



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

ODBOR INŽENÝRSTVÍ RIZIK

DEPARTMENT OF RISK ENGINEERING

ANALÝZA ZDRAVOTNÍCH A ENVIROMENTÁLNÍCH RIZIK V TEPLÁRNÁCH BRNO A.S.

ANALYSIS OF HEALTH AND ENVIRONMENTAL RISKS IN TEPLÁRNY BRNO A.S.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Denisa Mercová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Zuzana Balgová, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

Studentka:	Bc. Denisa Mercová
Studijní program:	Řízení rizik technických a ekonomických systémů
Studijní obor:	Řízení rizik ekonomických systémů
Vedoucí práce:	Ing. Zuzana Balgová, Ph.D.
Akademický rok:	2023/24
Ústav/odbor:	Odbor inženýrství rizik

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Analýza zdravotních a enviromentálních rizik v Teplárnách Brno a.s.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Použití chemických látek v průmyslové výrobě je vždy spojeno s nebezpečím jejich potenciálního úniku. Na základě vyhodnocení bude navržen postup včetně návrhu opatření vedoucí ke snížení rizik.

Cíle diplomové práce:

Na základě vyhodnocení rizik bude navržen postup včetně návrhu opatření vedoucí ke snížení rizik. Provedení analýzy používaných nebezpečných chemických látek ve vybraném podniku, odhad rizik pro jednotlivá nebezpečí vedoucích k poškození zdraví a škodám na životním prostředí a majetku. Návrh preventivních opatření pro zabránění vzniku mimořádné události.

Seznam literatury:

TICHÝ, Milík. Ovládání rizika: analýza a management. Praha: C.H. Beck, 2006. Beckova edice ekonomie. ISBN 80-7179-415-5.

HUTCHINS, Greg, 2018. ISO 31 000: 2018 Enterprise Risk Management. Certified Enterprise Risk Manager (R) Academy. Portland: Quality Plus Engineering. ISBN 9780965466516.

SKŘEHOT, Petr a Jan BUMBA. Prevence nehod a havárií. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. ISBN isbn978-80-86973-73-9.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.
ředitel

Abstrakt

Diplomová práce se věnuje analýze rizik v Teplárnách Brno, které při svých činnostech využívají nebezpečné chemické látky. Teoretická část práce se věnuje souvisejícím pojmům a právním požadavkům pro zhodnocení možných rizik v souvislosti s nebezpečnými látkami. Praktická část seznamuje s vybranou firmou a pomocí analýz vyhodnocuje přijatelnost zjištěných rizik a následná navržená opatření ke snížení pravděpodobnosti výskytu identifikovaných rizik.

Abstract

The diploma thesis is devoted to risk analysis in Teplárny Brno, which use dangerous chemical substances in their activities. The theoretical part of the work is devoted to related concepts and legal measures for evaluating possible risks in connection with dangerous substances. The practical part introduces the selected company and, using the analyses, evaluates the acceptability of the identified risks and subsequent suggested measures to reduce the probability of the occurrence of the identified risks.

Klíčová slova

Nebezpečná látka; riziko; nebezpečí; závažná havárie; krizový management

Keywords

Dangerous substance; risk; danger; serious accident; crisis management

Bibliografická citace

MERCOVÁ, Denisa. *Analýza zdravotních a environmentálních rizik v Teplárnách Brno a.s.* Brno, 2024. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/153755>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor inženýrství rizik. Vedoucí práce Zuzana Balgová.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Analýza zdravotních a environmentálních rizik v Teplárnách Brno a.s.“ jsem vypracoval/a samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor/ka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil/a autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl/a nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom/a následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně

.....

Podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce Ing. Zuzaně Balgové Ph.D. a také Ing. Lucii Kulichové za pomoc a odborné rady při zpracování této práce. Také bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu studia.

