POLICEJNÍ AKADEMIE ČESKÉ REPUBLIKY V PRAZE

Fakulta bezpečnostně právní

Katedra krizového řízení

Modelování havarijních dopadů závažných chemických havárií jako prostředek zvýšení bezpečnosti osob

Diplomová práce

Modelling the accidental effects of major chemical accidents as a means of increasing personal safety

Master thesis

VEDOUCÍ PRÁCE
doc. Ing. Otakar Jiří MIKA, CSc.

AUTOR PRÁCE
Bc. Adéla KOULOVÁ

PRAHA
2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracovala samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem čerpala, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze, dne 15. března 2024

.....

Bc. Adéla KOULOVÁ

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu doc. Ing. Otakarovi Jiřímu Mikovi, CSc. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při vypracovávání diplomové práce. Rovněž bych ráda poděkovala zástupcům společnosti T-SOFT, a. s., kteří mi umožnili přístup do programu TerEx k provedení modelace. Poděkování patří také mé kolegyni a nejlepší kamarádce Bc. Martině Humešové, za nepředstavitelnou podporu při studiu a vypracovávání diplomové práce.

ANOTACE

Diplomová práce se zaměřuje na závažné chemické havárie hrozící v průmyslové oblasti a modelování havárie s únikem nebezpečných látek. V části teoretické se soustředí na vymezení základních pojmů a právní úpravu v oblasti chemické bezpečnosti. Dále se zaměřuje na připravenost obyvatelstva v případě úniku nebezpečné chemické látky. Následně jsou zde charakterizovány softwarové nástroje pro provedení modelace úniku. Praktická část práce obsahuje popis fiktivní společnosti, nebezpečných chemických látek a sestavené scénáře havárií pro modelaci úniku za pomoci softwarových nástrojů TerEx a ALOHA. Následně je provedena jejich komparace. V závěru práce jsou vypracovány vlastní návrhy, náměty a doporučení na zlepšení současné situace.

KLÍČOVÁ SLOVA

závažné chemické havárie * modelace úniku * opatření * prevence * průmyslová havárie * softwarový nástroj TerEx * softwarový nástroj ALOHA * bezpečnost osob

ANNOTATION

The master thesis focuses on major chemical accidents in the industrial area and modelling of accidents with leakage of hazardous substances. The theoretical part focuses on the definition of basic concepts and legal regulation in the field of chemical safety. It also focuses on the preparedness of the population in the event of a release of a hazardous chemical substance. Subsequently, software tools for performing leak modelling are characterised. The practical part of the thesis contains a description of a fictitious company, hazardous chemicals and the constructed accident scenarios for leak modelling using the software tools TerEx and ALOHA. Subsequently, their comparison is made. In the end of the thesis own suggestions, proposals and recommendations for improvement of the current situation are made.

KEYWORDS

major chemical accidents * leak modelling * measures * prevention * industrial accident * software tool TerEx * software tool ALOHA * personal safety

Obsah

Úvod ... **7**

I. Teoretická část ... **9**

1. Vymezení základních pojmů ... **10**

2. Havárie a jejich klasifikace ... **16**

2.1 Katastrofa ... 16

2.1.1 Klasifikace katastrof ... 17

2.2 Havárie ... 17

2.2.1 Klasifikace havárií ... 18

2.3 Chemická havárie ... 18

2.3.1 Dopady a následky chemické havárie ... 19

2.3.2 Příčiny chemické havárie ... 20

3. Historie průmyslových havárií ... **21**

3.1 Radiační havárie v Černobylu ... 21

3.2 Chemická havárie v Bhópálu ... 22

3.3 Chemická havárie v Sevesu ... 22

3.4 Chemická havárie ve Flixborough ... 23

4. Vymezení právní úpravy v oblasti chemické bezpečnosti ... **24**

4.1 Česká legislativa ... 24

4.2 Evropská legislativa ... 26

5. Vybrané instituce v oblasti chemické bezpečnosti ... **29**

5.1 Společné výzkumné středisko (JRC) ... 29

5.2 Institut pro ochranu a bezpečnost občanů (ISPRA) ... 30

5.3 U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB) ... 31

6. Nebezpečné chemické látky a směsi ... **32**

6.1 Klasifikace nebezpečných látek ... 33

6.2 Vlastnosti nebezpečných látek ... 34

6.3 Označování nebezpečných látek ... 35

6.3.1 Výstražné symboly nebezpečnosti ... 35

6.3.2 Signální slovo ... 36

6.3.3 Standardní věty o nebezpečnosti (H-věta) ... 37

6.3.4 Pokyny pro bezpečné zacházení (P-věta) ... 37

6.4 Bezpečnostní listy chemických látek ... 37

6.5 Přeprava nebezpečných chemických látek ... 38

6.5.1 Značení dopravních prostředků ... 39

6.5.2 Kemlerův kód ... 40

6.5.3 UN kód ... 40

6.5.4 Výstražné a manipulační značení ... 41

7. Připravenost obyvatelstva na chemické havárie ... 44
7.1 Zóna havarijního plánování u chemických havárií ... 44
7.1.1 Vnější havarijní plán ... 45
7.1.2 Vnitřní havarijní plán ... 45
7.2 Zásady chování obyvatelstva ... 46
7.3 Varování obyvatelstva ... 47
7.4 Úkryt ... 47
7.5 Evakuace ... 48
7.6 Individuální ochrana osob ... 48
8. Vybrané softwarové modelovací nástroje ... 49
8.1 Teroristický expert (TerEx) ... 49
8.2 Areal Locations of Hazardous Atmospheres (ALOHA) ... 50
II. Praktická část ... 51
9. Modelování závažné chemické havárie ... 52
9.1 Popis společnosti ... 52
9.2 Popis lokace ... 53
9.3 Charakteristika nebezpečných látek ... 54
9.3.1 Amoniak ... 54
9.3.2 Chlor ... 55
9.4 Havarijní scénář číslo 1 ... 56
9.5 Havarijní scénář číslo 2 ... 57
9.6 Vstupní parametry do softwarových nástrojů pro amoniak ... 58
9.7 Vstupní parametry do softwarových nástrojů pro chlor ... 59
10. Výstupy modelování ... 60
10.1 Výstup modelování úniku amoniaku v programu TerEx ... 60
10.2 Výstup modelování úniku amoniaku v programu ALOHA ... 64
10.3 Výstup modelování úniku chloru v programu TerEx ... 67
10.4 Výstup modelování úniku chloru v programu ALOHA ... 70
11. Komparace výsledků modelací a programů ... 72
12. Návrhy na zlepšení současné situace ... 76
Závěr ... 80
Seznam použité literatury a dalších zdrojů ... 82
Seznam použitých zkratek ... 89
Seznam tabulek ... 90
Seznam obrázků ... 91

Úvod

Chemický průmysl v současné době může představovat vážné riziko pro zdraví člověka, zvířata a hlavně pro životní prostředí. V důsledku toho vznikají také velké materiální škody. Existuje tisíce chemických látek a směsí, které se používají k nejrůznějším účelům, a setkáváme se s nimi nejen v každodenním životě, ale také ve výrobách. Při výrobě hlavně chemických produktů dochází k procesu, při kterém může dojít k závažné havárii, která může být spojena s únikem nebezpečných látek toxického, hořlavého nebo výbušného charakteru. V rámci bezpečnosti je nutné takový únik chemických látek a jeho možné negativní účinky předvídat, identifikovat je a nějakým způsobem jim zamezit. Pokud závažná havárie hrozí nebo již reálně probíhá, musíme být na takovou negativní událost dobře připraveni.

V historii se nám objevuje řada závažných průmyslových havárií, které měly dopady na životy lidí, na hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek. Dopady těchto havárií přispěly na celkovou bezpečnost chemického průmyslu a byly předpokladem pro stanovení důkladnějších bezpečnostních předpisů a postupů. S rapidním rozvojem vědy a výpočetních technologií, který se váže k dnešní době, se zvyšují nároky na bezpečnost chemického průmyslu.

Následky jakékoli chemické havárie mohou být katastrofální, proto se vyvinuly softwarové nástroje, které pomáhají předvídat a tím i nepřímo řešit nežádoucí účinky úniku nebezpečných látek. Tyto nástroje poskytují kvalitní prognózy havarijních následků pro události a v otázce prevence představují účinný nástroj i v situacích, kdy máme málo anebo nedostatek vstupních informací. Nástroje se neustále vyvíjejí především v oblasti přesnosti modelací a zkvalitnění modelů. Samotná prevence je důležitým aspektem v celé této oblasti.

Diplomová práce se dělí na dvě části. Část teoretickou a část praktickou.

V teoretické části jsou vymezeny veškeré základní pojmy týkající se problematiky průmyslových chemických havárií. Dále je podrobněji popsán samotný pojem havárie a její klasifikace. V návaznosti na pojem havárie je krátce představena historie závažných radiačních a chemických havárií. Dále je také vymezena právní úprava v oblasti chemické bezpečnosti a jsou zde charakterizovány vybrané instituce v této oblasti. Následně se práce zabývá nebezpečnými chemickými látkami a směsmi, které jsou rozděleny do příslušných kategorií, a také je uvedena jejich přeprava. Teoretická část se dále zmiňuje o připravenosti obyvatelstva na chemické havárie a v závěru jsou uvedeny a diskutovány softwarové modelovací nástroje.

Praktická část obsahuje popis místního průmyslového podniku, který vyrábí, skladuje, přepravuje a manipuluje s nebezpečnými chemickými látkami. Následuje charakteristika dvou nebezpečných chemických látek. V další části jsou vytvořeny fiktivní scénáře chemických havárií. Pomocí SW nástrojů ALOHA a TerEx jsou provedeny různé výpočty pro různé hmotnosti uniklých nebezpečných chemických látek. Dosažené výsledky jsou dále diskutovány a jsou využity k vytvoření vlastního odborného návrhu na zlepšení současného stavu v řešené problematice.

Cílem diplomové práce je vypracovat havarijní scénáře a v návaznosti na ně provést konzervativní modelaci úniku nebezpečných chemických látek prostřednictvím softwarových nástrojů ALOHA a TerEx a na závěr navrhnout opatření ke zlepšení současné situace a zvýšení bezpečnosti osob.

I. Teoretická část

1. Vymezení základních pojmů

V rámci této diplomové práce bude použito několik základních pojmů, které jsou důležité pro správné pochopení probírané problematiky, a je nutné znát jejich význam. Těchto pojmů a odborných definic existuje v současné době mnoho, a proto budou v kontextu práce uvedeny pouze základní pojmové aparáty z Terminologického slovníku pojmů Ministerstva vnitra České republiky a skript Policejní akademie České republiky v Praze.

Bezpečnost

Stav, kdy je systém schopen odolávat známým a předvídatelným (i nenadálým) vnějším a vnitřním hrozbám, které mohou negativně působit proti jednotlivým prvkům (případně celému systému) tak, aby byla zachována struktura systému, jeho stabilita, spolehlivost a chování v souladu s cílovostí. Je to tedy míra stability systému a jeho primární a sekundární adaptace.[1]

Dopad

Následek určitého činu nebo události.[2]

Nepříznivý účinek (působení) mimořádné události v daném místě a čase.[3]

Evakuace

Evakuace je souhrn organizačních a technických opatření zabezpečujících přemístění osob, zvířat a věcných prostředků v daném pořadí priority z míst ohrožených mimořádnou událostí nebo krizovou situací do míst, ve kterých je zajištěno pro osoby náhradní ubytování a stravování (nouzové přežití), pro zvířata ustájení a pro věcné prostředky uskladnění.[4]

---

[1] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

[2] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

[3] MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5, s. 14.

[4] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

Havárie

Havárií se rozumí mimořádná událost, ke které dojde v souvislosti s provozem technických zařízení a budov, při nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a při jejich přepravě nebo při nakládání s nebezpečnými odpady. Havárií je mimořádné závažné zhoršení nebo mimořádné závažné ohrožení jakosti povrchových nebo podzemních vod. Za havárii se vždy považují případy závažného zhoršení nebo mimořádného ohrožení jakosti povrchových nebo podzemních vod ropnými látkami, zvlášť nebezpečnými látkami, popřípadě radionuklidy nebo dojde-li ke zhoršení nebo ohrožení jakosti povrchových nebo podzemních vod v chráněných oblastech přirozené akumulace vod nebo v ochranných pásmech vodních zdrojů. Dále se za havárii považují případy technických poruch a závad zařízení k zachycování, skladování, dopravě a odkládání látek, pokud takovému vniknutí předcházejí.[5]

Hrozba

Je přírodní nebo člověkem podmíněný proces představující potenciál, tj. schopnost zdroje hrozby být aktivován a způsobit škodu. Tento potenciál může být spuštěn záměrně nebo náhodně využit pro atakování specifických zranitelností aktiva. Hrozba bývá zdrojem rizika.[6]

Integrovaný záchranný systém

Koordinovaný postup složek IZS při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací. Koordinací postupu složek IZS (základní složky IZS, ostatní složky IZS) při společném zásahu se rozumí koordinace záchranných a likvidačních prací včetně řízení jejich součinnosti.[7]

---

[5] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

[6] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

[7] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

Mimořádná událost

Událost nebo situace vzniklá v určitém prostředí v důsledku živelní pohromy, havárie, nezákonnou činností, ohrožením kritické infrastruktury, nákazami, ohrožením vnitřní bezpečnosti a ekonomiky, která je řešena obvyklým způsobem orgány a složkami bezpečnostního systému podle zvláštních právních předpisů. Pod tímto pojmem je v současných právních předpisech ČR uváděna řada pojmů, jako jsou např. mimořádná situace, nouzová situace, pohroma, katastrofa nebo havárie.[8]

Nebezpečná chemická látka, nebezpečná směs

Chemická látka nebo chemická směs, která splňuje stanovená kritéria týkající se fyzikální nebezpečnosti, nebezpečnosti pro zdraví nebo nebezpečnosti pro životní prostředí a klasifikuje se podle příslušných tříd nebezpečnosti.[9]

Objekt

Celý prostor, popřípadě soubor prostorů, v němž je umístěna jedna nebo více nebezpečných látek v jednom nebo více zařízeních, včetně společných nebo souvisejících infrastruktur a činností, v užívání právnických osob a podnikajících fyzických osob.[10]

Opatření

Nástroje k odvrácení nebo zmírnění dopadů MU v prostoru a čase, k odstranění následků a obnově původního stavu.[11]

---

[8] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

[9] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

[10] MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5, s. 17.

[11] MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5, s. 17.

Prevence

Soubor opatření, jejichž cílem je předcházení mimořádným událostem a krizovým situacím, popř. předcházení škodlivým činnostem. Opatření jsou pasivní, která se dělí na technická (např. výstavba různých ochranných systémů), organizační a výchovu obyvatel a aktivní (např. výstavba systémů, které snižují vznik mimořádné situace apod.).[12]

Riziko

Možnost, že s určitou pravděpodobností vznikne událost, kterou považujeme z bezpečnostního hlediska za nežádoucí. Riziko je vždy odvoditelné a odvozené z konkrétní hrozby. Míru rizika, tedy pravděpodobnost škodlivých následků vyplývajících z hrozby a ze zranitelnosti zájmu, je možno posoudit na základě analýzy rizik, která vychází i z posouzení naší připravenosti hrozbám čelit. Riziko také představuje účinek nejistoty na dosažení cílů nebo pravděpodobnost výskytu nežádoucí události s nežádoucími následky.[13]

Scénář – v systému prevence závažných havárií

Scénářem se v systému prevence závažných havárií rozumí variantní popis rozvoje závažné havárie, popis rozvoje příčinných a následných na sebe navazujících a vedle sebe i posloupně probíhajících událostí, a to buď spontánně probíhajících anebo probíhajících jako činnosti lidí, které mají za účel zvládnout průběh závažné havárie.[14]

---

[12] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

[13] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

[14] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

Ukrytí obyvatelstva

Ukrytí obyvatelstva je využití úkrytů a jiných vhodných prostorů k ochraně obyvatelstva před účinky světelného a tepelného záření, pronikavé radiace, kontaminace radioaktivním prachem, chemickými nebo biologickými látkami a proti tlakovým účinkům zbraní hromadného ničení. K tomuto účelu se využívají improvizované a stálé úkryty.[15]

Umístění nebezpečné látky

Projektované množství nebezpečné látky, která je nebo bude vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována v objektu nebo u které lze důvodně předpokládat, že se při ztrátě kontroly nad průběhem průmyslového chemického procesu nebo při vzniku závažné havárie může v objektu nahromadit.[16]

Varování

Souhrn technických a organizačních opatření zabezpečujících včasné upozornění obyvatelstva orgány veřejné správy na hrozící nebo nastalou mimořádnou událost, vyžadující realizaci opatření na ochranu obyvatelstva a majetku. Zahrnuje zejména varovný signál, po jehož provedení je neprodleně realizováno informování obyvatelstva o povaze nebezpečí a o opatřeních k ochraně života, zdraví a majetku.[17]

---

[15] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

[16] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

[17] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

Zařízení – v systému prevence závažných havárií

Technická nebo technologická jednotka, ve které je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována a která zahrnuje rovněž všechny části nezbytné pro provoz zařízení, zejména stavební objekty, potrubí, skladovací tankoviště, stroje, průmyslové dráhy a nákladové prostory.[18]

Závažná havárie

Mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, zejména závažný únik nebezpečné látky, požár nebo výbuch, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu, vedoucí k vážnému ohrožení nebo k vážným následkům na životech a zdraví lidí a zvířat, životním prostředí nebo majetku a zahrnující jednu nebo více nebezpečných látek.[19]

[18] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

[19] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

2. Havárie a jejich klasifikace

Chemické havárie se řadí do kategorie katastrof. Diplomová práce prvně přiblíží charakteristiku katastrof, jejich dělení a postupně naváže na téma chemických havárií.

2.1 Katastrofa

Pojem katastrofa nebo i mimořádná situace je náhlá, velmi prudká, neočekávaná událost nebo negativní jev, který změní dané prostředí či situaci k horšímu. Definic existuje nepřeberné množství. Pro lidi to znamená událost s tragickými důsledky. Může se jednat o poškození a zničení budov, staveb, dopravních prostředků, zásob všeho druhu, výrobních objektů, komunikací, polních a lesních kultur, ale také především nedostatek prostředků životních potřeb, poškození či zničení životního prostředí, ohrožení nebo uhynutí hospodářských zvířat, zároveň i lesní a polní zvěře a další. Především jde hlavně o osoby a jejich životy a zdraví.

Katastrofy se člení na **přírodní** (živelní pohromy) a **civilizační** katastrofy (antropogenní katastrofy a havárie).

V přírodních katastrofách se objevuje termín živelní pohroma. Primárním destruktorem je živel. Živel je neovladatelná přírodní síla, která má ničivé a zhoubné účinky. Tyto katastrofy pramení z geofyzikálních procesů v litosféře, biosféře, hydrosféře a atmosféře. Objevují se náhle a nečekaně a nechávají za sebou spoustu zkázy a neštěstí.

Naopak civilizační katastrofa vzniká lidskou činností a dochází při ní k poškození strojů, budov, provozních, technologických, skladovacích a dalších zařízení, vozidel, letadel, lodí a dalších prostředků. Do této kategorie se řadí i průmyslové havárie, provozní havárie a technické havárie. Na podmínky zařízení nebo prostředku se aplikuje rozlišení podle rozsahu poškození a rozlišení na poruchu a havárii.[20]

[20] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 21.

2.1.1 Klasifikace katastrof

Rozdělení havárií a katastrof může být vícero podle různých hledisek, to ovšem záleží na autorovi dané monografie, protože tato informace se neustále mění. V současné praxi nejlépe vyhovuje následující dělení, které je uvedeno níže. Katastrofy se dělí podle původu, druhu, rychlosti nástupu a rozsahu následků, dále se mohou rozlišovat na základě kategorií a generací.

