



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

**Havarijní připravenost v chemickém podniku Synthos
Kralupy a.s. při úniku nebezpečných látek**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: **OCHRANA OBYVATELSTVA**

Autor: Bc. Lucie Tyemnyáková

Vedoucí práce: Ing. Lenka Brehovská Ph. D.

Odborný konzultant: Ing. Ladislav Karda

České Budějovice 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci s názvem „Havarijní připravenost v chemickém podniku Synthos Kralupy a.s. při úniku nebezpečných látek“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské/diplomové práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské/diplomové práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 15. 5. 2017

.....

Lucie Tyemnyáková

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala Ing. Lence Brehovské, Ph. D. za cenné rady a odborné vedení mé diplomové práce. Poděkování dále patří panu Ing. Ladislavu Kardovi za ochotu, užitečné rady a cenné připomínky. V neposlední řadě bych ráda poděkovala Bc. Radku Měříčkovi za praktické rady, zaměstnancům z podniku Synthos Kralupy a.s., kteří se mnou byli ochotni vést krátký řízený rozhovor a všem, kteří mi poskytli potřebné materiály pro zpracování této práce.

Havarijní připravenost v chemickém podniku Synthos Kralupy a.s. při úniku nebezpečných látek

Abstrakt

S přibývajícím množstvím chemických průmyslových výrob vzrůstá riziko vzniku závažné havárie, která má mnohdy nedozírné následky. Cílem práce je poukázat na následky způsobené únikem nebezpečné látky, benzínu, z největší nádrže v chemickém podniku Synthos Kralupy a.s. a navrhnout opatření k likvidaci mimořádné události. Pro naplnění cíle bylo nejprve provedeno posouzení rizik závažné havárie, při němž byla uplatněna metoda Dow's Fire and Explosion Index umožňující ocenit reálné nebezpečí požáru a exploze a metoda IAEA-TECDOC-727. Následně byly vytvořeny možné scénáře úniku nebezpečné látky ze skladovací nádrže, které byly nasimulovány prostřednictvím softwarových programů ALOHA a TerEx. Získané výsledky byly zřehledněny formou tabulek. Při výzkumu dané problematiky byla využita i metoda řízených rozhovorů. Řízené rozhovory zaměřené na zjišťování havarijní připravenosti chemického podniku Synthos Kralupy a.s. proběhly se zaměstnanci hasičko-havarijní služby.

Nádrž obsahující nebezpečnou látku představuje významný zdroj rizika, i přestože výsledky ukázaly, že havárie v podobě úniku celkového množství benzínu z nádrže je velmi nepravděpodobná. Tato havárie by však neměla být opomíjena, neboť při zahoření nádrže s následnou destrukcí, vznikne v prostoru nebezpečný oblak dosahující 565 m od místa vzniku havárie. Do vzdálenosti 2000 m by mohlo dojít k 70% mortalitě a do vzdálenosti 4 970 m k popáleninám 1. stupně. Při celkovém úniku benzínu z nádrže by tedy nedošlo pouze ke znečištění prostředí, ale i ke značným ztrátám na životech, poškození zdraví a rozsáhlým škodám na majetku.

Klíčová slova

Posouzení rizik závažné havárie; nebezpečná látka; benzín; havarijní plánování; závažná havárie; skladovací nádrž.

Emergency preparedness in the chemical enterprise Synthos Kralupy a.s. in the release of hazardous substances

Abstract

The risk of serious accident is increasing with the rise of the amount of chemical industry manufacturing. This accident can have immeasurable consequences. The aim of this thesis is to point out the consequences caused by leakage of dangerous substance of petrol from the biggest cistern in chemical company Synthos Kralupy a.s. and to suggest steps for emergency clearance. To fulfil the aim, examination of serious accident risks had to be carried out first. The method of Dow's Fire and Explosion Index was used for this examination which enabled evaluation of a real fire and explosion risk. Apart from these methods, another method called IAEA-TECDOC-727 was also used. Consequently, possible scenarios of dangerous substances leakage from storage cistern were created. These were simulated through software programmes ALOHA and TerEx. Acquired results were then well arranged in charts. During the research of this issue, a method of controlled interviews was used. These interviews with employees of firefighter emergency service were focused on emergency readiness of the chemical company Synthos Kralupy a.s.

A cistern containing dangerous substance represents a crucial risk, even though the results showed that the accident of all petrol leakage from the cistern is very unlikely. However, this accident should not be neglected because a dangerous cloud reaching 565 m from the site of the accident would occur. The dangerous cloud cause mortality of 70% within a distance of 2,000 m and a distance of 4,970 m to the 1st degree burns. If all petrol leaked from the cistern, the consequences would be much bigger than just pollution. It would also include death toll, health problems and vast property damages.

Key words

Serious accident risk evaluation; dangerous substance; petrol; emergency readiness; serious accident; storage cistern.

Obsah

Úvod.....	8
1 Teoretická část.....	9
1.1 Historie průmyslových havárií s nebezpečnými látkami na území ČR.....	9
1.2 Základní pojmy.....	12
1.3 Právní úprava.....	15
1.4 Klasifikace mimořádných událostí.....	16
1.4.1 Antropogenní mimořádné události.....	17
1.5 Nebezpečné látky.....	18
1.5.1 Klasifikace nebezpečných látek	20
1.5.2 Označování, identifikace a přeprava nebezpečných chemických látek a směsí.....	21
1.5.3 Faktory ovlivňující šíření nebezpečných chemických látek	25
1.5.4 Modely úniku nebezpečných látek	30
1.5.5 Charakteristika vybrané NL - benzínu.....	31
1.6 Havarijní připravenost	32
1.6.1 Havarijní plánování	33
1.6.2 Bezpečnostní dokumentace.....	35
1.6.3 Posouzení rizik závažné havárie.....	37
1.7 Ochrana obyvatelstva při chemické havárii.....	41
2 Cíl práce a výzkumná otázka	43
2.1 Cíl práce	43
2.2 Výzkumná otázka	43
3 Operacionalizace pojmů použitých v cíli práce	44
4 Metodika	45
5 Výsledky	48
5.1 Synthos Kralupy a.s.	48
5.2 Odhad nebezpečí požáru či exploze dle metody Dow's Fire and Explosion Index.....	50
5.3 Odhad vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo dle metody IAEA-TECDOC-727	55
5.3.1 Odhad vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo.....	55
5.3.2 Odhad pravděpodobnosti velké havárie.....	60

5.4	Modelace úniku NL softwarovým programem ALOHA.....	64
5.5	Modelace úniku NL softwarovým programem TerEx	73
5.6	Přehled výsledků získaných ze softwarových programů.....	75
5.7	ZaLP při chemické havárii.....	76
5.8	Řízené rozhovory se zaměstnanci chemického podniku Synthos Kralupy a.s.....	81
5.8.1	Řízený rozhovor se zaměstnancem z hasičko-havarijní služby (zaměstnanec z úseku PZH).....	81
5.8.2	Řízený rozhovor se zaměstnancem z hasičko-havarijní služby (příslušník JHZSP).....	82
6	Diskuse.....	84
7	Závěr	87
8	Seznam literatury.....	89
9	Seznam obrázků a tabulek.....	89
10	Seznam zkratk.....	102
11	Seznam příloh.....	104

Úvod

Chemický průmysl, jenž je třetím největším průmyslovým odvětvím v České republice, bývá spojován nejen s uspokojováním potřeb lidstva, ale také s řadou negativních dopadů. K závažným chemickým haváriím, které měly dopady na životy a zdraví lidí, životní prostředí i majetek, docházelo již v minulosti. Příčinami většinou byly zastaralé technologie, ale také nedostatečně kvalifikované manažerské řízení chemických procesů, či například nedostatečné zajištění požární ochrany.

V České republice je jedním z největších chemických závodů představujících potencionální zdroj rizika podnik Synthos Kralupy a.s., který se sestává z několika zařízení, v nichž provozují své činnosti různí provozovatelé. V zařízeních se vyrábí, zpracovává a manipuluje s velkým množstvím nebezpečných látek, které jsou klasifikovány jako látky zdraví škodlivé, vysoce toxické, toxické, extrémně hořlavé, vysoce hořlavé, výbušné, oxidující, karcinogenní, mutagenní a nebezpečné pro životní prostředí. Některé nebezpečné látky (např. ropa, ropné produkty, butadien atd.) jsou v podniku Synthos Kralupy a.s. i přímo skladovány. Ke skladování jsou určeny nadzemní nádrže umístěné v severní části areálu. Nadzemní nádrže za stanovených normálních podmínek nepředstavují významné nebezpečí. Dojde-li však k mechanickému poškození nebo jinému ohrožení, stává se z nadzemní nádrže významný zdroj rizika, který může ohrozit nejen zaměstnance, ale i obyvatelstvo žijící v okolí areálu chemického podniku.

První část diplomové práce je zaměřená na stručnou charakteristiku závažných havárií, jež se udály na území ČR, charakteristiku právních předpisů týkajících se prevence závažných havárií, klasifikaci nebezpečných látek, havarijní připravenost a ochranu obyvatelstva při chemické havárii. Druhá část se následně zabývá ohrožením obyvatelstva v případě vzniku závažné havárie.

1 Teoretická část

1.1 Historie průmyslových havárií s nebezpečnými látkami na území ČR

Ve světě i v České republice se udála celá řada průmyslových havárií, které měly negativní dopady na život a zdraví lidí, životní prostředí i majetek (Mašek et al., 2006; CSB, 2010). V mnoha případech se jednalo o průmyslové havárie v chemickém odvětví, za jejichž vznikem stály zejména zastaralé technologie, nedostatečná bezpečnost při práci nebo například nízká úroveň školení zaměstnanců. (Leker, Utikal, 2016)

V České republice se stala první větší havárie v roce 1973 v Pardubicích, kde došlo v chemickém podniku k úniku fosgenu a bylo zraněno na 80 osob (Bartlová, Pešák, 2003).

Rok poté se stala u nás největší tragédie v historii chemického průmyslu. V Záluží u Litvínova došlo 19. července 1974 krátce po osmé hodině ve výrobně lihu k výbuchu, který měl fatální důsledky. Celková bilance byla 17 mrtvých a 125 zraněných. (Beneš, 2014) Tlaková vlna navíc zcela zdevastovala část chemičky a poničila přes 300 objektů. Boj s požárem, který trval čtyři dny, zdolávalo zhruba 200 příslušníků z veřejných i závodních jednotek požární ochrany. Následným vyšetřováním bylo zjištěno, že příčinou této havárie byl únik plynu z kolena potrubí, které mělo korozí zeslabenou stěnu. (Beneš, 2014)

V roce 1981 otřásl Litvínovem opět výbuch, v tomto případě se však jednalo o výbuch technického benzínu. O tři roky později, r. 1984, zachvátil mohutný výbuch městskou část Semtín v Pardubicích. (Půlpán, 2014) Zde došlo k explozi skladu, v němž se manipulovalo s nitrocelulózou. Hlavní příčinou byla neopatrnost zaměstnanců, kteří nevěnovali dostatečnou pozornost manipulaci s vozíkem se střelným prachem. Tehdy bylo usmrceno 5 lidí a budova byla srovnána se zemí. (Půlpán, 2014)

Dne 3. ledna 1988 došlo k další havárii, k požáru skladu s agrochemikáliemi v obci Kyjov-Boršov. Při tomto požáru nebyl nikdo usmrcen, ale toxickými zplodinami bylo přiotráveno 88 osob. Příčina požáru nebyla jednoznačně určena. Vyšetřovatelé se však přikláněli k verzi, že vznik požáru byl způsoben samovznícením přípravku NOVOZIR MN 80. (Bartlová, Pešák, 2003)

V roce 1996 došlo hned ke třem větším požárům – k požáru přečerpávací stanice rozpouštědel v Otrokovicích, k požáru výrobní haly v Berouně a k požáru tankoviště

v Litvínově. Největší z těchto požárů byl požár na tankovištích E a F rafinerie Česká rafinérská, a.s. Litvínov. Na těchto tankovištích se paliva, typu benzin Super, Speciál, Eurosport, Natural a letecký benzin, mísila, prováděla se jejich konečná úprava, skladovala a poté expedovala. (Bartlová, Pešák, 2003) Požár byl ohlášen po půlnoci, kdy došlo k prvnímu explozivnímu hoření plynů a par. Krátce poté následovaly výbuchy a rozšíření požáru po hladině hořícího paliva ve žlabech tunelu. Příslušníci hasičských záchranných sborů z celé ČR zdolávali požár celý týden, při zásahu byli navíc neustále ohrožováni možnými výbuchy a zplodinami hoření. V konečném důsledku si požár vyžádal na 36 zraněných hasičů, ti utrpěli různé popáleniny a nadýchali se toxických zplodin hoření. Co tehdy stálo za vznikem požáru, se nepodařilo zcela objasnit. Jako nejpravděpodobnější varianta se jevila havárie potrubní cesty, která zapříčinila únik benzínu pod vysokým tlakem, výboj statické elektřiny se poté postaral o iniciaci. (Bartlová, Pešák, 2003)

Následující havárie je specifická tím, že se jedná o kombinovanou mimořádnou událost, neboť v důsledku povodní došlo k úniku chlóru. Podnik Spolana v Neratovicích vlastnil dva sklady, ve kterých se nacházel zkapalněný chlór. První problém vyvstal v době, kdy začala povodeň kulminovat. Voda ve skladech vyzdvihla zásobníky s chlórem, tím došlo ke vzniku netěsností v jejich plášti a prvnímu úniku chlóru. Chlór unikal zpočátku pouze do prostorů skladů, po chvíli však pronikl i do ovzduší. Jedna z posádek jednotky HZS podniku si všimla postupujícího žlutého mraku, a tak ihned informovala operační středisko. Velitel zásahu vzápětí nařídil provést patřičná opatření (např. utěšňování otvorů, zkrápění místa), která měla zabránit dalšímu úniku chlóru. Tehdy bylo zjištěno, že většina množství chlóru unikla do vody, což mělo neblahý dopad na zdejší zemědělce a jejich úrodu. (Bartlová, Pešák, 2003)

V Semtíně se událo od roku 1984 ještě několik závažných havárií. K poslední tragické nehodě tam došlo v roce 2011, kdy byly usmrceny 4 osoby. Společností Explosia a.s., která se zabývala, a ještě dodnes zabývá, výrobou výbušných látek, otrásl 20. dubna výbuch. Nejpravděpodobnější příčinou exploze bylo dle vyšetřovatelů přehřátí, ke kterému došlo při nitraci glycerinu. V březnu roku 2012 však Český báňský úřad vydal závěr, že příčina výbuchu zůstává neobjasněna. (ČTK, 2011)

Poslední havárie byla zaznamenána 17. května 2016 v rafinérském výrobním závodě Kralupy nad Vltavou. V části chemického podniku, kde se vyrábí benzin a nafta, došlo na jednotce katalytického krakování k výbuchu. Tato exploze sice nepřinesla

žádné ztráty na životech, ale měla značný dopad na ekonomiku, neboť došlo k neplánovanému zastavení zpracování ropy. (UNIPETROL, a.s., 2016)

Ze světa z posledního desetiletí lze uvést například nehodu v Norsku v roce 2007, kde došlo k chemické explozi v jedné z nádrží na benzín a následnému zničení dalších nádrží, nebo nehodu v Bayamón v Puerto Ricu (ostrov patřící k USA), v roce 2009, při které došlo vlivem požáru a exploze k poškození 17 skladovacích nádrží a znečištění okolí (obr. 1). (CSB, 2010; Skjold, 2013; FACTS, 2017)



Obrázek 1: Zařízení CAPECO v Bayamón, zdroj: (CSB, 2010)

Podle statistik k haváriím docházelo, dochází a zřejmě i nadále docházet bude. V současné době se však počet těchto nehod snižuje, k čemuž přispěly sofistikovanější systémy řízení bezpečnosti. (Shirali, 2016)

Nutno podotknout, že havárie s únikem NL nemusí být spjaty pouze s průmyslovými podniky, může k nim docházet například i během přepravy NL. Na území ČR v průběhu pěti let zasahovaly JPO celkem u 28 498 havárií s únikem nebezpečných chemických látek (obr. 2). (Vonásek et al., 2016)



Obrázek 2: Počet havárií s únikem NCHL na území ČR, zdroj: (Vonásek et al., 2016)

1.2 Základní pojmy

Problematiku havarijní připravenosti v chemickém podniku s nebezpečnými látkami provází řada termínů, z nichž některé se používají i v rámci HP v jaderných zařízeních. Termíny, jež jsou následně specifikovány, se vzhledem k tématu diplomové práce vztahují pouze na objekty a zařízení, u nichž mohou NCHL a přípravky způsobit závažné havárie.

Mimořádná událost

Mimořádnou událostí (dále jen „MU“) se dle zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému rozumí škodlivé působení sil a jevů, které jsou vyvolané činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie ohrožující život, zdraví, majetek či životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací. (Zákon č. 239/2000 Sb.)

Závažná havárie

Závažná havárie je definována jako nežádoucí mimořádná, částečně anebo zcela neovladatelná, časově i prostorově ohraničená událost, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu zahrnujícím nebezpečnou látku a vede k ohrožení na životech a zdraví lidí, zvířat, životním prostředí nebo k újmě na majetku. (Zákon č. 224/2015 Sb.)

Havarijní plánování

Havarijní plánování je soubor činností, postupů a metod uskutečňovaných věcně příslušnými orgány a dotčenými právníckými nebo podnikajícími fyzickými osobami k plánování opatření za účelem provádění záchranných a likvidačních prací při vzniku MU. (HZS OIK., 2014)

Havarijní připravenost

Havarijní připravenost je souhrn činností zahrnujících plánování, organizování, zabezpečení potřebných sil a prostředků a provádění patřičných opatření s cílem omezit rozvoj a důsledky havárií. (Mašek et al., 2006)

Havarijní plán a typy havarijních plánů

Havarijní plán je dokument, v němž jsou uvedeny činnosti a opatření vedoucí ke zmírnění nebo odstranění následků MU nebo vzniklé havárie (MV - GŘ HZS ČR – havarijní plánování, 2016). V současné době se zpracovávají tři typy havarijních plánů, a to havarijní plán kraje, vnější havarijní plán a vnitřní havarijní plán (MV - GŘ HZS ČR – havarijní plánování, 2016).

Havarijní plán kraje je dle zákona č. 239/2000 Sb. zpracováván hasičským záchranným sborem kraje a je určen k provádění záchranných a likvidačních prací na území kraje a pro řešení MU, při nichž je vyhlášen třetí nebo zvláštní stupeň poplachu (Vyhláška č. 328/2001 Sb.).

Vnější havarijní plán se dle vyhlášky č. 328/2001 Sb. zpracovává pro jaderná zařízení, pracoviště IV. kategorie a pro objekty a zařízení, u nichž mohou nebezpečné chemické látky a přípravky způsobit závažné havárie. (Vyhláška č. 328/2001 Sb.)

Poslední typ havarijního plánu - vnitřní havarijní plán, v němž jsou stanovena opatření přijímaná uvnitř objektu při vzniku závažné havárie, se zpracovává pro jaderná zařízení nebo pracoviště s velmi významným zdrojem ionizujícího záření a pro objekty a zařízení, u nichž je možnost vzniku závažné havárie, a jsou zařazeny do skupiny „B“ podle zákona o prevenci závažných havárií (Kratochvílová et al., 2010).

Zóna havarijního plánování

Zóna havarijního plánování je dle zákona č. 224/2015 Sb. území stanovené příslušným KÚ v okolí objektu nebo zařízení, v němž se uplatňují požadavky ochrany

obyvatelstva a požadavky havarijního plánování formou vnějšího havarijního plánu (Zákon č. 224/2015 Sb.).

Zóna havarijního plánování se vymezuje jako plocha, která je ohraničena vnější hranicí. Vnější hranice musí být stanovena tak, aby byly zohledněny podmínky, které by mohly ovlivnit např. rozptýl nebezpečné látky, a aby nedělila jednotlivé domy nebo obytné celky (Vyhláška č. 226/2015 Sb.).

Nebezpečí

Nebezpečí má mnoho podob a mnoho definic. Směrnice Evropského parlamentu a Rady EU o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek definuje nebezpečí jako „*inherentní vlastnosti nebezpečné látky nebo fyzické situace s možností vzniku poškození lidského zdraví nebo životního prostředí*“ (Směrnice Evropského Parlamentu a Rady EU, 2012, s. 6, čl. 3).

Riziko

Riziko je pojem, jenž nemá doposud obecně uznávanou definici, ale lze jej charakterizovat jako jev, který vzniká s určitou pravděpodobností a přináší s sebou negativní dopady. Riziko bývá popisováno dvěma parametry, mírou neurčitosti a velikostí nebezpečnosti. (Bernatík, 2006)

Nebezpečná látka

Nebezpečnou látkou se dle zákona o prevenci závažných havárií rozumí vybraná chemická látka nebo směs, která vykazuje jednu nebo více nebezpečných vlastností (např. hořlavost, toxicitu, karcinogenost atd.). (MV - GŘ HZS ČR – nebezpečné látky, 2016)

Zařízení

Zařízením je technická nebo technologická jednotka, v níž se nebezpečná látka vyrábí, zpracovává, používá, přepravuje či skladuje, a která zahrnuje všechny části, jež jsou nezbytné pro provoz zařízení (např. stavební objekty, potrubí, skladovací tankoviště apod.). (Zákon č. 224/2015 Sb.)

Objekt

Objektem se rozumí celý prostor nebo soubor prostorů, ve kterém se nachází jedna či více nebezpečných látek v jednom nebo více zařízeních, které užívá buď právnická, nebo podnikající fyzická osoba. (Zákon č. 224/2015 Sb.)

1.3 Právní úprava

Průmysl, významné odvětví světového hospodářství, který se podílí na uspokojování lidských potřeb, s sebou přináší i řadu negativních projevů. Jedním z nich může být vznik závažné havárie. (Lees, Mannan, 2012) Země Evropské unie mají pro oblast závažných průmyslových havárií zpracované zákony a jiné právní předpisy, které stanovují postupy a povinnosti výrobců, provozovatelů, ale i správních orgánů (Bartlová, Pešák, 2003).

První směrnice Rady 82/501/EEC, tzv. SEVESO I direktiva, vznikla v roce 1982 jako reakce na havárii v Sevesu, kde došlo k úniku dioxinu. Jejím primárním cílem bylo sjednotit právní předpisy zabývající se prevencí a připraveností na závažné průmyslové havárie. V této směrnici byla stanovena oznamovací povinnost a povinnost zpracovat bezpečnostní studii, povinnost vypracovat havarijní plány, povinnost poskytovat informace a povinnost provádět kontroly. (Bartlová, Pešák, 2003)

V roce 1996 vznikla směrnice Rady 96/82/EC, tzv. SEVESO II direktiva, jejímž cílem bylo eliminovat nedostatky v SEVESU I (Bartlová, Pešák, 2003). Ve směrnici byl například upraven seznam nebezpečných látek a jejich kategorie, byl kladen větší důraz na kontrolní orgány i bezpečnostní management (Bartlová, Pešák, 2003). Tato směrnice později prošla ještě několika změnami, avšak v roce 2012 byla zrušena a nahrazena směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU, o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek.

Tyto směrnice však samy o sobě nebyly dostačující, a tak byl dán podnět ke vzniku dalších právních předpisů. V rámci Evropské legislativy byla vytvořena dvě stěžejní nařízení. Prvním z nich je tzv. REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals), jehož primárním cílem je zlepšit ochranu lidského zdraví a životního prostředí před riziky, která představují chemické látky a směsi, v době, kdy dochází k nárůstu konkurenčního soupeření mezi podniky chemického průmyslu v EU. (Nařízení č. 1907/2006; ECHA – Nařízení REACH a CLP, 2015) Druhým nařízením je nařízení CLP (Classification, Labelling and Packaging),

které vychází z globálně harmonizovaného systému Organizace spojených národů a zajišťuje, aby nebezpečnost dané chemické látky či směsi, byla pracovníkům i spotřebitelům v EU sdělována pomocí klasifikace a označení chemických látek. (Nařízení č. 1272/2008; ECHA - Nařízení REACH a CLP, 2015)

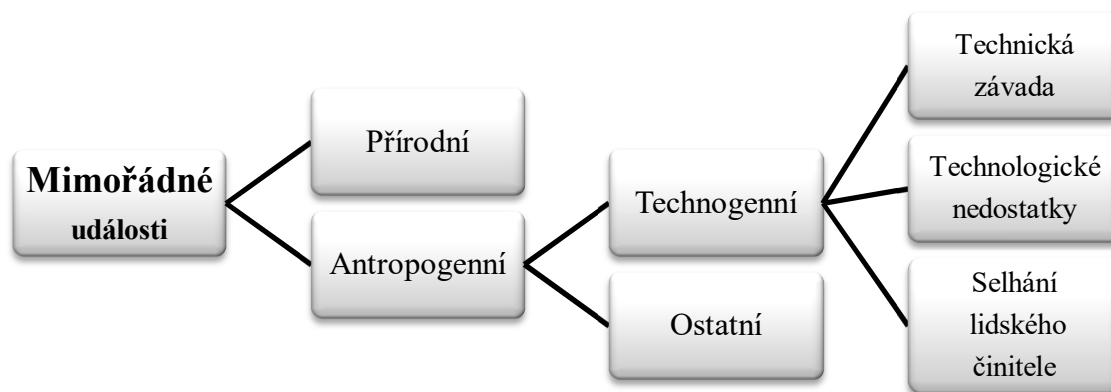
V České republice oblast prevence závažných havárií neodpovídala požadavkům na ochranu člověka až do roku 1999, kdy vstoupil v platnost první zákon týkající se oblasti prevence závažných havárií. V současné době se problematikou závažných havárií zabývá zákon č. 224/2015 Sb., v němž je vymezena působnost orgánů veřejné správy na úseku prevence závažných havárií a jsou zde stanoveny povinnosti právnických nebo podnikajících osob, které užívají objekt nebo zařízení, ve kterém je umístěna nebezpečná látka (Zákon č. 224/2015 Sb.).