OBSAH

OBSAH	8
1 ÚVOD	1
2 TEORETICKÁ ČÁST	2
2.1 Základní pojmy	2
2.1.1 <i>Riziko</i>	2
2.1.2 <i>Hrozba</i>	2
2.1.3 <i>Objekt</i>	3
2.1.4 <i>Zařízení</i>	3
2.1.5 <i>Závažná havárie</i>	3
2.1.6 <i>Mimořádná událost</i>	3
2.1.7 <i>Újma a škoda</i>	4
2.1.8 <i>Havarijní plán</i>	4
2.2 Nebezpečné látky	5
2.2.1 <i>Hořlavé látky</i>	5
2.2.2 <i>Látky podporující hoření</i>	5
2.2.3 <i>Žíravé látky</i>	6
2.2.4 <i>Toxické látky</i>	6
2.2.5 <i>Výstražné symboly CLP</i>	7
2.3 Legislativa týkající se nebezpečných látek	8
2.3.1 <i>Nařízení REACH</i>	8
2.3.2 <i>Nařízení CLP</i>	9
2.3.3 <i>Chemický zákon</i>	10
2.3.4 <i>Zákon o prevenci závažných havárií</i>	10
2.3.5 <i>Další zákony</i>	11
3 FORMULACE PROBLÉMŮ A STANOVENÍ CÍLŮ ŘEŠENÍ	12
4 POUŽITÉ METODY A JEJICH ZDŮVODNĚNÍ	13
4.1 H&V index	13
4.2 Event tree analysis	15
4.3 HAZOP	17
4.4 Software ALOHA	19
4.5 Vliv lidského činitele	22
5 POPIS SPOLEČNOSTI	24
5.1 Návrh na zařazení do skupiny A nebo b	25
5.1.1 <i>Výpočet pro provoz Špitálka</i>	29

5.1.2	<i>Výpočet pro provoz Červený mlýn</i>	30
5.1.3	<i>Výpočet pro provoz Staré Brno</i>	31
5.1.4	<i>Výpočet pro provoz Brno-sever</i>	31
5.2	Analýza rizik	33
5.3	Skladování NCHL	35
5.3.1	<i>Provoz Červený mlýn</i>	35
5.3.2	<i>Provoz Špitálka</i>	36
5.4	H&V index	37
5.4.1	<i>Indexy nebezpečnosti chemických látek</i>	37
5.4.2	<i>Indexy zranitelnosti životního prostředí</i>	40
5.4.3	<i>Hodnocení indexu zranitelnosti území</i>	41
5.4.4	<i>Vyhodnocení H&V indexu</i>	44
5.5	Hazop	45
5.6	ETA analýza	51
5.7	Software Aloha	56
5.7.1	<i>Kvantifikace možných scénářů</i>	62
	<i>Určení skupinového rizika</i>	66
5.8	Analýza lidského faktoru	68
6	VLASTNÍ ŘEŠENÍ / DOSAŽENÉ VÝSLEDKY	76
7	DISKUZE / ANALÝZA VÝSLEDKŮ ŘEŠENÍ	78
8	ZÁVĚR	79
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	81
	<i>Právní předpisy</i>	83
	SEZNAM TABULEK	84
	SEZNAM OBRÁZKŮ	86
	SEZNAM ZKRATEK	86
	PŘÍLOHY	87
8.1	Příloha 1: Zařazení do skupiny A nebo B - množství	87
8.2	Příloha 2: Jmenovitě vybrané NCHL	89
8.3	Příloha 3: Stanovení H&V Indexu	91
8.3.1	<i>Toxicita pro vodní prostředí</i>	91
8.3.2	<i>Toxicita pro půdní prostředí</i>	92
8.3.3	<i>Index toxické nebezpečnosti pro biotickou složku prostředí</i>	93
8.3.4	<i>Index nebezpečí hořlavosti látky s dopadem na biotickou složku prostředí</i>	94
8.3.5	<i>Stanovení zranitelnosti povrchových vod</i>	94

8.3.6	<i>Stanovení zranitelnosti podzemních vod</i>	95
8.3.7	<i>Stanovení zranitelnosti půdního prostředí</i>	96
8.3.8	<i>Stanovení zranitelnosti biotických složek prostředí</i>	97
8.3.9	<i>Hodnocení závažnosti havárie</i>	98

1 ÚVOD

Zajištění tepla, energie a plynu jsou pro společnost jedny z nejdůležitějších činností. I při těchto činnostech dochází k využití chemických látek, které mohou mít v případě úniku negativní dopad na zdraví, majetek či životní prostředí. Průmyslové havárie sice nejsou v dnešní době časté, ovšem v případě, kdy k nim dojde, mohou být jejich dopady rozsáhlé.