Podle původu se rozlišují katastrofy, které vznikly působením přírodních sil, člověkem nebo jejich kombinací. Další dělení je **podle druhu**, v tomto případě se katastrofy dělí na živelné pohromy, havárie, nedostatek existenčních prostředků a negativní sociální jevy. Katastrofy se rozlišují dále **podle rychlosti nástupu** na bodové a prahové. **Dle rozsahu následků** je dělíme na lidský faktor, materiální škody, rozlohu postižených oblastí, síly a prostředky pro lokalizaci a likvidaci.

V rámci snahy o sjednocení komplexní klasifikace katastrof se mohou třídit katastrofy do různých kategorií. **Kategorie I** je závada, vada, porucha, nehoda. **Kategorie II** je havárie, závažná havárie a pohroma. **Kategorie III** je katastrofa, kataklyzma a apokalypsa.[21]

Vědecká setkání v roce 1997 zahrnovala nové vymezení klasifikace katastrof na tři generace. **I. generace** jsou přírodní a civilizační katastrofy. **II. generace** je chemických terorismus. **III. generace** jsou spojovací katastrofy.[22]

2.2 Havárie

Tento pojem spadá do antropogenních pohrom. Havárie je mimořádná událost, která může nastat manipulací látek v rámci technických zařízení a budov, kde by šlo o průmyslové havárie nebo s jejich následnou přepravou, kde by se jednalo o dopravní nehody.

---

[21] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 22.
[22] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 23.

2.2.1 Klasifikace havárií

Havárie dělíme podle charakteru vzniklých nebezpečných látek na havárie:

- s únikem chemických látek (chemické havárie),
- s únikem radioaktivních látek (radiační havárie),
- s únikem ropných látek (ropné havárie).[23]

2.3 Chemická havárie

Zvláštní typ katastrofy představují samotné chemické havárie spadající do antropogenních pohrom. To znamená ty, které vznikají vlivem člověka. Práce je konkrétně zaměřena na průmyslové havárie s únikem nebezpečných látek, které jsou jedny z nejbezpečnějších z odvětví průmyslu. V dnešní době se používá neskutečná množství chemických látek, která jsou zpracována, skladována, přepravována, spalována či je s nimi jinak nakládáno a obsahují velmi nebezpečné účinky. To již samo o sobě může znamenat, že je zde značné riziko úniku chemických látek do okolí. K úniku nebezpečné látky může dojít nejen působením člověka nebo přírodních sil, ale také při teroristických či kriminálních akcích. Při válečných operacích dochází k poškození různých druhů budov, mezi nimi jsou i sklady, závody a podniky, ve kterých se chemické látky nachází. V takovém případě zde nastává vážné nebezpečí pro člověka, majetek, a především pro zvířata a životní prostředí. Únik nebezpečných látek do okolí může svými účinky ohrozit obyvatelstvo, rostliny, budovy, vodní toky a veškeré životní prostředí. Tento únik můžeme nazvat chemickou havárií. Havárie se nemusí vyskytnout pouze v rámci některého zařízení, ale také na pozemních komunikacích v souvislosti s dopravou.[24]

---

[23] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 25 – 26.
NOVÁKOVÁ, Jaroslava, Oldřich KRULÍK a Radek BUREŠ. *Úvod do bezpečnosti a krizového řízení I. Mimořádné události, jejich členění a negativní dopady na základní funkce státu.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2011. ISBN 978-80-7251-343-7, s. 79.

[24] NOVÁKOVÁ, Jaroslava, Oldřich KRULÍK a Radek BUREŠ. *Úvod do bezpečnosti a krizového řízení I. Mimořádné události, jejich členění a negativní dopady na základní funkce státu.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2011. ISBN 978-80-7251-343-7, s. 79.
MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5, s. 121.
ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 25.
ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 90.

2.3.1 Dopady a následky chemické havárie

Pokud zařízení pracuje s chemickými látkami, nikdy nelze zcela vyloučit riziko havárie. Pokud taková chemická látka unikne, má negativní dopad na své okolí, a to především na lidský organismus, na hospodářská zvířata a jiná volně žijící zvířata, na kvalitu jednotlivých složek životního prostředí a na materiální škody.[25]

Havárie se může projevit několika způsoby:

- únikem nebezpečné chemické látky,
- požárem,
- explozí.[26]

Chemické havárie mohou mít široké a vážné následky. Tyto následky spočívají v zasažení obyvatel toxickou látkou, kdy mohou utrpět popáleniny, otravy nebo jiné zdravotní komplikace. Další zasaženou oblastí je životní prostředí, kde by mohlo dojít ke kontaminaci půdy, vody nebo vzduchu, což má negativní dopad na ekosystémy a biodiverzitu. Havárie může způsobit také škody na majetku, infrastruktuře a jiných podnicích. Jedná se o ekonomické ztráty pro místní společenství a podniky. Také evakuace může mít velký sociální a ekonomický dopad, protože obyvatelstvo je kvůli bezpečnostním opatřením nuceno opustit své dosavadní bydliště. Na základě následků chemické havárie utrpí největší psychické důsledky lidé, kteří byli přímými účastníky nebo svědky havárie. Psychické důsledky zahrnují stres, úzkost a další duševní problémy.[27]

---

[25] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 91 – 92.
MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5, s. 95.

[26] MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5, s. 121 – 122.

[27] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 99.

2.3.2 Příčiny chemické havárie

Nejčastější příčiny chemických havárií jsou technické, technologické a personální. U technických příčin se jedná o selhání strojů, prostředků a jiných zařízení. Jde například o korozi prostředků, poruchy pomocných zařízení a poruchy bezpečnostních systémů.[28]

Technologickými příčinami mohou být například různé odchylky od stanovených provozních podmínek. Jedná se o poruchu parametrů procesu, tvorbu nečistot jako vedlejší účinek a poruchy při spouštění a odstavování procesů. Tyto odchylky závisí na celkové kvalitě technologie a také jak často prochází revizí a kontrolou.[29]

U lidského faktoru se projevují chyby a selhání člověka samotného. Často se tyto chyby projevují chybou operátora, chybou v komunikaci, neodborným postupem a záměnou nebezpečných látek a celkovou nezkušeností s organizací tohoto provozu. Tomuto by se mohlo předejít řádným proškolením pracovníků a jejich dalšímu nezatěžování. Hlavně je důležité si uvědomit riziko spojené s manipulací nebezpečných látek.[30]

---

[28] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 92.
[29] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 92.
[30] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 92.

3. Historie průmyslových havárií

V druhé polovině minulého století se odehrála celá řada průmyslových katastrof, které měly řadu negativních dopadů a následků. Jednalo se především o radiační a chemické havárie, které ovlivnily další vývoj dění závažných průmyslových havárií. Tato kapitola poskytne stručný náhled do nejznámějších událostí historie.[31]

3.1 Radiační havárie v Černobylu

26. dubna 1986 se po půlnoci stala nejhorší radiační havárie historie. Jednalo se o přehřátí a výbuch černobylského čtvrtého reaktoru v době, kdy obsluha prováděla bezpečnostní test a vědomě odstavila z provozu většinu bezpečnostních systémů, které mohly havárii zabránit. Výbuch způsobil roztržení betonového bloku reaktoru a odhodil tisícitunové víko. Následoval únik nesmírného množství radioaktivní látky Cesium, která usmrtila několik zaměstnanců. Několik lidí včetně zasahujících hasičů později podlehlo radioaktivitě a byl zde nespočet onemocnění z akutní nemoci z ozáření. Kolem samotného reaktoru byla vybudována ochrana, která měla zabránit dalšímu šíření radioaktivních částic. V okolí elektrárny bylo evakuováno přes sto tisíc lidí a celá oblast se musela uzavřít. Okolní oblast je dodnes nepřístupná. K této havárii bylo napsáno přes tisíce stran odborných publikací, natočeno několik videí, a dokonce její krutou realitu popisuje i seriál.[32]

---

[31] MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5, s. 9.

[32] *Docernobylu.cz: Havárie v Černobylu…Co se tehdy stalo?* [online]. [cit. 9. 2. 2024]. Dostupné z: https://docernobylu.cz/havarie-v-cernobylu/

Stream.cz: Den, kdy vybuchl Černobyl (26. duben 1986) [online]. [cit. 9. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.stream.cz/slavnedny/den-kdy-vybuchl-cernobyl-26-duben-150892

MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5, s. 23 – 25.

3.2 Chemická havárie v Bhópálu

Havárie s nejtragičtějšími následky, kdy v noci z 2. na 3. prosince 1984 došlo v chemickém závodě společnosti Union Carbide Corporation USA k zaplavení reaktoru, ve kterém bylo okolo 40 tun methylisokyanátu s fosgenem, který následně vybuchl, a látky unikly do ovzduší. Tento výbuch měl na svědomí více než dva a půl tisíce obětí a přes 150 tisíc intoxikovaných, kteří byli zdravotně ošetřeni, z toho 50 000 osob hospitalizováno. Havárie zasáhla i životní prostředí, kde 1 000 zvířat uhynulo a 7 000 jich bylo zasaženo. Havárie zahrnovala několik zanedbaných bezpečnostních opatření včetně opožděného varování. Lidé nebyli na takovou situaci řádně připraveni. Do budoucna šlo rozhodně o havárii s velkým ponaučením.

3.3 Chemická havárie v Sevesu

Havárie, která se udála dne 10. června 1976, kdy se v chemickém závodě Icmesso nepodařilo ochladit přehřátý reaktor, který následně vybuchl. Do ovzduší uniklo 500 kg trichlorfenolu s obsahem 2 kg tetrachloridbenzodioxinu, lépe známý pod triviálním názvem dioxin. Tato sloučenina je nejtoxičtější představitel skupiny syntetických sloučenin. Látka kontaminovala skoro 2 000 hektarů území, přes 2 000 lidí bylo nemocných a 220 tisíc pod lékařským dohledem. Hospodářská zvířata byla vyloučena z konzumace a mnoho se jich muselo utratit. Na základě této havárie byla přijata směrnice č. 82/501/EEC Seveso direktiva, kdy vůbec poprvé nastalo zavedení jednotné legislativy týkající se prevence a připravenosti před závažnými průmyslovými haváriemi v rámci celé Evropy. Směrnice byla později novelizována na novou směrnici č. 96/82/EC Seveso II direktiva. Poslední aktualizace byla skrze směrnici Evropského parlamentu a Rady EU č. 2012/18/EU Seveso III.[33]

---

[33] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU ze dne 4. července 2012 *o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek* a o změně a následném zrušení směrnice Rady 96/82/ES
ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 10, 11 a 121.
MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5, s. 25 – 26.
LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 98 – 99.

3.4 Chemická havárie ve Flixborough

Průmyslová havárie, která se stala dne 1. června 1974. Továrna na nylonová vlákna měla na svědomí únik 30 tun cyklohexanu, který vytvořil obrovský mrak a následně vybuchl. V reaktoru byla nalezena trhlina a z důvodu netěsnosti byl reaktor odstaven z provozu. Následovalo propojení potrubím mezi reaktory, které ale nevydrželo a způsobilo únik 30 tun cyklohexanu, který se dostal do kontaktu se zdrojem a explodoval. Po výbuchu cyklohexanu došlo k mohutnému požáru, který trval deset dní. Následek havárie zaznamenal 28 smrtelných úrazů a přes 36 až 400 zraněných lidí.[34]

KROUPA, Miroslav a Milan ŘÍHA. *Průmyslové havárie.* 1. vyd. Praha: ARMEX PUBLISHING s. r. o., 2007. ISBN 978-80-86795-49-2, s. 72 – 73.

[34] MIKA, Otakar J. Výročí závažné průmyslové chemické havárie. *112 – odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva.* 2014, roč. 13, č. 6, s. 28 – 29. ISSN 1213-7057.

Hzsmsk.cz: Domino efekt z pohledu průmyslových havárií [online]. [cit. 10. 2. 2024]. Dostupné z: http://www.hzsmsk.cz/kraoo/domino.php

4. Vymezení právní úpravy v oblasti chemické bezpečnosti

Nakládání s chemickými látkami musí být pro bezpečnost lidstva, životního prostředí a majetku upraveno určitými pravidly, která je nutno dodržovat, aby bylo s látkami bezpečně zacházeno a to nejen doma, ale kdekoliv se s takovými směsmi pracuje. V současnosti se musí napravit řada faktorů, které by mohly poškodit lidské zdraví nebo životní prostředí a především předejít tomu, aby se neopakovaly chyby z minulosti. K předcházení takovýmto událostem slouží legislativa, která je na národní, evropské a celosvětové úrovni. Tyto legislativy se navzájem ovlivňují, a proto je nutno dodržovat jejich soulad a jednoznačnost.[35]

Nebezpečné chemické látky se dělí podle **národní legislativy** a **evropské legislativy.**

4.1 Česká legislativa

Českou legislativu reprezentuje **zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů, (chemický zákon)**. Tento zákon pracuje s právním řádem ČR a zároveň s příslušnými předpisy Evropského společenství v oblasti chemických látek, které se neustále novelizují. Zákon zapracovává s příslušnými předpisy EU práva a povinnosti právnických osob a podnikajících fyzických osob v rámci výroby, klasifikace, nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh, používání, vývozu a dovozu chemických látek nebo látek obsažených ve směsích nebo předmětech, správnou laboratorní praxi a působnost správních orgánů při zajišťování ochrany před škodlivými účinky látek a směsí.[36]

---

[35] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 19 – 30.

[36] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 27.

Zákon č. 350/2011 Sb., *o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů*, v platném znění

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 *o klasifikaci, označování a balení látek a směsí*, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 *o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek,* o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, o změně směrnice 1999/45/ES a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 793/93, nařízení Komise

Chemický zákon implementuje tyto předpisy:

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (nařízení REACH) o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek,
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 (nařízení CLP) o klasifikaci, označování a balení látek a směsí,
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 649/2012 (nařízení PIC) o vývozu a dovozu nebezpečných chemických látek,
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 648/2004 o detergentech,
- Nařízení Komise (ES) č. 440/2008 stanovující zkušební metody podle nařízení REACH,
- Nařízení (ES) č. 340/2008 o poplatcích a platbách Evropské agentuře pro chemické látky podle nařízení REACH.[37]

Dalším důležitým zákonem v oblasti nebezpečných chemických látek je **zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií).** Obdobně jako chemický zákon zapracovává příslušný předpis EU. Stanovuje systém prevence závažných havárií pro zařízení, ve kterých se nachází nebezpečná látka. Jeho cílem je zamezit vzniku havárie a omezit následky závažných havárií na životy, zdraví lidí a zvířat, životní prostředí a majetek.[38]

---

[37] *Mzp.cz: Právní předpisy v oblasti chemických látek* [online]. [cit. 8. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/pravni_predpisy_chemicke_latky_2012
(ES) č. 1488/94, směrnice Rady 76/769/EHS a směrnic Komise 91/155/EHS, 93/67/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES
Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 649/2012 ze dne 4. července 2012 *o vývozu a dovozu nebezpečných chemických látek* (přepracované znění)
Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 648/2004 ze dne 31. března 2004 *o detergentech*
Nařízení Komise (ES) č. 440/2008 ze dne 30. května 2008, kterým se stanoví zkušební metody podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 *o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek*
Nařízení Komise (ES) č. 340/2008 ze dne 16. dubna 2008 *o poplatcích a platbách Evropské agentuře pro chemické látky* podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (REACH)

[38] Zákon č. 224/2015 Sb., *o prevenci závažných havárií,* v platném znění
ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 29.

Do české legislativy lze dále zařadit další národní právní předpisy zaměřené na ovzduší, vodu, půdu, odpady a potraviny.[39]

4.2 Evropská legislativa

Evropská legislativa je závazná pro všechny členské státy.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH – Registration, Evaluation, Authorisation, Chemicals) je stěžejní nařízení EU týkající se registrace, hodnocení, povolení a omezování chemikálií. REACH má za cíl zvýšit ochranu lidského zdraví a životního prostředí před riziky spojenými s chemickými látkami a informacemi o nich. Reguluje jejich výrobu, dovoz, používání a obchodování v EU.[40]

V návaznosti na REACH v rámci EU došlo k přijmutí druhého klíčového předpisu, a to **Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 (nařízení CLP)** o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, které se týká **Globálně harmonizovaného systému**, který stanovuje standardizovaná kritéria pro klasifikaci nebezpečných látek a směsí a směrnice pro jejich označování a balení. Jeho hlavním cílem je zlepšit ochranu lidského zdraví a životního prostředí tím, že poskytuje jednotný a srozumitelný způsob informování o nebezpečnosti chemikálií.[41]

---

[39] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 21.

[40] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 21.
ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 31.

[41] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 21.
ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 31 – 32.

GHS je systém Organizace spojených národů pro identifikaci nebezpečných látek a informování uživatelů o těchto nebezpečích. Obsahuje klíčové prvky, kterými jsou klasifikace nebezpečnosti, označování a bezpečnostní listy. Klasifikace spočívá v identifikaci chemikálií podle různých kritérií. Jedná se o hořlavost, toxicitu, reaktivitu a ekologické nebezpečí. Určuje, jaká bezpečnostní opatření jsou potřebná při manipulaci s danou látkou. GHS stanovuje standardizované symboly, piktogramy a popisy nebezpečnosti, které se používají na etiketách a bezpečnostních listech chemických látek. Dále GHS vyžaduje, aby výrobci a dodavatelé poskytovali standardizované bezpečnostní listy pro všechny nebezpečné chemické látky. Tyto listy obsahují podrobné informace o vlastnostech látky, bezpečnostních opatřeních a postupech pro zacházení v případě havárie. Systém GHS byl přijat velkým počtem států celého světa a využívá se jako základ pro mezinárodní a vnitrostátní předpisy v oblasti přepravy nebezpečného zboží. **Nařízení CLP** je harmonizováno s GHS, což znamená, že jeho ustanovení jsou v souladu s mezinárodními pravidly. Tím je zajištěna konzistence v označování a balení chemických látek nejen v rámci Evropské unie, ale i ve světě.[42]

Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2008/68/ES stanovuje podmínky pro přepravu nebezpečných věcí pro silniční přepravu (ADR), železniční přepravu (RID) nebo přepravu skrze vodní cesty (ADN) uvnitř členských států nebo mezi nimi, které mohou představovat značné riziko nehod.[43]

[42] *Osha.europa.eu: CLP – klasifikace, označování a balení látek a směsí* [online]. [cit. 11. 2. 2024]. Dostupné z: https://osha.europa.eu/cs/themes/dangerous-substances/clp-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures

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

Legislativa SEVESO III je směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2012/18/EU, o kontrole nebezpečí závažných havárií, která se zabývá prevencí závažných průmyslových havárií, zejména těch, které souvisejí s nebezpečnými látkami. Poskytuje rámec pro identifikaci a kontrolu průmyslových zařízení, která mohou představovat vysoké riziko pro lidské zdraví a životní prostředí. Směrnice byla pojmenována podle italského města Seveso, kde došlo v roce 1976 k závažné průmyslové havárii. Směrnice Seveso byla v průběhu let aktualizována a její poslední forma je známa jako Seveso III. Každý členský stát je povinen tuto legislativu implementovat do své vnitrostátní legislativy a zajistit její dodržování. Jedná se o klíčový nástroj pro zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci s nebezpečnými látkami v průmyslových provozech. Nejen, že se tato problematika dostala do popředí zájmu až po vážné havárii v chemickém závodě, ale dodnes není k této směrnici vytvořený žádný specializovaný software, který by mohl tuto směrnici implementovat v zařízeních, kde se manipuluje s chemickými látkami. Speciální software by mohl na provádění směrnice použít nástroje pro sledování a hodnocení rizik v chemických povozech. Mohlo by to být velkým přínosem v oblasti chemické bezpečnosti.[44]

[44] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU ze dne 4. července 2012 *o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek* a o změně a následném zrušení směrnice Rady 96/82/ES
ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 121 – 122.