Dalším velmi důležitým právním předpisem, který zapracovává příslušné předpisy EU, je zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů. Tento zákon upravuje správnou laboratorní praxi a působnost správních orgánů (Ministerstva životního prostředí, České inspekce životního prostředí atd.) při zajišťování ochrany před škodlivými účinky látek a směsí. (Zákon č. 350/2011 Sb.)

1.4 Klasifikace mimořádných událostí

Lidstvo bylo již od počátku své existence sužováno přírodními mimořádnými událostmi (např. suchem, sesuvy půdy atd.) vznikajícími působením přírodních sil. Postupem času a s rozvojem pokroku začal vzrůstat i počet antropogenních mimořádných událostí, které jsou důsledkem civilizačních aktivit. (Bartlová, Pešák, 2003)

Mimořádné události lze tedy rozdělit podle příčiny vzniku do dvou základních kategorií, na přírodní a antropogenní (obr. 3). Výjimku představují kombinované mimořádné události, které spadají zároveň do obou kategorií. (Bartlová, Pešák, 2003)



Obrázek 3: Schéma rozdělení MU, zdroj: (Bartlová, Pešák, 2003)

1.4.1 Antropogenní mimořádné události

Příčinou vzniku antropogenní mimořádné události bývá nejčastěji technická závada (např. konstrukční nedostatky, koroze apod.), technologický nedostatek (např. neadekvátní bezpečnostní a jisticí prvek) nebo selhání lidského činitele (např. nedostatečná kvalifikace personálu, stres atd.). Důkazem těchto selhání je nejedna katastrofa, která se udála, ať už ve světě (př. Bhópálská katastrofa) nebo České republice (např. Záluží). (Bartlová, 2008)

Při průmyslových haváriích dochází nejčastěji k úniku toxických plynů, úniku toxických kapalin, k výbuchům, požárům i rozsáhlým poruchám. (Lees, Mannan, 2012) Únik toxických plynů bývá ve většině případů zapříčiněn poruchami zařízení nebo odchylkami od technologického procesu. K úniku toxických kapalin dochází při výrobě nebo během přepravy, což je nebezpečné zejména pro zdraví lidí a životní prostředí. Smísí-li se výbušná směs plynů nebo par hořlavých kapalin se vzduchem a dojde k iniciaci, vzniká výbuch. Výbuch mívá krátkou dobu trvání, avšak jeho účinky bývají destruktivní. (Bartlová, Pešák, 2003) Požár má naopak delší dobu trvání a k jeho vzniku dochází při neopatrné manipulaci s otevřeným ohněm v přítomnosti hořlavého materiálu, zkratem, samovznícením látek, při prudkých chemických reakcích apod. (Bartlová, Pešák, 2003). Mezi největší zdroje závažných požárů patří hořlavé látky a jejich sklady, čerpací stanice, sklady plastických hmot a sklady pesticidů (Bartlová, Pešák, 2003).

1.5 *Nebezpečné látky*

Nebezpečné látky se dnes staly již neodmyslitelnou součástí našeho života, a proto je důležité se jimi zabývat. Obzvláště při jejich výrobě, používání, skladování či přepravě.

Předcházet únikům, požárům či výbuchům při manipulaci s nebezpečnými látkami lze jen za předpokladu, že známe charakteristiku a vlastnosti dané nebezpečné látky. Při úniku, požáru i výbuchu je chování látek charakterizováno fyzikálně-chemickými vlastnostmi a technicko-bezpečnostními parametry. (Bartlová, 2005)

Fyzikálně-chemické vlastnosti

Fyzikálně-chemické vlastnosti charakterizují danou látku pomocí konstant. Do těchto vlastností náleží například:

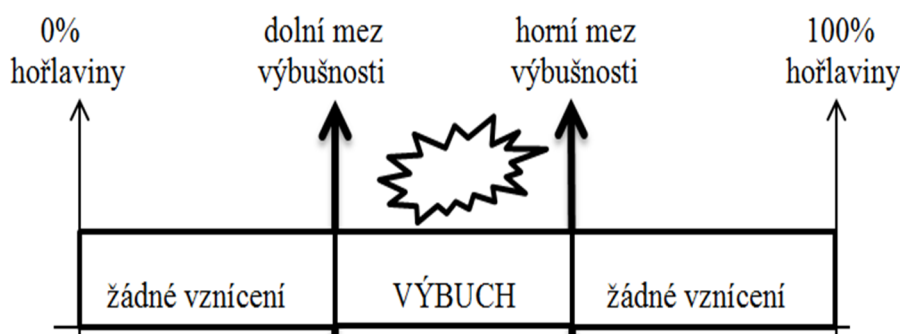
- **molekulová hmotnost** (M), jež je u každého prvku uvedena v periodické tabulce, a jedná se o poměr látky o hmotnosti m a jejím látkovém množství; pomocí této veličiny lze například stanovit chování par v prostoru, tzn., jsou-li páry lehčí nebo těžší než vzduch (Bartlová, 2005),
- **tlak nasycených par** neboli tenze nasycených par, je maximální množství par, které se může za určitých podmínek vytvořit nad povrchem látky; z tohoto tlaku lze vypočítat koncentraci plynné hořlavé složky (Bartlová, 2005),
- **teplota varu**, což je teplota, při níž je tlak okolního prostředí roven tlaku nasycených par; čím nižší je teplota varu hořlavé kapaliny, tím je pravděpodobnější, že dojde ke vzniku výbušné směsi (Bartlová, 2005),
- **rozpustnost**, schopnost látky rozpouštět se, má význam zejména při stanovení chemické látky a volbě hasební látky (Bartlová, 2005),
- **toxicita**, jež udává míru vlivu jedovaté látky působící na živý organizmus
- **viskozita** atd.

Technicko-bezpečnostní parametry

Technicko-bezpečnostní parametry jsou zařité hodnoty, jež jsou závislé na řadě faktorů.

Mezi tyto parametry patří například:

- **teplota hoření**, což je nejnižší teplota hořlavé látky, při níž se vyvine tolik hořlavých par, které se při přiblížení iniciačního zdroje vznítí a samy dále hoří nejméně 5 sekund (Růžička, 1999),
- **teplota vzplanutí**, kterou se rozumí nejnižší teplota, při níž jsou hořlavou látkou vyvinuty hořlavé páry, které při krátkodobém přiblížení otevřeného plaménku ve směsi se vzduchem krátce vzplanou a uhasnou (Růžička, 1999),
- **teplota vznícení**, což je nejnižší teplota, při níž dojde za stanovených podmínek, bez jakékoli iniciace, ke vznícení hořlavé látky ve směsi se vzduchem (Růžička, 1999); teplota vznícení u látek běžně používaných v průmyslu se pohybuje již od 100 °C (Bartlová, 2005),
- **koncentrační mez výbušnosti**, kterou se rozumí hranice, jež udává rozmezí koncentrace hořlavé látky, ve kterém směr po iniciaci hoří nebo vybuchuje; mezní koncentrace (obr. 4) bývají označovány jako dolní (nejnižší koncentrace hořlaviny) a horní (nejvyšší koncentrace hořlaviny) mez výbušnosti (Růžička, 1999; Bartlová, 2005),
- **minimální iniciační energie**, což je nejmenší energie jiskry, jež je schopna spolu s oxidačním prostředkem zapálit směs hořlavého plynu či páry (Bartlová, 2005),
- **rychlost odhořívání**, jedná se o hodnotu, která je závislá zejména na chemických vlastnostech látky (Bartlová, 2005),
- **rychlost šíření plamene** (vyšší než rychlost odhořívání) atd.



Obrázek 4: Meze výbušnosti, zdroj: (Balog et al., 2007)

1.5.1 Klasifikace nebezpečných látek

Klasifikací látky (směsi) se rozumí zhodnocení nebezpečnosti látky (směsi), jejímž výsledkem je přidělení třídy a kategorie nebezpečnosti nebezpečné látky. Nařízení č. 1272/2008, jehož cílem je sjednotit kritéria pro klasifikaci a označování látek a směsí, definuje celkem 28 tříd nebezpečnosti - 16 tříd fyzikální nebezpečnosti, 10 tříd nebezpečnosti pro zdraví, 1 třídu nebezpečnosti pro životní prostředí a 1 třídu představuje dodatečná nebezpečnost. V rámci každé třídy nebezpečnosti se následně podle určitých kritérií určí kategorie nebezpečnosti, u kterých platí, že čím nižší číslo kategorie, tím vyšší nebezpečné vlastnosti. (Nařízení č. 1272/2008)

Dříve byly směsi klasifikovány na základě podmínek stanovených chemickým zákonem, konkrétně dle vyhlášky č. 402/2011 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností chemických látek a chemických směsí a balení a označování nebezpečných chemických směsí. V této vyhlášce se chemické látky a směsi rozdělovaly do následujících kategorií určujících jejich nebezpečné vlastnosti: výbušné (zkratka E), oxidující (zkratka O), hořlavé (zkratka R10), vysoce hořlavé (zkratka F), extrémně hořlavé (zkratka F+), toxické (zkratka T), vysoce toxické (zkratka T+), zdraví škodlivé (zkratka Xn), žíravé (zkratka C), dráždivé (zkratka Xi), senzibilizující (zkratka R42 nebo R43), karcinogenní (zkratka Carc. Cat 1, 2 nebo 3), mutagenní (zkratka Muta. Cat. 1, 2 nebo 3), toxické pro reprodukci (zkratka Repr. Cat. 1, 2 nebo 3), nebezpečné pro životní prostředí (zkratka N nebo R52 nebo R53). (Vyhláška č. 402/2011 Sb.) Tato vyhláška však byla v roce 2015 zrušena a nyní je klasifikace nebezpečných chemických látek dána nařízením CLP.

Dle zákona o prevenci závažných havárií jsou NL v souladu s nařízením CLP rozděleny do tříd nebezpečnosti takto:

- nebezpečnost pro zdraví
 - akutní toxicita (= nepříznivé účinky, ke kterým dochází po orální nebo dermální aplikaci jedné či vícenásobné dávky látky během 24 hodin nebo po inhalační expozici po dobu 4 hodin)
 - toxicita pro specifické cílové orgány – jednorázová expozice (= specifická neletální toxicita, která má závažné účinky na zdraví a funkci orgánů)
- fyzikální nebezpečnost

- výbušniny (= výbušná látka, která je sama o sobě schopna chemickou reakcí vytvořit plyn takové teploty, tlaku a rychlosti, které mohou poškodit okolí),
- hořlavé plyny (= plyn či plynná směs, jež tvoří se vzduchem rozmezí hořlavosti při teplotě 20 °C a standardním tlaku 101,3 kPa),
- hořlavé aerosoly (= nádoby, které se nedají opětovně naplnit a obsahují stlačený, zkapalněný nebo rozpuštěný plyn pod tlakem nebo kapalinu, pastu či prášek)
- oxidující plyny (= plyny, jež jsou schopné poskytováním kyslíku způsobit nebo podpořit hoření jiných látek účinněji než vzduch),
- hořlavé kapaliny (= kapalina, která má bod vzplanutí nejvýše do 60 °C)
- samovolně reagující látky a směsi (= teplotně nestálé tuhé či kapalné látky, jež jsou náchylné k silně exotermickému rozkladu i bez přístupu kyslíku) a organické peroxidy (= organická látka, která obsahuje dvojmocnou skupinu -O-O-, je teplotně nestálá a je schopna se samourychlením exotermicky rozložit)
- samozápalné kapaliny a tuhé látky (= kapalná nebo tuhá látka, která se při styku se vzduchem i v malém množství zapálí do 5 minut)
- oxidující kapaliny a tuhé látky (= kapalina nebo tuhá látka, která sama o sobě nemusí být vznětlivá, ale může poskytováním kyslíku způsobit či podpořit hoření jiných látek)
- nebezpečnost pro životní prostředí
 - nebezpečnost pro vodní prostředí (akutní toxicita pro vodní prostředí – vnitřní schopnost látky vyvolat nepříznivé účinky na vodní organismy po krátkodobé expozici, chronická toxicita pro vodní prostředí – schopnost látky vyvolat negativní účinky na vodní organismy během expozic, jež jsou dány životním cyklem organismu)
- jiná nebezpečnost. (Nařízení č. 1272/2008)

1.5.2 Označování, identifikace a přeprava nebezpečných chemických látek a směsí

K dosažení co největší bezpečnosti při manipulaci s NCHL je třeba látky správně identifikovat, označit a stanovit pokyny pro bezpečné zacházení. Povinnost klasifikovat, označovat a balit NCHL před uvedením na trh přísluší výrobcí, dovozci, výrobcí

specifických předmětů, následnému uživateli a distributorovi. Následný uživatel a distributor však mohou klasifikaci převzít od některého účastníka dodavatelského řetězce, který ji již odvodil, např. z bezpečnostního listu. (ECHA – Úvodní pokyny k nařízení CLP, 2015)

Označování a identifikace NCHL a směsí

NCHL jsou nejčastěji identifikovány pomocí názvu (např. podle IUPAC - Mezinárodní unie pro čistou a užitnou chemii), čísla CAS, čísla ES a indexového čísla.

Registrační číslo CAS (Chemical Abstracts Service) je údaj, který slouží pro lepší identifikaci chemických látek. Toto číslo se sestává ze tří zón oddělených pomlčkami, tzn. xxxxx-xx-x (x představuje jakékoli číslo), z nichž první má proměnný počet číslic, následující má vždy dvě číslice a poslední zóna obsahuje jednu číslici, tzv. kontrolní. (American Chemical Society, 2017)

Číslo ES (registrační číslo Evropských společenství) je sedmimístné číslo ve tvaru xxx-xxx-x, které se nachází buď v Evropském seznamu existujících obchodovaných látek (EINECS) nebo v Evropském seznamu oznámených chemických látek (ELINCS). Číslo EINECS začíná od 200-001-08 (první číslo je vždy buď 2, nebo 3), zatímco číslo ELINCS od 400-010-9. (Bernatík, 2006; ECHA – Úvodní pokyny k nařízení CLP, 2015)

V případě indexového čísla se jedná o číselný kód, který má tvar ABC-RST-VW-Y, kde ABC značí buď atomové číslo chemického prvku, jež nejvíce charakterizuje danou látku, nebo číslo třídy organických látek, RST je pořadové číslo látky, VW označuje formu, v níž je CHL vyráběna nebo uváděna na trh a Y představuje kontrolní číslo látky. (Bartlová, 2005)

Dle nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1272/2008 musí být nebezpečná látka nebo směs označena štítkem, na němž jsou uvedeny následující údaje:

- jméno, popř. název, adresa a telefonní číslo dodavatele látky (směsi)
- identifikátory výrobku neboli údaje, které umožňují identifikaci látky nebo směsi (např. chemický název dané látky, číslo CAS nebo název podle názvosloví IUPAC)
- jmenovité množství látky či směsi v balení, není-li toto množství uvedeno jinde

- podle potřeby výstražné symboly nebezpečnosti, jež sdělují specifické informace o druhu nebezpečí (mají tvar čtverce postaveného na vrchol, v němž je černý znak na bílém podkladu orámovaný červeným rámečkem; přehled výstražných symbolů je uveden v příloze A)
- podle potřeby standardní věty o nebezpečnosti – „H-věty“, které upozorňují na nebezpečné vlastnosti související s používáním chemické látky nebo směsi (sestavují se z písmene „H“ a tří číslic, kde první číslice označuje typ nebezpečnosti, a zbylé dvě číslice odpovídají pořadovému číslu nebezpečnosti v posloupnosti)
- podle potřeby signální slova, která jsou používána k označení míry závažnosti („varování“, „nebezpečí“)
- podle potřeby pokyny pro bezpečné nakládání s NCHL – „P-věty“
- podle potřeby doplňkové informace (EUH věty). (Nařízení č. 1272/2008; Lacina et al., 2013)

Štítky se připevňují pevně k jedné nebo více stranám obalu obsahujícího látku či směs tak, aby se údaje četly vodorovně, je-li balení uloženo v obvyklé poloze. Rozměry štítků jsou stanoveny v závislosti na objemu obalu. Výstražné symboly nebezpečnosti, signální slovo, standardní věty o nebezpečnosti a pokyny pro bezpečné zacházení musí být viditelné, snadno čitelné a na štítku musí být umístěny společně. Informace na štítku, není-li stanoveno jinak, jsou uvedeny v úředním jazyce členského státu, v němž je látka uváděna na trh. (Nařízení č. 1272/2008) Vzor štítku podle nařízení CLP je uveden v příloze A.

Výjimky a odchylky od požadavků na označování se vztahují na lahve na přepravu plynů, nádoby na plyny určené pro propan, butan nebo zkapalněný ropný plyn, aerosoly a nádoby vybavené rozprašovačem obsahujícím látky či směsi klasifikované jako zdraví nebezpečné při vdechnutí, na kovy v celistvé formě, slitiny, směsi obsahující polymery a směsi obsahující elastomery, výbušniny uváděné na trh pro získání výbušného nebo pyrotechnického účinku a na látky nebo směsi klasifikované jako korozivní pro kovy, které nejsou žíravé pro kůži ani pro oči. (Nařízení č. 1272/2008)

Přeprava NCHL a směsí

Přeprava NCHL s sebou přináší mnoho rizik, která je potřeba určitým způsobem usměrňovat. Za tímto účelem byly vytvořeny předpisy mezinárodního i vnitrostátního charakteru týkající se silniční, železniční, lodní a letecké přepravy. V rámci mezinárodní přepravy platí Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR), Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (RID), Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách (ADN), mezinárodní předpis pro námořní přepravu nebezpečných věcí (IMDG-CODE) a mezinárodní předpisy pro leteckou přepravu nebezpečných věcí (IATA-DGR, ICAO). (COBRO, 2016; Kokeš, 2011)

V ČR patří mezi nejvyužívanější způsob přepravy NCHL přeprava silniční a železniční. V rámci přepravy jsou nebezpečné látky v dohodě ADR i řádu RID na základě hlavního nebezpečí rozříděny do tříd. V jednotlivých třídách se NL ještě dále člení do podtříd dle dalších nebezpečných vlastností a do skupin podle stupně nebezpečnosti. (Bartlová, 2005)

O nebezpečí převáženého nákladu informují bezpečnostní značky a identifikační výstražné tabule, které jsou zpravidla umístěné na předním i zadním čele vozidla (obr. 5). Převáží-li vozidlo více nebezpečných látek, musí být označeno na přední i zadní straně výstražnou tabulí a na boku každé z komor cisterny výstražnou identifikační tabulí a bezpečnostní značkou pro označení a identifikaci konkrétní látky v komoře (obr. 6). (Bartlová, 2005)



Obrázek 5: Přeprava jednoho druhu NL, zdroj: (Bartlová, Šenovský, 2006)



Obrázek 6: Přeprava více druhů NL, zdroj: (Hlušička, 2009)

Výstražné tabule mající černý lem a oranžovou barvu jsou ve tvaru obdélníka o rozměrech 40x30 cm. Výstražná identifikační tabule bývá rozdělena na dvě části, na horní polovinu, kde se nachází identifikační číslo nebezpečnosti (tzv. Kemlerův kód) a dolní polovinu, kde je identifikační číslo látky (UN-kód). (Rogowski, 2012) Kemler kód, který umožňuje rychle určit nebezpečí v případě havárie nebezpečných látek, je definován jako dvoj- nebo trojmístná kombinace znaků (číslic). První číslice vyjadřuje hlavní nebezpečí látky, druhá a třetí číslice označuje nebezpečí vedlejší neboli dodatečné. Pokud jsou čísla zdvojená (např. 66), jedná se o zvýšení hlavního nebezpečí. V některých případech může být kombinace číslic ještě doplněna písmenem X, které upozorňuje na to, že látka nesmí přijít do styku s vodou. UN-kód je čtyřmístný číselný kód, který se používá pro rychlou identifikaci nebezpečných látek. (Balog et al., 2007)

Bezpečnostní značka s piktogramem znázorňujícím nebezpečnost látky dle ADR musí mít tvar čtverce postaveného na vrchol pod úhlem 45°. Značky mají různou barvu podle třídy nebezpečnosti, je však stanoveno, že v horní polovině bezpečnostní značky musí mít vnitřní čára stejnou barvu jako symbol a v dolní polovině má stejnou barvu jako číslo třídy či podtřídy v dolním rohu. (ECHA – Úvodní pokyny k nařízení CLP, 2015)

1.5.3 Faktory ovlivňující šíření nebezpečných chemických látek

Ničivý účinek nebezpečných chemických látek na osoby, zvířata, majetek či životní prostředí je ovlivněn celou řadou faktorů. Na únik a následné šíření NCHL mají vliv zejména fyzikálně-chemické vlastnosti látky, množství látky, rychlost úniku do ovzduší, meteorologické podmínky a členitost terénu. (Lacina et al., 2013)

Vliv fyzikálně-chemických vlastností na šíření NL

Mezi fyzikálně-chemické vlastnosti lze zařadit například teplotu varu, na níž do určité míry závisí, jak bude nebezpečná látka uváděna do ovzduší, měrné teplo, které ovlivňuje rychlost a hmotnost výronu a odparu nebezpečné látky nebo například molekulovou hmotnost, podle níž lze určit, zda se látka bude šířit při zemi nebo bude stoupat vzhůru. (Lacina et al., 2013)

Vliv meteorologických podmínek na šíření NL

Mezi meteorologické podmínky, které značným způsobem ovlivňují rozptyl nebezpečných látek v atmosféře, patří:

- atmosférická difuze,
- vertikální teplotní gradient, vertikální gradient rychlosti větru,
- teplota povrchu půdy a teplotní zvrstvení atmosféry v její přízemní vrstvě, která sahá od zemského povrchu až do několika desítek metrů,
- rychlost a směr větru,
- atmosférické srážky, vlhkost. (Florus, 2007; Roman, 2014)

Atmosférická difuze

Nebezpečné chemické látky se mohou v atmosféře šířit molekulárním i turbulentním prouděním (difuzí). Molekulární difuze způsobená chaotickým pohybem, má však na šíření nebezpečné látky zanedbatelný vliv. Turbulentní difuze neboli atmosférická difuze, jejíž intenzita je proměnlivá, vzniká v důsledku mechanických (při tření masy vzduchu o terén), dynamických (změna směru a rychlosti větru) a termických sil (teplotní zvrstvení atmosféry). (Skřehot, 2008) Dojde-li k turbulenci, je okolní vzduch vtahován do vzdušného prostředí a pohyb vzduchových částic připomíná pohyb víru. Podle jeho velikosti lze rozlišit tzv. mikroturbulenci, která přispívá k homogenitě a stabilitě škodlivého mraku, a tzv. makroturbulenci, při které se mrak pomocí náhlých nárazů větru může rozdělit na několik částí a rozptýlit tak nahromaděnou plynnou směs do více oblastí. (Roman, 2014; Florus, 2007)

Vertikální teplotní gradient

Vertikální teplotní gradient je definován jako změna teploty vzduchu na jednotku výšky. Jeho průměrná hodnota, která se mění v závislosti na denní a roční době, poloze místa a nadmořské výšce, je 0,65 °C na 100 m. (Ruda, 2016)

Změny v teplotním vertikálním gradientu jsou charakterizovány třemi základními stavy – inverzí, izotermií a konvekcí. Inverze, při níž je spodní vrstva vzduchu chladnější než vrstva vrchní, vzniká nejčastěji za jasných bezvětrných nocí. Dojde-li při inverzi k úniku NL, udržují se nejvyšší koncentrace v přízemní vrstvě atmosféry a zamoření vzduchu v těchto podmínkách trvá delší dobu. (Roman, 2014; Hrušková 2010) Izotermie je jev, při němž se teplota s výškou nemění. Tento jev vzniká především v ranních a večerních hodinách při vyšší oblačnosti. Vertikální pohyby bývají v atmosféře brzděny, čímž dochází k pomalému rozptylu plynů a par. Konvekce, tvořící se za jasných letních dnů, vzniká následkem horizontální teplotní nehomogenity v atmosféře. Těsně nad zemským povrchem je ohříván vzduch, který rychle stoupá vzhůru. Na jeho místo proudí chladnější vzduch z vyšších vrstev, čímž dochází k cirkulaci a nebezpečné látky jsou odváděny od zemského povrchu. (Florus, 2007; Roman, 2014; Ruda, 2016)