Havárie, u kterých dojde k úniku chemické látky, mají mnohdy značné nežádoucí následky pro životní prostředí, zejména pak pro živé organismy.

V dřívější době došlo ve světě k nemalému počtu havárií, které si vyžádaly mnoho lidských životů. Pro ochranu života a zdraví osob a také životního prostředí byly vypracovány závazné předpisy a zákony. Tyto předpisy a zákony byly vypracovány ke zlepšení prevence těchto událostí, lepší připravenosti a k minimalizování dopadů pro případy, kdy dojde k úniku nebezpečných látek, případně i k jejich následnému požáru či výbuchu.

Pro prevenci závažných havárií jsou pro podniky zpracovávány vnitřní i vnější havarijní plány, které vychází z jejich bezpečnostní dokumentace.

Tato diplomová práce má za cíl analyzovat zdravotní a environmentální rizika spojená s používanými chemickými látkami ve vybrané společnosti, konkrétně v Teplárnách Brno, podle zákonných požadavků pro nakládání s chemickými látkami a pro prevenci závažných havárií. Ani této společnosti se v minulosti bohužel nevyhnuly havárie, které s sebou nesly i oběti na životech. Pro tuto analýzu byly zvoleny metody H&V index, metoda ETA, modelování pomocí softwaru ALOHA, metoda HAZOP a analýza lidského faktoru.

Na základě provedených analýz pomocí těchto metod budou v případě zjištěných rizik navrženy opatření k jejich zmírnění.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 ZÁKLADNÍ POJMY

V této části diplomové práce je pozornost věnována problematice termínů, které se v používají v souvislosti s nebezpečnými látkami a prostory, ve kterých dochází ke skladování či jiné manipulaci s těmito látkami.

2.1.1 Riziko

Riziko, podle jedné z definic, je možnost existence určité pravděpodobnosti vzniku události, která je z bezpečnostního hlediska považována za nežádoucí. Riziko, na rozdíl od nebezpečí je vyjádřitelné, ať už slovně či číselně. [2]

Výpočet rizika:

$$R = P * D \quad (1)$$

Z tohoto vzorečku vyplývá, že velikost rizika se vypočítá součinem pravděpodobnosti vzniku a dopadem nežádoucí události.

Řízení rizik musí být kontrolovatelné, zahrnuje předvídaní, kontrolu a přijímání opatření ke zmírňování rizik. Aby bylo řízení rizik úspěšné, musí být proaktivní. [17]

V této práci bude pozornost věnována zdravotním a enviromentálním rizikům. Zdravotní rizika jsou taková, která mohou mít negativní dopad na zdraví osob, enviromentální jsou taková, která mohou mít dopad na životní prostředí.

2.1.2 Hrozba

Hrozba je jakýkoli prvek, který představuje potenciální nebezpečí a na jehož základě může dojít k ohrožení majetku organizace. Může se jednat o události či situace, které mají schopnost způsobit ztrátu, poškození či narušení dostupnosti aktiv. Aktivem rozumíme všechno, co má pro společnosti nějakou hodnotu, ať už se jedná o život, zdraví, životní prostředí, infrastrukturu apod. Tyto události mohou být přírodního nebo lidského původu a nastat buď náhodně, neúmyslně či být prováděny úmyslně za účelem poškodit či trvale zničit majetek společnosti. [3]

Externí hrozby, tedy ty způsobené vnějšími vlivy, nelze ovlivnit zevnitř organizace, ale mají potenciál poškodit její hodnoty.

Interní hrozby naproti tomu vycházejí zevnitř organizace a patří mezi ně například lidské chyby, které mohou pramenit z neznalosti či nedodržování pracovních postupů.