5. Vybrané instituce v oblasti chemické bezpečnosti

5.1 Společné výzkumné středisko (JRC)

Společné výzkumné středisko (JRC) je výzkumný ústav Evropské komise, který poskytuje nezávislé vědecké a technické poradenství podporující tvorbu, implementaci a hodnocení politik EU. JRC je zaměřeno na mnoho oblastí, jako je energetika, životní prostředí, bezpečnost a inovace. Skládá se ze sedmi evropských institucí rozmístěných v pěti členských státech, a to Bruselu a Geelu v Belgii, Karlsruhu v Německu, Ispry v Itálii, Pettenu v Nizozemí a Sevilly ve Španělsku. Jejich práce zahrnuje výzkum, vývoj metod a nástrojů, poskytování dat a analýz a podporu vytváření a implementaci politik EU. JRC spolupracuje s akademickými institucemi, průmyslem, vládami členských států EU a dalšími mezinárodními organizacemi. Jejich cílem je přispívat k efektivnímu rozhodování na úrovni EU prostřednictvím vědeckého poznání a analytických nástrojů.

Instituce JRC

- Institut pro referenční materiály a měření v Belgii
- Ústav pro transuranové prvky v Německu
- Institut pro energii a dopravu v Nizozemí
- Institut pro ochranu a bezpečnost občanů v Itálii
- Institut pro životní prostředí a udržitelný rozvoj v Itálii
- Institut pro zdraví a ochranu spotřebitele v Itálii
- Institut pro perspektivní technologické studie ve Španělsku

JRC se zabývá mnoha oblastmi vědeckého výzkumu, včetně chemické bezpečnosti. Práce v této oblasti zahrnuje vývoj metod pro hodnocení rizik spojených s chemickými látkami, monitorování a posuzování chemických hrozeb, výzkum alternativních a udržitelných chemických postupů a materiálů a poskytování vědeckého poradenství pro tvorbu legislativy a politik týkajících se chemikálií a jejich bezpečného používání.[45]

[45] *Evropskyvyzkum.cz: JRC – Společné výzkumné středisko* [online]. [cit. 23. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.evropskyvyzkum.cz/cs/nastroje-spoluprace/iniciativy-ek/jrc
Joint-research-centre.ec.europa.eu: JRC sites across Europe [online]. [cit. 23. 2. 2024]. Dostupné z: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-sites-across-europe_en

5.2 Institut pro ochranu a bezpečnost občanů (ISPRA)

Národní výzkumný institut pro ochranu a bezpečnost občanů v Itálii (ISPRA) je jedním z výzkumných center Společného výzkumného střediska. Zaměřuje se na poskytování vědeckého poradenství a technické podpory v oblastech jako je ochrana občanů a životního prostředí, bezpečnost potravin, ochrana zdraví, a také analýzu rizik spojených s katastrofami a haváriemi. Tento institut má klíčovou roli v poskytování vědeckých poznatků a technické podpory pro politiky EU a členských států v oblasti ochrany občanů a životního prostředí. Jedná se o významnou instituci, která se specializuje na monitorování, hodnocení a ochranu životního prostředí. Hlavní činností institutu patří sběr a analýza dat o kvalitě ovzduší, vody a půdy, sledování biodiverzity, výzkum dopadů změn klimatu a poskytování odborných rad a doporučení vládě a široké veřejnosti. ISPRA spolupracuje s dalšími mezinárodními organizacemi a vědeckými institucemi na projektech týkajících se ochrany životního prostředí a udržitelného rozvoje. Cílem je monitorovat stav životního prostředí, provádět vědecký výzkum a poskytovat informace a doporučení pro ochranu přírody a udržitelný rozvoj.

Spojení s chemickou bezpečností spočívá v tom, že provádí výzkumné aktivity, které zahrnují analýzu rizik spojených s chemickými látkami a jejich dopady na životní prostředí a lidské zdraví. To zahrnuje monitorování a hodnocení rizik toxických látek, posuzování jejich dopadů na ekosystémy a lidské zdraví, vývoj metod pro prevenci a řízení havárií spojených s chemickými látkami a poskytování vědeckého poradenství pro tvorbu politik týkajících se chemické bezpečnosti. Poskytuje doporučení pro bezpečné používání a nakládání s chemickými látkami. Institut tedy hraje klíčovou roli v podpoře bezpečného používání chemikálií a ochraně veřejného zdraví a životního prostředí v Evropě.[46]

---

[46] *Mongoos.eurogoos.eu: ISPRA – Institute for Enviromental Protection and Research* [online]. [cit. 15. 2. 2024]. Dostupné z: https://mongoos.eurogoos.eu/members/ispra-institute-for-environmental-protection-and-research/
Eurogoos.eu: Italian National Institute for Enviromental Protection and Research [online]. [cit. 15. 2. 2024]. Dostupné z: https://eurogoos.eu/member/ispra-institute-for-environmental-protection-and-research-ispra/
Evropskyvyzkum.cz: JRC – Společné výzkumné středisko [online]. [cit. 23. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.evropskyvyzkum.cz/cs/nastroje-spoluprace/iniciativy-ek/jrc

5.3 U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB)

CSB je nezávislá federální agentura, která se zabývá vyšetřováním průmyslových chemických nehod ve Spojených státech amerických. Sídlí ve Washingtonu DC. Agentura funguje na bázi doporučení bezpečnostních opatření chemickým závodům, průmyslovým organizacím, pracovním skupinám a regulačním agenturám jako Úřad pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (OSHA). V rámci svého 25letého působení se agentura angažovala ve více než 170 chemických incidentech a vydala téměř 900 doporučení ke zlepšení bezpečnosti a prevenci podobných incidentů v budoucnu v řadě průmyslových odvětví. Cílem agentury je ochrana životů, majetku a životního prostředí.

Tým, který vyšetřuje havarijní situace, se skládá z profesionálů s dlouholetými zkušenostmi. Zahrnuje chemické a strojní inženýry, odborníky na průmyslovou bezpečnost a další specialisty ze soukromého a veřejného sektoru. Postup týmu na místě incidentu spočívá v pochopení okolností nehody, tedy postup zahrnuje zajištění chemických vzorků z oblasti, které poté putují do laboratoří k testování, dále si opatřují bezpečnostní záznamy společnosti a zkoumají provozní postupy. Zároveň vyslýchají svědky a zaměstnance chemických zařízení. Dokončení vyšetřovacího procesu trvá obvykle šest až dvanáct měsíců a navržená klíčová zjištění, základní příčiny a doporučení předávají formou zprávy představenstvu k posouzení.

Webové stránky této agentury obsahují aktuality a důležité práce týkající se práce CSB. Sekce vyšetřování zahrnuje informace o probíhajících a ukončených vyšetřování průmyslových nehod, včetně zpráv a seznamů doporučení. Dalším hodnotným obsahem webových stránek jsou odkazy na užitečné zdroje týkající se chemické bezpečnosti, včetně videí a fotografií z chemických havárií se stručným popisem události, případových studií a vzdělávacích materiálů. Struktura webových stránek umožňuje široké veřejnosti a průmyslovým objektům snadný přístup k důležitým informacím o chemické bezpečnosti a vyšetřováních průmyslových havárií prováděných agenturou CSB.[47]

[47] *Csb.gov: O CSB* [online]. [cit. 15. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.csb.gov/about-the-csb/

6. Nebezpečné chemické látky a směsi

Chemické látky a směsi představují schopnost působit nepříznivým způsobem na lidské zdraví nebo životní prostředí. Disponují nepřeberným množstvím vlastností, které jsou určeny fyzikálními a chemickými vlastnostmi látek, a které jsou s existencí látky neoddělitelně spojeny. Jejich manipulace a skladování vyžaduje dodržování přísných bezpečnostních opatření, k minimalizaci rizik úrazů, otrav nebo havárií.

Chemické látky jsou každodenně využívány člověkem ve formě kosmetických přípravků, léků, textilů, barev a různých stavebních a pohonných hmot. Ačkoliv jsou všechny tyto produkty velice užitečné, svojí konzistencí nás dokážou při některých okolnostech také ohrozit. Lidé nemají dostatečné znalosti o chemických látkách, a proto mohou být stále považovány za vysoké riziko možných katastrof.[48]

Chemické látky jsou chemické prvky a jejich sloučeniny v přírodním stavu nebo získané výrobním postupem včetně případných přísad nezbytných pro uchování jejich stability a jakýchkoliv nečistot, vznikající ve výrobním procesu s výjimkou rozpouštědel, která mohou být z látek oddělena beze změny jejich složení nebo ovlivněním jejich stability látky.[49]

Chemické směsi jsou směsi nebo roztoky složené ze dvou nebo více látek.[50]

---

[48] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 25.

[49] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 31.
Pozarni-ochrana.cz: Základní pojmy v oblasti nakládání s chemickými látkami a směsmi [online]. [cit. 11. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.pozarni-ochrana.cz/zakladni-pojmy-v-oblasti-nakladani-s-chemickymi-latkami-a-smesmi/

[50] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 31.
Pozarni-ochrana.cz: Základní pojmy v oblasti nakládání s chemickými látkami a směsmi [online]. [cit. 11. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.pozarni-ochrana.cz/zakladni-pojmy-v-oblasti-nakladani-s-chemickymi-latkami-a-smesmi/

6.1 Klasifikace nebezpečných látek

Nebezpečné látky jsou látky a směsi, které mají jednu nebo více těchto nebezpečných vlastností a jsou rozdělené do skupin nebezpečnosti:

- **výbušné** – látky, které mohou reagovat exotermicky bez přístupu vzdušného kyslíku, přičemž rychle uvolňují plyny, a které za definovaných zkušebních podmínek detonují, rychle deflagrují nebo po zahřátí vybuchují, pokud jsou v částečně uzavřeném prostoru,
- **oxidující** – látky, které vyvolávají vysoce exotermickou reakci ve styku s jinými látkami, zejména hořlavými,
- **extrémně hořlavé** – látky, které mají extrémně nízký bod vzplanutí a nízký bod varu nebo látky, které jsou hořlavé ve styku se vzduchem při pokojové teplotě a tlaku,
- **vysoce hořlavé** – látky, které se mohou zahřát a vznítit ve styku se vzduchem, nebo které ve styku s vodou uvolňují vysoce hořlavé plyny,
- **hořlavé** – látky, které mají nízký bod vzplanutí,
- **vysoce toxické** – látky, které při vdechnutí, požití nebo při absorpci kůží ve velmi malém množství způsobují smrt nebo akutní či chronické poškození zdraví,
- **toxické** – látky, které při vdechnutí, požití nebo při absorpci kůží ve velmi malém množství způsobují smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví,
- **zdraví škodlivé** – látky, které při vdechnutí, požití nebo při absorpci kůží mohou způsobit smrt nebo akutní či chronické poškození zdraví,
- **žíravé** – látky, které mohou při styku zničit živé tkáně,
- **dráždivé** – látky, které jsou při okamžitém, opakovaném a dlouhodobém styku s kůží nebo sliznicí schopné vyvolat zánět,
- **senzibilizující** – látky, které jsou schopny vyvolat hypersenzibilující reakci,
- **karcinogenní** – látky, které mohou vyvolat rakovinu nebo zvýšit její rozsah,
- **mutagenní** – látky, které mohou vyvolat dědičné genetické poškození nebo zvýšit jeho rozsah,

- **toxické pro reprodukci** – látky, které mohou vyvolat nedědičné nepříznivé účinky na potomstvo anebo zhoršení mužských nebo ženských reprodukčních funkcí,
- **nebezpečné pro životní prostředí** – látky, které představují při kontaktu s životním prostředím okamžité nebo pozdější nebezpečí.[51]

6.2 Vlastnosti nebezpečných látek

Vlastnosti nebezpečných látek jsou rozděleny na fyzikální, chemické a toxické. Chemické látky a chemické směsi mohou představovat nebezpečí při běžném používání nebo při běžném zacházení. Veškeré níže uvedené vlastnosti jsou důležité pro bezpečnou manipulaci, skladování a používání chemických látek.

Fyzikální vlastnosti zahrnují hmotnost, objem, barvu, zápach, hustotu, bod tání, bod tuhnutí, bod varu, bod vzplanutí, tenzi par, těkavost, rozpustnost ve vodě a jiných rozpouštědlech a další.

Chemické vlastnosti způsobují konkrétní chování látky v průběhu chemických reakcí. Jde například o reaktivitu, kyselost, mocenství, polaritu molekul, reakční rychlost, schopnost slučovat se s jinými látkami, hydrolýza, oxidace, schopnost rozkládat se, hoření, výbuch, korozivní vlastnosti a další.

Toxické vlastnosti obsahují toxicitu látky, způsob, kterým vniknou do organismu, rychlost působení látky, mechanismus působení toxické látky, detoxikaci látky v organismu, střední prahovou koncentraci, střední účinnou koncentraci, střední smrtelnou koncentraci a další.[52]

---

[51] POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA a Jozef SABOL. *Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie*. 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2017. ISBN 978-80-7251-467-0, s. 17 – 18.
ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 27 – 28.

[52] POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA a Jozef SABOL. *Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie*. 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2017. ISBN 978-80-7251-467-0, s. 39.
LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 32 – 35.

6.3 Označování nebezpečných látek

Systém nařízení CLP slouží pro identifikaci nebezpečných chemikálií a pro informování uživatelů prostřednictvím symbolů a vět na štítcích obalů, a dále také formou bezpečnostních listů.[53]

Základními požadavky na označování nebezpečných chemikálií a směsí jsou:

- výstražné symboly nebezpečnosti,
- signální slova,
- standardní věty o nebezpečnosti (H-věty),
- pokyny pro bezpečné zacházení (P-věty),
- označení výrobku,
- informace o dodavateli.[54]

6.3.1 Výstražné symboly nebezpečnosti

Jedná se o grafické zobrazení obsahující symbol a další grafické prvky, které mají upozornit, jakým způsobem může daná látka nebo směs poškozovat lidské zdraví nebo životní prostředí. Výstražné symboly jsou v souladu s globálně harmonizovaným systémem.[55]

---

[53] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 41.

[54] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 41.

[55] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 41 – 42.

Obrázek 1: Výstražné symboly nebezpečnosti [56]

6.3.2 Signální slovo

Slovo, které označuje příslušnou úroveň závažnosti nebezpečnosti za účelem varování čtenáře před možným nebezpečím.[57]

Rozlišují se 2 úrovně:

- **nebezpečí** – závažnější kategorie nebezpečnosti,
- **varování** – méně závažné kategorie nebezpečnosti.[58]

---

[56] *Pozarni-ochrana.cz: Základní pojmy v oblasti nakládání s chemickými látkami a směsmi* [online]. [cit. 11. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.pozarni-ochrana.cz/zakladni-pojmy-v-oblasti-nakladani-s-chemickymi-latkami-a-smesmi/
Echa.europa.eu: Výstražné symboly CLP [online]. [cit. 11. 2. 2024]. Dostupné z: https://echa.europa.eu/cs/regulations/clp/clp-pictograms

[57] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 42.

[58] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 42.

6.3.3 Standardní věty o nebezpečnosti (H-věta)

Věty, které jsou přiřazeny dané kategorii a třídě nebezpečnosti, které popisují povahu nebezpečnosti dané látky nebo směsi, včetně stupně nebezpečnosti.[59]

6.3.4 Pokyny pro bezpečné zacházení (P-věta)

Věty, které popisují jedno nebo více doporučených opatření pro minimalizaci nebo prevenci nepříznivých účinků způsobených expozicí dané nebezpečné látce nebo směsi v důsledku jejího používání nebo odstraňování.[60]

6.4 Bezpečnostní listy chemických látek

Bezpečnostní list je informační dokument obsahující identifikaci dovozce a výrobce, nebezpečné vlastnosti chemických látek a směsí a informace pro ochranu života a zdraví člověka nebo životního prostředí. Bezpečnostní list musí informovat o nebezpečnosti dané látky nebo směsi a musí v něm být uvedené instrukce pro bezpečné skladování, manipulaci a odstraňování. Specifikuje povinné ochranné pomůcky k manipulaci a předepisuje povinné značení obalů. Zároveň upozorňuje na možná rizika, která mohou vzniknout při práci s danou látkou nebo směsí. Osoby odborně způsobilé musejí být řádně proškoleny. Uživatel nebezpečné chemické látky musí vědět, že bezpečnostní list slouží hlavně k tomu, aby se s ním seznámil dříve, než začne manipulovat s nebezpečnou chemickou látkou. Musí znát, o jakou látku se jedná, jak poskytnout první pomoc a cokoliv, co nepříjemného se s látkou může stát. Měl by se seznámit s bezpečnostním listem před manipulací nebo alespoň musí vědět, kde informace o dané látce a ostatních informacích najít. Obsah bezpečnostního listu je uveden v nařízení REACH v článku 31.[61]

---

[59] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 42.

[60] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 42.

[61] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 45.

Bezpečnostní list obsahuje následující položky:

- identifikaci látky / přípravku a společnosti / podniku,
- identifikaci rizik,
- složení / informace o složkách,
- pokyny pro první pomoc,
- opatření pro zdolávání požáru,
- opatření v případě náhodného úniku,
- zacházení a skladování,
- omezování expozice / osobní ochranné prostředky,
- fyzikální a chemické vlastnosti,
- stálost a reaktivita,
- toxikologické informace,
- ekologické informace,
- pokyny k likvidaci,
- informace pro přepravu,
- informace o předpisech,
- další informace.[62]

6.5 Přeprava nebezpečných chemických látek

V rámci převozu nebezpečných chemických látek a směsí figuruje více druhů přepravy, a to silniční, železniční, lodní, letecká a námořní. Pro každý typ této přepravy je zpracovaný samostatný předpis platný na mezinárodní úrovni. V České republice se využívá především silniční a železniční přeprava.

[62] Nařízení Komise (ES) č. 340/2008 ze dne 16. dubna 2008 *o poplatcích a platbách Evropské agentuře pro chemické látky* podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (REACH)

ADR (silniční) – Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí,

RID (železniční) – Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí,

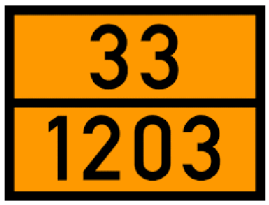
ADN (lodní) – Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách,

ICAO ANNEX L 18 (letecká) – Bezpečná přeprava nebezpečných věcí vzduchem,

IMDG Code (námořní) – Mezinárodní předpis pro námořní přepravu nebezpečných věcí.[63]

6.5.1 Značení dopravních prostředků

Vzhledem k mezinárodním dohodám ADR a RID se dopravní prostředky označují dle UN-systému bezpečnostními tabulkami o rozměrech 40 x 30 cm, oranžové barvy, černě zarámované, podélně rozdělené a s číselnými údaji. Horní část se skládá z Kemlerova kódu a spodní část z UN kódu.[64]



***Obrázek 2: Výstražná bezpečnostní tabulka*[65]**

Tabulka znázorňuje Kemlerův kód 33, což znamená vysoce hořlavá látka a spodní UN kód s číslem 1203 označuje, že jde o chemickou látku benzín.

---

[63] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 53 – 54.
ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 62.

[64] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 54.

[65] *Hzscr.*cz: *Nebezpečné látky* [online]. [cit. 14. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/clanek/ochrana-obyvatelstva-new-nebezpecne-latky-nebezpecne-latky.aspx
ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 69 – 70.

6.5.2 Kemlerův kód

Nachází se v horní části tabulky, která obsahuje dvojmístné nebo trojmístné číslo. Čísla mohou být někdy doplněna písmenem *X*, to znamená, že látka nesmí přijít do styku s vodou, protože by mohla vyvolat prudkou reakci. Pomocí tohoto kódu se dokáže rychle určit nebezpečí v případě havárie nebo požáru nebezpečných látek. První číslo označuje hlavní nebezpečí. Druhé a popřípadě třetí číslo označuje vedlejší nebezpečí. Pokud jsou první dvě čísla stejná, zvyšuje se tím intenzita nebezpečí přepravované látky.[66]

Tabulka 1: Definice čísel Kemlerova kódu

ČÍSLO	DEFINICE
1	Výbušné látky a předměty
2	Vytváření plynů tlakem nebo chemickou reakcí
3	Hořlavost kapalin, par a plynů
4	Hořlavost tuhých látek
5	Vznětlivost
6	Jedovatost
7	Radioaktivita
8	Žíravost
9	Nebezpečí prudké samovolné reakce

Zdroj: [67]

6.5.3 UN kód

UN kód je umístěn v dolní části tabulky a identifikuje konkrétní nebezpečnou látku. Je vždy čtyřmístný a je přiřazen ke každé položce v různých třídách nebezpečnosti.

