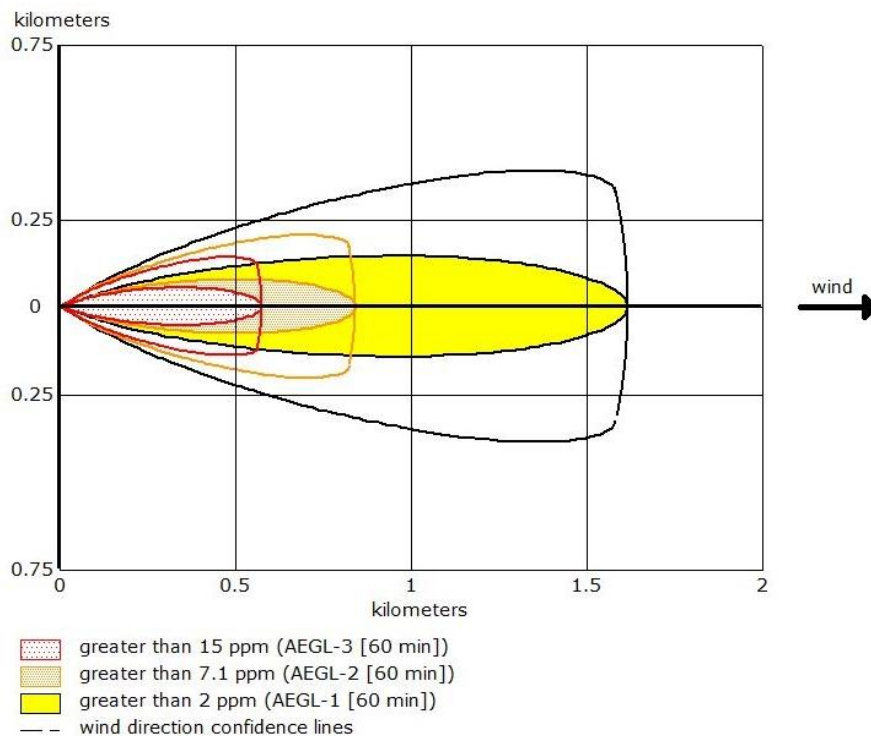
SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 2 kilograms/sec Source Height: 2 meters  
Release Duration: 5 minutes  
Release Rate: 120 kilograms/min  
Total Amount Released: 600 kilograms

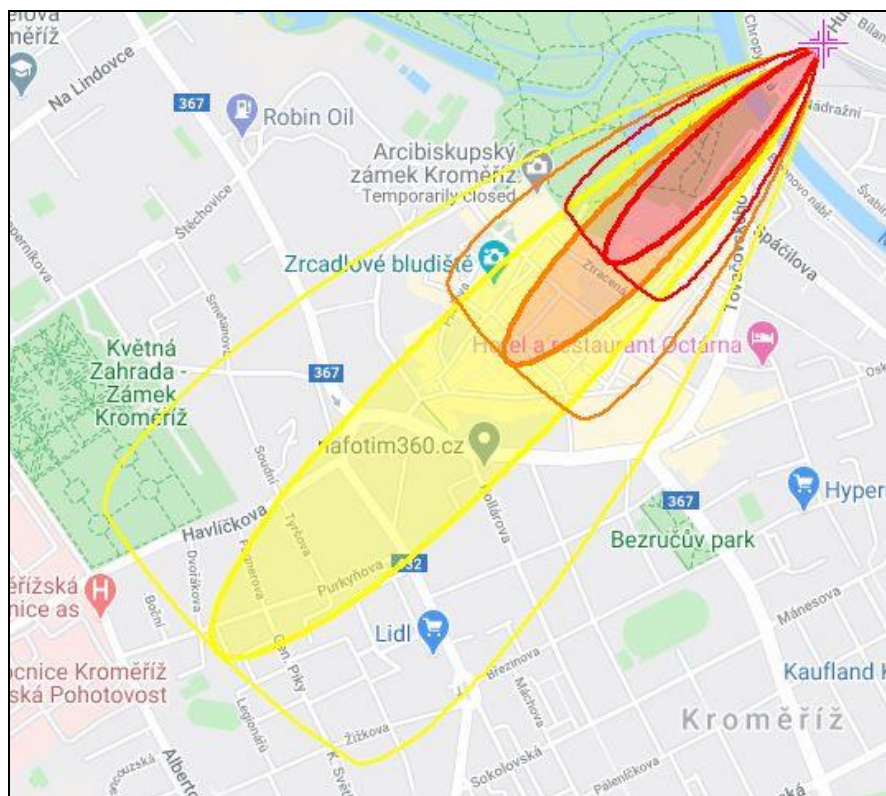
THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian  
Red : 576 meters --- (15 ppm = AEGL-3 [60 min])  
Orange: 843 meters --- (7.1 ppm = AEGL-2 [60 min])  
Yellow: 1.6 kilometers --- (2 ppm = AEGL-1 [60 min])

### Vstupní hodnoty pro 600 kg kyanovodíku



### Zóny ohrožení pro 600 kg kyanovodíku



Mapa ohrožení (600 kg kyanovodíku)