Teplotní zvrstvení atmosféry

Teplotní zvrstvení atmosféry ovlivňuje hloubku plošného rozšiřování oblaku nebezpečných látek a účinnost jejich působení na osoby, jež se vyskytují v různých vzdálenostech od zdroje kontaminace. (Roman, 2014) Při charakteristice teplotního zvrstvení se používá nejen Pasquillova klasifikace (tabulka 1), ale uvádějí se i třídy stability ovzduší podle Bubníka a Koldovského. Rozdíl mezi těmito klasifikacemi spočívá v počtu tříd a charakteristice stability ovzduší. V rámci praktických aplikací se využívá konverze tříd stability podle Bubníka a Koldovského do tříd stability podle Pasquilla důležitých pro modelování následků úniku nebezpečných látek. (Bernatík, 2006) Třídy stability 1 a 2 podle Bubníka a Koldovského reprezentují třídu stability F podle Pasquillova klasifikace, třídy 3 a 4 reprezentují třídu stability D a třída 5 reprezentuje třídu B. Při modelování následků úniku NL se pracuje zejména s třídami B, D, E a F. (Bernatík, 2006)

Tabulka 1: Třídy stability atmosféry

Třídy stability podle PASQUILLA		Třídy stability podle BUBNÍKA a KOLDOVSKÉHO	
Třída stability	Název	Třída stability	Název
A	velmi nestabilní podmínky (konvekce)	I	velmi stabilní (silná inverze, velmi špatné rozptylové podmínky)
B	středně nestabilní podmínky	II	stabilní (běžná inverze, špatné rozptylové podmínky)
C	lehce nestabilní podmínky	III	izotermní (slabá inverze, mírně zhoršené rozptylové podmínky)
D	neutrální podmínky (izotermie)	IV	normální (běžné rozptylové podmínky)
E	stabilní podmínky (nejčastěji v noci)	V	konvektivní (labilní teplotní zvrstvení, rychlý rozptyl škodlivin)
F	velmi stabilní podmínky (inverze)		

Zdroj: (Bernatík, 2006; Keder, Macoun, 2017)

Vliv rychlosti a směru proudění větru

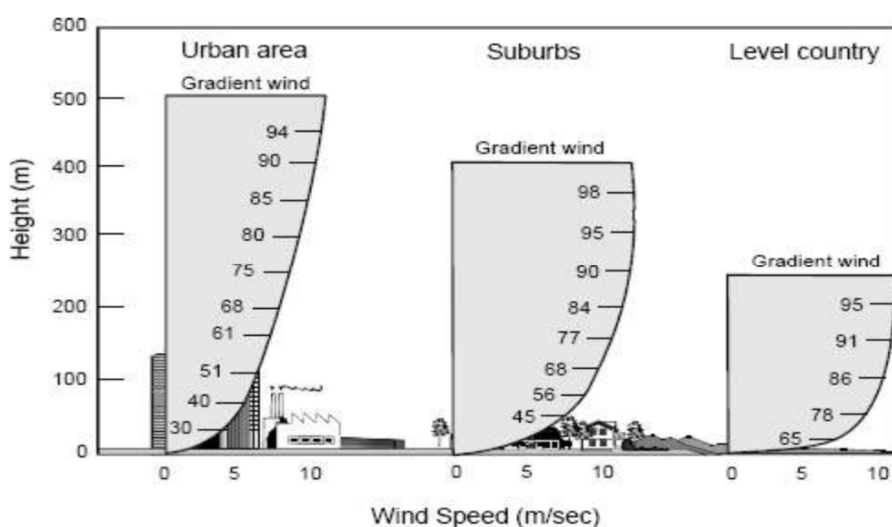
Dalším meteorologickým faktorem, který se podílí na šíření nebezpečných látek, je rychlost a směr větru. Rychlost větru působí jako protichůdný činitel, tzn., že zvýší-li se rychlost větru, dochází nejen ke snížení vlnosku NL nad zdrojem havárie, ale také k urychlení zředování látky v horizontálním směru. Pokud bude naopak rychlost větru nižší, tak kontaminovaný oblak bude stabilnější a dostane se do větší vzdálenosti. (Florus, 2007; Hrušková, 2012; Roman, 2014)

Směr větru, který je ovlivňován převýšením terénu a charakterem stavby, se určuje podle světové strany, odkud vítr vane nebo podle úhlových stupňů. (Florus, 2007; Roman, 2014)

Na popisování šíření nebezpečných látek v ovzduší existuje celá řada modelů, ale většina z nich je schopna pracovat pouze s jedním zadáním rychlosti větru a jeho směru. V reálné situaci však jedno zadání nestačí, neboť rychlost i směr větru je proměnlivou a nestabilní veličinou. (Florus, 2007; Roman, 2014)

Vertikální gradient rychlosti větru

Vertikální gradient rychlosti větru (vertikální profil větru) je rozdělení rychlosti větru v atmosféře s výškou. Vertikální profil větru je závislý na řadě faktorů, z nichž nejdůležitější je velikost vertikálního teplotního gradientu a členitost zemského povrchu (obr. 7). (Ministry for the Environment, 2017)



Obrázek 7: Vertikální profil rychlosti větru, zdroj: (Ministry for the Environment, 2017)

Atmosférické srážky

Atmosférické srážky, zejména silný dlouhotrvající déšť, zvyšuje v ovzduší mechanické promíchávání, což způsobuje snižování koncentrace NL v oblaku zamořeného vzduchu. Nebezpečné látky se při srážkách vymývají z atmosféry a tím dochází k zmenšení hloubky šíření oblaku. (Florus, 2007; Roman, 2014)

Vliv terénu

Jedním z dalších parametrů, který se uplatňuje při rozptylu NL v atmosféře, je charakter terénu. Charakter terénu, především drsnost jeho povrchu, má vliv na šíření NL těžších než vzduch. V rovinném terénu bez překážek je hloubka zamoření nebezpečnými látkami větší než v terénu s překážkami. (Skřehot, 2008; Roman, 2014)

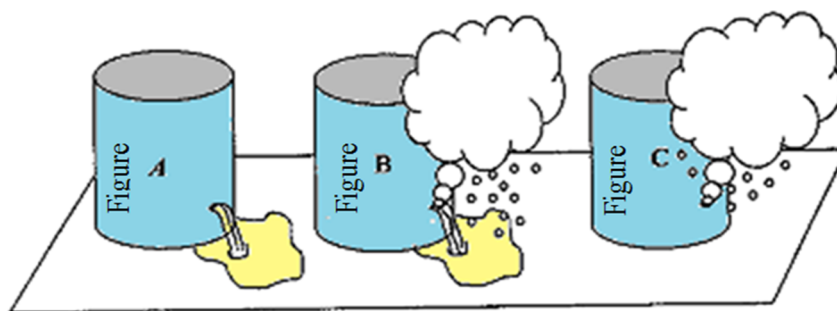
Nacházejí-li se v terénu v řadě za sebou hřebeny a kopce, dochází pomocí vzdušného proudění k rozptylování škodlivin. V případě lesního porostu

se kontaminovaný vzduch převážně přejeje nad vrcholky stromů a zbylá část postupně proniká do lesa, kde pomalu dochází ke snižování koncentrace NL. (Florus, 2007) Na sídlištích, kde často dochází k roztrhání kontaminovaného oblaka na několik částí, je to s pohyby vzduchu komplikovanější. Pokud jsou ulice shodně orientované se směrem větru, nekladou větru žádnou překážku. Jinak tomu je v případě šikmých ulic, které způsobují odklon pohybu vzduchu od převládajícího směru. (Roman, 2014; Skřehot, 2008)

1.5.4 Modely úniku nebezpečných látek

Únik nebezpečných látek ze zařízení je závislý na řadě faktorů, které zohledňují různé fyzikální modely. Zvolení vhodného modelu závisí především na podmínkách úniku a na fázi látky, tzn., zda se jedná o únik v kapalně, plynné nebo dvoufázové formě. (Skřehot, Říman, 2007) Jedná-li se o únik v kapalně fázi, dochází k výtoku kapaliny a tvorbě kaluže (obr. 8, figure A), popřípadě k tvorbě kaluže a jejímu odparu do oblaku (obr. 8, figure B); dojde-li k úniku v plynné fázi, vytváří se oblak plynů (par), který může být lehčí nebo těžší než vzduch (obr. 8, figure C). (AICHE, 2006)

Při modelování úniku jsou jako vstupy brány podmínky vně i uvnitř zařízení (např. teplota, tlak) a charakteristika dané látky. Tato potřebná data se získávají z provozních podmínek zařízení a z úvah spojených se scénářem možné nehody. Výstupem modelů jsou následně charakteristiky, jež zahrnují formu unikající NL, dobu trvání úniku a vyteklé množství NL nebo hmotnostní rychlost úniku. V praxi se nejvíce využívají modely, které popisují únik plynu ze zařízení, nebo jeho přestup z kapalně fáze do plynné (jedná se o kontinuální laminární/turbulentní únik plynu, jednorázový únik plynu, únik kapaliny následovaný okamžitým varem, odpařování kaluže). (Skřehot, Říman, 2007)



Obrázek 8: Únik NL ze zařízení (např. zásobníku), zdroj: (AICHE, 2006)

1.5.5 Charakteristika vybrané NL - benzínu

S rozvojem automobilového průmyslu vzrůstá spotřeba paliv pro motorová vozidla. Jedním z druhů paliv je automobilový benzín, který se smí používat pouze v souladu s právními předpisy a příslušnými normami, neboť může vykazovat řadu nebezpečných vlastností. (Matějovský, 2004)

Charakteristika automobilového benzínu

Automobilový benzín, směs převážně ropných uhlovodíků, je extrémně hořlavá kapalina s charakteristickým zápachem. (MD - DOK, 2017) V důsledku rychlé exotermické reakce mohou páry této kapaliny se vzduchem vytvářet výbušné směsi. (Zhang et al., 2015) Dolní hranice výbušnosti je stanovena na 0,6 % a horní hranice na 8,0 %. Benzín, jehož bod varu se pohybuje v rozmezí od 30 až do 210 °C, je téměř nerozpustný ve vodě. (HZS JmK., 2016)

Věty o nebezpečnosti

Automobilový benzín představuje značné nebezpečí nejen pro lidské zdraví, ale i pro životní prostředí. Toto riziko je podle nařízení CLP vyjádřeno následujícími větami o nebezpečnosti: větou H224 (extrémně hořlavá kapalina a páry), H304 (látka při požití a vniknutí do dýchacích cest může způsobit smrt), H315 (látka dráždí kůži), H336 (může způsobit ospalost nebo závratě), H340 (látka může vyvolat genetické poškození), H350 (látka může vyvolat rakovinu), H361 (podezření na poškození reprodukční schopnosti nebo plodu v těle matky) a větou H411 (látka je toxická pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky). (ECHA – Information on Chemicals, 2016)

Nebezpečí při požáru a výbuchu

Tato NL se velmi snadno vznítí vlivem tepla, otevřeného ohně nebo jisker. Při požáru dochází k hustému kouři a vznikají toxické zplodiny hoření, např. oxid uhelnatý (CO), který se váže na hemoglobin a je sám výbušný, oxid uhličitý (CO₂), popř. oxidy síry či sirovodíku. Vdechování těchto produktů může vést k vážnému poškození zdraví. (MD - DOK, 2017; HZS JmK., 2016) Na hašení požáru benzínu je vhodné použít pěnu, vodní mlhu, CO₂, písek nebo zeminu. Nevhodné je používat plný proud vody, jelikož může způsobit rozstříknutí a šíření požáru. (HZS JmK., 2016)

Nehody spojené s výbuchem benzínových par často vedou ke zranění či usmrcení osob, k destrukci zařízení a narušení průmyslových procesů a k znečištění životního prostředí. (Qi et al., 2017)

První pomoc

Inhalace par může způsobit bolesti hlavy, nevolnost i zvracení, a proto je nezbytné postiženého vyvést na čerstvý vzduch. Pokud postižený nedýchá je potřeba zabezpečit volné dýchací cesty, uložit postiženého do stabilizované polohy a následně provést umělé dýchání a masáž srdce. (MD - DOK, 2017; HZS JmK., 2016) Při požití je nutné postiženému vypláchnout ústa vodou. Dojde-li k zasažení očí, je nezbytné je vyplachovat vodou po dobu minimálně 20 minut. V případě potřísnění pokožky se nejprve bezpečně odstraní kontaminovaný oděv a obuv. Postižené místo se následně umyje vodou a mýdlem. (MD - DOK, 2017; HZS JmK., 2016)

Vždy je nutné přivolat rychlou lékařskou pomoc a dbát na nezbytná opatření pro svou vlastní ochranu. (HZS JmK., 2016)

Historie benzínu v Kralupech nad Vltavou

V roce 1975 byla uvedena v Kralupech nad Vltavou do provozu rafinérie na zpracování ropy s plánovanou kapacitou přes 3 miliony tun ročně. Vybudovaný závod s moderním technologickým vybavením zajišťoval kvalitní výrobu motorové nafty i autobenzínů, čímž se dostal do čela tuzemských rafinérií. (Holub et al., 2005) Během tehdejší doby nedošlo v rafinérii k žádné mimořádně závažné havárii, jež by vedla ke značným ekologickým či ekonomickým škodám. Přesto v roce 1977 došlo k zahájení programu „stay-in-business“, který se zaměřoval na zvýšení provozní spolehlivosti, instalování dvojitého těsnění zásobníků, ochranu životního prostředí a zdraví pracovníků. Základy tohoto programu v Kralupské rafinérii, jež dnes spadá pod UNIPETROL RPA, s.r.o., fungují dodnes. (Holub et al., 2005)

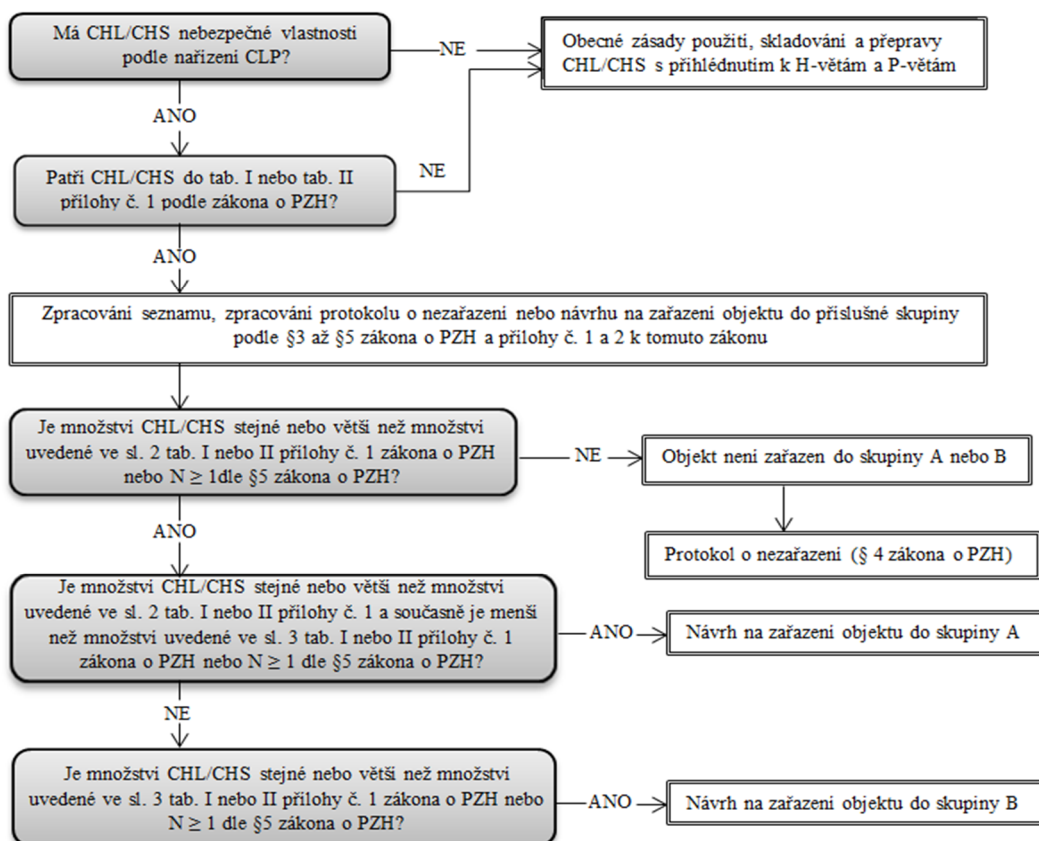
1.6 Havarijní připravenost

Havarijní připravenost zahrnuje zejména činnosti týkající se plánování, organizování a provádění opatření na odvrácení dopadů havárie. (Bernatík, 2006; Mašek et al., 2006)

1.6.1 Havarijní plánování

V současné době se při průmyslových činnostech využívá stále více nebezpečných látek představujících značné nebezpečí. Základním pilířem pro bezpečné řízení procesu v podniku je analýza provozního nebezpečí (PHA – process hazard analysis), která identifikuje a vyhodnocuje závažnost nebezpečných situací souvisejících s činností v příslušném zařízení. Čím nižší je kvalita zpracování PHA, tím větší je pravděpodobnost vzniku mimořádné události. (Baybutt, 2015) Jedním z cílů havarijního plánování, jehož výsledkem jsou především havarijní plány, tedy je uvědomění si možných rizik a provedení jejich analýzy. (MV - GŘ HZS ČR – havarijní plánování, 2016)

Chemický podnik Synthos Kralupy a.s., jenž je zařazen do skupiny B na základě zákona o prevenci závažných havárií (obr. 9), má v rámci havarijního plánování zpracovaný plán fyzické ochrany, vnitřní i vnější havarijní plán a stanovenou zónu havarijního plánování.



Obrázek 9: Postup zajištění PZH v objektu podle zákona č. 224/2015 Sb., zdroj: (VÚBP, 2016)

Vnitřní havarijní plán

Vnitřní havarijní plán, který zpracovává provozovatel chemického objektu Synthos Kralupy a.s., zahrnuje opatření přijímaná uvnitř objektu při vzniku závažné havárie za účelem zmírnění jejích následků na životy i zdraví lidí, zvířat, životní prostředí a majetek. (Zákon č. 224/2015 Sb.) Tento plán se skládá z informační, operativní, grafické a dokumentační části a z přehledu ostatních plánů pro řešení mimořádných událostí. (Vyhláška č. 227/2015 Sb.)

Podle zákona č. 224/2015 Sb. obsahuje vnitřní havarijní plán jména a příjmení fyzických osob, které jsou provozovatelem pověřeny k realizaci preventivních bezpečnostních opatření, scénáře možných havárií, scénáře odezvy na možné havárie, popis možných dopadů, popis činností nutných ke zmírnění následků, přehled ochranných zásahových prostředků, jimiž provozovatel disponuje, způsob vyrozumění a varování, přehled SaP složek IZS a dalších subjektů podílejících se na řešení a opatření k podpoře zmírnění následků mimo objekt. (Zákon č. 224/2015 Sb.) Do vnitřního havarijního plánu provozovatel dále uvede na základě rozhodnutí krajského úřadu preventivní bezpečnostní opatření vztahující se k domino efektu. (Zákon č. 224/2015 Sb.)

V případě, že dojde k závažné havárii, nebo její vznik již nelze odvrátit a lze ji důvodně očekávat, postupuje provozovatel dle zpracovaného vnitřního havarijního plánu. (Zákon č. 224/2015 Sb.)

Vnější havarijní plán

Vnější havarijní plán je zpracováván hasičským záchranným sborem kraje na základě podkladů od provozovatele. Podklad pro zpracování vnějšího havarijního plánu musí obsahovat identifikační údaje provozovatele (název a sídlo provozovatele, adresu objektu apod.), jméno a příjmení fyzické osoby odpovědné za zpracování tohoto podkladu, informace o objektu (popis hlavních výrobních činností, technologických procesů atd.), popis závažné havárie, která by mohla vzniknout v objektu a jejíž následky by se mohly projevit mimo objekt provozovatele, přehled možných následků závažné havárie (dopady na životy a zdraví lidí, zvířat, životní prostředí, majetek) včetně způsobů účinné ochrany, přehled preventivních bezpečnostních opatření (např. informace o způsobu vyrozumění a varování), dále seznam a popis technických prostředků, které jsou umístěny mimo objekt provozovatele a byly by využity při odstraňování následků závažné havárie a další nezbytné údaje vyžádané krajským

úřadem (např. podrobnější plán únikových cest a evakuačních prostorů apod.). (Zákon č. 224/2015 Sb.; Vyhláška č. 227/2015 Sb.)

Vnější havarijní plán je tvořen textovou částí, která obsahuje informační, operativní část a plány konkrétních činností, a grafickou část, jež obsahuje mapy, grafy, rozmístění sil a prostředků, schémata, atd. (Vyhláška č. 226/2015 Sb.)

Zóna havarijního plánování

Zóna havarijního plánování je podle zákona č. 224/2015 Sb. území v okolí objektu zařazeného do skupiny B, v němž se uplatňují požadavky havarijního plánování formou vnějšího havarijního plánu. (Zákon č. 224/2015 Sb.) Tato zóna bývá tvořena výchozí hranicí, jež se vymezuje jako minimální oblast, v níž se v případě realizace typového scénáře uplatní opatření ochrany obyvatelstva, a vnější hranicí, která se stanovuje z výchozí hranice jako výsledná hranice ZHP. (Vyhláška č. 226/2015 Sb.)

Pro podnik Synthos Kralupy a.s. byla tato zóna stanovena Krajským úřadem Středočeského kraje.

Plán fyzické ochrany

Mezi další plány týkající se objektu nebo zařízení patří plán fyzické ochrany, jež zpracovává provozovatel objektu zařazeného do skupiny A i B. (Zákon č. 224/2015 Sb.)

V plánu fyzické ochrany musí být uvedena bezpečnostní opatření, kterými jsou analýza možností neoprávněných činností a provedení případného útoku na objekt, režimová opatření (např. vstupní a výstupní režim osob apod.), zabezpečení fyzickou ostrahou a technickými prostředky (např. oplocení, kamerové systémy atd.). (Zákon č. 224/2015 Sb.; Bernatík, 2006) Za účelem zabránění vzniku závažné havárie si rozsah bezpečnostních opatření v plánu fyzické ochrany stanovuje každý provozovatel sám. (Zákon č. 224/2015 Sb.)

1.6.2 Bezpečnostní dokumentace

Z hlediska prevence závažných havárií se nezpracovává pouze plán fyzické ochrany, vnitřní a vnější havarijní plán, ale vede se i bezpečnostní dokumentace, která se vztahuje na provozovatele objektů zařazených do skupiny A nebo B. (Bernatík, 2006) Při zpracování bezpečnostní dokumentace se mohou používat různé kvalitativní,

semikvantitativní i kvantitativní metody k identifikaci nebezpečí či hodnocení rizik. (Bartlová, Pešák, 2003) V případě objektu zařazeného do skupiny A je provozovatel povinen zpracovat bezpečnostní program, v případě objektu zařazeného do skupiny B zpracovává provozovatel bezpečnostní zprávu. (Zákon č. 224/2015 Sb.) S bezpečnostním programem či zprávou musí provozovatel daného objektu prokazatelně seznámit své zaměstnance i další osoby, které se zdržují v objektu. (Zákon č. 224/2015 Sb.)

Bezpečnostní program

Bezpečnostní program, jenž je zpracován na základě posouzení rizik závažné havárie, obsahuje základní informace o objektu (např. základní členění objektu na jednotlivá zařízení atd.), posouzení rizik závažné havárie, popis zásad, cílů a politiky prevence závažných havárií, popis systému řízení bezpečnosti a závěrečné shrnutí, kde jsou sumarizovány zásadní informace srozumitelné i pro neodborníka o zajištění prevence závažných havárií v daném objektu. (Zákon č. 224/2015 Sb., vyhláška č. 227/2015 Sb.)

Bezpečnostní zpráva

Provozovatel chemického podniku Synthos Kralupy a.s., objektu zařazeného do skupiny B, zpracovává na základě posouzení rizik závažné havárie bezpečnostní zprávu.

Bezpečnostní zpráva dle zákona č. 224/2015 Sb. a vyhlášky č. 227/2015 Sb. obsahuje:

- základní informace o objektu (např. identifikační údaje o provozovateli a objektu, údaje o činnosti a zaměstnancích atd.),
- technický popis objektu (např. informace o základním členění objektu na jednotlivá zařízení, přehledné topografické mapy, přehled umístěných nebezpečných látek a jejich množství atd.),
- informace o složkách životního prostředí v okolí objektu (např. informace související s demografickými a sociálně geografickými údaji, meteorologické charakteristiky),
- posouzení rizik závažné havárie,
- zásady, cíle a politiku prevence závažných havárií,

- popis systému řízení bezpečnosti, kterým provozovatel prokazuje a dokladuje zavedení a funkčnost systému,
- popis preventivních bezpečnostních opatření, která jsou nezbytná k omezení vzniku a následků závažné havárie (např. přehled instalovaných technických bezpečnostních systémů, popis vlastních ochranných a zásahových prostředků, popis smluvně zajištěných ochranných a zásahových prostředků atd.) a
- závěrečné shrnutí, které obsahuje zásadní informace v souvislosti se zajištěním prevence závažných havárií v objektu. (Zákon č. 224/2015 Sb., vyhláška č. 227/2015 Sb.)