---

[66] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 54.

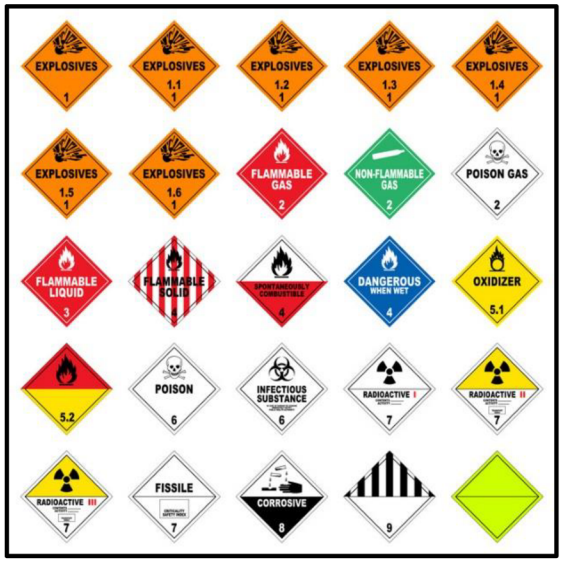
[67] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 55.

Podle významu lze UN kódy rozdělit na:

- samostatné položky, které jsou přesně definovány,
- hromadné položky, které jsou definovány skupinou látek.[68]

6.5.4 Výstražné a manipulační značení

Existuje systém označení pro jednotlivé stupně nebezpečí pomocí grafických symbolů, které jsou vyznačeny na výstražných a manipulačních značkách a používají se k označování nebezpečných látek a zboží pouze v rámci přepravy. Výstražné značky obsahují informaci o nebezpečných účincích dané látky. Manipulační značky upozorňují, před jakými vlivy je potřeba látku chránit, a jak s ní manipulovat.[69]



Obrázek 3: Výstražné značení[70]

---

[68] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 69 – 70.
LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 55.

[69] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 55.

[70] *Fofrcz.cz: Přeprava ADR* [online]. [cit. 14. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.fofrcz.cz/preprava-adr

Výstražné značky mají tvar kosočtverce o rozměrech 10 x 10 cm pro zboží a 30 x 30 cm pro vozidla. Jedná se o povinný doplněk vozidel. Čísla, popřípadě text ve spodní části čtverce vyjadřují třídu nebezpečnosti.[71]

Tabulka 2: Třídy nebezpečnosti dle ADR a RID

TŘÍDA	NÁZEV
1	Výbušné látky a předměty
2	Plyny
3	Hořlavé kapaliny
4.1	Hořlavé tuhé látky, samovolně se rozkládající látky a znecitlivěné tuhé výbušné látky
4.2	Samozápalné látky
4.3	Látky, které ve styku s vodou vyvíjejí hořlavé plyny
5.1	Látky podporující hoření
5.2	Organické peroxidy
6.1	Toxické látky
6.2	Infekční látky
7	Radioaktivní látky
8	Žíravé látky
9	Jiné nebezpečné látky a předměty

Zdroj: [72]

[71] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 55.
[72] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 56.

Manipulační značky mají tvar obdélníku. Jedná se o doplňkové značení, které se na obalech umisťuje vždy za výstražné značení. Níže jsou zobrazeny značky, které od levé strany znázorňují pojmy „křehké“, „chránit před vlhkem“ a „touto stranou nahoru“.[73]

Obrázek 4: Manipulační značení[74]

[73] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. ISBN 978-80-210-6475-1, s. 55.

[74] *Eshop.seaspol.cz: Značky látek a předmětů* [online]. [cit. 14. 2. 2024]. Dostupné z: http://eshop.seaspol.cz/cz/e-shop.php?kat=32

7. Připravenost obyvatelstva na chemické havárie

Obyvatelstvo by mělo být připraveno v případě vzniku havárie na správný postup při haváriích s únikem nebezpečných látek. Avšak minulost sama ukázala, že pokud obyvatelstvo nezná zásady chování nebo je nedodrží, může tím pouze napomoci ničivým následkům samotné havárie. Zvědavost lidí a neuvědomění si závažnosti situace je v mnoha případech silnější než logické uvažování. Havárie s únikem nebezpečných látek přichází neočekávaně a náhle a dokáže zastihnout lidi nepřipravené. Pokud obyvatelstvo zná základní zásady chování při úniku nebezpečné chemické látky, velice tím napomůže proškoleným jednotkám, které pracují na minimalizaci následků mimořádné události ve spolupráci s Integrovaným záchranným systémem.[75]

7.1 Zóna havarijního plánování u chemických havárií

Zvláštní případ v rámci ochrany obyvatelstva při chemických haváriích nastává v takzvané zóně havarijního plánování. Zóna havarijního plánování je území v okolí objektu nebo zařízení, v němž krajský úřad, v jehož územním obvodu se nachází objekt (zařízení), kde je umístěna nebezpečná látka, uplatňuje požadavky havarijního plánování formou vnějšího havarijního plánu a v němž zajišťuje veřejné projednávání stanovených dokumentů. Výchozí hranice ZHP je určena jako kružnice soustředěna s nejmenší kružnicí opsanou kolem objektu nebo zařízení. V zóně havarijního plánování se očekávají havarijní následky. Z toho plyne, že lidé musí být lépe připraveni a státní úřady jsou povinni o těchto následcích informovat dostatečně, kvalitně, dopředu a včas. V zájmu bezpečí všech obyvatel je vhodné pravidelně navštěvovat daný podnik, zařídit exkurze pro školy nebo uskutečnit veřejnou přednášku podniku o možném úniku nebezpečných chemických látek, které mohou lidi ohrozit.[76]

---

[75] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 142.

[76] MIKA, Otakar J. *Průmyslové havárie.* 1. vyd. Praha: TRITON, s. r. o., 2003. ISBN 80-7254-455-1, s. 30.
POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA a Jozef SABOL. *Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie*. 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2017. ISBN 978-80-7251-467-0, s. 110.

7.1.1 Vnější havarijní plán

Pro objekty, které jsou zařazeny do skupiny B, se stanoví ZHP a zároveň se zpracuje vnější havarijní plán. Provozovatel objektu zařazeného do skupiny B spolupracuje s krajským úřadem a jím pověřenými organizacemi a institucemi a s HZS ČR na zajištění havarijní připravenosti, informování veřejnosti a preventivně výchovné činnosti v oblasti vymezené vnějším havarijním plánem. Provozovatel zpracovává v rozsahu stanoveném prováděcím právním předpisem podklady pro stanovení zóny havarijního plánování a zpracování vnějšího havarijního plánu. Tyto podklady se následně předloží krajskému úřadu a HZS kraje společně s návrhem bezpečnostní zprávy. Krajský úřad podle zásad stanovených prováděcím právním předpisem stanoví zónu havarijního plánování a HZS kraje poté havarijní plán zpracuje.[77]

7.1.2 Vnitřní havarijní plán

Provozovatel, který provozuje objekt spadající do skupiny B, zpracovává vnitřní havarijní plán, který stanoví opatření přijímaná uvnitř objektu při vzniku závažné havárie za účelem zmírnění jejich následků na životech a zdraví osob a zvířatech, životním prostředí a majetku. Vnitřní havarijní plán se zpracovává v součinnosti se zaměstnanci, kteří jsou s ním později seznámeni, a projedná se také s pracovníky subdodavatelů. Podle havarijního plánu se postupuje v případě, kdy k havárii již došlo nebo její vznik nelze odvrátit nebo se vznik bezdůvodně očekává. Vnitřní havarijní plán musí být uložený a dostupný tak, aby k němu měli přístup složky IZS a osoby vykonávající kontrolu.[78]

---

[77] POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA a Jozef SABOL. *Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie*. 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2017. ISBN 978-80-7251-467-0, s. 109.

[78] POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA a Jozef SABOL. *Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie*. 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2017. ISBN 978-80-7251-467-0, s. 108 – 109.

7.2 Zásady chování obyvatelstva

Pokud dojde k chemické havárii, je nejdůležitější vyhledat úkryt. Nejlépe se ihned ukrýt, pokud to situace umožňuje, do nebližších budov. V případě jízdy ve vozidle je potřeba jet směrem od havárie, neotevírat okna a neblokovat příjezdové cesty. Lidé by ve svém domě měli utěsnit všechny otvory a omezit tak vniknutí toxické látky. Je důležité mít v rámci takovéto situace zapnutou televizi a poslouchat místní informace, které vysílají obecní rozhlasy. Je podstatné zachovat klid a nevyvolávat paniku, a to zejména formou neověřených a poplašných zpráv. Dále je rozhodující uposlechnout pokynů proškolených a zasahujících jednotek.[79]

Doporučené základní zásady chování:

- nezdržovat se a nepřibližovat se místu havárie,
- vyhledat vhodný úkryt v nejbližší budově,
- použít improvizované prostředky ochrany,
- sledovat televizi nebo poslouchat rozhlas,
- obstarat si evakuační zavazadlo,
- opustit byt v případě nařízení orgánů státní správy,
- pomoct ostatním osobám.[80]

Způsob informování obyvatelstva je důležitou součástí chování obyvatelstva v případě úniku nebezpečných chemických látek. Ačkoliv je vydáno mnoho příruček, jak se chovat při úniku nebezpečných chemických látek, mnoho lidí považuje za zbytečné si tyto manuály přečíst a v horším případě ani neví, že takové příručky existují. Nejlepším způsobem by bylo přenést obecné zásady chování obyvatelstva při mimořádné události do lavic žáků a studentů základních a středních škol.[81]

---

[79] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 143 – 145.
[80] MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5, s. 144 – 145.
[81] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 144.

7.3 Varování obyvatelstva

Obyvatelstvo se musí nejprve varovat, aby se dozvědělo o mimořádné události. Varování probíhá formou sirén nebo hromadných sdělovacích prostředků. Sirény mají předem smluvené varovné signály a na celém území České republiky se používá varovný signál Všeobecná výstraha. Vyhlašován je po dobu 140 vteřin kolísavým tónem sirény a může být vyhlášen třikrát za sebou v tříminutových intervalech. Toto je následně doprovázeno informacemi z hromadných sdělovacích prostředků pro varování obyvatelstva o vzniklé mimořádné události. Hromadnými sdělovacími prostředky mohou být obecní rozhlasy, rádiové stanice a televize. Elektronické sirény a rozhlasy mohou být doprovázeny informací, která upřesňuje, o jaké ohrožení se jedná.[82]

7.4 Úkryt

Před evakuací je nejprve důležité vyhledat úkryt. Největší význam má úkryt v rámci vlastních bytů a různých společenských budov. Důležité je setrvat na místě a nikam nevycházet. Lidé, co jsou na cestách v autech, by měli ujíždět směrem od havárie a nestahovat okna a nezapínat větrání a okamžitě vypnout klimatizaci. U chemických havárií je nutné se vyhnout podzemním prostorům, protože může dojít k zaplnění právě toxickou látkou. Většina toxických plynů a par je těžší než vzduch, a proto se drží při zemi, případně „zatékají“ do podzemních prostor, jako jsou sklepy, kanalizace a podobně. Je proto nutné zůstat v co nejvyšším patře budovy odvraceném od místa havárie a pokusit se místnost důkladně utěsnit.[83]

---

[82] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 142.
MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5, s. 141 – 142.
[83] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 143.

7.5 Evakuace

Obyvatelstvo musí uposlechnout výzvy k evakuaci prostřednictvím pokynů rozhlasu nebo jiných prostředků a je nutno si obstarat jedno evakuační zavazadlo, na kterém bude jméno, příjmení a adresa bydliště majitele, a do kterého se vloží nejnutnější potřebné věci. Těmito věcmi se rozumí osobní doklady, peníze, léky, hygienické potřeby, potraviny alespoň na tři dny, náhradní oděv, spací pytel, psací potřeby, baterie, svíčky, svítilny a popřípadě hračku pro děti. Každý si připravuje zavazadlo dle svých individuálních potřeb.[84]

7.6 Individuální ochrana osob

Prostředky individuální ochrany nemá obyvatelstvo vždy dostupné, a proto se musí použít prostředky improvizované ochrany. Lidé si je mohou vytvořit svépomocí z běžných domácích prostředků. V tomto případě je nejdůležitější ochrana dýchacích orgánů, protože umožňují rychlý vstup toxické látky do organismu. K ochraně úst a nosu jsou nejvhodnější navlhčené látky jako kapesník, ručník nebo kus navlhčeného textilu, který působí jako bariéra před vniknutím a rozpouští plyny. Oči nejlépe ochrání lyžařské nebo obdobné brýle. Pro ochranu a zakrytí povrchu těla je nejefektivnější použít gumové nebo igelitové věci, jako plášť, holínky a rukavice. Na hlavu je nejideálnější kukla nebo jiná pokrývka celé hlavy. Je nutno brát v potaz, že improvizovaná ochrana nemá trvalý účinek a je vhodné jí využít například k přesunům do úkrytu. Pro vyšší účinek této ochrany je praktické na sebe vzít několik vrstev, které se musí nebo by se měly pořádně utěsnit.[85]

---

[84] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 144.
[85] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. ISBN 978-80-86640-64-8, s. 143 – 145.
MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. ISBN 978-80-7251-321-5, s. 142.
NOVÁKOVÁ, Jaroslava, Oldřich KRULÍK a Radek BUREŠ. *Úvod do bezpečnosti a krizového řízení I. Mimořádné události, jejich členění a negativní dopady na základní funkce státu.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2011. ISBN 978-80-7251-343-7, s. 81 – 84.

8. Vybrané softwarové modelovací nástroje

Současná doba nabízí celou řadu softwarových nástrojů, které jsou vytvořeny na principu modelů úniku a rozptylových modelů. Pro tuto diplomovou práci je zvolena metoda modelování závažné chemické havárie prostřednictvím softwarových nástrojů ALOHA a TerEx, jejichž charakteristiky jsou uvedeny níže.

8.1 Teroristický expert (TerEx)

Softwarový modelovací nástroj společnosti T-SOFT, a. s. vyhodnocuje dopady úniků nebezpečných chemických látek pro predikci úniku závažných chemických havárií. Používá se k simulaci a analýze možných scénářů havárií v průmyslových zařízeních, jako jsou chemické továrny nebo zpracovatelské závody a poskytuje informace o šíření nebezpečných látek, možných dopadech a rizicích pro okolní oblasti a populaci. TerEx pomáhá organizacím a úřadům při plánování a implementaci preventivních opatření a nouzových reakcí na havárie. Obsahuje rozsáhlou databázi chemických látek. Je určen pro podniky, vzdělávací instituce, složky IZS a samosprávným a státním orgánům.

Havarijní modely TerEx

PLUME – déletrvající únik plynu do oblaku, únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku, pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku.

PUFF – jednorázový únik plynu do oblaku, únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku.

JET FIRE – déletrvající masivní únik plynu se zahořením.

POOL FIRE – hoření louže kapaliny nebo vroucí kapaliny.

BLEVE – ohrožení nádrže plošným požárem.

FLASH FIRE – velikost prostoru ohrožení osob plamennou zónou.

EXPLOSIVE – nástražný výbušný systém.

SPREAD – šíření prachových částic.

SPREAD EXPLOSIVE – šíření prachových částic explozí.

DEGAS – šíření těžkých plynů.[86]

---

[86] *Tsoft.cz: TEREX – TERoristický EXpert* [online]. [cit. 17. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.tsoft.cz/teroristicky-expert/

8.2 Areal Locations of Hazardous Atmospheres (ALOHA)

Softwarový americký nástroj v softwarové sadě CAMEO pro modelování šíření a dopadů úniku toxických látek do ovzduší v důsledku chemických havárií. Softwarová sada byla vyvinuta Agenturou pro ochranu životního prostředí Spojených států amerických (EPA) a Národním úřadem pro oceán a atmosféru (NOAA). ALOHA umožňuje uživatelům simulovat různé scénáře havárií, včetně úniků z chemických továren, cisteren, železničních nákladů a dalších. Poskytuje informace o rozložení nebezpečných látek ve vzduchu, možných úrovních expozice a potenciálních dopadech na okolní oblasti a obyvatele. Softwarový nástroj ALOHA je využíván v průmyslových zařízeních, veřejných bezpečnostních agenturách a úřadech pro havarijní plánování a nouzovou reakci.

Softwarová sada CAMEO je složena z pěti programů, které mohou být používány samostatně nebo společně.

Obsah softwarové sady:

- ALOHA Air Modeling,
- CAMEO Chemicals,
- CAMEO Data Manager,
- MARPLOT GIS,
- Tier2 Submit.[87]

Havarijní modely ALOHA

ALOHA simuluje šíření nebezpečných látek do ovzduší a jejich rozložení v okolním prostředí. Dokáže odhadnout zóny ohrožení spojené s několika typy úniků nebezpečných chemikálií. Modeluje oblaka toxických plynů, oblaka hořlavých plynů, požáry tryskových letadel, požáry bazénů a výbuchy oblaků páry. Tyto modely umožňují uživatelům provádět podrobné analýzy rizik a plánovat preventivní opatření a nouzové reakce v případě chemických havárií.[88]

---

[87] *Epa.gov: What is the CAMEO Software Suite?* [online]. [cit. 17. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.epa.gov/cameo/what-cameo-software-suite

[88] *Epa.gov: Software ALOHA* [online]. [cit. 17. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.epa.gov/cameo/aloha-software

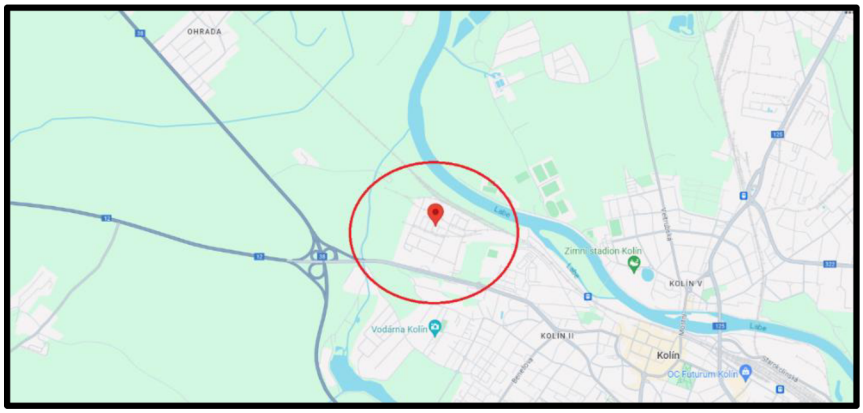
II. Praktická část

9. Modelování závažné chemické havárie

Praktická část obsahuje modelace úniku nebezpečných chemických látek prostřednictvím softwarových nástrojů ALOHA a TerEx. Pro účely této práce jsou vytvořeny dva havarijní scénáře na modelace úniku na fiktivní výrobní firmu Chemikkon, kde budou vytvořeny úniky se dvěma nebezpečnými látkami amoniakem a chlórem. Právě tyto dvě látky jsou nejnebezpečnějšími toxickými plyny, které mohou zasáhnout a usmrtit mnoho lidí. Nebezpečné chemické látky se používají v rámci chemického procesu, kde je s nimi manipulováno a jinak nakládáno. V rámci modelování jsou vytvořeny dva scénáře s rozdílnými vstupními parametry. Výstupy z jednotlivých softwarových programů budou vzájemně porovnány.