2.1.3 Objekt

V této souvislosti se jedná o ucelený a vymezený technický, ekonomický nebo jiný systém, který je tvořen prvky hmotné a nehmotné povahy. Můžeme jej považovat za proces, který se zastavil v čase. [4]

V této souvislosti můžeme hovořit o technických, organizačních, provozních či biologických objektech. V souvislosti s chemickými látkami se objektem rozumí prostor, ve které se tyto látky nachází, a kde je využívá buď podnikající fyzická či právnická osoba. [4]

2.1.4 Zařízení

Jedná se o technickou či technologickou jednotku, která má spojitost s chemickou látkou, tudíž se zde tato látka vyrábí, skladuje, zpracovává, používá či přepravuje. Zahrnuje všechny části, které jsou nezbytné pro provoz zařízení. [4]

2.1.5 Závažná havárie

Závažná havárie je definována jako mimořádná, částečně či zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, která již vznikla nebo její vznik bezprostředně hrozí, a to v souvislosti s užíváním objektu či zařízení, kde dochází k manipulaci s nebezpečnou látkou. Může se jednat o její skladování, zpracování, výrobu apod. Tato událost vede k vážnému ohrožení nebo vážnému dopadu na životy či zdraví osob, životní prostředí a hospodářských zvířat či k újmě na majetku. [4]

2.1.6 Mimořádná událost

Událostí se rozumí jakákoliv změna situace, která může mít pozitivní nebo negativní následky. Mimořádnou událostí můžeme nazvat každé škodlivé působení sil a jevů, které může být vyvoláno činností člověka, přírodními vlivy nebo také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek či životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací. Může se jednat o náhlou závažnou událost, která vede k narušení stability systému, které může způsobit ohrožení bezpečnosti nebo existence. Mimořádná událost může být vyvolána přírodními jevy,

lidským činitelem nebo společnými příčinami. Co se týče mimořádných událostí vyvolaných chemickými látkami, jedná se ve většině případů o pochybení osob. [4] [17]

2.1.7 Újma a škoda

Co se týče újmy, jedná se o obecný pojem, který je nadřazen pojmu škoda. Můžeme rozlišit hmotnou a nehmotnou újmu. Nehmotnou újmou může být například poškození důvěryhodnosti či pověsti organizace. Hmotnou škodou může být například újma na majetku. [1]

Škoda vyjadřuje definovanou majetkovou újmu vzniklou realizací nebezpečí. Obvykle se škoda vyjadřuje penězi, ovšem v některých případech může být vyčíslena i počtem zmařených lidských životů.[1]

2.1.8 Havarijní plán

Havarijní plán je plán opatření, které slouží pro případ úniku chemických látek. Jedná se tedy o něco jako bezpečnostního průvodce, který obsahuje informace o bezpečnostních opatřeních a postupech v případě havárie, s cílem omezit její rozvoj a důsledky. [7]

V současnosti máme 3 druhy havarijních plánů:

- Havarijní plán kraje – jedná se o dokument obsahující činnosti a opatření, které vedou ke zmírnění nebo odstranění následků mimořádné události či případné havárie, tedy provádění záchranných a likvidačních prací na území kraje. Tento havarijní plán zpracovává hasičský záchranný sbor kraje na základě zákona č. 239/2000 Sb., zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. [7]
- Vnitřní havarijní plán – tento havarijní plán zpracovávají provozovatelé objektů a zařízení, u kterých je možný vznik závažné havárie a kteří jsou podle zákona o prevenci závažných havárií zařazeni do skupiny B a mají povinnost vypracovat bezpečnostní zprávu a také provozovatelé jaderných zařízení či pracovišť IV. kategorie.[7]
- Vnější havarijní plán – zpracovává hasičský záchranný sbor kraje, a to pro jaderné zařízení či pracoviště IV. kategorie, a také pro zařízení a objekty, u kterých existuje možnost vzniku mimořádné události či závažné havárie způsobené nebezpečnými chemickými látkami. [7]