1.6.3 Posouzení rizik závažné havárie

Základem pro zpracování bezpečnostního programu i bezpečnostní zprávy je posouzení rizik závažné havárie. Posouzení rizik závažné havárie provádějí se po celou dobu existence objektu a při jakýchkoli změnách, které by mohly ovlivnit bezpečnost, obsahuje identifikaci zdrojů rizik, analýzu rizik a hodnocení rizik (obr. 10). (Zákon č. 224/2015 Sb.)

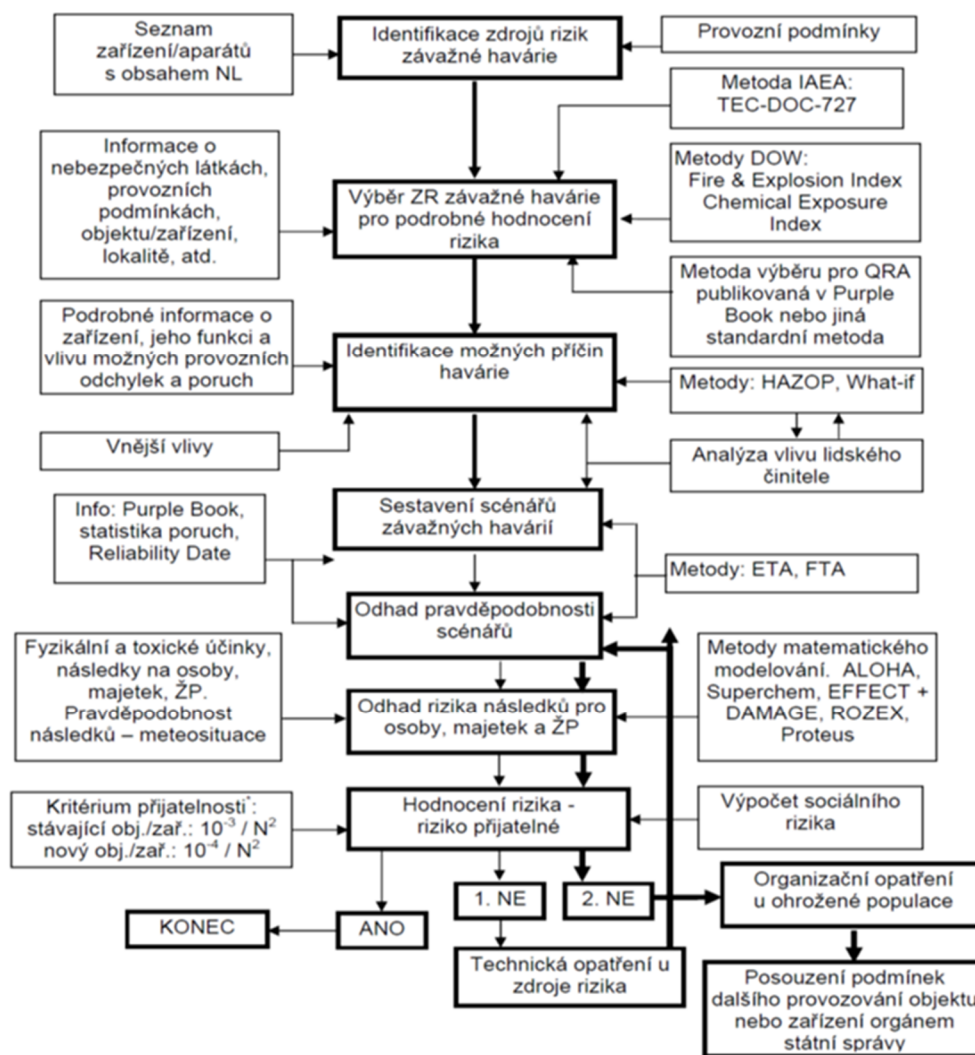
Identifikace zdrojů rizik

Identifikace zdrojů rizik je prvním úkonem, jenž je potřeba ke zpracování posouzení rizik závažné havárie. V této části je potřeba uvést celkový přehled nebezpečných látek vyskytujících se v objektu, identifikaci a výběr zdrojů rizik pro podrobnou analýzu rizik a mapové zobrazení. (Vyhláška č. 227/2015 Sb.)

Metody k identifikaci zdrojů rizik

Výběr vhodné metody a zvolení postupu je jedním z nejdůležitějších faktorů. V praxi se využívá celá řada metod v různých variantách, avšak většina z nich vychází z nejznámějších metod (např. analýza stromu poruch, analýza stromu událostí, analýza lidské spolehlivosti atd.), od kterých se téměř neliší. (Bernatík, 2016)

Nejspolehlivějších výsledků však lze dosáhnout kombinací několika metod. (VÚBP, 2016) Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, americká příručka, doporučuje používat k obecnějším metodám zejména strukturovanou metodu jako je např. FMEA či HAZOP. Kombinace obou typů přístupu vytváří kompletnější seznam zdrojů rizik a s nimi spojených příslušných scénářů. (Wiley, 2000)



Obrázek 10: Kostra podrobného hodnocení rizik pro zpracování bezpečnostní zprávy, zdroj: (Bernatík, 2006)

Revize bezpečnosti (Safety Review)

Revize bezpečnosti neboli také bezpečnostní prohlídka patří mezi nejstarší metody. Tato metoda se pro existující zařízení skládá z inspekčních pochůzek, které si obvykle vyžadují rozhovory s lidmi z podniku (např. operátory, údržbáři, manažery atd.). (Bernatík, 2016) Revize bezpečnosti se zaměřuje zejména na závažné rizikové situace a doplňuje ostatní bezpečnostní procesní činnosti a metody. (Bernatík, 2016; VÚBP, 2015) Na konci prohlídky analytik navrhuje a doporučuje potřebná opatření, která mohou být ověřena následnými kontrolami. (Bernatík, 2016; VÚBP, 2016)

Kontrolní seznam (Checklist Analysis)

Checklist je proměnlivá jednoduchá metoda založená na chronologické kontrole plnění předem stanovených opatření. (Bernatík, 2016) Tento seznam, jehož struktura se může měnit od jednoduchého seznamu až po složité formuláře, poskytuje základ pro standardní zhodnocení procesních zdrojů rizika. (VÚBP, 2016) Obecné kontrolní seznamy bývají často kombinovány s jinými metodami pro identifikaci zdrojů rizik. (VÚBP, 2016)

Indexové metody (Relative Ranking)

V případě indexových metod se jedná spíše o analytické strategie, které využívají indexů pro oceňování nebezpečných vlastností procesu. Bezpečnost procesu je klasifikována do třech kategorií nebezpečnosti podle indexu pro toxicitu látek, indexu pro požár a pro výbuch. (Bernatík, 2016) Tyto metody, které se používají nejčastěji ve fázi projektování, fungují na principu ohodnocování dílčích operací procesu a procesních podmínek na základě stanovených výpočtů. (Bernatík, 2016)

Indexových metod existuje celá řada (např. Dow Fire and Explosion Index, Material Hazard Index, Chemical Exposure Index atd.), neboť jsou vyvíjeny chemickými společnostmi pro různé specifické procesy. (Bernatík, 2016; VÚBP, 2016)

Analýza „Co se stane, když...“ (What-If Analysis)

Analýza „Co se stane, když...“ je založena na spontánní diskusi a hledání nápadů (tzv. brainstorming). Všechny otázky, které odborníci v průběhu diskuse vysloví, zapisovatel zaznamenává. Následně se otázky rozdělí podle jednotlivých zkoumaných oblastí (např. do oblasti týkající se požární ochrany, bezpečnosti personálu apod.) a postupně se společně hledají odpovědi. Tato metoda vyžadující základní porozumění účelu procesu je účinná jen tehdy, tvoří-li ji zkušený personál. (Bernatík, 2016; VÚBP, 2016)

Analýza nebezpečnosti a provozuschopnosti (Hazard and Operability Analysis)

Metoda HAZOP je technika vyvinutá k identifikování a hodnocení nebezpečí v podniku a k identifikování operačních problémů. (Bernatík, 2016) Tato technika může mít v chemickém průmyslu několik variant, a proto byla standardizována technickou normou ČSN IEC 61882 Studie nebezpečí a provozuschopnosti. (VÚBP, 2016) Cílem analýzy HAZOP je prostřednictvím týmu systematickým způsobem prozkoumat proces,

popřípadě činnost, a stanovit, zda by procesní odchylky mohly vést k nežádoucím následkům. (VÚBP, 2016)

Analýza způsobů a důsledků poruch (Failure Modes and Effects Analysis)

Analýza způsobů a důsledků poruch neboli FMEA spočívá v sestavení tabulky způsobů poruch zařízení a jejich účinků na systém nebo podnik. (VÚBP, 2016) FMEA vytvářející doporučení pro zvýšení spolehlivosti zařízení může být provedena jedním analytikem. (VÚBP, 2016)

Analýza rizik

Hlavním předpokladem pro provedení analýzy rizik je znalost posuzovaného objektu, jeho jednotlivých zařízení a umístění nebezpečných látek. (TLP - VÚBP, 2015)

Analýza rizik sloužící pro kvantifikaci rizika dané průmyslové činnosti, obecně obsahuje pro účely prevence havárií: identifikaci možných situací, které mohou vést k závažné havárii, odhad následků na životy a zdraví lidí, zvířat, životní prostředí a majetek, odhad výsledné roční frekvence, stanovení míry skupinového rizika a výsledky a postup posouzení vlivu (spolehlivosti a chybování) lidského činitele. (Vyhláška č. 227/2015Sb.; TLP - VÚBP, 2015)

K analýze rizik, jejíž výsledky slouží pro hodnocení rizik, se využívají, stejně jako v předchozím případě, různé metody. (TLP - VÚBP, 2015) Většina metod pro analýzu rizik však slouží rovněž k identifikaci zdrojů rizik, a tak dochází k vzájemnému prolínání.

Hodnocení rizik

Hodnocení rizik, které se zaměřuje převážně na zdroje rizik vyžadujících nezbytná opatření, se neobjede bez výsledků z analýzy rizik. Na základě výsledků analýzy rizik je totiž zpracováno rozhodnutí o závažnosti rizika, které napomáhá k určení přijatelnosti či nepřijatelnosti rizika. (Bernatík, 2016)

Podle vyhlášky č. 227/2015 Sb. se při hodnocení přijatelnosti rizika porovnávají hodnoty odhadnutého skupinového rizika (F_h) scénářů závažné havárie v objektu s mezní hodnotou přijatelnosti roční frekvence závažné havárie (F_p). (Bernatík, 2016) Pokud platí vztah $F_h < F_p$, tak se skupinové riziko pro okolí hodnoceného objektu považuje za přijatelné. (Vyhláška č. 227/2015 Sb.)

Společenské riziko

Společenské riziko, jež je vyšší než individuální, bývá obvykle vyjádřeno frekvencí a počtem lidí, kteří v dané populaci budou určitým způsobem poškozeni. (VÚBP, 2016) Společenské riziko je závislé na typu události, typu zařízení s nebezpečnými látkami a na rozložení populace okolo daného zařízení. (VÚBP, 2016)

Společenské riziko umožňuje stanovit metoda IAEA-TECDOC-727, která klasifikuje nebezpečné činnosti v dané oblasti na základě pravděpodobnosti výskytu závažné havárie. (IAEA, 1996)

Individuální riziko

Individuální riziko je možné chápat jako pravděpodobnost výskytu nežádoucích následků způsobených událostí osobě nebo objektu v okolí nebezpečného zařízení. (VÚBP, 2016) V souvislosti s individuálním rizikem lze ještě rozlišovat individuální riziko zranění a individuální riziko obdržení nebezpečné toxické dávky. (VÚBP, 2016)

1.7 Ochrana obyvatelstva při chemické havárii

Při chemické havárii je primárním úkolem jednotek požární ochrany provést činnosti vedoucí k záchraně osob, snížení bezprostředních rizik a stabilizovat situaci. (MV - GŘ HZS ČR, 2004)

K základním úkonům v rámci ochrany obyvatelstva při chemické havárii patří varování, improvizovaná ochrana, ukrytí, případně dekontaminace a dočasná evakuace. (Schüllerová, 2012)

Dojde-li v chemickém podniku k závažné havárii, která by mohla ohrozit obyvatelstvo v okolí objektu, musí být spuštěn jednotný systém varování a vyrozumění. Tento systém bude obyvatelstvo varovat prostřednictvím sirény signálem „všeobecná výstraha“ (kolísavý tón po dobu 140 sekund) doplněným tísňovou informací. (HZS OIK., 2014; Schüllerová, 2012) Obyvatelstvo v okolí chemického podniku může být však varováno i jiným způsobem, např. místním rozhlasem nebo přímým varováním členy složek IZS. (HZS OIK., 2014) Po fázi varování, kdy se lidé dozvědí, co se stalo a jak se mají chovat, většinou nastává fáze ukrytí a improvizované ochrany. K úkrytu před chemickými látkami uniklými ze zařízení se využívají ochranné vlastnosti obytných i jiných budov – nejvyšší podlaží (nutné utěsnit okna, dveře a další netěsnosti). Ukrytí obyvatelstva má během přechodu nebezpečného mraku přednost před evakuací. (Schüllerová, 2012) Je-li evakuace nezbytná, musí lidé k ochraně

před účinky NCHL během přesunu využít prostředky improvizované ochrany. Prostředky improvizované ochrany dýchacích cest, očí a povrchu těla tvoří běžně dostupné věci. K ochraně povrchu těla se doporučuje vícevrstvé oblečení, čepice, pláštěnka, pryžové holínky a rukavice, k ochraně očí brýle (nejlépe lyžařské), k ochraně dýchacích cest navlhčený šátek či například kapesník. (Linhart, 2008; Schüllerová, 2012) Improvizovanou ochranu lze však využít jen jako nouzovou a dočasnou. (Linhart, 2008)

2 Cíl práce a výzkumná otázka

2.1 Cíl práce

V chemickém podniku Synthos Kralupy a.s. se vyrábí a skladuje celá řada nebezpečných látek. Cílem diplomové práce je zjistit následky úniku jedné z vyráběných látek – benzínu z největší nádrže a navrhnout opatření k likvidaci MU.

2.2 Výzkumná otázka

Následující výzkumná otázka byla stanovena na základě zvoleného cíle diplomové práce: Je únikem benzínu z největší nádrže ohroženo obyvatelstvo v okolí chemického areálu?

3 Operacionalizace pojmů použitých v cíli práce

Nádrž

V cíli diplomové práce se nádrží rozumí skladovací nadzemní nádrž, jejíž krytí zeminou nebo stavební konstrukcí neodpovídá požadavkům na krytí podzemní skladovací nádrže.

Mimořádná událost

Mimořádnou událostí se rozumí, v souvislosti s daným cílem práce, havárie, jež ohrožuje životy a zdraví lidí, majetek i životní prostředí a vyžaduje provedení ZaLP.

4 Metodika

Při zpracování diplomové práce, která se skládá ze dvou částí, z části teoretické a výsledkové, byly uplatněny zejména metody analýzy a rešerše.

Teoretická část, v níž jsem se zabývala především nebezpečnými látkami a havarijní připraveností, je zpracována formou analýzy a rešerše platných právních předpisů, dostupné odborné literatury a odborných internetových stránek.

Metody uplatněné ve výsledkové části lze rozdělit podle zaměření do tří oblastí.

První oblast zabývající se posouzením rizik závažné havárie byla zpracována metodou analýzy získaných materiálů podniku Synthos Kralupy a.s. a příruček Dow's Fire and Explosion Index Hazard Classification Guide a Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries. Vzhledem k tomu, že v získaných materiálech od podniku Synthos Kralupy a.s. nebyly uvedeny všechny potřebné informace pro zpracování metod Dow's F&E Index a IAEA-TECDOC-727, bylo nezbytné se doptat kompetentní osoby zaměstnané v chemickém podniku, ta si však nepřeje být jmenována.

První příručka, Dow's Fire and Explosion Index Hazard Classification Guide, byla uplatněna při zpracování metody Dow's Fire and Explosion Index sloužící k vyhodnocení celkového rizika požáru a výbuchu (F&E Indexu). Hodnota F&E Indexu byla získána postupnými kroky. Prvním krokem bylo zvolení jednotky, jež jsem se rozhodla posuzovat (nádrž s benzínem o objemu 14 137 m³). Pro posuzovanou jednotku byl poté stanoven materiálový faktor MF na základě dvou údajů - N_F (hořlavost) a N_R (reaktivita). Po stanovení MF jsem přiřadila přírážky k obecným i speciálním procesním nebezpečím, čímž jsem získala faktor obecných procesních nebezpečí F_1 a faktor speciálních procesních nebezpečí F_2 . Součinem faktorů F_1 a F_2 byl vypočítán faktor nebezpečnosti jednotky F_3 , podle něhož jsem s materiálovým faktorem stanovila hodnotu F&E Indexu. Hodnota F&E Indexu byla dále porovnána se stupni nebezpečnosti.

Druhá příručka, Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries, byla využita při zpracování metody IAEA-TECDOC-727. Ke zpracování metody IAEA-TECDOC-727 je nezbytné mít shromážděné potřebné informace o zdroji ohrožení a jeho okolí. Tyto informace byly získány od podniku Synthos Kralupy a.s. formou Bezpečnostní zprávy z dubna roku

2016 a formou rozhovoru s kompetentní osobou. Po získání potřebných údajů jsem pomocí vztahu: $C_{a,s} = A \cdot \delta \cdot f_A \cdot f_d \cdot f_m$ vypočítala odhad vnějších následků havárie na obyvatelstvo, tzn. počet fatálních případů v uvažované oblasti. Odhad pravděpodobnosti havárie pro výrobní zařízení jsem získala prostřednictvím pravděpodobnostního čísla $N_{i,s}$, které jsem vypočítala ze vztahu: $N_{i,s} = N^*_{i,s} + n_1 + n_f + n_o + n_p$. Parametry, které jsou uvedeny ve vztazích, byly stanoveny na základě získaných informací a z příslušných tabulek v příručce.

Druhá oblast zaměřená na únik benzínu ze skladovací nádrže, byla zpracována prostřednictvím softwarových programů ALOHA a TerEx metodou modelování.

V programu ALOHA, jenž je volně ke stažení, byla pro modelaci úniku benzínu stanovena dvě množství. V prvním případě se jednalo o množství 10 532 t neboli celkové množství benzínu obsažené v nádrži a v druhém případě o množství 6 t, které jsem zvolila na základě pravděpodobnosti reálného úniku.

K softwarovému programu TerEx je nutné mít licenci, a proto byla modelace úniku NL provedena na půdě Zdravotně sociální fakulty. V programu TerEx jsem pracovala pouze s celkovým množstvím úniku benzínu ze skladovací nádrže a s modelem BLEVE, který by představoval nejhorší možné následky pro obyvatelstvo. Z tohoto důvodu bylo množství 6 t opomíjeno, neboť namodelované výstupy ze softwarového programu ALOHA ukázaly, že v případě úniku 6 t by nebylo ohroženo obyvatelstvo v okolí podniku.

V poslední oblasti výsledkové části byla uplatněna metoda řízených rozhovorů. Krátké řízené rozhovory byly zacílené na havarijní připravenost podniku Synthos Kralupy a.s. Řízené rozhovory byly provedeny se dvěma zaměstnanci hasičko-havarijní služby, kteří si nepřejí být jmenováni. Kompetentní zaměstnanci byli k rozhovoru vybráni na základě doporučení příslušníka JHZSP. Rozhovor s prvním zaměstnancem, který má na starosti úsek PZH, byl z důvodu jeho časové vytíženosti veden po telefonu. Tento zaměstnanec, kterého bylo nejprve nutné k rozhovoru přesvědčit, nebyl moc sdílný. Rozhovor s druhým zaměstnancem, který již sedmým rokem slouží u JHZSP, byl veden v Kralupech nad Vltavou v místní kavárně. Uvedeným zaměstnancům bylo položeno 5 následujících otázek:

1. Je havarijní připravenost chemického podniku zajišťována ještě jiným způsobem než zpracováním povinné dokumentace?

2. Jaké úkoly zabezpečuje hasičko-havarijní služba, která je v chemickém podniku Synthos Kralupy a.s. zřízena?
3. Došlo v posledních letech k úniku některé nebezpečné látky ze skladovací nádrže?
4. Víte, jaké metody se používají při zpracování posouzení rizik závažné havárie (např. HAZOP, ETA atd.)?
5. Absolvují zaměstnanci chemického podniku Synthos Kralupy a.s. i jiná školení než školení o BOZP?

5 Výsledky

5.1 Synthos Kralupy a.s.

Objekt Synthos Kralupy a.s. (obr. 11) je chemický podnik s dlouholetou tradicí, v němž provozuje svou podnikatelskou činnost více provozovatelů. Mezi tyto provozovatele, jejichž činnost spadá pod působnost zákona č. 224/2015 Sb., patří:

- odštěpný závod UNIPETROL RPA, s.r.o. (funguje od 1. 1. 2017, kdy došlo ke sloučení společnosti Unipetrol RPA s Českou rafinérskou a.s.)
- Linde Gas a.s.,
- KRALUPOL a.s.,
- Sartomer Czech, s.r.o.,
- UNIPETROL DOPRAVA, s.r.o.,
- Butadien Kralupy a.s.,
- SYNTHOS PBR s.r.o.,
- TAMERO INVEST s.r.o. a
- AVE Kralupy s.r.o.



Obrázek 11: Synthos Kralupy a.s., zdroj: (vlastní výzkum)

Za podnik Synthos Kralupy a.s. jedná statutární orgán, jenž je zároveň předsedou představenstva. Předseda představenstva je nejvyšším výkonným zaměstnancem společnosti, jehož přímému řízení v rámci podniku podléhají:

- Odbor investic
- Odbor General a dokumentace
- výrobní provozy
- Provoz údržby
- Provoz hasičsko-havarijní služby
- Provoz interní logistiky a
- Provoz HSE&Q (politika Integrovaného systému řízení).

V areálu chemických výrob je vzhledem k počtu provozovaných činností vysoká pravděpodobnost vzniku závažné havárie. V zařízeních společnosti Synthos Kralupy a.s. se pracuje a manipuluje s chemickými látkami a přípravky, které jsou klasifikovány jako extrémně hořlavé, vysoce hořlavé, hořlavé, vysoce toxické, toxické a nebezpečné pro životní prostředí. Některé nebezpečné chemické látky se v areálu i skladují, jako např. surová frakce C4, benzín, atd. Pro skladování chemických látek ve velkém množství slouží ocelové nadzemní nádrže s pevnou střechou (obr. 12) umístěné v severní části areálu. Každý zásobník, jehož objem je větší než 250 m³, je vybaven protipožárním zařízením (stabilní hasicí zařízení pěnové a mlhové).



Obrázek 12: Ocelové nádrže v areálu Synthos Kralupy a.s., zdroj: (vlastní fotodokumentace)

5.2 Odhad nebezpečí požáru či exploze dle metody Dow's Fire and Explosion Index

V chemickém podniku Synthos Kralupy a.s. provozuje činnosti s NL několik provozovatelů, kteří k hodnocení rizik využívají různé metody, v nichž zohledňují všechna možná rizika, která mohou nastat. Jednou z nejpoužívanějších metod v chemickém průmyslu je metoda Dow's Fire and Explosion Index, která umožňuje objektivně ocenit reálné nebezpečí požáru i exploze v posuzované jednotce či zařízení.

Prostřednictvím metody Dow's Fire and Explosion Index byl v této práci pro nádrž s obsahem benzínu stanoven odhad nebezpečí požáru a exploze, viz tabulka 2.

Tabulka 2: Index požáru a výbuch

PODNIK Synthos Kralupy a.s.	DIVIZE	UMÍSTĚNÍ Kralupy nad Vltavou	DATUM květen 2016
STANOVISŤE	VÝROBNÍ JEDNOTKA	PROCESNÍ JEDNOTKA NÁDRŽ – 14 137 m ³	
ZPRACOVAL	SCHVALIL	BUDOVA	
LATKY V PROCESNÍ JEDNOTCE BENZÍN		N _H = 1	N _F = 3 N _R = 0
PROVOZNI STAV		NAZEV UVAZOVANE SUBSTANCE Benzín	
MATERIALOVÝ FAKTOR			16
1. Obecná procesní nebezpečí		Rozsah přírážky	Použitá přírážka
Základní hodnota faktoru		1.00	1.00
A. Exotermická chemická reakce		od 0.30 do 1.25	-
B. Endotermické procesy		od 0.20 do 0.40	-
C. Manipulace a přeprava látek		od 0.25 do 1.05	0.85
D. Umístění jednotky v uzavěřených nebo vnitřních prostorách		od 0.25 do 0.90	-
E. Přístupnost k jednotce		od 0.20 do 0.35	-
F. Drenáž, zabezpečení proti přetečení	m ³	od 0.25 do 0.50	0.50
Faktor obecných nebezpečí (F₁)			2.35
2. Speciální procesní nebezpečí			
Základní hodnota faktoru		1.00	1.00
A. Toxické látky		od 0.20 do 0.80	0.20
B. Podtlak (< 500 mm Hg)		0.50	-
C. Provoz uvnitř nebo blízko mezí hořlavosti			
1. Skla dovací nádrže (úložišť, zásobníková pole) hořlavých kapalin		0.50	0.50
2. Neustálený proces nebo porucha inertizace (porucha přístrojů)		0.30	-
3. Provoz trvale v rozsahu hořlavosti		0.80	-
D. Exploze prachu		od 0.25 do 2.00	-
E. Přetlak			
F. Nízká teplota		od 0.20 do 0.30	
G. Množství hořlavé/nestabilní látky... množství – 10 532 188 kg H _C = 43.73 MJ/kg			
1. Kapaliny nebo plyny v procesu			
2. Kapaliny nebo plyny v zásobníku			2.20
3. Zápalné pevné látky ve skladu, prach v procesu			
H. Vliv koroze a eroze		od 0.10 do 0.75	0.20
I. Netěsnosti spojů a ucpávek		od 0.10 do 1.50	-
J. Zařízení s otevřeným ohněm			-
K. Tepelné výměníky s horkým olejem		od 0.15 do 1.15	-
L. Rotační zařízení		0.50	-
Faktor speciálních nebezpečí (F₂)			4.10
Celkový faktor nebezpečnosti procesní jednotky (F₁ * F₂) = F₃			9.635
Index požáru a výbuchu (F₃ * MF) = F&EI			154.16

Zdroj: (vlastní výzkum)

Z tabulky 2 je patrné, že index požáru a výbuchu vyšel 154,16, což odpovídá podle tabulky 3 z příručky pro klasifikaci nebezpečí na závažný stupeň nebezpečnosti.