9.1 Popis společnosti

Fiktivní chemický závod Chemikkon je moderní komplex specializující se na výrobu a zpracování chemikálií pro širokou škálu průmyslových použití. Chemický závod se nachází na okraji města Kolín. Disponuje moderními zařízeními a technologiemi pro syntézu, zpracování a balení chemických látek. Patří sem reaktory, destilační kolony, skladovací nádrže a další technologická zařízení. Vyrábí širokou škálu chemikálií, včetně organických sloučenin, anorganických látek, rozpouštědel, katalyzátorů a speciálních chemikálií pro průmyslové a komerční použití.[89]



Obrázek 5: Poloha chemického závodu[90]

[89] *vlastní zpracování*

[90] Google mapy [fotografie]. Google. [cit. 27. 2. 2024]. Dostupné z:

9.2 Popis lokace

Kolín je město nacházející se ve středních Čechách v České republice. Leží na soutoku řek Labe a Cidliny, asi 60 kilometrů východně od Prahy. Město je známé svou historií, architekturou a průmyslovým potenciálem, především díky svému automobilovému průmyslu a výrobě chemických produktů. Kolín je důležitým dopravním uzlem a střediskem kultury a obchodu v regionu. Místní krajina je typická rovinatými poli a říčními údolími, což nabízí příjemné prostředí pro turistiku a cykloturistiku. Centrum města leží na skále na levém břehu Labe. Průměrná nadmořská výška je 220 metrů. Město Kolín je okresním městem a obcí s rozšířenou působností s pověřeným obecním úřadem. Katastrální výměra činí téměř 35 km² a žije zde přibližně 32 tisíc stálých obyvatel. Má 10 městských částí rozkládajících se na čtyřech katastrálních územích.[91]

Obrázek 6: Město Kolín[92]

---

https://www.google.com/maps/place/Pra%C5%BEsk%C3%A1,+280+02+Kol%C3%ADn+2/@50.0348095,15.1799796,1531m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x470c14e82a3306a3:0x2accfda77b262cfa!8m2!3d50.0353724!4d15.1801293!16s%2Fg%2F11b8v4bf8c?authuser=0&entry=ttu

[91] *Mukolin.cz: Geografické a administrativní informace* [online]. [cit. 27. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.mukolin.cz/geograficke%2Da%2Dadministrativni%2Dinformace/d-13801/p1=16983

[92] Kolín. In: Země světa [fotografie]. [cit. 27. 2. 2024]. Dostupné z: https://zemesveta.cz/wp-content/uploads/2022/11/kolin_letecky_pohled.jpg

9.3 Charakteristika nebezpečných látek

V rámci této kapitoly jsou charakterizovány dvě nebezpečné chemické látky, které jsou následně použity v havarijních scénářích, a to amoniak a chlor.

9.3.1 Amoniak

Amoniak je zkapalněný bezbarvý plyn s typickým štiplavým zápachem, který je klasifikován jako vysoce toxický a nebezpečný pro životní prostředí. Je jednou z nejvýznamnějších průmyslových chemikálií, používaných především ve výrobě hnojiv, čisticích prostředcích a v chemickém průmyslu. Je to také důležitý meziprodukt pro výrobu dalších chemických sloučenin. Tato NCHL může vyvolat vážné zdravotní problémy jako podráždění očí, kůže a dýchacích cest. Zkapalněný amoniak se při havárii chová jako plyn těžší než vzduch, v bezprostřední blízkosti zdroje úniku se šíří při zemi a může vytvářet bílý mrak. Při manipulaci s ním je třeba dodržovat opatření pro ochranu dýchacích cest a kůže a také zajistit dostatečné větrání pro minimalizaci rizika expozice.[93]

Tabulka 3: Fyzikálně chemické vlastnosti amoniaku

NÁZEV	AMONIAK (ČPAVEK)
Chemický vzorec	NH_3
Číslo CAS	7664-41-7
Kemlerův kód	268
UN kód	1005 (zkapalněný)
Bod tání	- 78°
Bod varu	- 33°
Hustota par	0,6
Tenze par	800 kPa/20°C
Relativní molekulová hmotnost	17,04 g/mol

Zdroj: [94]

[93] *Hzscr.cz: Nebezpečné látky* [online]. [cit. 24. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/clanek/nebezpecne-latky.aspx?q=Y2hudW09Ng%3D%3D

[94] *Hzscr.cz: Nebezpečné chemické látky* [online]. [cit. 24. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/clanek/prostredky-individualni-ochrany-nebezpecne-chemicke-latky.aspx?q=Y2hudW09Mg%3D%3D

9.3.2 Chlor

Jedná se o zkapalněný zelenavě žlutý dráždivý plyn, který je charakterizován jako toxický a nebezpečný pro životní prostředí. Chlor je velmi reaktivní a v přírodě se vyskytuje zejména ve formě chloridů, jako je například kuchyňská sůl. Je široce používán v průmyslu, zejména při výrobě plastů, pesticidů, dezinfekčních prostředků a léčiv. Ve vodních prostředcích se používá k dezinfekci vody a bazénů. Chlor je také důležitým prvkem v chemii organických sloučenin. Páry chloru silně dráždí dýchací cesty a při nadýchání může dojít k plicnímu otoku se zpožděním i několika dní. Kapalný chlor způsobuje popálení kůže a poškození očí. Dezinfekce vody pomocí chloru pomáhá eliminovat bakterie a viry, což z něj činí klíčový prvek pro veřejné zdraví. Chlor je těžší než vzduch, při úniku se šíří při zemi.[95]

Tabulka 4: Fyzikálně chemické vlastnosti chloru

NÁZEV	CHLOR
Chemický vzorec	Cl_2
Číslo CAS	7782-50-5
Kemlerův kód	265
UN kód	1017
Bod tání	-101°C
Bod varu	-34°C
Hustota par	2,4
Tenze par	640 kPa/20°C
Relativní molekulová hmotnost	70,90 g/mol

Zdroj: [96]

[95] *Hzscr.cz: Nebezpečné látky* [online]. [cit. 24. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/clanek/nebezpecne-latky.aspx?q=Y2hudW09Ng%3D%3D

[96] *Hzscr.cz: Nebezpečné chemické látky* [online]. [cit. 24. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/clanek/prostredky-individualni-ochrany-nebezpecne-chemicke-latky.aspx?q=Y2hudW09Mg%3D%3D

9.4 Havarijní scénář číslo 1

Pro modelování nebezpečné chemické látky amoniak byl vytvořen následující fiktivní scénář č. 1.

V okolí Kolína došlo dne 20. května 2021 v 15:00 hodin v chemickém závodě nazvaném Chemikkon k závažné havárii, která způsobila únik nebezpečné chemické látky amoniaku. Při rutinní údržbě došlo k poruše ventilu na nádrži obsahující amoniak, což způsobilo jeho únik do okolního prostředí. V oblasti okolo závodu došlo k vydání varování o nebezpečí a k evakuaci místních obyvatel. Hasičské záchranné sbory a jiné proškolené osoby ihned zasáhli, aby minimalizovali škody a zabránili dalšímu šíření toxických látek.

Chemický závod se nachází v průmyslové zóně v nadmořské výšce 220 metrů nad mořem. Budova, ve které k úniku došlo, je jednopatrová. Pro tento havarijní scénář je zvolen jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku z válcového zásobníku, který byl naplněn z 67 % a ve kterém se nacházel zkapalněný amoniak. Množství uniklého amoniaku bylo 9 000 kg. Nádrž amoniaku je vertikální válcová o průměru 2 metry a na délku 7 metrů. Objem nádrže je 22 m^3. Průměr otvoru, kterým kapalina unikala, byl 42 cm. Teplota látky v zařízení byla 20 °C. Rychlost větru 5 m/s směrem ze severovýchodu. Vlhkost vzduchu 50 % a atmosférická stabilita D. Na základě havarijního scénáře budou stanoveny vstupní parametry do softwarových nástrojů TerEx a ALOHA pro amoniak.[97]

[97] *vlastní zpracování*

9.5 Havarijní scénář číslo 2

Pro modelování nebezpečné chemické látky chlor byl vytvořen následující fiktivní scénář č. 2.

Dne 26. června 2016 v 14:00 v důsledku technické závady došlo k poruše systému skladování chloru, což mělo za následek únik vysokého množství této látky do okolního prostředí. Tento únik chloru byl způsoben poruchou ventilu a vedl k vážnému ohrožení zdraví a bezpečnosti pracovníků ve firmě, okolních obyvatel a životního prostředí. Následně bylo nutno okamžitě vyhlásit havarijní stav a zahájit evakuaci všech osob z postižené oblasti. Místní hasičské záchranné sbory a záchranné složky musely okamžitě zasahovat a zahájit opatření k omezení šíření úniku uzavřením ventilů a použitím chemických absorbentů k neutralizaci chloru. Dále se musela informovat veřejnost o situaci a vydat varování a pokyny k zajištění bezpečnosti. Potenciálně postižené oblasti musely být uzavřeny a byla přijata opatření k ochraně životního prostředí, včetně monitorování kvality ovzduší a vody. Po zajištění bezpečnosti a provedení nezbytných oprav bylo nutné provést důkladné vyšetření příčin úniku a přijmout opatření k prevenci podobných incidentů v budoucnu.

Chemický závod se nachází v průmyslové zóně v nadmořské výšce 220 metrů nad mořem. Pro tento havarijní scénář je zvolen jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku z válcového zásobníku, ve kterém se nachází chlor. Celkové množství uniklé látky je 15 000 kg. Nádrž chloru byla vertikální válcová o průměru 2 metry a na délku 7 metrů. Zásobník byl plný ze 48 %. Objem nádrže byl 22 m^3. Průměr otvoru, kterým kapalina unikala, byl 50 cm. Teplota látky v zařízení 26 °C. Rychlost větru 3 m/s ze severozápadu. Vlhkost vzduchu 60 %. Atmosférická stabilita C. Na základě havarijního scénáře budou stanoveny vstupní parametry do softwarových nástrojů TerEx a ALOHA pro chlor.[98]

[98] *vlastní zpracování*

9.6 Vstupní parametry do softwarových nástrojů pro amoniak

Pro modelování úniku amoniaku jsou použity tyto vstupní údaje, které vystupují z havarijního scénáře č. 1.

Tabulka 5: Vstupní parametry pro amoniak

ZÁKLADNÍ PARAMETRY	HODNOTY
Místo úniku	ulice Pražská 54, 280 02 Kolín
Datum a čas	20. 5. 2021, 15:00 h
Zeměpisná poloha	50° 1´41“ s. š. a 15°12´2“ v. d.
Nadmořská výška	220 m. n. m.
Způsob úniku	z válcového zásobníku
Typ úniku	jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Pozemní hrubost	obytná krajina
Druh havárie	jednorázový únik nebezpečné chemické látky
Teplota	20 °C
Rychlost větru	5 m/s
Směr větru	severovýchodní
Vlhkost vzduchu	50 %
Oblačnost	Jasno
Atmosférická stabilita	D
Roční období vzniku havárie	Jaro
Množství	9 000 kg

Zdroj: vlastní zpracování

9.7 Vstupní parametry do softwarových nástrojů pro chlor

Pro modelování úniku chloru jsou použity tyto vstupní údaje, které vystupují z havarijního scénáře č. 2.

Tabulka 6: Vstupní parametry pro chlor

ZÁKLADNÍ PARAMETRY	HODNOTY
Místo úniku	ulice Pražská 54, 280 02 Kolín
Datum a čas	26. 6. 2016, 14:00 h
Zeměpisná poloha	50° 1´41“ s. š. a 15°12´2“ v. d.
Nadmořská výška	220 m. n. m.
Způsob úniku	z válcového zásobníku
Typ úniku	jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Pozemní hrubost	obytná krajina
Druh havárie	jednorázový únik nebezpečné chemické látky
Teplota	26 °C
Rychlost větru	3 m/s
Směr větru	severozápadní
Vlhkost vzduchu	60 %
Oblačnost	Zataženo na 50 %
Atmosférická stabilita	C
Roční období vzniku havárie	Léto
Množství	15 000 kg

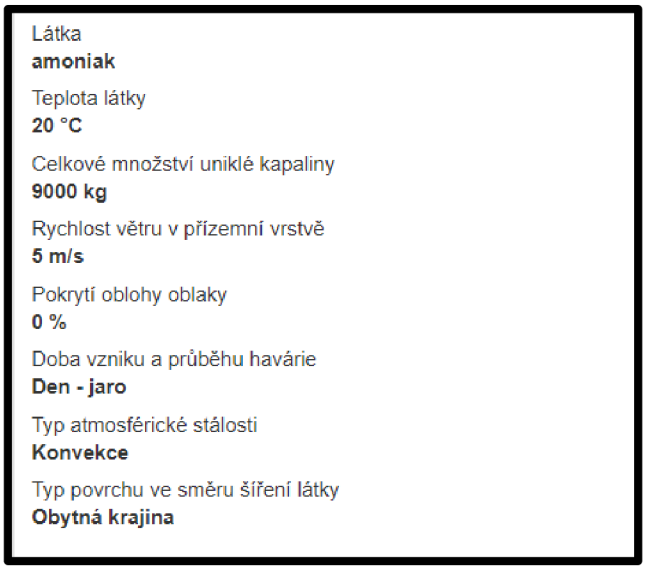
Zdroj: vlastní zpracování

10. Výstupy modelování

V uvedené kapitole jsou zobrazeny výstupy modelování na základě vypracovaných havarijních scénářů pro nebezpečné chemické látky amoniak a chlor, které jsou nejnebezpečnějšími toxickými plyny, které mohou zasáhnout a usmrtit mnoho lidí. Prvním výstupem je modelace NCHL amoniaku v softwarovém nástroji TerEx a poté v programu ALOHA. Druhým výstupem je modelace NCHL chloru, kde je také nejprve provedena modelace v SW TerEx a následně v SW ALOHA.

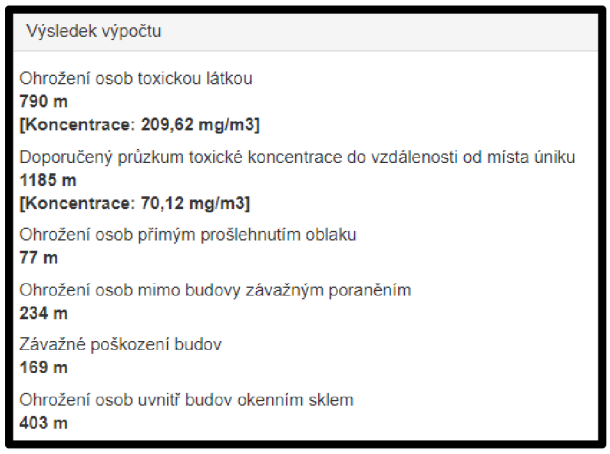
10.1 Výstup modelování úniku amoniaku v programu TerEx

Modelování v nástroji TerEx je vyhodnoceno jako PUFF, což je jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku. Vložení vstupních informací je zásadní pro provedení modelace úniku. Teplota kapaliny v zařízení je 20 °C. Rychlost větru v přízemní vrstvě atmosféry je 5 m/s. Typ atmosférické stálosti je konvekce. Typ povrchu ve směru šíření látky je obytná krajina. Doba vzniku a průběhu havárie je během dne na jaře. Pokrytí oblohy mraky je 0 %. Obsahuje sprejový efekt. Celkové množství uniklé látky je 9 000 kg. Vstupní parametry shrnuje obrázek 7 níže.[99]



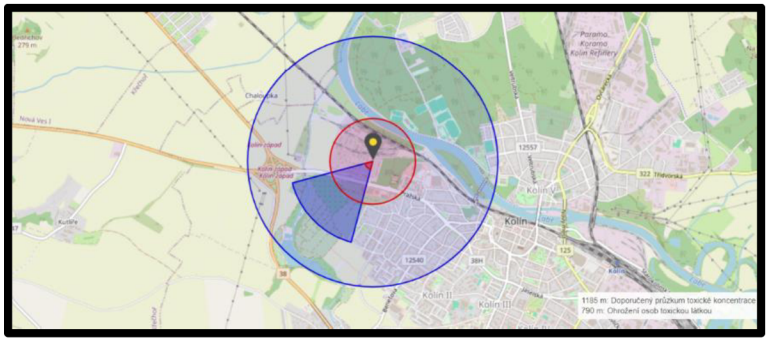
Obrázek 7: Vstupní parametry programu TerEx – NCHL amoniak[100]

[99] *vlastní zpracování*
[100] *vlastní zpracování*



Obrázek 8: Výstupní parametry programu TerEx – NCHL amoniak[101]

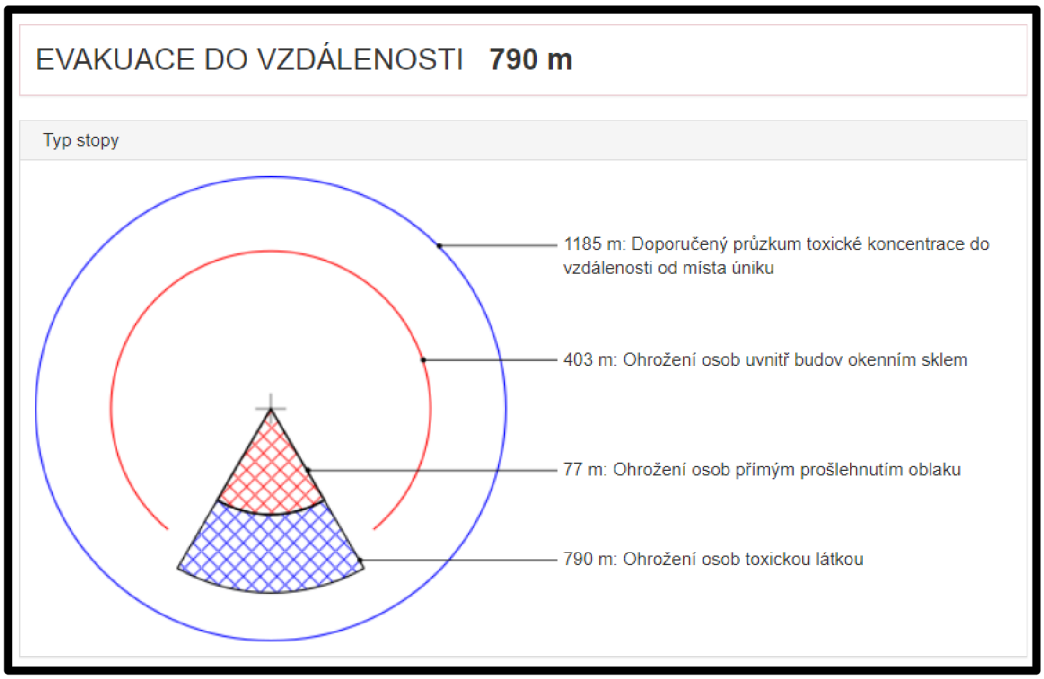
Výstupem tohoto softwaru je zóna ohrožení osob toxickou látkou a zóna doporučeného průzkumu toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku. Dalšími oblastmi je také ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku, ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním, závažné poškození budov a ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem.



Obrázek 9: Grafický výstup programu TerEx – NCHL amoniak[102]

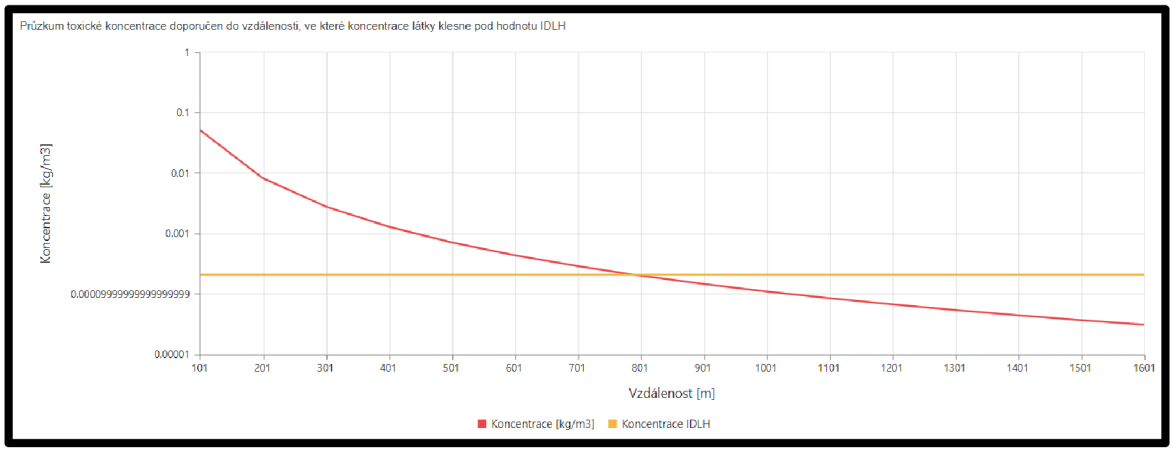
Grafický výstup programu zobrazuje modelaci úniku 9 000 kg amoniaku. Nutná evakuace je do vzdálenosti 790 m, přičemž se doporučuje prozkoumat toxickou koncentraci do vzdálenosti 1 185 m od místa úniku. Do 403 m od místa výbuchu hrozí ohrožení osob v budovách okenním sklem a do 234 m hrozí závažné poranění osob mimo budovy. V rámci 77 m hrozí ohrožení přímým prošlehnutím oblaku. Do 169 m hrozí závažné poškození budov.