2.2 NEBEZPEČNÉ LÁTKY

Jedná se o látky, tedy jakoukoli kapalinu, pevnou látku či plyn, které svými vlastnostmi představují riziko ať už pro zdraví či bezpečnost pracovníků. Látky, které lze označit za nebezpečné, lze nalézt téměř na všech pracovištích. V Evropě jsou miliony pracovníků, kteří s těmito látkami, které mohou negativně ovlivnit jejich bezpečnost a zdraví přicházejí denně do styku. Mezi tyto chemické a biologické činitele můžeme zařadit jakékoli chemické látky a směsi, které vykazují jednu či více nebezpečných vlastností. [18]

2.2.1 Hořlavé látky

Podle hořlavosti se látky dělí na nehořlavé, nesnadno hořlavé a hořlavé. Nehořlavé jsou látky, které při působení ohně nebo vysoké teploty za normálního tlaku nehoří, neuhelnatí a nedoutnají. Co se týče látek nesnadno hořlavých, jsou to takové, které za normálního tlaku jen nesnadno hoří, uhelnatí nebo doutnají a tyto projevy končí po odstranění tepelného zdroje. Látky hořlavé naopak při působení ohně hoří, uhelnatí či doutnají, a to i po odstranění tepelného zdroje. [8]

Může se jednat o hořlavé kapaliny či hořlavé tuhé látky. Hořlavé kapaliny jsou látky, které jsou v kapalném stavu a mají bod vzplanutí nejvýše 60 °C. Do této skupiny dále patří i roztavené tuhé látky, a to včetně látek, které mají bod vzplanutí nad 60 °C. [8]

Hořlavé tuhé látky jsou v pevném skupenství, ovšem pokud se samovolně rozkládají, mohou být i ve skupenství kapalném. Do této skupiny se jsou řazeny i lehce hořlavé tuhé látky a předměty.[8]

V souvislosti s hořlavými látkami můžeme dále hovořit i o vysoce hořlavých látkách. Ty se od hořlavých liší ve fyzických či chemických vlastnostech, ať už se jedná o teplotu vzplanutí, hoření, rychlost šíření plamene a další. O těchto látkách hovoříme v případě, že se mohou samovolně zahřívat a poté vznítit, např. při vystavení vzduchu, který má normální teplotu, dále do této skupiny patří látky, které se mohou snadno vznítit v pevném stavu, a to po krátkém kontaktu se zápalným zdrojem a po odstranění zdroje stále hoří či doutnají a látky, které v kapalném stavu mají bod vzplanutí nižší než 21 °C a nejsou extrémně hořlavé. [8][14]

2.2.2 Látky podporující hoření

Jedná se o látky, které samy o sobě nemusí být hořlavé, ale svými vlastnostmi přispívají k udržení nebo zesílení hoření. Do této skupiny patří i předměty, které takové látky obsahují. Mezi látky podporující hoření se mohou řadit oxidační činidla, jako například kyslík, peroxidy či

dušičnany, dále paliva, mezi které patří např. benzín, nafta či metan. Dalšími látkami podporující hoření jsou katalyzátory, inhibitory či různá aditiva. [9]

Tyto látky mohou uvolňovat kyslík, který je nezbytný pro většinu hořlavých reakcí. V případě kontaktu těchto látek s ohněm dojde ke zvýšení rychlosti a intenzity hoření. [9]

2.2.3 Žíravé látky

Jedná se o látky, které mají schopnost poškodit nebo ničit materiály pomocí chemických a elektrochemických reakcí. Tyto poškození mohou zahrnovat poleptání kůže, pokud se jedná o vystavení této chemikálie na kůži nebo i korozi kovů, rozpuštění plastů či jiné formy chemického poškození. Nejčastěji se jedná o zásady, kyseliny či jiné chemikálie, které mají vliv na materiály. [10]

Co se týče nebezpečí pro lidské zdraví, žíravé látky mohou způsobit poškození kůže při pouhém dotyku. Poškození závisí na době vystavení kůže žíravině a také její koncentraci. Dále může dojít k zasažení očí vedoucím až k trvalému poškození zraku, vdechnutí žíravých výparů či polknutí žíraviny, což může vést k poleptání trávících a dýchacích cest. [10]