Tabulka 3: Stupně nebezpečnosti

Stupně nebezpečnosti podle F&E indexu	
PÁSMA F&E INDEXU	STUPEŇ NEBEZPEČNOSTI
1 - 60	nepatrný, malý
61 - 96	mírný
97 - 127	střední
128 - 158	závažný
159 a vyšší	kritický

Zdroj: (AICHE, 1994)

Vyjde-li číslo indexu požáru a výbuchu vyšší, než je číslo 128, je nezbytné, aby byla provedena ještě další analýza rizik, která by prokázala, že nádrž opravdu představuje závažný zdroj rizika.

Výpočet zasažené plochy a faktoru poškození

Zasažená plocha, jejíž velikost určuje poloměr zasažené plochy (obr. 13), je prostor, který by byl v případě havárie vystaven účinkům otevřeného ohně nebo exploze. Tato plocha se vypočítá pomocí vzorečku: $\pi \cdot R^2$ [m²].

Poloměr zasažené plochy: $R = \text{F\&E Index} \cdot 0,256$
 $R = 154,16 \cdot 0,256 = 39,46 \text{ m}$

Zasažená plocha: $\pi \cdot R^2 = 4\,891,7 \text{ m}^2$



Obrázek 13: Vytyčení zasažené plochy, zdroj: (AICHE, 1994)

Faktor poškození pro MF = 16:

$$Y = 0.256741 + 0.019886 (F_3) + 0.011055 (F_3^2) - 0.00088 (F_3^3) = \mathbf{0,69 (69\%)}$$

Hodnota rozsahu poškození je pouze orientační, neboť rozsah může být ovlivněn ještě řadou faktorů (např. meteorologickými podmínkami, polohou nádrže atd.).

Stanovení kreditních faktorů řízení ztrát

V rámci metody Dow's Fire and Explosion Index jsem dále zhodnotila kreditní faktory řízení ztrát snižující závažnost, pravděpodobnost a rozsah následků případné události. Kreditní faktory řízení ztrát jsou vztaženy na nádrž, v níž je skladován benzín. Základní skupiny parametrů umožňující řízení ztrát jsou uvedeny v tabulkách 4, 5 a 6.

Tabulka 4: Kreditní faktor řízení procesu (C₁)

Vybavení	Rozsah hodnoty faktoru	Použitá hodnota faktoru
a) Náhradní zdroj energie	0.98	1.00
b) Chlazení	od 0.97 do 0.99	0.99
c) Řízená exploze	od 0.84 do 0.98	1.00
d) Nouzové odstavení	od 0.96 do 0.99	1.00
e) Počítačem řízený proces	od 0.93 do 0.99	1.00
f) Použití inertního plynu	od 0.94 do 0.96	1.00
g) Provoz. předpisy/postupy	od 0.91 do 0.99	0.95
h) Přehled reakt. sloučenin	od 0.91 do 0.98	0.91
i) Jiné hodnocení rizika	od 0.91 do 0.98	0.94
C₁ - celkem		0.804

Zdroj: (vlastní výzkum)

Z tabulky 4 je patrné, že odštěpný závod UNIPETROL RPA, s.r.o., do jehož působnosti spadá skladování ropných produktů, zpracovává příslušné předpisy a postupy za účelem snížení vzniku havárie v souvislosti se skladováním nebezpečných látek.

Použitá hodnota faktoru 1.00 v tabulce 4, 5 i 6 znamená, že nádrž není vybavena daným prvkem (např. nádrž nemá náhradní zdroj energie, tzn., že nedojde k žádnému snížení celkového faktoru, a proto se použije koeficient 1.00).

Tabulka 5: Kreditní faktor oddělitelnosti materiálu (C₂)

Vybavení	Rozsah hodnoty faktoru	Použitá hodnota faktoru
a) Dálkově ovládané armatury	od 0.96 do 0.98	1.00
b) Výpustě/odkalování	od 0.96 do 0.98	0.96
c) Drenáž	od 0.91 do 0.97	1.00
d) Blokování/ Intelock	0.98	1.00
C₂ - celkem		0.96

Zdroj: (vlastní výzkum)

Kreditní faktor oddělitelnosti materiálu C₂ byl stanoven na základě poskytnutých informací od kompetentní osoby podniku Synthos Kralupy a.s.

Tabulka 6: Kreditní faktor ochrany před požárem (C₃)

Vybavení	Rozsah hodnoty faktoru	Použitá hodnota faktoru
a) Detekce úniku	od 0.94 do 0.98	1.00
b) Konstrukční ocel	od 0.95 do 0.98	0.98
c) Zásobování požární vodou	od 0.94 do 0.97	1.00
d) Zvláštní systémy	0.91	1.00
e) Skrápěcí systémy	od 0.74 do 0.97	0.94
f) Vodní clony	od 0.97 do 0.98	1.00
g) Pěna	od 0.92 do 0.97	0.97
h) Ruční hasicí zařízení/ požární hlásiče	od 0.93 do 0.98	1.00
i) Ochrana kabelů	od 0.94 do 0.98	1.00
C₃ - celkem		0.894
Celkový kreditní faktor (C₁ * C₂ * C₃)		0.690

Zdroj: (vlastní výzkum)

Nádrž s benzínem o objemu 14 137 m³ je opatřena skrápěcím systémem, což vyplývá z tabulky 6. Skrápěcím systémem se v tomto případě rozumí pěnové stabilní hasicí zařízení, které v případě vzniku havárie brání přístupu kyslíku k povrchu hořlavé kapaliny.

Získaný celkový kreditní faktor C₃ se dále používá ke stanovení skutečné maximální očekávané ztrátě majetku. Hodnota ztráty majetku z důvodu omezení přístupnosti informací není stanovena.

Shrnutí metody Dow's Fire and Explosion Index

Tabulka 7 znázorňuje výsledné hodnoty, které byly získány pomocí metody Dow's Fire and Explosion Index. Z výsledků je patrné, že nádrž s obsahem benzínu představuje závažný zdroj rizika s nebezpečím požáru a výbuchu.

Metoda Dow's Fire and Explosion Index však nezohledňuje typ události, a proto je nezbytné vnímat oblast zasažené plochy i faktor poškození pouze orientačně. Při velkém úniku benzínu z nádrže a následném vzniku požáru a výbuchu by faktor poškození i zasažená plocha byla mnohonásobně vyšší. Pro účinky tlakové vlny a stanovení zasažené plochy je tedy vhodné použít jiné metody nebo softwarové nástroje (např. ALOHA, TerEx apod.).

Tabulka 7: Výsledky metody F&E Index

Popis	Hodnota
Index požáru a výbuchu	154.16
Poloměr zasažené plochy	39.46
Zasažená plocha	4 891.7 m²
Faktor poškození	69 %
Celkový kreditní faktor	0.690

Zdroj: (vlastní výzkum)

5.3 Odhad vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo dle metody IAEA-TECDOC-727

Metoda IAEA-TECDOC-727 je screeningová metoda, jež se používá pro posouzení rizik velkých havárií. Tato metoda se skládá z několika dílčích kroků, mezi které patří klasifikace typů činnosti a zařízení, odhad vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo, odhad pravděpodobnosti havárie pro výrobní zařízení nebo pro přepravu, odhad společenského rizika a stanovení priorit rizika.

Vzhledem ke stanovené výzkumné otázce byla aplikace metody IAEA-TECDOC-727 zaměřena na první tři kroky, tzn. na klasifikaci zařízení, odhad vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo a na odhad pravděpodobnosti havárie pro výrobní zařízení.

Hodnoty získané touto metodou jsou stejně jako u metody předchozí pouze orientační.

5.3.1 Odhad vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo

V první fázi při odhadování vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo byla provedena podle příručky klasifikace uvažované látky, což znázorňuje tabulka 8.

Tabulka 8: Klasifikace látky dle kategorie účinku

BENZÍN			
Referenční číslo	Typ chemické látky	Popis vlastností látky	Činnost
4	hořlavá kapalina	tenze páry ≥ 0.3 bar při 20 °C	skladování v zásobníku (s jímkou)

Zdroj: (zpracováno na základě vlastního výzkumu a příručky IAEA, 1996)

Benzínu, skladovanému v nádrži v chemickém podniku Synthos Kralupy a.s., bylo přiděleno dle jeho zařazení referenční číslo 4.

Po klasifikaci látky z hlediska typu vlastností látky a činnosti následovala klasifikace látky podle množství, viz tabulka 9.

Tabulka 9: Klasifikace látky dle množství

Referenční číslo	Množství (t)								
	0,2-1	1-5	5-10	10-50	50-200	200-1000	1000-5000	5000-10000	>10000
4	-	-	-	-	-	B I	C II	C II	D II

Zdroj: (zpracováno na základě vlastního výzkumu a příručky IAEA, 1996)

Pro množství větší než 10 000 t byl získán index D II, který je specifikován v následující tabulce 10.

Tabulka 10: Kategorie následků – max. dosah a velikost zasažené plochy

Kategorie účinků na vzdálenost (m)		Velikost zasažené plochy (ha)		
		I	II	III
A	0 - 25	0.2	0.1	0.02
B	25 - 50	0.8	0.4	0.1
C	50 - 100	3	1.5	0.3
D	100 - 200	12	6	1
E	200 - 500	80	40	8
F	500 - 1000	-	-	30
G	1000 - 3000	-	-	300
H	3000 - 10000	-	-	1000

Zdroj: (zpracováno na základě vlastního výzkumu a příručky IAEA, 1996)

Z tabulky 10 vyplývá, že písmeno D znamená maximální dosah účinků na vzdálenost 200 m a římská II symbolizuje tvar (v tomto případě by se jednalo o semikruhový nesymetrický tvar) zasažené plochy v hektarech. Určením velikosti zasažené plochy v hektarech jsem získala hodnotu A.

Dalším krokem bylo stanovení hustoty obyvatelstva v zasažené oblasti a korekčního faktoru f_A . Hustota obyvatelstva byla stanovena podle tabulky 11 na 10 obyvatel/ha.

Korekční faktor: $f_A = f_r \cdot f_\alpha = 0,0784 \cdot 0,18 = 0,014 = 1 \%$

$$f_r = \frac{R^2 \max - R^2 \min}{R^2} = \frac{200^2 - 192^2}{200^2} = 0,0784$$

$$f_\alpha = \frac{\alpha}{\theta} = \frac{33}{180} = 0,18$$

Podíl obydlené části v zasažené oblasti tvoří dle výpočtu 1 %. Pro tuto hodnotu není v příručce stanoven korekční faktor f_A , avšak na základě racionálního uvážení lze předpokládat, že hodnota f_A bude činit 0,02.

Tabulka 11: Stanovení hustoty obyvatelstva

Charakteristika oblasti	Hustota [obyvatel/ha]
Zemědělská oblast, rozptýlená zástavba	5
Jednotlivá obydlí	10
Vesnice, klidná obytná zóna	20
Osídlené oblasti	40
Rušné osídlené oblasti	80
Sídliště, obchodní centra, centra města	160

Zdroj: (zpracováno na základě vlastního výzkumu a příručky IAEA, 1996)

Po korekčním faktoru f_A byl stanoven faktor vzdálenosti k obydlené oblasti f_d . K určení hodnoty tohoto faktoru jsem použila urbanistickou mapu Kralup nad Vltavou.

Posledním potřebným údajem pro stanovení odhadu vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo je korekční faktor f_m pro zmírnění následků, jenž byl zvolen podle tabulky 12.

Tabulka 12: Stanovení korekčního faktoru f_m pro zmírnění následků

Látka (referenční číslo)	Faktor
Hořlaviny (1 - 12)	1
Hořlaviny (13)	0.1
Výbušniny (14, 15)	1
Toxické kapaliny (16 - 29, 43 - 46)	0.05
Toxické plyny (30 - 34, 40 - 42)	0.1
Toxické plyny (35 - 36)	0.05

Zdroj: (zpracováno na základě vlastního výzkumu a příručky IAEA, 1996)

Při vzniklé havárii by však nebylo ohroženo pouze obyvatelstvo. Důležité je vzít v úvahu i osoby, které v podniku Synthos Kralupy a.s. pracují. Z tohoto důvodu byly stejným způsobem stanoveny hodnoty faktorů i pro zaměstnance, kterých je v současné době v chemickém podniku 720.

Přehled všech hodnot nezbytných ke stanovení odhadu vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo je uveden v tabulce 13.

Tabulka 13: Přehled údajů pro výpočet odhadu vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo

Popis	Značka	Jednotka	Hodnota
Zasažená oblast	A	ha	6
Hustota populace uvnitř zasažené oblasti (vyjma zaměstnanců)	δ	obyvatel/ha	10
Maximální dosah účinků	R	m	200
Minimální vzdálenost (poloměr) obydlené zóny od nebezpečné aktivity	R_{\min}	m	192
Maximální vzdálenost (poloměr) obydlené oblasti od nebezpečné aktivity	R_{\max}	m	200
Korekční faktor rozdělení obyvatelstva v zasažené oblasti pro obyvatele mimo areál	f_A	-	0.02
Korekční faktor rozdělení obyvatelstva v zasažené oblasti pro zaměstnance	f_A	-	1
Korekční faktor vzdálenosti k obydlené oblasti pro obyvatele mimo areál podniku	f_d	-	0.03 (3 %)
Korekční faktor vzdálenosti k obydlené oblasti pro zaměstnance	f_d	-	0.7 (70 %)
Korekční faktor zmírnění následků	f_m	-	1
Úhel zahrnující obydlenou oblast	α	°	33
Úhel charakterizující zasaženou oblast	θ	°	180

Zdroj: (vlastní výzkum)

Výpočty pro odhad ztrát

Výpočet odhadu vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo:

$$C_{a,s} = A \cdot \delta \cdot f_A \cdot f_d \cdot f_m$$

$$C_{a,s} = 6 \cdot 10 \cdot 0,02 \cdot 0,03 \cdot 1 = 0,036 \rightarrow 0$$

Výpočet odhadu následků velké havárie na zaměstnance:

$$C_{a,s} = A \cdot \delta \cdot f_A \cdot f_d \cdot f_m$$

$$C_{a,s} = 6 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 42$$

Ze získaných výsledků vyplývá, že podle metody IAEA-TECDOC-727 by při havárii nezemřel žádný člověk vně prostoru areálu, zatímco uvnitř areálu by přišlo o život 42 zaměstnanců.

5.3.2 Odhad pravděpodobnosti velké havárie

Ke stanovení frekvence havárií $P_{i,s}$ pro fixní zdroj rizika je potřeba znát pravděpodobnostní číslo $N_{i,s}$, které se získá výpočtem: $N_{i,s} = N^*_{i,s} + n_1 + n_f + n_o + n_p$.

První parametr $N^*_{i,s}$, střední hodnota pravděpodobnostního čísla pro určitou aktivitu a látku, byl stanoven z tabulky 14.

Tabulka 14: Stanovení průměrného pravděpodobnostního čísla $N^*_{i,s}$

Látka (referenční číslo)	Činnosti	
	Skladování	Výrobní zařízení
Hořlavá kapalina (1 - 3)	8	7
Hořlavá kapalina (4 - 6)	7	6
Hořlavý plyn (7)	6	5
Hořlavý plyn (9)	7	6
Hořlavý plyn (10, 11)	6	-
Hořlavý plyn (13)	4	-
Výbušnina (14, 15)	7	6
Toxická kapalina (16 – 29)	5	4
Toxický plyn (30 – 34)	6	5
Toxický plyn (35 – 39)	6	-
Toxický plyn (42)	5	4

Zdroj: (zpracováno na základě vlastního výzkumu a příručky IAEA, 1996)

Korekční faktor pravděpodobnostního čísla n_1 pro četnost plnění/stáčení nebyl určen, neboť neopovídá žádné hodnotě v tabulce X v příručce Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries.

Dalším parametrem potřebným ke stanovení odhadu pravděpodobnosti havárie je faktor korekce na bezpečnost pro hořlavou látku. Faktor korekce na bezpečnost pro hořlavou látku n_f je dle tabulky XI v příručce vztažen pouze na hořlavé plyny, což benzín není. Benzín je však hořlavou látkou, a proto jsem pro tuto substanci stanovila faktor n_f , přičemž jsem vycházela z tabulky určené pro hořlavé plyny. Hodnota faktoru n_f je uvedena v tabulce 15.

Tabulka 15: Stanovení korekčního faktoru pravděpodobnostního čísla n_f

Látka (referenční číslo)	Bezpečnostní opatření	Parametr
Hořlavý plyn (7 - 13)	sprinklerový systém	0.5
Hořlavý plyn (10)	zdvojená ochrana (dvojitý plášť)	1
Hořlavý plyn (13)	požární stěna	1
Hořlavá kapalina (4)	SHZ	0.5

Zdroj: (zpracováno na základě vlastního výzkumu a příručky IAEA, 1996)

Podle tabulky 16 je faktoru n_o pro organizační bezpečnostní opatření, který zahrnuje např. stáří provozu, údržbu, dokumentaci atd., přidělena hodnota 0.

Tabulka 16: Stanovení korekčního faktoru pravděpodobnostního čísla n_o
pro organizační bezpečnostní opatření

Úroveň řízení zabezpečení	Hodnota
Nadprůměrná	+0.5
Průměrná	0
Podprůměrná	-0.5
Velice nízká až zanedbatelná	-1
Řízení bezpečnosti v podniku neexistuje	-1.5

Zdroj: (zpracováno na základě vlastního výzkumu a příručky IAEA, 1996)

Úroveň řízení zabezpečení jsem ohodnotila na základě rozhovoru s kompetentní osobou chemického podniku Synthos Kralupy a.s. průměrně, i přestože maximální možný únik, tzn. 10 532 t, benzínu z nádrže je téměř nepravděpodobný. K takovému úniku by mohlo dojít jen výjimečně, např. při elektrickém výboji nebo teroristickém útoku, při němž by došlo ke kompletní destrukci skladovací nádrže.

Poslední parametr, korekční faktor pravděpodobnostního čísla n_p pro směr větru vzhledem k obydlené oblasti zasažené zóny, nebyl stanoven. Obydlená oblast v zasažené ploše představuje pouze 1 %. Pro tuto hodnotu není v tabulce 17 určen parametr.

Tabulka 17: Stanovení korekčního faktoru pravděpodobnostního čísla n_p pro směr větru vzhledem k obydlené oblasti zasažené zóny

Kategorie zasažené zóny	Obydlená oblast (%) zasažené plochy				
	100	50	20	10	5
I	0	0	0	0	0
II	0	+0.5	+0.5	+0.5	+0.5
III	0	+0.5	+0.5	+1	+1.5

Zdroj: (IAEA, 1996)

Výpočet pro odhad pravděpodobnosti výskytu velké havárie:

$$N_{i,s} = N \cdot i_{i,s} + n_1 + n_f + n_o + n_p$$

$$N_{i,s} = 7 + n_1 + 0,5 + 0 + n_p = 7,5$$

Pomocí vypočítané hodnoty 7,5 a tabulky 18 byla následně stanovena frekvence vzniku velké havárie: $P_{i,s} = 3 \cdot 10^{-8}/\text{rok}$

Tabulka 18: Konverze pravděpodobnostního čísla na frekvenci $P_{i,s}$ (případy/rok)

N	P	N	P	N	P
0	$1 \cdot 10^0$	5	$1 \cdot 10^{-5}$	10	$1 \cdot 10^{-10}$
0.5	$3 \cdot 10^{-1}$	5.5	$3 \cdot 10^{-6}$	10.5	$3 \cdot 10^{-11}$
1	$1 \cdot 10^{-1}$	6	$1 \cdot 10^{-6}$	11	$1 \cdot 10^{-11}$
1.5	$3 \cdot 10^{-2}$	6.5	$3 \cdot 10^{-7}$	11.5	$3 \cdot 10^{-12}$
2	$1 \cdot 10^{-2}$	7	$1 \cdot 10^{-7}$	12	$1 \cdot 10^{-12}$
2.5	$3 \cdot 10^{-3}$	7.5	$3 \cdot 10^{-8}$	12.5	$3 \cdot 10^{-13}$
3	$1 \cdot 10^{-3}$	8	$1 \cdot 10^{-8}$	13	$1 \cdot 10^{-13}$
3.5	$3 \cdot 10^{-4}$	8.5	$3 \cdot 10^{-9}$	13.5	$3 \cdot 10^{-14}$
4	$1 \cdot 10^{-4}$	9	$1 \cdot 10^{-9}$	14	$1 \cdot 10^{-14}$
4.5	$3 \cdot 10^{-5}$	9.5	$3 \cdot 10^{-10}$	14.5	$3 \cdot 10^{-15}$

Zdroj: (zpracováno na základě vlastního výzkumu a příručky IAEA, 1996)

Shrnutí metody IAEA-TECDOC-727

Prostřednictvím metody IAEA-TECDOC-727 byly stanoveny následky a pravděpodobnost výskytu velké havárie, viz tabulka 19. Získané hodnoty se však mohou stejně jako u předchozí metody v praxi lišit. V případě, že by došlo k maximálnímu úniku benzínu a destrukci zásobníku, byla by zasažená plocha se 100% úmrtností větší než 60 000 ha.

Tabulka 19: Výsledky metody IAEA-TECDOC-727

Popis	Hodnota
Odhad vnějších následků na obyvatelstvo v zasažené zóně	0 mrtvých
Odhad následků na zaměstnance	42 mrtvých
Zasažená plocha	60 000 ha
Pravděpodobnost vzniku velké havárie	$3 \cdot 10^{-8}$/rok

Zdroj: (vlastní výzkum)

5.4 Modelace úniku NL softwarovým programem ALOHA

Areal Locations of Hazardous Atmospheres (ALOHA) je nástroj sloužící pro modelování úniku NL (hořlavých, výbušných, toxických). Při modelování rozsahu úniku NL se pracuje s několika údaji. Přehled těchto údajů je uveden v následující tabulce 20.

Tabulka 20: Vstupní hodnoty pro simulaci úniku benzínu

Popis	Hodnota
Celkové uniklé množství	10 532 t
	6 t
Rychlost větru	3 m/s
Směr větru	SW (220 °)
Přízemní teplota vzduchu	9 °C
Relativní vlhkost vzduchu	69 %
Pokrytí oblohy oblačností	4/8 (polojasno)
Třída stability atmosféry	C
Nadmořská výška	173 m. n. m.
Průměr nádrže	30 m
Výška nádrže	20 m

Zdroj: (vlastní výzkum)

Pomocí softwarového programu ALOHA byl namodelován jednorázový i kontinuální únik benzínu z největší nádrže v chemickém podniku Synthos Kralupy a.s.

Při jednorázovém i kontinuálním úniku bylo zohledněno množství 10 532 t a 6 t. V obou případech úniku je nádrž naplněna do 75 % svého objemu. Informace k simulované havárii jsou uvedeny v tabulce 21.