[101] *vlastní zpracování*
[102] *vlastní zpracování*



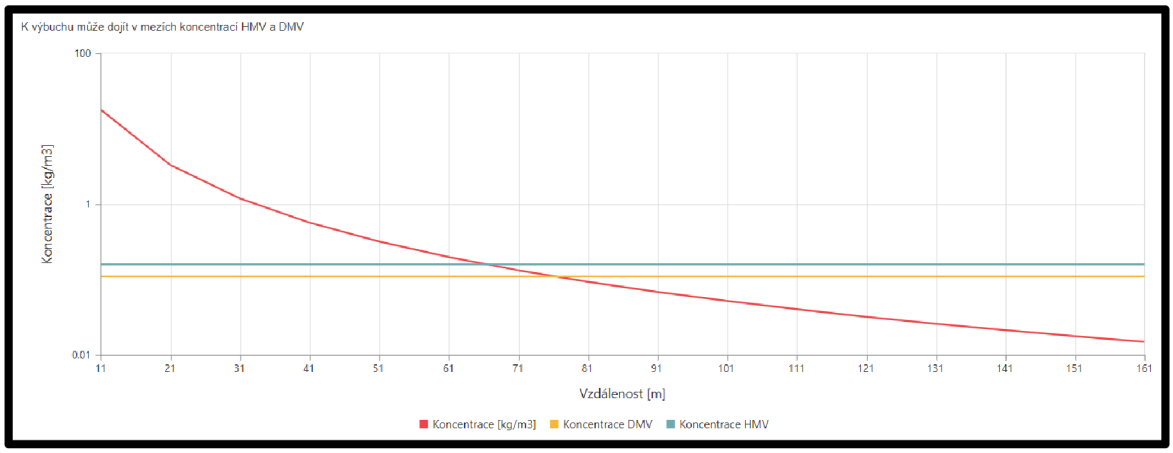
Obrázek 10: Typ stopy – NCHL amoniak[103]

Obrázek 10 znázorňuje typ stopy, který je možné graficky znázornit i v mapě. Modrý kruh zobrazuje doporučený průzkum toxické koncentrace a červený polokruh znázorňuje ohrožení osob uvnitř budov. Následně se zobrazuje modrá kruhová výseč, kde hrozí ohrožení osob toxickou látkou a další je červená kruhová výseč, která znázorňuje ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku.

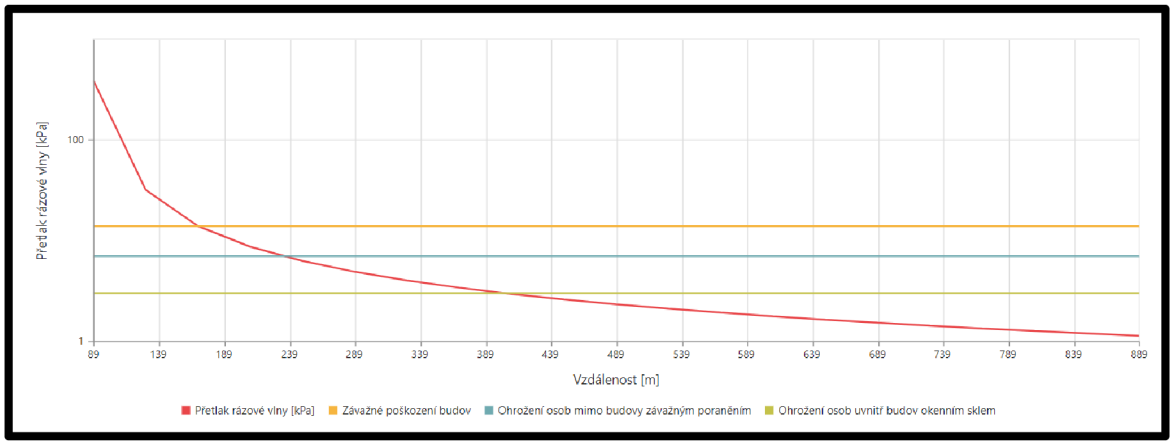


Obrázek 11: Grafické znázornění doporučeného průzkumu toxické koncentrace – NCHL amoniak[104]

[103] *vlastní zpracování*
[104] *vlastní zpracování*



Obrázek 12: Grafické znázornění oblasti možného výbuchu – NCHL amoniak[105]



Obrázek 13: Grafické znázornění ohrožení výbuchem – NCHL amoniak[106]

[105] *vlastní zpracování*
[106] *vlastní zpracování*

10.2 Výstup modelování úniku amoniaku v programu ALOHA

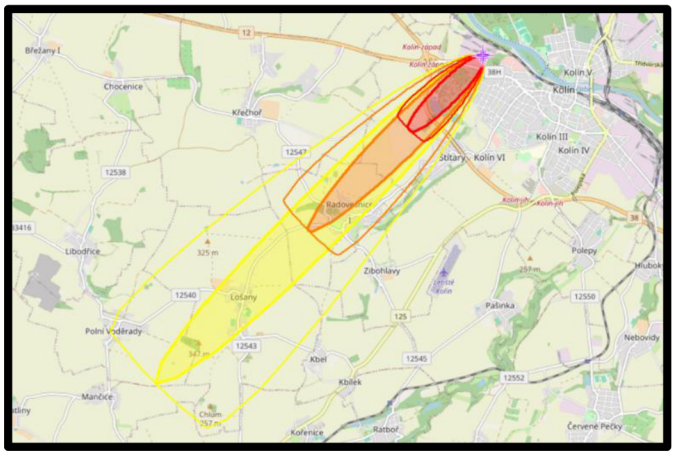
Modelovaní v nástroji ALOHA obnáší zadání následujících vstupních parametrů. Nejprve se zadají základní data, kde se zvolí lokalita, nadmořská výška, GPS souřadnice, časové pásmo, typ zasažených budov, čas a datum události. Po vložení těchto dat následují chemická data, kde postačí pouze nalézt a vybrat daný druh chemické látky, kterou chceme modelovat. V následujícím výstupu se jedná tedy o amoniak. Do údajů o atmosféře se zadávají meteorologická data, kde se určí rychlost větru, směr větru, výška měření, typ povrchu, oblačnost, teplota vzduchu, třída stability atmosféry, vlhkost vzduchu a případná inverze. Poslední sekcí je zadat zdroj úniku, což je přímý únik, louže, nádrž nebo produktovod.

```
SITE DATA:
  Location: PRAŽSKA 54, KOLIN, CZECH REPUBLIC
  Building Air Exchanges Per Hour: 0.98 (unsheltered single storied)
  Time: May 20, 2021  1500 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: AMMONIA
  CAS Number: 7664-41-7                  Molecular Weight: 17.03 g/mol
  AEGL-1 (60 min): 30 ppm   AEGL-2 (60 min): 160 ppm   AEGL-3 (60 min): 1100 ppm
  IDLH: 300 ppm      LEL: 150000 ppm     UEL: 280000 ppm
  Ambient Boiling Point: -33.9° C
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
  Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 5 meters/second from NE at 3 meters
  Ground Roughness: urban or forest      Cloud Cover: 0 tenths
  Air Temperature: 20° C                 Stability Class: D
  No Inversion Height                    Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
  Leak from hole in vertical cylindrical tank
  Flammable chemical escaping from tank (not burning)
  Tank Diameter: 2 meters                Tank Length: 7 meters
  Tank Volume: 22.0 cubic meters
  Tank contains liquid                   Internal Temperature: 20° C
  Chemical Mass in Tank: 9000 kilograms
  Tank is 67% full
  Circular Opening Diameter: 42 centimeters
  Opening is 0 meters from tank bottom
  Release Duration: 1 minute
  Max Average Sustained Release Rate: 150 kilograms/sec
     (averaged over a minute or more)
  Total Amount Released: 9,000 kilograms
  Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:
  Model Run: Heavy Gas
  Red   : 1.7 kilometers --- (1100 ppm = AEGL-3 [60 min])
  Orange: 4.1 kilometers --- (160 ppm = AEGL-2 [60 min])
  Yellow: 7.8 kilometers --- (30 ppm = AEGL-1 [60 min])
```

Obrázek 14: Vstupní parametry programu ALOHA – NCHL amoniak[107]

[107] *vlastní zpracování*

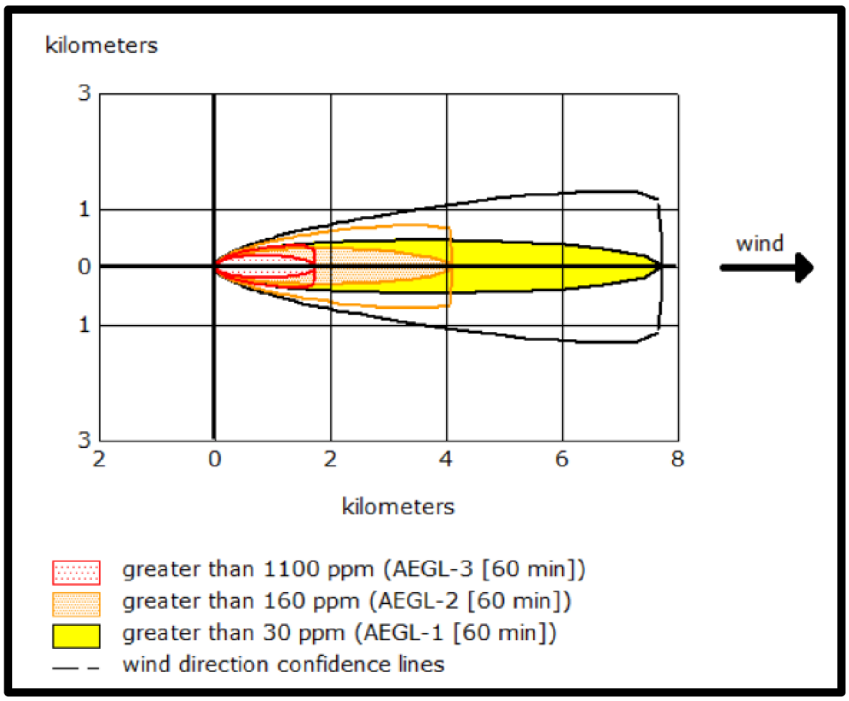
V tomto případě dle havarijního scénáře č. 1 je provedena modelace úniku látky z nádrže o objemu 22 m^3, která má průměr 2 m a je vysoká 7 m. Únik amoniaku proběhl z díry kulatého průřezu o velikosti 42 cm. Veškeré vstupní parametry zobrazuje textový výstup programu ALOHA a jsou shodné se vstupními parametry nástroje TerEx. Celkové množství uniklé látky je 9 000 kg. Po textovém výstupu programu se pokračuje do dalšího softwarového programu MARPLOT, který slouží k zobrazení modelace úniku do mapového podkladu.



Obrázek 15: Grafický výstup programu ALOHA – NCHL amoniak[108]

Následně byla stanovena následující kritéria AEGL – hodnoty úrovní akutní expozice. Červená zóna je AEGL-3, oranžová zóna AEGL-2 a žlutá zóna AEGL-1. Grafický výstup programu ALOHA znázorňuje rozptyl amoniaku při zadání vstupních parametrů. Na mapě je zobrazena zasažená zóna toxicitou amoniaku. Červená zóna sahá do vzdálenosti 1,7 km a značí koncentraci 1100 ppm. Tato zóna by se měla evakuovat, jelikož hrozí nevratné, život ohrožující účinky a zhoršení schopnosti úniku z prostoru při expozici 60 minut. Oranžová zóna ukazuje koncentraci do vzdálenosti 4,1 km s hodnotou 160 ppm nebezpečné látky ve vzduchu, která může mít na svědomí dlouhotrvající nepříznivé zdravotní účinky a zhoršení schopnosti úniku z prostoru při expozici 60 minut. Osoby v této lokalitě by se měli vzdálit od místa úniku havárie. Vzdálenost žluté zóny je 7,8 km s hodnotou 30 ppm. V této zóně hrozí nepohodlí, podráždění, přechodné a vratné symptomatické příznaky při expozici 60 minut.

[108] *vlastní zpracování*



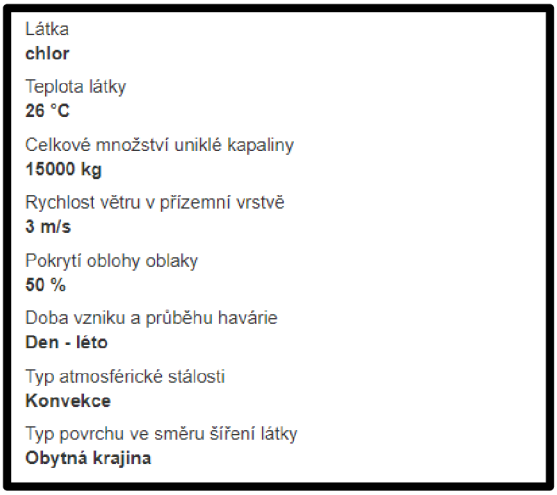
Obrázek 16: Grafické znázornění úniku – NCHL amoniak[109]

Nejvyšší koncentrace 1 100 ppm dosahuje do maximální vzdálenosti 1,7 kilometru, koncentrace 160 ppm je měřitelná do vzdálenosti 4,1 kilometru a nejnižší koncentrace amoniaku 30 ppm zasahuje do vzdálenosti 7,8 kilometru.

[109] *vlastní zpracování*

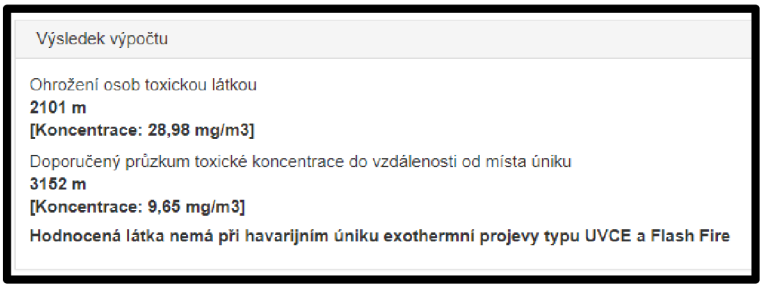
10.3 Výstup modelování úniku chloru v programu TerEx

Podobně jako v předchozí modelaci je chlor modelován v nástroji TerEx a vyhodnocen jako PUFF, což je jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku. Vstupní parametry do softwarového nástroje jsou rozdílné. Teplota kapaliny v zařízení je 26 ˚C. Rychlost větru v přízemní vrstvě atmosféry je 3 m/s. Typ atmosférické stálosti je konvekce. Typ povrchu ve směru šíření látky je obytná krajina. Doba vzniku a průběhu havárie je během dne v létě. Pokrytí oblohy mraky je 50 %. Obsahuje sprejový efekt. Celkové množství uniklé látky je 15 000 kg.



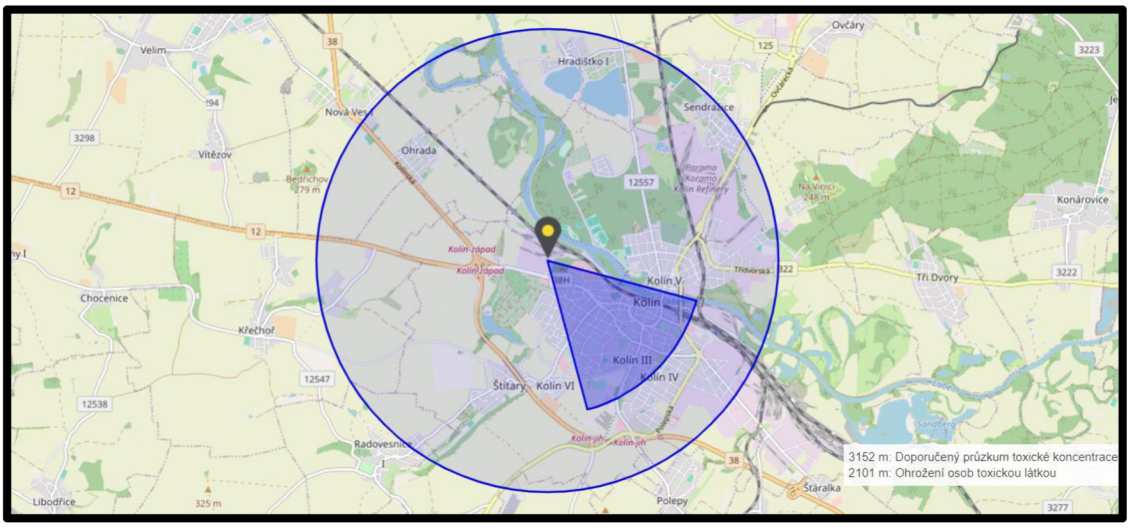
Obrázek 17: Vstupní parametry programu TerEx – NCHL chlor[110]

Důležitým výstupem tohoto softwaru je zóna ohrožení osob toxickou látkou, tedy do jaké vzdálenosti je potřebná evakuace osob a zóna doporučeného průzkumu toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku.



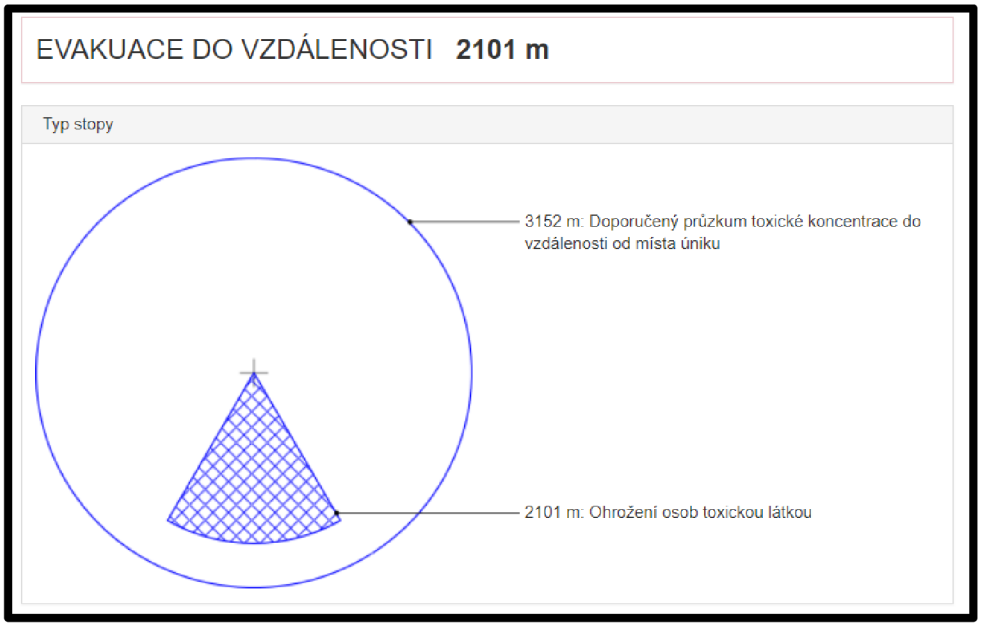
Obrázek 18: Výstupní parametry programu TerEx – NCHL chlor[111]

[110] *vlastní zpracování*
[111] *vlastní zpracování*



Obrázek 19: Grafický výstup programu TerEx – NCHL chlor[112]

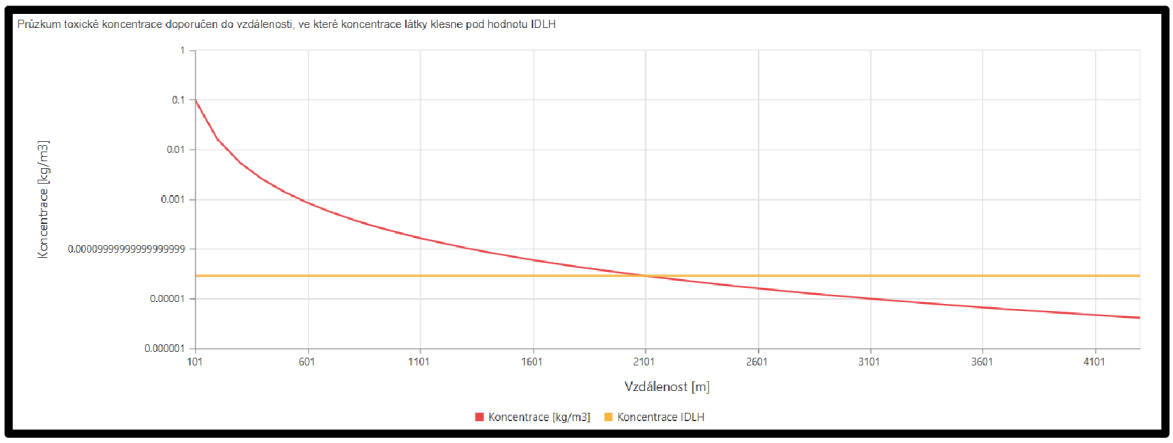
Grafický výstup programu zobrazuje modelaci úniku 15 000 kg chloru. Ohrožení osob toxickou látkou je do vzdálenosti 2 101 m, v této zóně je nutná evakuace obyvatel. Doporučený průzkum toxické koncentrace je stanoven do vzdálenosti 3 152 m od místa úniku.



Obrázek 20: Typ stopy – NCHL chlor[113]

[112] *vlastní zpracování*
[113] *vlastní zpracování*

Typ stopy, který zobrazuje program TerEx na modelaci úniku chloru, se liší oproti předchozí modelaci amoniaku. Oproti čtyřem předchozím typům stop jsou zde zobrazeny pouze dvě. Obrázek 20 znázorňuje typ stopy, který je graficky znázorněn i v mapě. Modrý kruh zobrazuje doporučený průzkum toxické koncentrace. Poté se zobrazuje modrá kruhová výseč, kde hrozí ohrožení osob toxickou látkou.



Obrázek 21: Grafické znázornění doporučeného průzkumu toxické koncentrace – NCHL chlor[114]

[114] *vlastní zpracování*

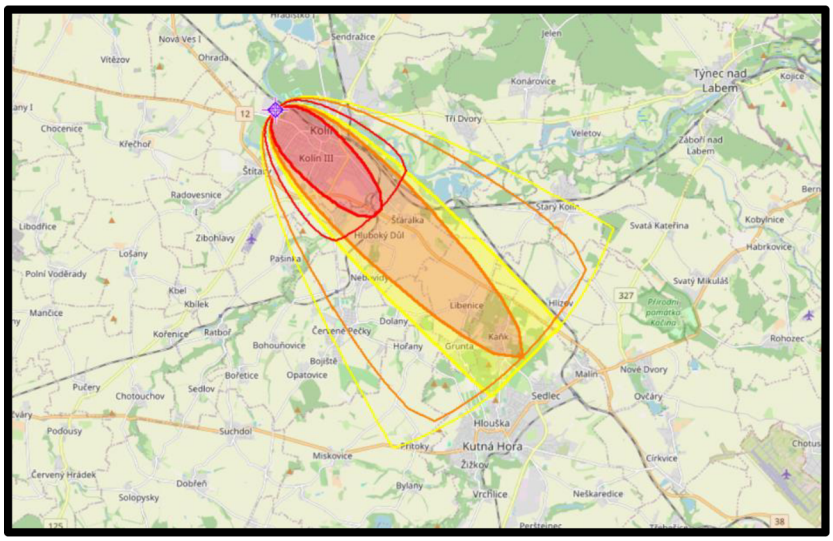
10.4 Výstup modelování úniku chloru v programu ALOHA

V případě havarijního scénáře č. 2 je provedena modelace úniku látky z nádrže o objemu 22 m^3, která má průměr 2 m a je vysoká 7 m. Únik chloru proběhl z díry kulatého průřezu o velikosti 50 cm. Veškeré vstupní parametry zobrazuje textový výstup programu ALOHA a jsou shodné se vstupními parametry nástroje TerEx. Celkové množství uniklé látky je 15 000 kg. V rámci tohoto programu je nutné opět zvolit správná vstupní data, jak již bylo zmíněno, aby mohla proběhnout konkrétní modelace. Pro modelování chloru byly zvoleny rozdílné vstupní parametry, ale se stejnou velikostí nádrže, jak je možné vidět níže.

```
SITE DATA:
  Location: PRAŽSKA 54, KOLIN, CZECH REPUBLIC
  Building Air Exchanges Per Hour: 0.64 (unsheltered single storied)
  Time: June 26, 2016  1400 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: CHLORINE
  CAS Number: 7782-50-5                 Molecular Weight: 70.91 g/mol
  AEGL-1 (60 min): 0.5 ppm   AEGL-2 (60 min): 2 ppm   AEGL-3 (60 min): 20 ppm
  IDLH: 10 ppm
  Ambient Boiling Point: -34.6° C
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
  Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 3 meters/second from NW at 3 meters
  Ground Roughness: urban or forest      Cloud Cover: 5 tenths
  Air Temperature: 26° C                 Stability Class: C
  No Inversion Height                    Relative Humidity: 60%

SOURCE STRENGTH:
  Leak from hole in vertical cylindrical tank
  Non-flammable chemical is escaping from tank
  Tank Diameter: 2 meters                Tank Length: 7 meters
  Tank Volume: 22.0 cubic meters
  Tank contains liquid                   Internal Temperature: 26° C
  Chemical Mass in Tank: 15000 kilograms
  Tank is 48% full
  Circular Opening Diameter: 50 centimeters
  Opening is 0 meters from tank bottom
  Note: RAILCAR predicts a stationary cloud or 'mist pool' will form.
  Model Run: traditional ALOHA tank
  Release Duration: 1 minute
  Max Average Sustained Release Rate: 250 kilograms/sec
     (averaged over a minute or more)
  Total Amount Released: 15,000 kilograms
  Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:
  Model Run: Heavy Gas
  Red    : 4.1 kilometers --- (20 ppm = AEGL-3 [60 min])
  Orange: 9.8 kilometers --- (2 ppm = AEGL-2 [60 min])
  Yellow: greater than 10 kilometers --- (0.5 ppm = AEGL-1 [60 min])
```

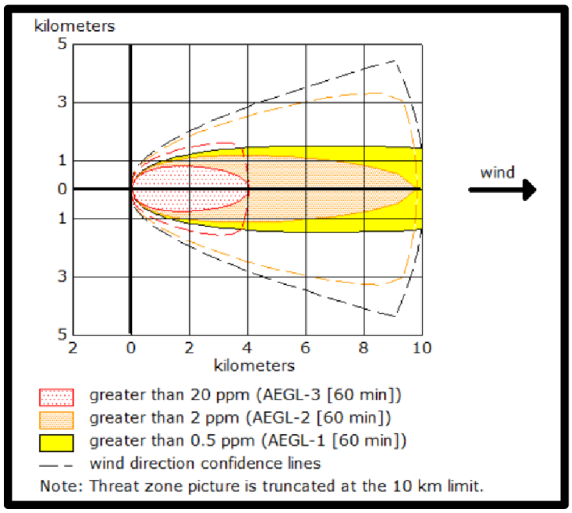
Obrázek 22: Vstupní parametry programu ALOHA – NCHL chlor[115]

[115] *vlastní zpracování*



Obrázek 23: Grafický výstup programu ALOHA – NCHL chlor[116]

V případě modelace úniku chloru jsou výstupní zóny opět rozděleny podle barev na červenou, oranžovou a žlutou zónu. Tento grafický výstup zobrazuje rozptyl chloru při zadání konkrétních vstupních parametrů. Červená zóna představuje největší nebezpečí, kde je koncentrace chloru 20 ppm a sahá do vzdálenosti 4,1 km. Tuto zónu je nutné evakuovat. Oranžová zóna zobrazuje koncentraci chloru 2 ppm a dosahuje vzdálenosti 9,8 km. Ve žluté zóně je koncentrace chloru 0,5 ppm a je větší než 10 km.



Obrázek 24: Grafické znázornění úniku – NCHL chlor[117]

[116] *vlastní zpracování*
[117] *vlastní zpracování*

11. Komparace výsledků modelací a programů

Modelování v nástrojích ALOHA a TerEx se od sebe značně liší. ALOHA je americký softwarový nástroj a TerEx je český softwarový nástroj. Rozdíl je vidět už při zadávání vstupních parametrů, kdy je u SW TerEx požadován menší počet vstupních údajů, kdežto u SW ALOHA je jich třeba zadat více. SW TerEx si dokáže poradit i s méně vstupními údaji než SW ALOHA, tím se z SW ALOHA stává náročnější a složitější program. Rozdíl můžeme spatřit i ve vymezení zón při grafickém znázornění. Zóny, které jsou zasaženy, jsou od sebe rozdílné. ALOHA má v mapovém rozhrání výstup tří zón ohrožení, zatímco TerEx má výstup pouze se dvěma zónami ohrožení. TerEx vymezuje zónu ohrožení toxickou látkou, kde probíhá evakuace a zónu doporučeného průzkumu. ALOHA vymezuje nebezpečnou zónu, která je červeně zbarvená, zónu ohrožení toxickou látkou, která je oranžová, a zónu doporučeného průzkumu, která je žlutá. Rozdíl u vymezení těchto zón můžeme spatřit i v jejich tvaru. SW ALOHA modeluje oválné výseče při grafickém výstupu a SW TerEx modeluje při grafickém zobrazení zónu ohrožení toxickou látkou do kruhové výseče a zónu doporučeného průzkumu modeluje do tvaru kruhu. Dalším rozdílem je, že textový výstup programu ALOHA se musí přenášet do dalšího programu MARPLOT, aby bylo možné znázornit grafický výstup na mapovém rozhrání, kdežto u SW TerEx je mapové rozhraní součástí programu. Funkčnost obou programů je v mnohém totožná, proto se také mohou použít v podobných havarijních situacích.

Z výsledků obou modelací plyne, že při zadávání přesných vstupních parametrů v rámci obou programů, mohou být výsledky odlišné ve výstupu zón. SW ALOHA určuje nezbytnou evakuaci pro NCHL amoniak v červené zóně do vzdálenosti 1,7 km, kdežto SW TerEx vymezuje zónu nezbytnou k evakuaci do vzdálenosti 790 m. Pro NCHL chlor zobrazuje program ALOHA červenou zónu, kde je nutná evakuace do vzdálenosti 4,1 km a SW TerEx znázorňuje zónu nezbytnou k evakuaci do vzdálenosti 2 101 m. Z toho plyne, že obě modelace určily jinou zónu, ve které je nutné provést evakuaci osob.

Zároveň oba programy stanovily jinou zónu pro doporučený průzkum toxické koncentrace. SW TerEx stanovil doporučený průzkum toxické koncentrace u amoniaku do vzdálenosti 1 185 m a SW ALOHA zobrazil doporučený průzkum toxické koncentrace ve žluté zóně do 7,8 km. U chloru program TerEx stanovil doporučenou zónu toxické koncentrace do vzdálenosti 3 152 m a program ALOHA jej stanovil do vzdálenosti větší jak 10 km. Z toho plyne, že obě modelace určily jinou zónu pro doporučený průzkum toxické koncentrace. Program ALOHA zobrazuje zónu větší než program TerEx.

Porovnáním mezi těmito dvěma softwary bylo zjištěno, že je mezi nimi poměrně velká odchylka ve vzdálenostech. Zároveň velkým problémem je také změna amerických jednotek u programu ALOHA za české jednotky, které mohou zkreslit konečný výsledek a výstupy nemusejí být přesné. Při vzniku mimořádné události by bylo vhodné zakomponovat oba programy a vyvodit z nich kompromis, jelikož oba programy jsou specificky upravené, aby poskytly rychlou modelaci, graf a stanovení zón ohrožení. Programy nejsou uživatelsky náročné a jsou rychlé, tudíž složky IZS mají možnost rychlé modelace, ale jsou určeny pouze pro orientační výsledky a tímto faktorem jsou silně ovlivněny.[118]

Vzájemné porovnání výsledků softwarových nástrojů obou havarijních scénářů zobrazuje tabulka níže, ve které jsou vidět značné rozdíly ve vymezení zón.

Tabulka 7: Komparace výsledků jednotlivých modelací

Látka	Uniklé množství	Ohrožení osob toxickou látkou		Doporučený průzkum toxické koncentrace	
		TerEx	ALOHA	TerEx	ALOHA
Amoniak	9 000 kg	790 m	1,7 – 4,1 km	1 185 m	7,8 km
Chlor	15 000 kg	2 101 m	4,1 – 9,8 km	3 152 m	více než 10 km

Zdroj: vlastní zpracování

[118] *vlastní zpracování*

Kladné stránky softwarového nástroje TerEx

→ Je v českém jazyce,

→ průběžně se aktualizuje,

→ nabízí snadné vkládání vstupních parametrů,

→ nepotřebuje mnoho informací pro generování výsledků,

→ je velice rychlý na výpočet a přehlednost výsledků,

→ dokáže znázornit výsledky přímo na mapě,

→ uživatelsky přívětivý,

→ poskytuje možnost zobrazení grafů,

→ obsahuje 479 nebezpečných látek, včetně charakteristik,

→ nabízí přehledné zobrazení havarijních modelů,

→ disponuje databází „Události“, kde je možné si vygenerovanou událost uložit,

→ možnost exportu dat do více formátů,

→ vícejazyčné prostředí.

Záporné stránky softwarového nástroje TerEx

→ Není veřejně dostupný,

→ neřeší technickou stránku následků havárií a jejich záchranné a likvidační práce.

Kladné stránky softwarového nástroje ALOHA

→ Je volně dostupný komukoliv a jeho stažení a instalace je velmi jednoduchá,

→ umožňuje uložit modelaci do počítače,

→ obsahuje podrobné textové vstupní parametry,

→ disponuje mnoho nápovědami a příručkami,

→ umožnuje úpravu v průběhu vložení nové látky,

→ nejdéle na trhu,

→ dokáže vybrat typ havarijního modelu úniku.

Záporné stránky softwarového nástroje ALOHA

→ Je v anglickém jazyce, pro některé uživatele může být obtížnější na použití,

→ je obtížnější na zobrazení grafického výstupu a výsledků do mapy,

→ požaduje více vstupních parametrů,

→ má několik vedlejších společných nástrojů, které se musí stáhnout,

→ je náročnější a zadávání parametrů pro modelaci trvá déle,

→ ovladatelnost je obtížnější,

→ neřeší technickou stránku následků havárií a jejich záchranné a likvidační práce,

→ nezobrazuje vzdálenost větší než 10 km.

Spolehlivost a kvalita softwarových nástrojů závisí především na schopnostech uživatele, který s danými programy pracuje a zároveň na správně vybraných havarijních modelech. Oblast modelování úniků nebezpečných látek je náročná a neustále se musí zlepšovat.[119]

[119] *vlastní zpracování*

12. Návrhy na zlepšení současné situace

Při studování této oblasti jsem objevila řadu aspektů a problémů v rámci problematiky prevence závažných havárií. Prevence závažných havárií je důležitou oblastí v systému preventivních opatření při zajišťování bezpečnosti a ochrany obyvatel, ochrany životního prostředí a majetku. Únik nebezpečných chemických látek představuje vážnou hrozbu. Aby bylo možné minimalizovat negativní dopady takových incidentů a zajistit ochranu osob, je nezbytné implementovat účinná opatření a procedury do konkrétních dokumentů týkajících se úniku nebezpečných chemických látek. Přestože moje práce řeší pouze problematiku úniku nebezpečných chemických látek z průmyslového zařízení, ráda bych se v mé práci zmínila i o jiných bezpečnostních aspektech. Ke zlepšení současného stavu prevence závažných průmyslových chemických havárií a zvýšení bezpečnosti osob doporučuji následující opatření.

Pravidelné monitorování a kontrola zařízení pracujícího s nebezpečnými látkami je nezbytnou součástí pro prevenci úniků nebezpečných chemických látek. Provádění bezpečnostních kontrol a inspekcí zvyšuje bezpečnostní standardy a snižuje riziko havárií. Posílila bych kontrolu a dohled nad chemickými látkami a jejich použitím prostřednictvím posílení regulace a zavedení přísnějších kontrolních mechanismů.

Dále bych investovala do programů vzdělávání pro veřejnost, firmy a zaměstnance, aby byla zvýšená informovanost o nebezpečí chemických látek a správných postupech při jejich manipulaci. Pravidelná edukace a školení zaměstnanců i veřejnosti jsou klíčové pro zlepšení jejich schopnosti reagovat na únik nebezpečných chemických látek. Průběžné vzdělávání o správných postupech a používání ochranných prostředků může snížit riziko zranění a smrti v případě havárie.

Investice do pokročilých technologií pro detekci a monitorování nebezpečných látek by umožnily rychlou identifikaci úniku a okamžitou reakci. Použití moderních zařízení pro sledování kvality vzduchu a analýzu chemických látek by přispělo k ochraně osob a minimalizaci environmentálních škod. Zároveň by v rámci zlepšování současné situace byla na místě podpora výzkumu a vývoje nových technologií a postupů, které snižují riziko chemických nehod a zlepšují ochranu životního prostředí a lidského zdraví. Zajištění dostatečného množství a kvality ochranných prostředků pro zaměstnance a záchranáře je dalším klíčovým prvkem pro ochranu jejich zdraví v případě havárie. Používání respirátorů, ochranných obleků a dekontaminačních prostředků minimalizuje riziko expozice nebezpečným látkám.

Zlepšení spolupráce mezi místními úřady, hasičskými jednotkami, podniky a dalšími organizacemi je nezbytné pro efektivní reakci na únik chemických látek. Koordinace a sdílení informací mezi jednotlivými subjekty umožňuje rychlou a účinnou pomoc postiženým oblastem. Dle mého názoru by byla účinná i efektivnější mezinárodní spolupráce. Pokud by se více států zapojilo do výměny informací s ostatními zeměmi v oblasti chemické bezpečnosti, bylo by možné využívat osvědčené postupy a zkušenosti.

Zapojení místních komunit do plánování a přípravy na mimořádné události je klíčové pro ochranu obyvatel. Zřizování dobrovolnických skupin, školení a informování veřejnosti přispívá k zvýšení jejich schopnosti reagovat na únik nebezpečných chemických látek. Také bych zavedla mechanismy pro zvýšení transparentnosti a odpovědnosti firem a institucí v oblasti používání chemických látek, včetně povinnosti poskytovat informace o rizicích a bezpečnostních opatřeních.

Do systému prevence závažných havárií by bylo efektivní zavést jednotný softwarový nástroj pro hodnocení následků havárií, jak na úrovni krajských úřadů, tak na úrovni jednotlivých složek IZS, a to stejné opatření by bylo účinné zavést v chemickém a zpracovatelském průmyslu v ČR.

Dále bych ráda zdůraznila, že Evropská unie postupně vydala své směrnice Seveso I, II a III, které doposud nejsou podpořeny vhodným softwarovým nástrojem, který by mohl být využíván v rámci celé Evropy s možností vyhodnocování úniků toxických látek, náhodných výbuchů a nebezpečných požárů. Tímto nástrojem by mohl být například TerEx.