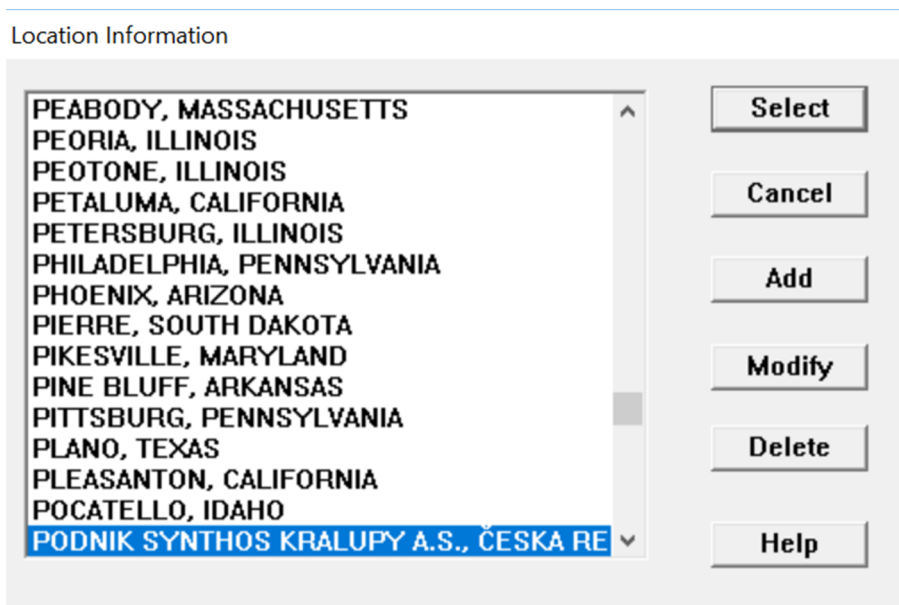
Tabulka 21: Informace k simulované havárii

Popis	Hodnoty
Místo havárie	podnik Synthos Kralupy a.s.
Druh havárie	únik nebezpečné látky (benzínu)
Roční období vzniku havárie	říjen
Čas vzniku havárie	13:00 hod.

Zdroj: (vlastní výzkum)

Postup při modelování v programu ALOHA

Prvním krokem v programu ALOHA byla specifikace lokality, kterou jsem si nadefinovala sama, neboť oblasti v datových zdrojích ALOHY pokrývají zejména oblast USA (obr. 14).



Obrázek 14: Specifikace lokality, zdroj: (vlastní výzkum v programu ALOHA)

Druhým krokem byla volba typu zástavby a časové nastavení vzniku havárie (den, měsíc, rok, hodina). Následně jsem stanovila atmosférické podmínky v místě mimořádné události (obr. 15).

Atmospheric Options

Wind Speed is : 3 knots mph meters/sec

Wind is from : SW Enter degrees true or text (e.g. ESE)

Measurement Height above ground is:

OR enter value : 10 feet meters

Ground Roughness is :

Open Country Urban or Forest OR Input Roughness [Z₀] :

Open Water

Select Cloud Cover :

OR enter value : 5 [0 - 10]

complete cover **partly cloudy** **clear**

Obrázek 15: Stanovení atmosférických podmínek, zdroj: (vlastní výzkum v programu ALOHA)

Nejdůležitější část tohoto softwarového programu, bez níž by nebylo možné modelovat, tkví v určení typu chemické látky a jejich vlastností. Program ALOHA se sestává z řady nebezpečných látek, avšak benzín mezi nimi není, a proto jsem tuto chemickou látku do databáze zařadila sama.

CAMEO Chemicals

File Navigate Sharing Help

ALPHA CAMEO

GASOLINE Help

CAMEO Chemicals

Home Help

Search Chemicals

New Search

Search Results

MyChemicals

chemicals: 1

Added chemical

View MyChemicals

Predict Reactivity

Chemical Datasheet

GASOLINE

[Chemical Identifiers](#) | [Hazards](#) | [Response Recommendations](#) | [Physical Properties](#) | [Regulatory Information](#) | [Alternate Chemical Names](#)

Chemical Identifiers

What is this information? >

CAS Number 8006-61-9 UN/NA Number 1202 DOT Hazard Label Flammable Liquid USCG CHRIS Code

NFPA 704

Diamond	Hazard	Value	Description
	Health	1	Can cause significant irritation.
	Flammability	3	Can be ignited under almost all ambient temperature conditions.
	Instability	0	Normally stable, even under fire conditions.
	Special		

Load complete

9:41 30.04.2017

Obrázek 16: Program CAMEO Chemicals, zdroj: (EPA)

Chemické vlastnosti benzínu byly získány z databáze nebezpečných chemických látek CAMEO Chemicals (obr. 16).

Poslední část před výpočtem, kterou je potřeba řádně vyplnit, obsahuje údaje o skladovací nádrži (obr. 17) a míře poškození. Zaplnění skladovací nádrže bylo spočítáno na základě fyzikálně-chemických vlastností benzínu automaticky programem ALOHA.

Tank Size and Orientation

Select tank type and orientation:

Horizontal cylinder Vertical cylinder Sphere

Enter two of three values:

diameter 30 feet meters

length 20

volume 14,137,167 liters cu meters

OK Cancel Help

Obrázek 17: Stanovení typu nádrže, zdroj: (vlastní výzkum v programu ALOHA)

Následně byl zvolen typ modelu šíření látky ve volné atmosféře. Vzhledem k tomu, že je většina par benzínu těžší než vzduch, byla zvolena poslední varianta v Calculation Options v programu ALOHA (obr. 18).

Calculation Options

Select the Spreading Algorithm for Downwind Dispersion:

Let ALOHA decide (select this if unsure)

Use Gaussian dispersion only

Use Heavy Gas dispersion only

OK Cancel Help

Obrázek 18: Stanovení typu modelu, zdroj: (EPA)

V následující tabulce 22 je uveden výstup z programu ALOHA. Ve výstupu jsou shrnuty údaje, které byly společné pro simulovanou situaci při úniku 10 532 t i 6 t.

Tabulka 22: Přehled výstupních dat

SITE DATA	
Location: podnik Synthos Kralupy a.s., Česká republika	
Building Air Exchanges Per Hour: 0.30	
Time: October 28, 2016, 13:00 hours	
CHEMICAL DATA	
Chemical name: Benzín	Molecular weight: 72 g/mol (approx)
AEGL-1 (60 min): 730 mg/m ³	
AEGL-2 (60 min): 7 500 mg/m ³	
AEGL-3 (60 min): N/A	
LEL: 14 000 ppm	UEL: 74 000 ppm
Ambient Boiling Point: 333 °K	
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.079	
ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)	
Wind: 3 meters/second from SW at 10 metres	
Ground Roughness: urban or forest	
Air Temperature: 9 °C	Stability Class: C
No Inversion Height	Relative Humidity: 69 %
SOURCE STRENGTH	
Tank Diameter: 30 meters	Tank Length: 20 meters
Tank Volume: 14 137 m ³	
Tank contains liquid	

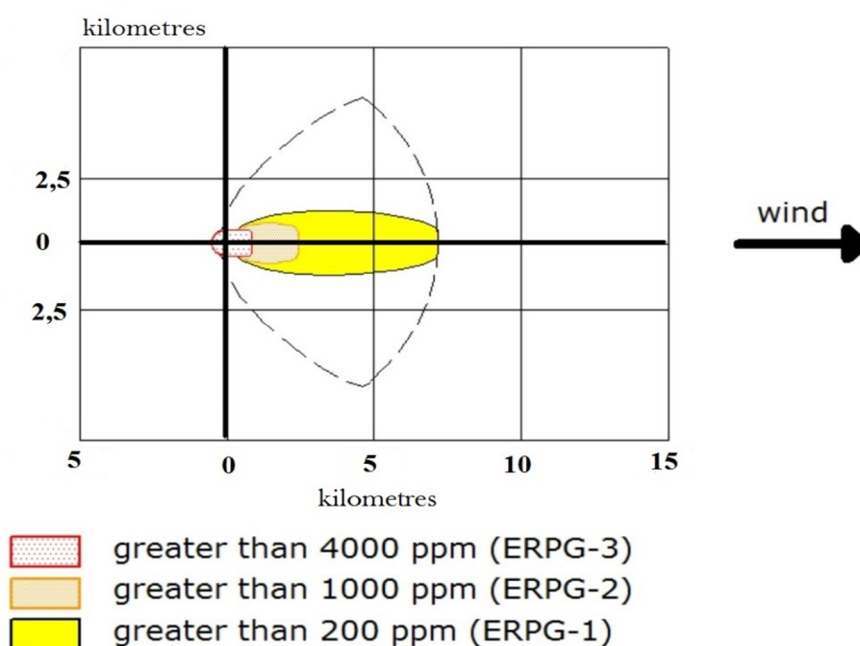
Zdroj: (vlastní výzkum)

Výsledky programu ALOHA

V programu ALOHA lze ohroženou zónu zkoumat ze tří možných pohledů: z toxického ohrožení obyvatelstva, požárního ohrožení a ohrožení explozí mraku.

Výsledky jednorázového úniku množství 10 532 t z nádrže

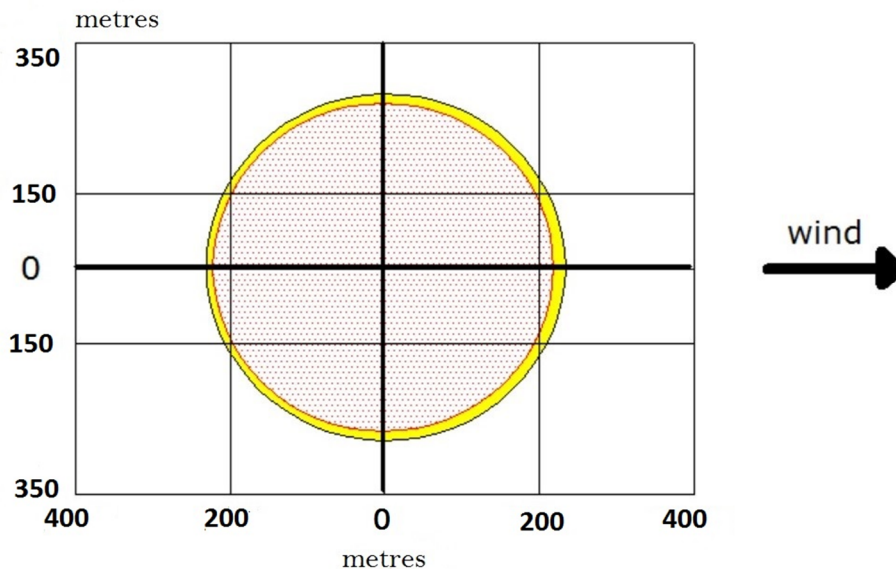
První namodelovaná situace, při níž byla zohledněna všechna tři rizika, se týkala kontinuálního i jednorázového úniku množství 10 532 t benzínu ze skladovací nádrže. Zóna pro toxické ohrožení obyvatelstva je znázorněna na obrázku 19, zóna požárního ohrožení na obrázku 20 a zóna ohrožení explozí mraku na obrázku 21.



Obrázek 19: Toxic Threat Zone, zdroj: (vlastní výzkum v programu ALOHA)

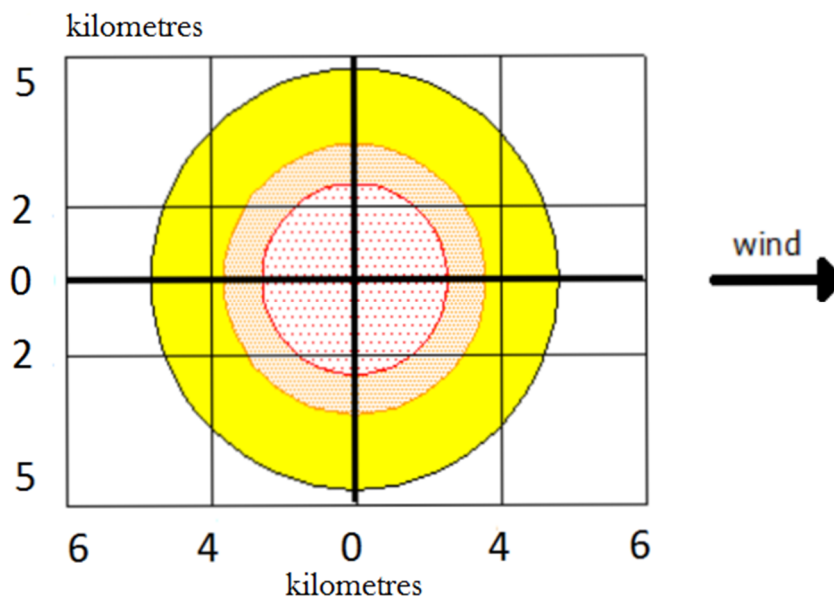
Při stanovení zóny pro toxické ohrožení obyvatelstva jsem pracovala s limity akutní toxicity s označením ERPG (Emergency Response Planning Guide). Tyto limity, jež mají tři úrovně, se vztahují k expozici na živý organismus v délce 60 minut.

Z obrázku 19 je patrné, že dojde-li k úniku 10 532 t benzínu z nádrže v chemickém podniku Synthos Kralupy a.s., pak koncentrace vyšší, než je hodnota ERPG-3, zasáhnou plochu do vzdálenosti 1 kilometru, ERPG-2 do vzdálenosti 3 kilometrů a ERGP-1 do vzdálenosti 7 kilometrů.



Obrázek 20: Fire Threat Zone, zdroj: (vlastní výzkum v programu ALOHA)

Obrázek 20 znázorňuje prostor ohrožení osob plamennou zónou. Do vzdálenosti cca 150 m se předpokládá umrtí osob během 60 sekund. Od 150 m do 200 m hrozí riziko vzniku popálenin druhého stupně. Žlutá zóna vyobrazuje prostor, ve kterém by došlo ke zranění osob.

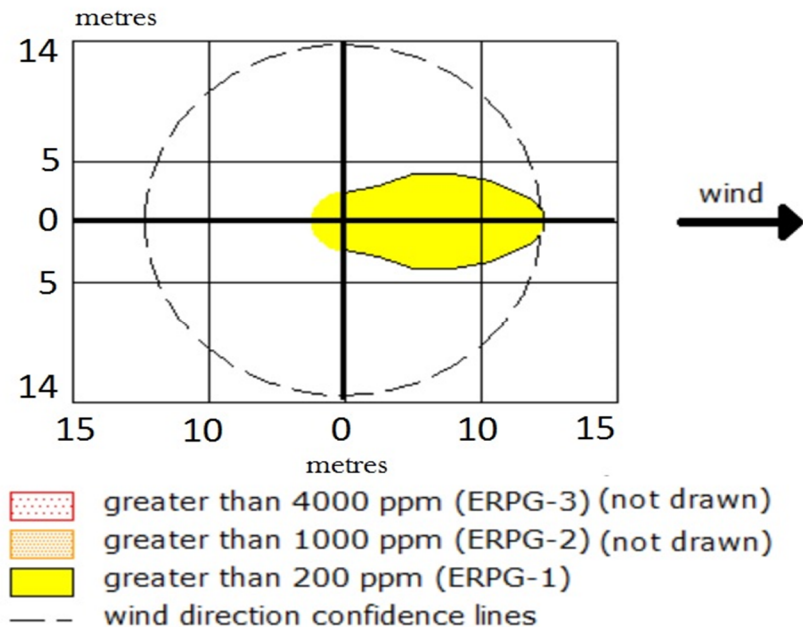


Obrázek 21: Thermal Radiation Threat Zone, zdroj: (vlastní výzkum v programu ALOHA)

Ohrožení explozí mraku by v případě úniku množství 10 532 t mělo oproti předchozím situacím značné následky. Do vzdálenosti 2 km se předpokládá 70% mortalita, do vzdálenosti 3,5 km popáleniny druhého stupně a do vzdálenosti 4,9 km popáleniny prvního stupně.

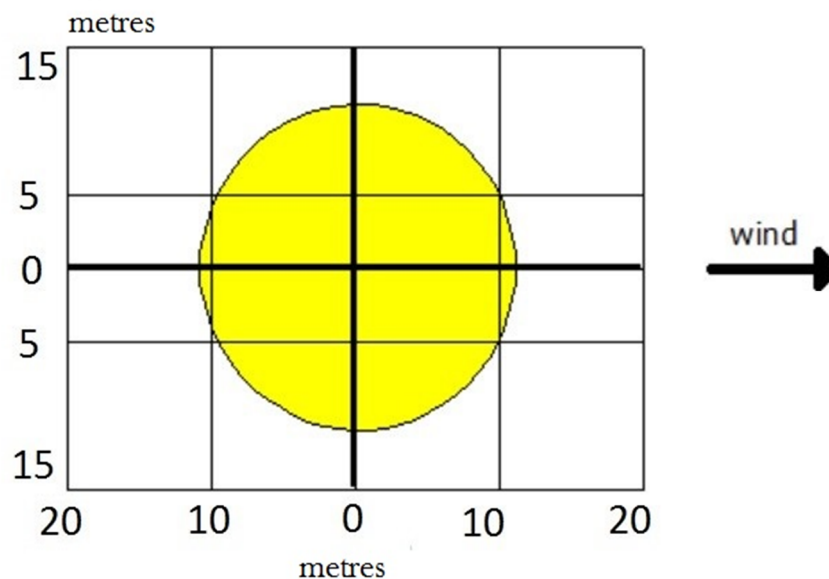
Výsledky jednorázového úniku množství 6 t z nádrže

Druhá namodelovaná situace, při níž bylo zohledněno toxické ohrožení obyvatelstva (obr. 22) a požární ohrožení (obr. 23), se týkala jednorázového úniku množství 6 t ze skladovací nádrže. Model ohrožení explozí mraku zde nebyl uplatněn z důvodu úniku malého množství.



Obrázek 22: Toxic Threat Zone, zdroj: (vlastní výzkum v programu ALOHA)

Pro únik malého množství 6 t benzínu z objemu celé nádrže byl v zóně toxického ohrožení zakreslen pouze limit akutní toxicity ERPG-1. Z obrázku 22 vyplývá, že do vzdálenosti cca 12 metrů po směru větru by jedinci pocítili nepříjemný zápach a mohly by se u nich objevit mírné zdravotní potíže.



Obrázek 23: Fire Threat Zone, zdroj: (vlastní výzkum v programu ALOHA)

Na obrázku 23 je stanovena zóna, v níž by došlo při úniku 6 t ke zranění osob. Oblast mortality a oblast vážného poškození zdraví není v prostoru ohrožení osob plamennou zónou znázorněna, neboť program ALOHA nezakresluje oblasti menší než 10 yardů (9,144 m).

Shrnutí softwarového programu ALOHA

Při modelování programu ALOHA jsem pracovala s množstvím 10 532 t, což je maximální množství obsažené ve skladovací nádrži, a s množstvím 6 t. Hodnota prvního množství (10 532 t) byla zvolena na základě stanoveného cíle diplomové práce. Pravděpodobnost, že dojde k celkovému úniku množství benzínu z nádrže, je však velmi malá, a proto byl únik namodelován i pro menší pravděpodobnější množství (6 t). Při simulaci tohoto úniku jsem zjistila, že 6 t by neohrozilo obyvatelstvo v okolních městech či obcích, ale pouze zaměstnance v areálu. Z tohoto důvodu bylo množství 6 t v softwarovém programu TerEx opomíjeno.

Modelace zóny pro toxické ohrožení obyvatelstva v případě úniku množství 10 532 t byla jen názorná. Benzín, extrémně hořlavá kapalina, se snadno vznítí vlivem tepla a vytváří hořlavé či dokonce výbušné směsi par se vzduchem, a proto je vznik pouze toxického mraku v případě rozsáhlého úniku téměř nepravděpodobný.

Aby došlo k jednorázovému úniku 10 532 t, tzn. největšího množství obsaženého v nádrži, muselo by dojít k explozi nebo k teroristickému útoku, který v současné době není nereálný. Ohrožení explozí (obr. 21) je pro obyvatelstvo i okolí nejhorší variantou.

5.5 Modelace úniku NL softwarovým programem TerEx

TerEx, jenž je určen pro rychlý odhad následků např. průmyslových havárií, dopadů úniku NCHL či teroristických útoků, se skládá z devíti základních modelů mimořádných událostí.

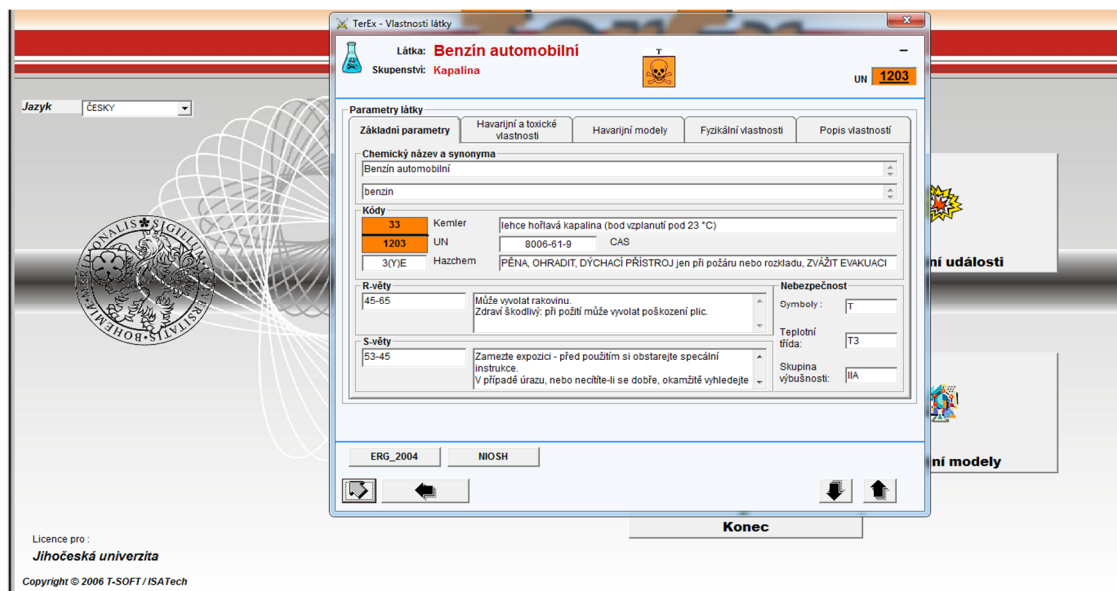
Pro výpočet rozsahu úniku nebezpečné látky je stejně jako u softwarového programu ALOHA nezbytné vypracovat scénář mimořádné události, viz tabulka 23. Modelace úniku benzínu softwarovým programem TerEx bude mít obdobný scénář, jenž byl zvolen u programu ALOHA, aby bylo možné výsledky porovnat.

Tabulka 23: Přehled vstupních dat

Základní parametry	Hodnoty
Místo havárie	podnik Synthos Kralupy a.s.
Druh havárie	jednorázový únik nebezpečné látky
Nebezpečná látka	benzín (UN kód – 1203)
Uniklé množství kapaliny	10 532 t
Rychlost větru	3 m/s
Roční období vzniku havárie	říjen
Čas vzniku havárie	13:00 hod.
Charakter zasaženého prostředí	městská zástavba, les, pole

Zdroj: (vlastní výzkum)

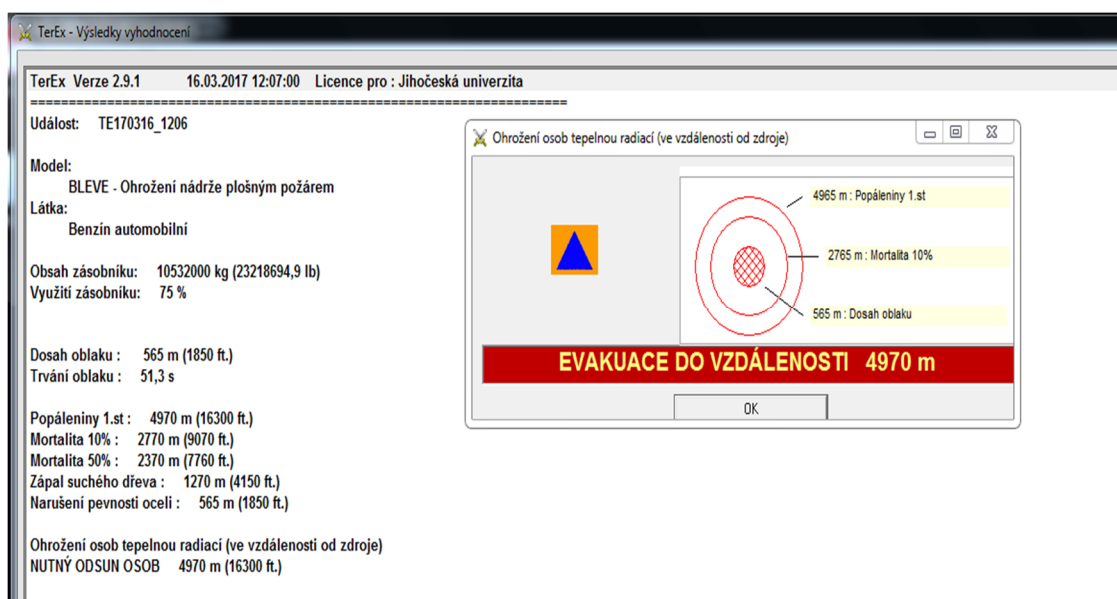
Prvním krokem v programu TerEx je vyhledání unikající látky v databázi nebezpečných látek. Při zvolení NL se zobrazí tabulka, viz obrázek 24, kde jsou uvedeny základní parametry látky, havarijní a toxické vlastnosti látky, havarijní modely pro danou látku a popis vlastností.