Zohlednění rizika úniku chemických látek při plánování městské infrastruktury je klíčové pro ochranu obyvatel. Stanovení bezpečných zón, evakuačních tras a umístění záchranných zařízení může snížit riziko zranění a minimalizovat škody. V rámci připravenosti obyvatelstva na chemické havárie by bylo vhodné zintenzivnit přípravu obyvatelstva v zónách havarijního plánování, kde se očekávají havarijní následky. Přednostně by se to muselo týkat úkrytů a zařízení zařazených do skupiny B.

Dále bych doporučila zavést jednotnou stupnici hodnocení závažných chemických havárií pro jednotné chápání závažnosti jednotlivých nežádoucích událostí v chemickém a jiném zpracovatelském průmyslu a při přepravě nebezpečných věcí. Mohla by být a měla by být podobná stupnici z roku 1990 pro radiační havárie. V návaznosti na to je v České republice zřízen Státní úřad pro jadernou bezpečnost, který je zodpovědný za jadernou bezpečnost, radiační ochranu a havarijní připravenost pro celý stát. Podobně by měl být zřízen i Státní úřad pro chemickou bezpečnost.

V České republice existuje a pracuje Svaz chemického průmyslu České republiky, ale jeho pravomoci ve vztahu k prevenci závažných havárií podle zákona č. 224/2015 Sb. nejsou jasně definovány. Jako jistý možný vzor je zde předloženo mé doporučení na zřízení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost v České republice obdobně jak je v USA již výše uvedený a popsaný federální úřad U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board. Ten především důkladně vyšetřuje průmyslové chemické havárie, ale jeho nálezy, doporučení a vyšetřovací zprávy mají výrazně preventivní charakter.

Navržená opatření ke zlepšení bezpečnosti osob v případě úniku nebezpečných chemických látek jsou nezbytná pro ochranu životů obyvatel, majetku a životního prostředí. Průběžná edukace, investice do nových technologií, plánování městské infrastruktury, spolupráce mezi organizacemi, investice do ochranných prostředků, monitorování a kontrola a komunitní zapojení jsou klíčové prvky pro úspěšnou reakci na havárie a minimalizaci negativních dopadů na společnost.[120]

[120] *vlastní zpracování*

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vypracovat havarijní scénáře a v návaznosti na ně provést konzervativní modelaci úniku nebezpečných chemických látek prostřednictvím softwarových nástrojů ALOHA a TerEx, které mezi sebou byly vzájemně porovnány. Na závěr byla navržena opatření ke zlepšení současné situace a zvýšení bezpečnosti osob.

Teoretická část nastínila teoretický základ pro závažné chemické havárie, kde byly vymezeny veškeré základní pojmy týkající se problematiky průmyslových chemických havárií. Na základní pojmy poté navazoval samotný pojem havárie, jeho charakteristika a klasifikace, kde je práce více zaměřena na chemické havárie. V rámci těchto havárií je pak probírána jejich problematika, dopady, následky a příčiny. V návaznosti na to byla zmíněna historie závažných radiačních a chemických havárií, které se odehrály v Černobylu, Bhópálu, Sevesu a ve Flixborough. Dále následovalo vymezení základní právní úpravy v oblasti chemické bezpečnosti, která byla rozdělena na českou a evropskou legislativu.

V rámci teoretické části byly také zmíněny vybrané instituce v této oblasti, které se zabývají chemickou bezpečností ve světě. Následně teoretická část práce pojednávala o nebezpečných chemických látkách a směsích, které byly rozděleny do příslušných kategorií, dále se zabývala vlastnostmi chemických látek a jejich označováním. Práce pojednávala také o bezpečnostních listech chemických látek. Ke konci byla teoretická část zaměřena hlouběji na připravenost obyvatelstva na chemické havárie, kde byla zmíněna například i zóna havarijního plánování u chemických havárií a v závěru byly uvedeny a diskutovány softwarové modelovací nástroje, které byly později použity v praktické části práce.

V praktické části byla věnována pozornost modelování závažné chemické havárie. Nejdříve byly podrobně vymezeny základní informace k popisu fiktivní společnosti, která manipuluje s nebezpečnými chemickými látkami a popis její lokace.

Následně byly charakterizovány nebezpečné chemické látky amoniak a chlor, na které byly vytvořeny dva fiktivní havarijní scénáře pro stanovení vstupních parametrů do softwarových nástrojů TerEx a ALOHA.

Výstupy modelování úniku amoniaku a chloru byly provedeny prvně v českém softwarovém nástroji TerEx, po kterém následovala modelace v americkém softwarovém nástroji ALOHA. Pro amoniak i chlor byly stanoveny různé výpočty pro různou hmotnost. Na základě výstupů obou programů bylo možné vidět rozdíl v jednotlivých modelacích, a to u obou nebezpečných chemických látek. Dosažené výsledky byly dále diskutovány a byly využity k vytvoření vlastního odborného návrhu na zlepšení současného stavu v řešené problematice a zároveň k porovnání softwarových nástrojů TerEx a ALOHA.

Další část práce se věnovala komparaci mezi programy TerEx a ALOHA, kde bylo zjištěno, že je mezi nimi poměrně velká odchylka ve vzdálenostech. Dalším zjištěním například bylo, že pokud se zamění americké jednotky programu ALOHA za české, může to zkreslit konečný výsledek a modelované výstupy nemusejí být přesné. Bylo zjištěno, že programy jsou specificky upravené tak, aby poskytly rychlé modelace, tudíž by bylo vhodné používat pro orientační výsledek oba programy, jelikož nejsou uživatelsky náročné. Na konci kapitoly byly na základě získaných informací uvedeny kladné a záporné stránky obou softwarových nástrojů.

V závěru práce byly předloženy návrhy na zlepšení současné situace a opatření k bezpečnosti osob v případě úniku nebezpečných chemických látek. Tato opatření jsou nezbytným prvkem pro ochranu životů, zdraví, majetku a životního prostředí. V této části byla zmíněna opatření, jako průběžné vzdělávání osob, investování do nových technologií, ochranných prostředků a výzkumů, byla zdůrazněna spolupráce mezi společnostmi a komunitou a dalším klíčovým opatřením bylo monitorování a kontrola. Všechna tato opatření byla navržena za účelem úspěšné reakce na havárie a ke zmírnění negativních dopadů na společnost. Práce by mohla být vhodným podkladem a inspirací pro organizace z hlediska bezpečnosti v kontextu chemických havárií.

Seznam použité literatury a dalších zdrojů

Monografie

[1] ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie.* 1. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009. 149 s. ISBN 978-80-86640-64-8.

[2] HARAZIN, Lukáš et al. *Modelové scénáře pro vybrané zátěžové situace.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2018. 314 s. ISBN 978-80-7251-489-2.

[3] HRIB, Nikolaj. *Metodika vyšetřování požárů, výbuchů a havárií.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2007. 112 s. ISBN 978-80-7251-246-1.

[4] KROUPA, Miroslav a Milan ŘÍHA. *Průmyslové havárie.* 1. vyd. Praha: ARMEX PUBLISHING s. r. o., 2007. 169 s. ISBN 978-80-86795-49-2.

[5] LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi.* 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. 131 s. ISBN 978-80-210-6475-1.

[6] MIKA, Otakar J. *Průmyslové havárie.* 1. vyd. Praha: TRITON, s. r. o., 2003. 126 s. ISBN 80-7254-455-1.

[7] MIKA, Otakar J. Výročí závažné průmyslové chemické havárie. *112 – odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva.* 2014, roč. 13, č. 6, s. 28 – 29. ISSN 1213-7057.

[8] MIKA, Otakar J. et al. *Ochrana před zbraněmi hromadného ničení v České republice.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2021. 254 s. ISBN 978-80-7251-511-0.

[9] MIKA, Otakar J. a Lubomír POLÍVKA. *Radiační a chemické havárie.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010. 172 s. ISBN 978-80-7251-321-5.

[10] NOVÁKOVÁ, Jaroslava, Oldřich KRULÍK a Radek BUREŠ. *Úvod do bezpečnosti a krizového řízení I. Mimořádné události, jejich členění a negativní dopady na základní funkce státu.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2011. 114 s. ISBN 978-80-7251-343-7.

[11] POLÍVKA, Lubomír, Otakar J. MIKA a Jozef SABOL. *Nebezpečné chemické látky a průmyslové havárie*. 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2017. 154 s. ISBN 978-80-7251-467-0.

[12] PROCHÁZKOVÁ, Dana, Jan BUMBA, Vilém SLUKA a Bedřich ŠESTÁK. *Nebezpečné chemické látky a chemické přípravky a průmyslové nehody.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2008. 420 s. ISBN 978-80-7251-275-1.

[13] SOUČEK, Vladimír a Oldřich KRULÍK. *Modelování scénářů pohrom.* 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2013. 164 s. ISBN 978-80-7251-401-4.

Zákonná úprava a interní akty řízení

[1] ALOHA, software. Verze 5.4.7: United States Environmental Protection Agency

[2] MARPLOT, software. Verze 5.1.1: United States Environmental Protection Agency

[3] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 648/2004 ze dne 31. března 2004 *o detergentech*

[4] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 649/2012 ze dne 4. července 2012 *o vývozu a dovozu nebezpečných chemických látek* (přepracované znění)

[5] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 *o klasifikaci, označování a balení látek a směsí*, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006

[6] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 *o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek,* o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, o změně směrnice 1999/45/ES a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 793/93, nařízení Komise (ES) č. 1488/94, směrnice Rady 76/769/EHS a směrnic Komise 91/155/EHS, 93/67/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES

[7] Nařízení Komise (ES) č. 340/2008 ze dne 16. dubna 2008 *o poplatcích a platbách Evropské agentuře pro chemické látky* podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (REACH)

[8] Nařízení Komise (ES) č. 440/2008 ze dne 30. května 2008, kterým se stanoví zkušební metody podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 *o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek*

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

[10] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU ze dne 4. července 2012 *o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek* a o změně a následném zrušení směrnice Rady 96/82/ES

[11] TerEx – nástroj pro vyhodnocení dopadu úniku nebezpečných látek nebo nástražného výbušného systému. T-SOFT, a. s.

[12] TerEx, software. Verze 3.1.4.0: T-SOFT, a. s.

[13] Ústavní zákon č. 2/1993 Sb., *Listina základních práv a svobod*, v platném znění

[14] Zákon č. 224/2015 Sb., *o prevenci závažných havárií,* v platném znění

[15] Zákon č. 239/2000 Sb., *o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů,* v platném znění

[16] Zákon č. 350/2011 Sb., *o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů*, v platném znění

Webové stránky a elektronické zdroje

[1] BARTA, Jiří a Tomáš, LUDÍK. *ALOHA – modelování a simulace.* Studijní pomůcka pro předmět KRIZOVÉ SCÉNÁŘE [online]. 1. vyd. Brno: Univerzita obrany, 2012. [cit. 19. 2. 2024]. 39 s. Dostupné z: https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/17735/mod_resource/content/1/Studijni_pomucka_Aloha.pdf

[2] BARTA, Jiří a Tomáš, LUDÍK. *TerEx – modelování a simulace.* Studijní pomůcka pro předmět KRIZOVÉ SCÉNÁŘE [online]. 1. vyd. Brno: Univerzita obrany, 2012. [cit. 19. 2. 2024] 29 s. Dostupné z: https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/26278/mod_resource/content/1/Studijni_pomucka_TerEx.pdf

[3] *Csb.gov: O CSB* [online]. [cit. 15. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.csb.gov/about-the-csb/

[4] *Docernobylu.cz: Havárie v Černobylu…Co se tehdy stalo?* [online]. [cit. 9. 2. 2024]. Dostupné z: https://docernobylu.cz/havarie-v-cernobylu/

[5] *Echa.europa.eu: Výstražné symboly CLP* [online]. [cit. 11. 2. 2024]. Dostupné z: https://echa.europa.eu/cs/regulations/clp/clp-pictograms

[6] *Epa.gov: Acute Exposure Guideline Levels for Airborne Chemicals* [online]. [cit. 17. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.epa.gov/aegl

[7] *Epa.gov: Software ALOHA* [online]. [cit. 17. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.epa.gov/cameo/aloha-software

[8] *Epa.gov: What is the CAMEO Software Suite?* [online]. [cit. 17. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.epa.gov/cameo/what-cameo-software-suite

[9] *Eshop.seaspol.cz: Značky látek a předmětů* [online]. [cit. 14. 2. 2024]. Dostupné z: http://eshop.seaspol.cz/cz/e-shop.php?kat=32

[10] *Eurogoos.eu: Italian National Institute for Enviromental Protection and Research* [online]. [cit. 15. 2. 2024]. Dostupné z: https://eurogoos.eu/member/ispra-institute-for-environmental-protection-and-research-ispra/

[11] *Evropskyvyzkum.cz: JRC – Společné výzkumné středisko* [online]. [cit. 23. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.evropskyvyzkum.cz/cs/nastroje-spoluprace/iniciativy-ek/jrc

[12] *Fofrcz.*cz: *Přeprava ADR* [online]. [cit. 14. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.fofrcz.cz/preprava-adr

[13] Google mapy [fotografie]. Google. [cit. 27. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.google.com/maps/place/Pra%C5%BEsk%C3%A1,+280+02+Kol%C3%ADn+2/@50.0348095,15.1799796,1531m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x470c14e82a3306a3:0x2accfda77b262cfa!8m2!3d50.0353724!4d15.1801293!16s%2Fg%2F11b8v4bf8c?authuser=0&entry=ttu

[14] *Hzscr.cz: Nebezpečné chemické látky* [online]. [cit. 24. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/clanek/prostredky-individualni-ochrany-nebezpecne-chemicke-latky.aspx?q=Y2hudW09Mg%3D%3D

[15] *Hzscr.*cz: *Nebezpečné látky* [online]. [cit. 14. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/clanek/ochrana-obyvatelstva-new-nebezpecne-latky-nebezpecne-latky.aspx

[16] *Hzscr.cz: Nebezpečné látky* [online]. [cit. 24. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/clanek/nebezpecne-latky.aspx?q=Y2hudW09Ng%3D%3D

[17] *Hzsmsk.cz: Domino efekt z pohledu průmyslových havárií* [online]. [cit. 10. 2. 2024]. Dostupné z: http://www.hzsmsk.cz/kraoo/domino.php

[18] *Joint-research-centre.ec.europa.eu: JRC sites across Europe* [online]. [cit. 23. 2. 2024]. Dostupné z: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-sites-across-europe_en

[19] Kolín. In: Země světa [fotografie]. [cit. 27. 2. 2024]. Dostupné z: https://zemesveta.cz/wp-content/uploads/2022/11/kolin_letecky_pohled.jpg

[20] MARTÍNEK, Bohumír et al. *Ochrana člověka za mimořádných událostí. Příručka pro učitele základních a středních škol* [online]. 2. vyd. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2003. [cit. 17. 2. 2024]. ISBN 80-86640-08-6. Dostupné z: https://www.hzscr.cz/soubor/ochrana-cloveka-za-mu-pdf.aspx

[21] *Mongoos.eurogoos.eu: ISPRA – Institute for Enviromental Protection and Research* [online]. [cit. 15. 2. 2024]. Dostupné z: https://mongoos.eurogoos.eu/members/ispra-institute-for-environmental-protection-and-research/

[22] *Mukolin.cz: Geografické a administrativní informace* [online]. [cit. 27. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.mukolin.cz/geograficke%2Da%2Dadministrativni%2Dinformace/d-13801/p1=16983

[23] *Mzp.cz: Právní předpisy v oblasti chemických látek* [online]. [cit. 8. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/pravni_predpisy_chemicke_latky_2012

[24] *Osha.europa.eu: CLP – klasifikace, označování a balení látek a směsí* [online]. [cit. 11. 2. 2024]. Dostupné z: https://osha.europa.eu/cs/themes/dangerous-substances/clp-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures

[25] *Pozarni-ochrana.cz: Základní pojmy v oblasti nakládání s chemickými látkami a směsmi* [online]. [cit. 11. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.pozarni-ochrana.cz/zakladni-pojmy-v-oblasti-nakladani-s-chemickymi-latkami-a-smesmi/

[26] *Stream.cz: Den, kdy vybuchl Černobyl (26. duben 1986)* [online]. [cit. 9. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.stream.cz/slavnedny/den-kdy-vybuchl-cernobyl-26-duben-150892

[27] Terminologický slovník – krizové řízení a plánování obrany státu. In: *Ministerstvo vnitra České republiky,* 2016. [online]. [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovnik-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx

[28] *Tsoft.cz: Dokumentace* [online]. [cit. 3. 3. 2024]. Dostupné z: https://tsoft.cz/dokumentace/#undefined

[29] *Tsoft.cz: TEREX – TERoristický EXpert* [online]. [cit. 17. 2. 2024]. Dostupné z: https://www.tsoft.cz/teroristicky-expert/

Seznam použitých zkratek

AEGL	hodnoty úrovní akutní expozice (Acute Exposure Guideline Levels)
ALOHA	Areal Locations of Hazardous Atmospheres
CLP	klasifikace, označování a balení
CSB	Americká rada pro chemickou bezpečnost
ČR	Česká republika
EPA	Agentura pro ochranu životního prostředí
ES	Evropské společenství
EU	Evropská unie
GHS	globálně harmonizovaný systém
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
ISPRA	Institut pro ochranu a bezpečnost občanů
IZS	integrovaný záchranný systém
JRC	Společné výzkumné středisko (Joint Research Centre)
MU	mimořádná událost
NCHL	nebezpečná chemická látka
NOAA	Národní úřad pro oceán a atmosféru
OSHA	Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci
PIC	nařízení o předchozím souhlasu
REACH	registrace, hodnocení, povolení a omezování chemikálií
SW	softwarový nástroj
UN	spojené národy (United Nations)
U.S.	Spojené státy (United States)
USA	Spojené státy americké (United States of America)
TerEx	teroristický Expert
ZHP	zóna havarijního plánování

Seznam tabulek

Tabulka 1: Definice čísel Kemlerova kódu 40
Tabulka 2: Třídy nebezpečnosti dle ADR a RID 42
Tabulka 3: Fyzikálně chemické vlastnosti amoniaku 54
Tabulka 4: Fyzikálně chemické vlastnosti chloru 55
Tabulka 5: Vstupní parametry pro amoniak 58
Tabulka 6: Vstupní parametry pro chlor 59
Tabulka 7: Komparace výsledků jednotlivých modelací 73

Seznam obrázků

Obrázek 1: Výstražné symboly nebezpečnosti 36
Obrázek 2: Výstražná bezpečnostní tabulka 39
Obrázek 3: Výstražné značení 41
Obrázek 4: Manipulační značení 43
Obrázek 5: Poloha chemického závodu 52
Obrázek 6: Město Kolín 53
Obrázek 7: Vstupní parametry programu TerEx – NCHL amoniak 60
Obrázek 8: Výstupní parametry programu TerEx – NCHL amoniak 61
Obrázek 9: Grafický výstup programu TerEx – NCHL amoniak 61
Obrázek 10: Typ stopy – NCHL amoniak 62
Obrázek 11: Grafické znázornění doporučeného průzkumu toxické koncentrace – NCHL amoniak 62
Obrázek 12: Grafické znázornění oblasti možného výbuchu – NCHL amoniak . 63
Obrázek 13: Grafické znázornění ohrožení výbuchem – NCHL amoniak 63
Obrázek 14: Vstupní parametry programu ALOHA – NCHL amoniak 64
Obrázek 15: Grafický výstup programu ALOHA – NCHL amoniak 65
Obrázek 16: Grafické znázornění úniku – NCHL amoniak 66
Obrázek 17: Vstupní parametry programu TerEx – NCHL chlor 67
Obrázek 18: Výstupní parametry programu TerEx – NCHL chlor 67
Obrázek 19: Grafický výstup programu TerEx – NCHL chlor 68
Obrázek 20: Typ stopy – NCHL chlor 68
Obrázek 21: Grafické znázornění doporučeného průzkumu toxické koncentrace – NCHL chlor 69
Obrázek 22: Vstupní parametry programu ALOHA – NCHL chlor 70
Obrázek 23: Grafický výstup programu ALOHA – NCHL chlor 71
Obrázek 24: Grafické znázornění úniku – NCHL chlor 71