Obrázek 24: Stanovení NL, zdroj: (vlastní výzkum v programu TerEx)

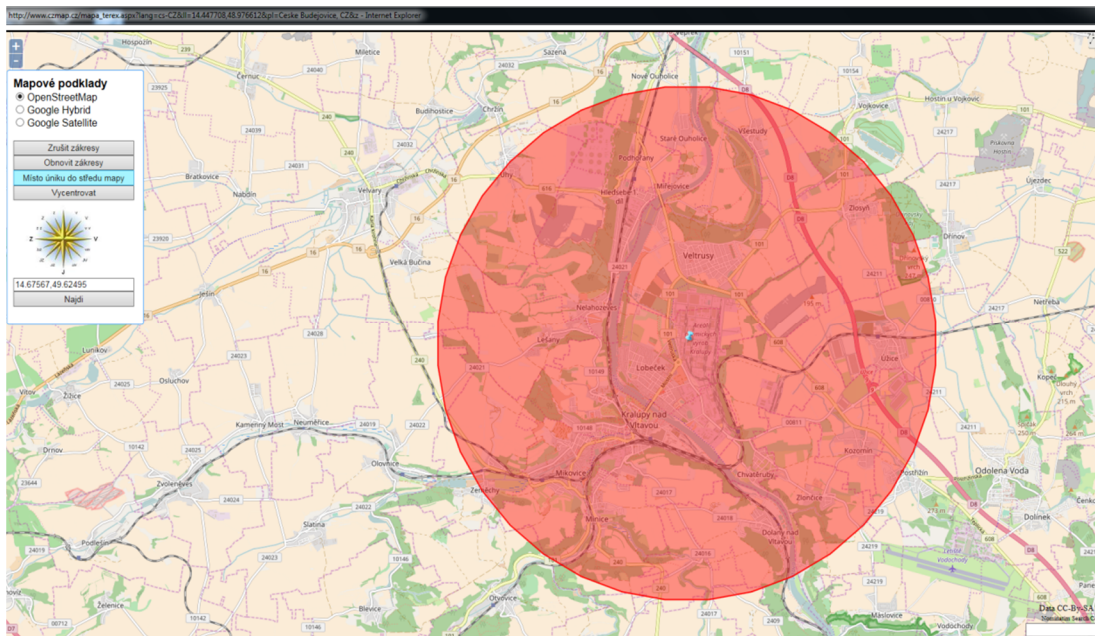
Z havarijních modelů jsem pro benzín zvolila model BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), při němž dochází k destrukci nádrže. Tento model byl zvolen záměrně, aby bylo možné porovnání s výsledky z programu ALOHA.

Výstup z programu TerEx je znázorněn na následujícím obrázku 25.



Obrázek 25: Výstup programu TerEx, zdroj: (vlastní výzkum v programu TerEx)

Z obrázku 25 vyplývá, že evakuace osob je nutná do stanovené vzdálenosti 4 970 m. Tato vzdálenost od zdroje nebezpečí byla následně zanesena přímo do mapy (obr. 26).



Obrázek 26: Vymezení zóny k evakuaci obyvatelstva, zdroj: (vlastní výzkum v programu TerEx)

Shrnutí softwarového programu TerEx

Prostřednictvím softwarového programu TerEx byla nasimulována stejná situace jako v programu ALOHA.

Podle výsledků by dosah oblaku sahal do vzdálenosti 565 m, do vzdálenosti 2 370 m je nutné počítat s 50% mortalitou a do vzdálenosti 4 970 m se předpokládají u obyvatelstva popáleniny 1. stupně.

5.6 Přehled výsledků získaných ze softwarových programů

Pro porovnání byly výsledky ze softwarových programů zaneseny do tabulky 24, z níž je patrné, že hodnoty se mezi sebou téměř neliší. Zaznamenané výsledky vycházejí z modelace typu BLEVE, při níž by došlo k destrukci nádrže a úniku celkového množství benzínu.

Tabulka 24: Přehled výstupů ze softwarových programů

	ALOHA	TerEx
Typ modelu	BLEVE	BLEVE
Množství uniklé kapaliny	10 532 t	10 532 t
Mortalita – vzdálenost (%)	2 000 m (70 %)	2 370 m (50 %)
Popáleniny 2. stupně	3 500 m	nestanoveno
Popáleniny 1. stupně	4 900 m	4 970 m

Zdroj: (vlastní výzkum)

5.7 ZaLP při chemické havárii

Získané údaje z modelování byly následně využity ve scénářích při provádění ZaLP při chemické havárii. Provedení záchranných a likvidačních prací se bude odvíjet od typu vzniklé situace.

ZaLP při úniku NL

První scénář je zaměřena na únik 6 t z nádrže s benzínem (bez vzniku požáru a výbuchu).

Scénář 1

V 13:00 hod. je příslušníkem ostrahy, který právě provádí pochůzku, zpozorován únik NL. Zaměstnanec o úniku ihned informuje dispečink HHSP, který na místo události vysílá jednotku HZSP. K místu zásahu je vyslána jednotka o početním stavu 1 + 5 s vozidlem Scania ULF 480/1000/5000 (obr. 27). Příslušníci jednotky HZSP se před zásahem vybavují ochrannými prostředky.

JHZSP při příjezdu na místo události odstaví techniku v bezpečné vzdálenosti a k uniklé NL přistupuje z návětrné strany. První úkon JHZSP spočívá v provedení průzkumu, při němž se zjišťuje aktuální rozsah havárie, zdroj úniku NL, zda jsou ohroženy osoby, které se nacházejí v chemickém podniku a do jaké míry je ohroženo

životní prostředí. Na základě uniklého množství následně vymezi velitel zásahu (velitel jednotky) zónu s charakteristickým nebezpečím.



Obrázek 27: Scania ULF 480/1000/5000, zdroj: (vlastní fotodokumentace)

JHZSP dále provede příslušná opatření ke snížení rizik a k omezení rozsahu havárie. Mezi příslušná opatření ke snížení rizik patří například vyloučení jakéhokoli iniciačního zdroje z blízkosti místa úniku. Opatření k omezení rozsahu havárie spočívá především v utěsnění místa úniku a pokrytí vrstvy benzínu vrstvou pěny nebo vhodným (nehořlavým) absorbujícím materiálem. Použitý sorbent se poté shromáždí a předá k likvidaci.

ZaLP při ohrožení plamennou zónou

Druhý scénář je zaměřen na únik 10 532 t, při němž dojde k požáru par, které se vypařují z hladiny kapaliny (tzv. pool fire).

Scénář 2

Dne 28. října 2016 bylo v 13:15 přijato na dispečinku HHSP hlášení, že v chemickém podniku došlo k úniku 10 532 t nebezpečné látky ze skladovací nádrže a následnému požáru.

Na místo zásahu byla ihned vyslána JHZSP. Vzhledem k tomu, že se jednalo o rozsáhlý požár, vyjely k zásahu pohotově 4 vozidla se všemi hasiči přítomnými na denní směně (15 hasičů). Technika vyjíždějící na místo události se sestávala

z CAS 27 T 815 (obr. 28), PHA 50 Scania TLF 11000 (obr. 29), PHA 42 T 815 (obr. 30) a ze Scanie ULF 480/1000/5000.

Cisternová automobilová stříkačka 27 TATRA 815 je primárně určena pro zásahy mimo areál. V tomto případě však vyjela i k rozsáhlému požáru benzínu, na jehož hašení byl využit střešní monitor, který má dostřik pěnou 50 m.



Obrázek 28: CAS 27 TATRA 815, zdroj: (vlastní fotodokumentace)

Dalším vozidlem vyjíždějícím k havarii, byl pěnový hasicí automobil Scania TLF 11000, jenž se používá zejména jako zásobárna pěnidla. Scania TLF 11000 má dostřik pěny 72 metrů.



Obrázek 29: Scania TLF 11000, zdroj: (vlastní fotodokumentace)



Obrázek 30: PHA 42 TATRA 815, zdroj: (vlastní fotodokumentace)

K havárii byl dále vyslán i pěnový hasicí automobil značky TATRA, jehož dostřik pěny sahá až do vzdálenosti 55 metrů.

Jednotka HZSP při příjezdu na místo vzniklé události ihned začala hasit požár pomocí pěny a chladit okolní skladovací nádrže, aby nedošlo k jejich výbuchu. Zasahující hasiči museli být vybaveni ochrannými prostředky (dýchací přístroje s celoobličejovou maskou), aby se nenadýchali zplodin hoření.

Dispečink HHSP mezitím svolal havarijní štáb chemického podniku Synthos Kralupy a.s. a informoval OPIS HZS Středočeského kraje o nastalé události a zároveň jej požádal na základě požadavku velitele zásahu o nasazení SaP.

Provozovatelé, kteří provozují podnikatelskou činnost v chemickém areálu, byli prostřednictvím závodního rozhlasu požádáni, aby ukončili provoz, řídili se pokyny v interních dokumentech a opustili poklidně se všemi zaměstnanci areál podniku Synthos Kralupy a.s.

JPO, jež přijely na místo události na vyžádání, se ihned ohlásily veliteli zásahu, podřídily se jeho příkazům a informovaly o svém příjezdu OPIS HZS Středočeského kraje.

Celý zásah ztěžoval mírný vítr, který zanašel zplodiny hoření na přilehlé město Veltrusy. Městský úřad tak v rozhlase informoval obyvatelstvo o vzniklé havárii v chemickém podniku a doporučil, aby lidé neotevírali okna, zdržovali se ve vyšších podlažích a pokud možno nevycházeli ven.

Po uhašení požáru a návratu JPO na své stanice byl zásah ukončen.

ZaLP při explozi nádrže

Třetí scénář nebyl blíže nasimulován, protože podmínky pro zásah by byly podstatně složitější a do řešení této situace by byly zainteresovány nejen orgány územní samosprávy, ale také orgány státní správy.

Exploze v chemickém podniku jedné nádrže by v reálné situaci mohla vést k explozi sousedních nádrží a spustit tak nepředvídatelný sled událostí, který by měl fatální důsledky.

Z výsledků softwarových programů, v nichž byla nasimulována destrukce, byť jen jedné nádrže, lze usuzovat značné ztráty na životech lidí, zvířat i majetku. V případě exploze by tedy primárním úkolem byla záchrana životů lidí a jejich bezpečná evakuace z dosahu hrozícího nebezpečí. Vycházíme-li z hodnot softwarových programů, bylo by nutné evakuaci osob provést minimálně do vzdálenosti 4 900 m. Do této vzdálenosti se předpokládá zranění obyvatelstva v podobě popálenin prvního stupně. Evakuace by částečně probíhala samovolně a částečně by se jednalo o evakuaci řízenou. Při samovolné evakuaci obyvatelstvo jedná podle vlastního uvážení a nelze jí zabránit (lidé opouštějí své domovy v důsledku paniky). Sekundárně by byl řešen požár vzniklý explozí, či například utracení zraněných zvířat. Důležité je zmínit, že ZaLP by se již netýkaly jen JPO, ale i ostatních složek IZS.

Havárie však nezpůsobuje pouze ztráty na životech, poškození zdraví a škody na majetku. Při vzniku havárie také dochází k zhoršení životního prostředí v zasaženém prostoru a kontaminaci okolí. V tomto případě by byla znečištěna okolní pole a řeka Vltava. K zamezení šíření uniklého benzínu po řece by JPO musely použít norné stěny či jiné dostupné prostředky, které by oddělily kontaminovanou vodu od nekontaminované. Benzín by následně musel být v kontaminované vodě zachycen pomocí speciálních sorbentů.

Obnova okolí po explozi by se nepohybovala v řádu dní, ale v řádu měsíců.

Shrnutí při provádění ZaLP

Záchranné i likvidační práce se v případě chemické havárie budou odvíjet od typu mimořádné události. Nejjednodušší provedení ZaLP by probíhalo v případě prostého úniku malého množství NL. Naopak nejsložitější podmínky pro zvládnutí chemické havárie by představovala exploze nádrže.

5.8 *Řízené rozhovory se zaměstnanci chemického podniku Synthos Kralupy a.s.*

Jednou z povinností chemického podniku Synthos Kralupy a.s., jenž je zařazen do skupiny B dle zákona č. 224/2015 Sb., je zajišťování havarijní připravenosti. K základní představě o naplnění této povinnosti mi pomohly provedené řízené rozhovory se zaměstnanci z hasičsko-havarijní služby.

5.8.1 *Řízený rozhovor se zaměstnancem z hasičko-havarijní služby (zaměstnanec z úseku PZH)*

Řízený rozhovor se zaměstnancem z úseku PZH proběhl z důvodu jeho časové vytíženosti po telefonu dne 20. 2. 2017.

1. Je havarijní připravenost chemického podniku Synthos Kralupy a.s. zajišťována ještě jiným způsobem než zpracováním povinné dokumentace?

„Jedná se o celý systém kontrol, auditů, školení, procvičování a zkoušení. Zpracovaná dokumentace jako taková samozřejmě nestačí, je potřeba ji pravidelně prověřovat. Toto prověřování probíhá formou havarijně-taktických cvičení, která se zaměřují na procvičování zásahů různých typů (např. požár, únik nebezpečných látek apod.).“

2. Jaké úkoly zabezpečuje hasičko-havarijní služba, která je v chemickém podniku Synthos Kralupy a.s. zřízena?

„Provoz hasičko-havarijní služby zajišťuje činnost v několika oblastech. Provoz se obecně sestává z JHZSP, která provádí činnosti stanovené zákonem o PO a příslušnými právními předpisy, a z požární prevence, která řeší veškeré záležitosti vyplývající ze zákona o PO a příslušných předpisů.“

3. Došlo v posledních letech k úniku některé nebezpečné látky ze skladovací nádrže?

„Tento typ nehody jsme neměli.“

4. Jaké metody používáte při zpracování posouzení rizik závažné havárie (např. HAZOP, ETA atd.)?

„Analýzu rizik řešíme pomocí specializované externí firmy. Vybraná zařízení v chemickém podniku se řeší HAZOPEM a celkově pak pomocí programu Effect.“

5. Absolvují zaměstnanci chemického podniku Synthos Kralupy a.s. i jiná školení než školení o BOZP?

„Zaměstnanci absolvují celou řadu školení souvisejících s výkonem jejich profesí (profesní odborná školení).“

5.8.2 Řízený rozhovor se zaměstnancem z hasičko-havarijní služby (příslušník JHZSP)

Řízený rozhovor s příslušníkem JHZSP proběhl v Kralupech nad Vltavou dne 3. 1. 2017.

1. Je havarijní připravenost chemického podniku zajišťována ještě jiným způsobem než zpracováním povinné dokumentace?

„Z našeho pohledu je havarijní připravenost zajišťována zejména pravidelnými cvičeními. Námětová cvičení se provádí téměř každou ranní směnu vzhledem k velikosti areálu (u příslušníků JHZSP se tak zvyšuje povědomí o tom, kde jsou jednotlivé uzávěry plynu, elektriky, kde se jaká látka vyrábí, skladuje atd.). Prověřovací cvičení, o kterých dopředu nevíme, se uskutečňují jednou za půl roku.“

2. Jaké úkoly zabezpečuje hasičko-havarijní služba, která je v chemickém podniku Synthos Kralupy a.s. zřízena?

„Hasičsko-havarijní služba je v podniku tvořena dvěma větvemi, které plní celou řadu úkolů. Jednou větví je úsek požární prevence, který se zabývá požární ochranou v celém komplexu a druhou větví jsme my – JHZSP. Naše činnost vyplývá z příslušných právních předpisů. Mezi hlavní úkoly JHZSP patří pochůzková činnost a provádění záchranných a likvidačních prací, mezi další úkoly patří např. asistence při svařování.“

3. Došlo v posledních letech k úniku některé nebezpečné látky ze skladovací nádrže?

„K úniku nebezpečných látek dochází v chemickém areálu poměrně často. Ve většině případů se však jedná o úniky látek spojené s manipulací nebo zpracováním. K úniku látek ze skladovacích nádrží dochází jen výjimečně.“

4. Víte, jaké metody se používají při zpracování posouzení rizik závažné havárie (např. HAZOP, ETA atd.)?

„Zpracování analýzy rizik podniku Synthos Kralupy a.s. má na starosti externí firma. O tom jaké metody jsou používány, nevím. JHZSP pouze poskytuje podklady potřebné pro zpracování.“

5. Absolvují zaměstnanci chemického podniku Synthos Kralupy a.s. i jiná školení než školení o BOZP?

„Školení zaměstnanců souvisí s výkonem jejich profese (provádí se např. pravidelná roční školení řidičů s profesní způsobilostí atd.)“

Shrnutí řízených rozhovorů

Z řízených rozhovorů lze usoudit, že havarijní připravenost podniku Synthos Kralupy a.s. odpovídá průměrné úrovni, neboť drobné nehody, jak zmínil příslušník JHZSP, nejsou v podniku ničím neobvyklým.

6 Diskuse

K chemickému průmyslu, který se vyvíjí již celá staletí, neodmyslitelně patří mimořádné události spojené s únikem nebezpečných látek. Zkušenosti a praxe ukazují, že je stále potřeba věnovat velkou pozornost prevenci závažných havárií, a to i navzdory vytvořeným právním předpisům, jež se danou problematikou zabývají. Na základě chemických havárií, které se udály v posledním desetiletí, lze totiž konstatovat, že právní předpisy samy o sobě nejsou dostačující. To, že právní předpisy k předcházení vzniku havárií nestačí, jsem zjistila i při osobní návštěvě chemického podniku Synthos Kralupy a.s. V tomto podniku, v němž se nebezpečné látky zpracovávají a skladují, nejsou havárie, byť se jedná pouze o drobné, nic neobvyklého. Za příčinami těchto havárií většinou stojí lidský faktor.

Během rozhovoru s kompetentní osobou jsem zjistila, že podnik Synthos Kralupy a.s. má vytipováno celkem 17 nejzávažnějších zdrojů rizika, pro něž je vypracována podrobná analýza QRA. Mezi nejvýznamnější zdroje rizika s možnými následky pro obyvatelstvo při úniku nebezpečných látek patří např. nádoby na skladování PB, zařízení s obsahem amoniaku či např. skladovací nádrže hořlavých kapalin a zkapalněných plynů. Na základě stanoveného cíle této diplomové práce jsem se ve výsledkové části, kterou jsem rozdělila do tří částí, zaměřila pouze na skladovací nádrž s hořlavou kapalinou.

První část, zaměřená na posouzení rizik závažné havárie, se sestávala z metody Dow's Fire & Explosion Index a IAEA-TECDOC-727. Aby bylo možné metody zpracovat, bylo nezbytné získat podrobnější informace o skladovací nádrži s obsahem benzínu, podniku a jeho okolí. Část těchto informací jsem získala při osobní návštěvě chemického podniku Synthos Kralupy a.s. a část z Bezpečnostní zprávy z roku 2016, do které jsem měla možnost nahlédnout. Některé položené dotazy však zůstaly nezodpovězeny, neboť kompetentní osoba musela v rámci bezpečnosti podniku zachovat mlčenlivost. Zpracování metody Dow's Fire & Explosion Index spočívalo především v přidělování přírážek ke stanoveným faktorům. Tato metoda byla časově poměrně náročná, protože kompetentní osoba se zpočátku zdráhala poskytnout bližší informace o nadzemní nádrži, v níž se benzín skladuje. Při zkoumání dané problematiky jsem zjistila, že v chemickém podniku se nachází především jednoplášťové nádrže, které značně podléhají korozi. Tyto nádrže jsou umístěné

v ochranném valu s pevnou střechou nebo s pevnou střechou a s vnitřní plovoucí střechou. V případě nádrže na benzín se jedná o jednoplášťovou nádrž s pevnou střechou a s vnitřní plovoucí střechou. Tato nádrž je vybavena bezpečnostními armaturami a protipožárním zařízením. Zpracování metody IAEA-TECDOC-727, která funguje na bázi porovnávání, bylo oproti metodě předchozí mnohem snazší. V metodě jsem porovnávala mnou zjištěné informace s tabulkami v příručce *Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries*. Získané výsledky z těchto metod ukázaly, že skladovací nádrž s benzinem opravdu představuje závažný zdroj rizika. Nutno však podotknout, že výsledky jsou pouze orientační vzhledem k omezené dostupnosti informací a vzhledem k tomu, že v metodách není zohledněn typ události. Došlo-li by ke vzniku tlakové vlny, byly by následky mnohem vyšší, než byly hodnoty získané z metody Dow's Fire & Explosion Index a IAEA-TECDOC-727, což potvrzují i výsledky získané ze softwarových programů.

V druhé části jsem pracovala s již zmíněnými softwarovými programy ALOHA a TerEx. Prostřednictvím těchto programů jsem zjišťovala rozsah a dopad možné havárie. Pracování s programem ALOHA, jenž je na rozdíl od programu TerEx volně dostupný, bylo náročnější. Program ALOHA nemá ve své databázi zahrnuté všechny nebezpečné látky, a proto bylo potřeba do databáze benzín zadat. Fyzikálně-chemické vlastnosti benzínu jsem do programu zadávala z databáze nebezpečných chemických látek a materiálů CAMEO Chemicals. Programem ALOHA jsem namodelovala pět havarijních situací s rozdílným množstvím nebezpečné chemické látky. Množství v prvním případě činilo 10 532 t (celkové množství obsažené v nádrži), v druhém případě 6 t (množství zvolené na základě pravděpodobnosti reálného úniku). První tři modelace, toxické ohrožení obyvatelstva, ohrožení obyvatelstva plamennou zónou a ohrožení explozí, se týkaly úniku množství 10 532 t. Z vymodelovaných výstupů je zřejmé, že při celkovém úniku by nebyli ohroženi pouze zaměstnanci v areálu, ale i obyvatelstvo v okolí, neboť následky havárie by přesáhly vnitřní hranici zóny havarijního plánování. Poslední dvě namodelované havarijní situace v programu ALOHA se týkaly pravděpodobnějšího úniku s množstvím 6 t. Z výsledků těchto modelací vyplývá, že dosah účinků by zaznamenali pouze zaměstnanci v podobě nepříjemného zápachu. V programu TerEx byl pro modelaci havárie s únikem 10 532 t benzínu vybrán pouze model BLEVE. Podle tohoto modelu by při zahoření nádrže benzínu vznikl nebezpečný oblak dosahující 565 m. Do vzdálenosti 2 370 m by mohlo

dojít k 50% mortalitě a do vzdálenosti 4 970 m k popáleninám 1. stupně. Na základě porovnání výsledků z těchto dvou softwarových programů bylo zjištěno, že v případě úniku celkového množství benzínu z nadzemní nádrže, budou zasaženi zaměstnanci i obyvatelstvo v okolí podniku, dojde ke značným ztrátám na majetku a znečištění životního prostředí.

Třetí část, zaměřená na zjišťování havarijní připravenosti v podniku Synthos Kralupy a.s., probíhala formou krátkých řízených rozhovorů se zaměstnanci z hasičko-havarijní služby. Během těchto rozhovorů jsem nabyla dojmu, že o drobných nehodách (malé úniky NL, požáry), ke kterým v podniku dochází, se nemluví a jakoby se nestaly.

Z hlediska zpracování dokumentace týkající se prevence závažných havárií nelze podniku Synthos Kralupy a.s. nic vytknout. Nicméně pouze zpracovaná dokumentace nečiní objekt bezpečným. Na základě získaných informací jsem došla k závěru, že by bylo zapotřebí více školit zaměstnance o PO a o zacházení s nebezpečnými chemickými látkami, aby se zamezilo menším nehodám, ke kterým dochází. Dále bych doporučila věnovat pozornost korozi na nadzemních nádržích. Koroze by mohla být do budoucna příčinou vzniku závažné havárie.

Pro tuto práci byla stanovena výzkumná otázka, zda je únikem benzínu z největší nádrže ohroženo obyvatelstvo v okolí chemického areálu. Pokud by došlo k celkovému množství úniku benzínu z nádrže, bylo by obyvatelstvo ohroženo do vzdálenosti 4 970 m. Únik menšího množství však pro obyvatelstvo žádné riziko nepředstavuje.

7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zjistit následky úniku benzínu z největší nádrže v podniku Synthos Kralupy a.s. a navrhnout opatření k likvidaci mimořádné události. Následky úniku benzínu z nádrže byly zjišťovány postupně, nejprve pomocí metod sloužících k posouzení rizik závažné havárie Dow's Fire and Explosion Index a IAEA-TECDOC-727, a následně prostřednictvím softwarových programů ALOHA a TerEx. Navržená opatření k likvidaci MU se poté odvíjela od typu namodelovaného scénáře.

Z výsledků metod sloužících k posouzení rizik vyplynulo, že pravděpodobnost vzniku závažné havárie, při níž by uniklo celkové množství benzínu z nádrže do okolí a ohrozilo obyvatelstvo, je téměř nulová. Metoda modelování tak byla uplatněna i na menší množství než 10 532 t. Při modelaci úniku 10 532 t v programu ALOHA byly využity tři typy modelů ohrožení, toxické ohrožení obyvatelstva, požární ohrožení a ohrožení explozí. Ze získaných hodnot lze usoudit, že bez následků, ať už v podobě ohrožení zdraví, ztrátách na životech, poškození majetku nebo životního prostředí, by se neobešel žádný z modelů. Při modelaci menšího, pravděpodobnějšího úniku 6 t v programu ALOHA byly využity dva typy modelů ohrožení, toxické ohrožení obyvatelstva a požární ohrožení. Získané hodnoty ukázaly, že v tomto případě by následky úniku nebezpečné látky z nádrže nepřesáhly vnitřní hranici stanovené zóny havarijního plánování a nebylo by ohroženo obyvatelstvo v okolí areálu. Únik nebezpečné látky by zaznamenali pouze jedinci nacházející se po směru větru do vzdálenosti 12 m od zdroje havárie v podobě nepříjemného zápachu.

Informace o havarijní připravenosti podniku Synthos Kralupy a.s. byly získány metodou řízených rozhovorů s kompetentními osobami z Provozu hasičko-havarijní služby.

Na základě poskytnutých informací bych doporučila více se zaměřit na školení zaměstnanců o PO a na údržbu nadzemních skladovacích nádrží, které v současné době podléhají korozi.

Na výzkumnou otázku, jež zní, zda je únikem benzínu z nádrže ohroženo obyvatelstvo v okolí chemického areálu, lze odpovědět dvěma způsoby. Pokud by došlo k malému úniku NL z nádrže, obyvatelstvo ohroženo nebude, dojde-li však k celkovému úniku množství z nádrže, bude obyvatelstvo již ohroženo. Únik

celkového množství benzínu z nádrže by si tak vyžadoval provedení evakuace obyvatelstva, a to nejméně do vzdálenosti 4 900 m od zdroje, což je vzdálenost, která přesahuje stanovenou zónu havarijního plánování.

8 Seznam literatury

Knížní publikace (monografie)

1. AICHE. *Dow's Fire & Explosion Index – Hazard Classification Guide, 1994*. 88 p. ISBN 978-0-8169-0623-9
2. BALOG, Karol, HANUŠKA, Zdeněk, ŠENOVSKÝ, Michail, ŠENOVSKÝ, Pavel. *Nebezpečné látky II*. 2. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. 229 s. ISBN 978-80-7385-000-5
3. BARTLOVÁ, Ivana. *Nebezpečné látky I*. 2. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. 211 s. ISBN 80-86634-59-3
4. BARTLOVÁ, Ivana. *Vývoj v oblasti nebezpečných látek a přípravků*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. 54 s. ISBN 978-80-7385-050-00
5. BARTLOVÁ, Ivana, PEŠÁK, Miloš. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003. 138 s. ISBN 80-86634-30-2
6. BARTLOVÁ, Ivana, ŠENOVSKÝ, Michail;. *Nebezpečné látky*. 2. rozšířené vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 80-86111-74-1
7. BERNATÍK, Aleš. *Prevence závažných havárií I*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. 86 s. ISBN 80-86634-89-2
8. HOLUB, L.; KOPAL, R.; NEVOSAD, M.; SOUKUP, A.; ŠVAJGL, O. *Století benzínu – historie rafinérského průmyslu v českých zemích*. Asco – vydavatelství spol. s. r. o., 2005. 106 s. ISBN 80-85377-98-5
9. KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše, KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše ml., SMETANA, Marek. *Havarijní plánování*. Brno: Computer Press, a.s., 2010. 166 s. ISBN 978-80-251-2989-0
10. LACINA, Petr, J. MIKA, Otakar, ŠEBKOVÁ, Kateřina. *Nebezpečné chemické látky a směsi*. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. 131 s. ISBN 978-80-210-6475-1

11. LEES, F., MANNAN, S. *Lees' Loss Prevention in the Process Industries. Hazard Identification, Assessment and Control*. Elsevier. Fourth Edition 2012. p. 3776. ISBN 978-0-12-397189-0.

12. LINHART, P., MATOUŠEK J., URBAN, I. *CBRN: Detekce a monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. 232 s. ISBN 978-80-7385-048-7

13. MAŠEK, Ivan, J. MIKA, Otakar, ZEMAN, Miloš. *Prevence závažných průmyslových havárií*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta chemická, 2006. 98 s. ISBN 80-214-3336-1

14. MATĚJOVSKÝ, Vladimír. *Automobilová paliva*. Grada Publishing, spol. s r. o., 2004. ISBN 80-247-0350-05

15. PALEČEK, Miloš a kol. *Prevence rizik*. Praha, Vysoká škola ekonomická, 2006. 257 s. ISBN 80-245-1117-7

16. RŮŽIČKA, František. *Rozdělení hořlavých látek a jejich požárně technické charakteristiky - Konspekty odborné přípravy jednotek požární ochrany*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1999. ISBN 80-86111-46-6

Článek v časopise

17. KOKEŠ, Jiří, 2011. *Multimediální přeprava nebezpečných věcí*. Nebezpečný náklad. 5 (4), 16-17. ISSN: 1803-1579

18. SKŘEHOT, Petr; ŘÍMAN, Radovan, 2007. *Modelování úniku a rozptylu nebezpečných plynných látek v atmosféře*. VÚBP, 119-122. ISBN 978-80-86303-11-6

Dokumenty (zákony)

19. EUR-LEX. Sdělení Komise – Technické pokyny k provádění nařízení (ES) č. 689/2008 – Zveřejnění podle článku 23 nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 689/2008 ze dne 17. června 2008 o vývozu a dovozu nebezpečných chemických látek. In: *Úřední věstník Evropské unie*. čl. 16. [online]. © 2011 - 2016 [cit. 2016-09-20]. Dostupné z: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:52011XC0301\(04\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:52011XC0301(04))

20. NAŘÍZENÍ. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, o změně směrnic 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/EHS a 2000/21/ES. In: *Úřední věstník Evropské unie*. L396 [online]. [cit. 2016-09-08]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:136:0003:0280:cs:PDF>

21. NAŘÍZENÍ. 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. In: *Úřední věstník Evropské unie*. L 353 [online]. [cit. 2016-09-08]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008R1272-20160101&rid=1>

22. SMĚRNICE. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek a o změně a následném zrušení směrnice Rady 96/82/ES. čl. 3. In: *Úřední věstník Evropské unie* [online]. [cit. 2016-09-05]. Dostupné z: http://www.sgpstandard.cz/editor/files/on_line/ziv_prostr/demo/prevence_zh/eu/2012_1_1_eu.pdf

23. Vyhláška č. 328/2001 Sb., Ministerstva vnitra o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2016 [cit. 2016-09-05]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-328>

24. Vyhláška č. 402/2011 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností chemických látek a chemických směsí a balení a označování nebezpečných chemických směsí. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2016 [cit. 2016-09-20]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-402>. Zrušena k 1. 6. 2015.

25. Vyhláška č. 226/2015 Sb., o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktuře. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2016 [cit. 2016-09-05]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-226>

26. Vyhláška č. 227/2015 Sb., o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 2017-01-02]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-227>

27. Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2016 [cit. 2016-09-05]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239>

28. Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2016 [cit. 2016-09-05]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-350>

29. 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). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2016 [cit. 2016-09-05]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-224>

Elektronické zdroje

30. AICHE. A Summary of the Dow Chemical Company's quick method to calculate toxic vapour dispersion. *Chemical exposure index*. [online]. 2006, 23. [cit. 2017-02-23]. DOI: 10.1002/9780470935309. ISSN 1074-4207 Dostupné z: <https://www.scribd.com/document/138417178/s2s-Chemical-Exposure-Index>

31. American Chemical Society: *CAS Registry – the gold standard for chemical substance information*. [online]. [cit. 2017-02-01]. Dostupné z: <http://www.cas.org/content/chemical-substances>

32. BAYBUTT, Paul. Competency requirements for process hazard analysis (PHA) teams. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. [online]. 2015, 33, 151-158 [cit. 2017-03-23]. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jlp.2014.11.023>. ISSN 09504230. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014002162>

33. BENEŠ, D., Edvard. *Obrazem: Před 40 lety došlo k nejtragičtější průmyslové nehodě*. [online]. Mostecký deník, © 2014 [cit. 2016-09-06]. Dostupné z:

http://mostecky.denik.cz/zpravy_region/obrazem-pred-40-lety-doslo-k-nejtragictejsi-prumyslove-nehode-20140719.html

34. BERNATÍK, Aleš. *Analyza nebezpečí a rizik*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2016. [online]. [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/U3V/cs/materialy/U3V_AnalyzaRizik.pdf

35. COBRO – Instytut Badawczy Opakowań. *RID, ADR, IATA-DGR, IMDG-Code*. [online]. Instytut Badawczy Opakowań, Warsaw [cit. 2017-01-04]. Dostupné z: http://www.cobro.org.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=85:rid-adr-iata-dgr-imdg-code&catid=34&Itemid=73&lang=en

36. CSB: U.S. Chemical Safety Board. Seven Key Lessons to Prevent Worker Deaths During Hot Work In and Around Tanks. *Safety Bulletin* [online]. 2010, 13 [cit. 2017-03-23]. ISSN 02609576. Dostupné z: http://www.csb.gov/assets/1/19/CSB_Hot_Work_Safety_Bulletin_EMBARGOED_untl_10_a_m_3_4_10.pdf

37. ČTK. Redakce. *Výbuch v Explosii, 2011*. [online]. 1999 – 2016 Economia, a.s. [cit. 2016-09-07]. Dostupné z: <http://zpravy.aktualne.cz/semtin/l~i:keyword:115791/>

38. ECHA. *Information on Chemicals - C&L Inventory*. [online]. Helsinki, Finland [cit. 2017-01-04]. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/cl-inventory-database>

39. ECHA: *Nariadení REACH, nariadení CLP*. [online]. Helsinki, Finland [cit. 2017-01-04]. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/regulations/reach/understanding-reach>, <https://echa.europa.eu/regulations/clp/understanding-clp>

40. ECHA. *Úvodní pokyny k nariadení CLP* [online]. © Evropská agentura pro chemické látky, 2015. Verze 2.1. Helsinki, Finsko [cit. 2017-01-03]. ISBN 978-92-9247-424-9. Dostupné z: https://echa.europa.eu/documents/10162/13562/clp_introduutory_cs.pdf

41. EPA: United States Environmental Protection Agency. *CAMEO – ALOHA Software*. [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>

42. FACTS. Hazardous materials accidents knowledge base. [online]. [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <http://www.factsonline.nl/browse-chemical-accidents-in-database>

43. FLORUS, Stanislav, 2007. *Toxikologické aspekty chemických havárií - doplňkové texty*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta. 69 l.
44. HZS JmK. Krizport: *Ohrožení – nebezpečné látky – benzín automobilový*. [online]. Portál krizového řízení JmK [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/ohrozeni/benzin-automobilovy-bezolovnaty>
45. HZS OIK. Odbor ochrany *Ochrana obyvatel* [online]. Olomouc: Odbor havarijního plánování a ochrany obyvatel, 2014. [cit. 2016-09-05]. Dostupné z: <http://ochranaobyvatel.olomouc.eu/havarijni-planovani>
46. IAEA. *Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries*. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria, 1996. [online] © 1998 – 2015 IAEA [cit. 2017-01-02]. Dostupné z: <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/5391/Manual-for-the-Classification-and-Prioritization-of-Risks-due-to-Major-Accidents-in-Process-and-Related-Industries>
47. KEDER, J., MACOUN, Jan. *Interpretace výsledků modelových výpočtů*. ČHÚ. [online]. SlidePlayer.cz Inc. [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3163900/>
48. LEKER, Jens, UTIKAL, Hannes. The focus of the Journal of Business Chemistry: Good management practices in the chemical industry. *Journal of Business Chemistry* [online]. 2016, 13(3), 94-98 [cit. 2017-03-23]. ISSN 16139615. Dostupné z: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=33&sid=5530cb86-da72-43cc-87be-89b89449cb4f%40sessionmgr101&hid=119>
49. MD. *Dopravní informační systém DOK*. Ministerstvo dopravy ČR, nábřeží L. Svobody 12. [online]. [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <http://cep.mdcz.cz/dok2/DokPub/dok.asp>
50. MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT. *Atmospheric dispersion modelling jun04*. [online]. newzealand.govt.nz. [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: <http://www.mfe.govt.nz/publications/air/good-practice-guide-atmospheric-dispersion-modelling/4-getting-started>

51. MV - GŘ HZS ČR. *Bojový řád jednotek požární ochrany – taktické postupy zásahů*. Metodický list č. 1, kap. L, 2004. [online]. MV- GŘ HZS ČR, © 2016 [cit. 2016-09-05]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/bojovy-rad-jednotek-pozarni-ochrany-v-dokumentech-491249.aspx>
52. MV - GŘ HZS ČR. *Krizové řízení. Havarijní plánování*. [online]. MV- GŘ HZS ČR, © 2016 [cit. 2016-09-05]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/krizove-izeni-a-cnp-havarijni-planovani-havarijni-planovani.aspx>
53. MV - GŘ HZS ČR. *Ochrana obyvatelstva. Nebezpečné látky*. [online]. MV- GŘ HZS ČR, © 2016 [cit. 2016-09-05]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/nebezpecne-latky.aspx>
54. PŮLPÁN, David. *Od neštěstí v Semtíně uplynulo 30 let*. [online]. 1999–2016 MAFRA, iDNES.cz [cit. 2016-09-06]. Dostupné z: http://pardubice.idnes.cz/vybuch-semtin-vyroci-05v-/pardubice-zpravy.aspx?c=A140529_2068977_pardubice-zpravy_mt
55. QI, Sheng, DU, Yang, ZHANG, Peili, LI, Guoqing, ZHOU, Yi, WANG, Bo. Effects of concentration, temperature, humidity, and nitrogen inert dilution on the gasoline vapor explosion. *Journal of Hazardous Materials* [online]. 2017, **323**(Part B), 593-601 [cit. 2017-03-23]. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2016.06.040. ISSN 03043894. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389416305957>
56. ROGOWSKI, J. POŽÁRY.cz. *Kemler a UN – označování nebezpečných látek při silniční přepravě, 2012*. [online]. Praha. [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>
57. RUDA, Aleš. *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele*. Brno. Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity. [online]. [cit. 2016-11-03]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/ps14/fyz_geogr/web/pages/03-prvky.html
58. SHIRALI, A., CH., SHEKARI, M., ANGALI, A.,K. Quantitative assessment of resilience safety culture using principal components analysis and numerical taxonomy: A case study in a petrochemical plant. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* [online]. 2016, 40, 227-284. [cit. 2017-02-20]. DOI:

- 10.1016/j.jlp.2016.01.007. ISSN 09504230. Dostupné z:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423016300079>
59. SKJOLD, T., van WINGERDEN, K. Investigation of an explosion in a gasoline purification plant. *PROCESS SAFETY PROGRESS* [online]. 2013, 32(3), 268-276 [cit. 2017-03-23]. ISSN 10668527. Dostupné z:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/prs.11584/pdf>
60. TLP, VÚBP – OPPZH. *Metodika přístupu k identifikaci zdrojů rizik, analýze rizik a hodnocení rizik průmyslových havárií pro posouzení rizik v rámci prevence závažných havárií, 2015*. VÚBP Praha. [online]. Praha, © 2016. 20 s. [cit. 2017-01-04]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/josra/metodika-pristupu-k-identifikaci-zdroju-rizik-analyze-rizik-hodnoceni-rizik-prumyslovych>
61. UNIPETROL.cz. *Neplánovaná odstávka kralupské rafinerie*. [online]. [cit. 2016-09-07]. Dostupné z:
<http://www.unipetrol.cz/cs/VztahySInvestory/RegulatorniOznameni/Stranky/Nep1%C3%A1novan%C3%A1-odst%C3%A1vka-kralupsk%C3%A9-rafinerie.aspx>
62. VONÁSEK, V., LUKEŠ, P. a kolektiv. *Statistická ročenka 2015*. [online]. MV- GŘ HZS ČR, Praha 2016 [cit. 2016-09-05]. Dostupné z:
<http://www.hzscr.cz/clanek/statisticke-rocenky-hasicskeho-zachranneho-sboru-cr.aspx>
63. VÚBP v.v.i. *Metodické postupy a další materiály vztahující se k prevenci závažných havárií*. VÚBP Praha. [online]. Praha, © 2016. [cit. 2017-01-04]. Dostupné z:
<http://www.vubp.cz/prevence-zavaznych-havarii/metodiky>
64. WILEY, John and sons. *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers. Second Edition. New York, 2000. [online]. [cit. 2017-01-05]. Dostupné z:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470935422.fmatter/pdf>
65. ZHANG, Peili, DU, Yang, WU, Songlin, XU, Jiafeng, LI, Guoqing a XU, Peng. Flame regime estimations of gasoline explosion in a tube. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* [online]. 2015, 33, 304-310 [cit. 2017-03-23]. DOI: 10.1016/j.jlp.2015.01.010. ISSN 09504230. Dostupné z:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014002058>

Kvalifikační práce

66. HLUŠIČKA, Martin, 2009. *Návrh ukazatelů pro hodnocení rizika při přepravě nebezpečného zboží na variantních trasách*. Pardubice. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. 87 l. Vedoucí práce doc. Ing. Radovan Soušek, Ph.D.
67. HRUŠKOVÁ, Veronika, 2012. *Zhodnocení vybraných softwarových nástrojů určených pro modelování úniku nebezpečných látek při haváriích v chemickém průmyslu*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství. 110 l. Vedoucí práce doc. Ing. Vladimír Adamec, CSc.
68. ROMAN, Michal, 2014. *Toxikologické aspekty chemických havárií*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství. 96 l. Vedoucí práce doc. Ing. Otakar J. Mika, CSc.
69. SCHÜLLEROVÁ, Barbora, 2012. *Ochrana osob před dopady závažných chemických havárií*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství. 136 l. Vedoucí práce Ing. Otakar J. Mika, CSc.
70. SKŘEHOT, Petr, 2008. *Modelování rozptylu toxických látek v atmosféře při průmyslových haváriích*. Praha. Diplomová práce. Universita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta. 112 l.

9 Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obrázek 1 Zařízení CAPECO v Bayamón	11
Obrázek 2 Počet havárií s únikem NCHL na území ČR	12
Obrázek 3 Schéma rozdělení MU	17
Obrázek 4 Meze výbušnosti	19
Obrázek 5 Přeprava jednoho druhu NL	24
Obrázek 6 Přeprava více druhů NL	25
Obrázek 7 Vertikální profil rychlosti větru	29
Obrázek 8 Únik NL ze zařízení	30
Obrázek 9 Postup zajištění PZH v objektu podle zákona č. 224/2015 Sb.....	33
Obrázek 10 Kostra podrobného hodnocení rizik pro zpracování bezpečnostní zprávy.	38
Obrázek 11 Synthos Kralupy a.s.	48
Obrázek 12 Ocelové nádrže v areálu Synthos Kralupy a.s.	49
Obrázek 13 Vytyčení zasažené plochy.	51
Obrázek 14 Specifikace lokality.....	65
Obrázek 15 Stanovení atmosférických podmínek.....	66
Obrázek 16 Program CAMEO Chemicals.	66
Obrázek 17 Stanovení typu nádrže.....	67
Obrázek 18 Stanovení typu modelu	67
Obrázek 19 Toxic Threat Zone	69

Obrázek 20 Fire Threat Zone	70
Obrázek 21 Thermal Radiation Threat Zone	70
Obrázek 22 Toxic Threat Zone	71
Obrázek 23 Fire Threat Zone	72
Obrázek 24 Stanovení NL	74
Obrázek 25 Výstup programu TerEx	74
Obrázek 26 Vymezení zóny k evakuaci obyvatelstva	75
Obrázek 27 Scania ULF 480/1000/5000	77
Obrázek 28 CAS 27 TATRA 815.....	78
Obrázek 29 Scania TLF 11000.....	78
Obrázek 30 PHA 42 TATRA 815.....	79

Seznam tabulek

Tabulka 1 Třídy stability atmosféry	28
Tabulka 2 Index požáru a výbuchu	50
Tabulka 3 Stupně nebezpečnosti	51
Tabulka 4 Kreditní faktor řízení procesu (C_1).....	52
Tabulka 5 Kreditní faktor oddělitelnosti materiálu (C_2)	53
Tabulka 6 Kreditní faktor ochrany pře požárem (C_3).....	53
Tabulka 7 Výsledky metody F&E Index	54
Tabulka 8 Klasifikace látky dle kategorie účinků	55
Tabulka 9 Klasifikace látky dle množství	56
Tabulka 10 Kategorie následků – max. dosah a velikost zasažené plochy	56
Tabulka 11 Stanovení hustoty obyvatelstva	57
Tabulka 12 Stanovení korekčního faktoru f_m pro zmírnění následků	58
Tabulka 13 Přehled údajů pro výpočet odhadu vnějších následků velké havárie na obyvatelstvo.....	59
Tabulka 14 Stanovení průměrného pravděpodobnostního čísla $N_{i,s}^*$	60
Tabulka 15 Stanovení korekčního faktoru pravděpodobnostního čísla n_f	61
Tabulka 16 Stanovení korekčního faktoru pravděpodobnostního čísla n_o pro organizační bezpečnostní opatření	61
Tabulka 17 Stanovení korekčního faktoru pravděpodobnostního čísla n_p pro směr větru vzhledem k obydlené oblasti zasažené zóny	62
Tabulka 18 Konverze pravděpodobnostního čísla na frekvenci $P_{i,s}$ (případy/rok).....	63
Tabulka 19 Výsledky metody IAEA-TECDOC-727.....	63

Tabulka 20 Vstupní hodnoty pro simulaci úniku benzínu	64
Tabulka 21 Informace k simulované události	65
Tabulka 22 Přehled výstupních dat	68
Tabulka 23 Přehled vstupních dat	73
Tabulka 24 Přehled výstupů ze softwarových programů	76

10 Seznam zkratek

ADR	Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí
CAS	Chemical Abstract Service
CAS	cisternová automobilová stříkačka
CLP	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
ČR	Česká republika
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances – Evropský seznam existujících obchodovaných chemických látek
ECHA	Evropská agentura pro chemické látky
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances – Evropský seznam oznámených chemických látek
ES	Evropské společenství
EU	Evropská unie
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis – analýza způsobů a důsledků poruch
HAZOP	Hazard and Operability Analysis – analýza nebezpečnosti a provozuschopnosti
HHSP	hasičko-havarijní služba podniku
HP	havarijní plánování
HZS	hasičský záchranný sbor
IUPAC	International union of pure and applied chemistry – Mezinárodní unie pro čistou a užitou chemii
IZS	integrovaný záchranný systém
JPO	jednotky požární ochrany
JHZSP	jednotka hasičského záchranného sboru podniku
KHA	kombinovaný hasicí automobil
KÚ	krajský úřad
MU	mimořádná událost
NCHL	nebezpečné chemické látky
NL	nebezpečné látky

PHA	pěnový hasicí automobil
PZH	prevence závažných havárií
RID	Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí
SaP	síly a prostředky
ZaLP	záchranné a likvidační práce

11 Seznam příloh

Příloha A Výstražné symboly nebezpečnosti a vzor štítku dle Nařízení ES č. 1272/2008

Příloha A

Výstražné symboly nebezpečnosti a vzor štítku dle Nařízení ES č. 1272/2008

Výstražné symboly dle Nařízení ES č. 1272/2008

FYZIKÁLNÍ NEBEZPEČNOST:

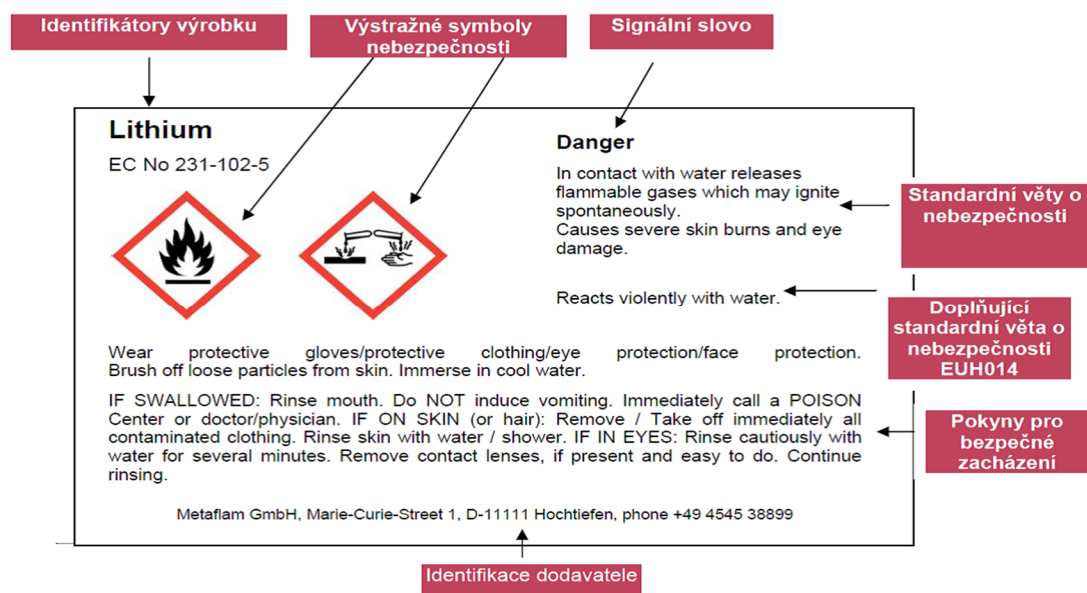


NEBEZPEČNOST PRO ZDRAVÍ A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ:



Obrázek P1: Výstražné symboly, zdroj: (EUR-LEX, 2011)

Vzor štítku dle Nařízení ES č. 1272/2008



Obrázek P2: Štítek označující NL, zdroj: (ECHA – Úvodní pokyny k nařízení CLP, 2015)