Tyto látky mohou také způsobovat korozi a poškození kovů, rychlost koroze je v takovém případě větší, čím je žíravá látka silnější a teplota vyšší. Při tomto se často uvolňuje i vodík, který je hořlavý a může v případě kdy je přítomen zdroj vznícení i explodovat. Některé žíraviny mohou být zároveň i hořlavé či vysoce hořlavé nebo nesmísitelné s jinými chemikáliemi. V případě nesmísitelných žíravín může při jejich styku dojít k nebezpečné chemické reakci či vytvoření toxického nebo výbušného produktu. [10]

2.2.4 Toxické látky






Toxické látky jsou takové chemické látky, které mají schopnost působit nepříznivě na živé organismy. Jedná se tedy o chemickou látku s nepříznivými účinky na lidské zdraví či biotickou složku životního prostředí. Tyto látky mohou již v malém množství nebo malé koncentraci, při opakované či jednorázové expozici způsobit těžké poškození organismu, popřípadě vést k jeho zániku. [5]

Tyto látky mohou být požitý, vdechnuty nebo absorbovány přes kůži. Pokud dojde k poškození organismu po jednorázovém vystavení, jedná se o akutní toxicitu, o chronické toxicitě hovoříme v případě, kdy je organismus toxické látce vystaven opakovaně. [14]

2.2.5 Výstražné symboly CLP

Výstražné symboly nebezpečnosti jsou obrázky na štítku, které na sobě mají výstražný znak označující nebezpečnost dané látky. Tyto obrázky mají specifické barvy a mají za účel upozornit na způsob, jakým může daná látka poškodit zdraví či životní prostředí. [11]

Tabulka 1 Výstražné symboly [12]

	Plamen Pro hořlavé plyny, aerosoly, kapaliny nebo pevné látky
	Plamen nad kruhem Pro hořlavě (oxidačně) působící plyny, kapaliny nebo pevné látky
	Životní prostředí Pro látky a směsi, které výrazně nebo chronicky ohrožují vodní zdroje
	Plynová láhev Pro plyny pod tlakem
	Nebezpečné pro zdraví Pro karcinogenní nebo dýchací cesty senzibilizující látky a směsi
	Lebka na zkřížených kostech Pro vysoce toxické látky a směsi
	Korozivní účinky Pro látky a směsi, které na kovy působí korozivně, leptají pokožku a/nebo jsou vysoce škodlivé pro oči
	Vykřičník Pro látky a směsi, které dráždí pokožku, oči nebo dýchací cesty

2.3 LEGISLATIVA TÝKAJÍCÍ SE NEBEZPEČNÝCH LÁTEK

V Evropské unii upravuje klasifikaci chemických látek Evropská směrnice ES 1272/2008, která je v platnosti od roku 2012.

Právní předpisy, které se týkají bezpečnosti a ochrany zdraví při práci jsou tu za účelem ochrany bezpečnosti a zdraví pracovníků obecně, a také za účelem ochrany pracovníků, kteří s těmito nebezpečnými látkami mohou přijít do styku. Jedná se například o směrnice o karcinogenech, mezních hodnotách či o chemických činitelích.

Co se týče zaměstnavatelů, ti musejí provádět hodnocení rizik, které mohou působit na bezpečnost či zdraví osob na pracovišti a následně zavést vhodná preventivní a ochranná opatření. Do těchto zdravotních a bezpečnostních rizik spadají, jak už bylo řečeno i nebezpečné látky.

Školení a informování pracovníků o nebezpečných látkách spadá do působnosti zaměstnavatele, který je nucen zajistit nejen toto, ale i ochranné prostředky a další opatření která povedou ke snížení rizik vyplývajících z práce s těmito látkami.

2.3.1 Nařízení REACH

Toto nařízení ES č. 1907/2006, které se týká registrace, hodnocení, povolování a omezování chemických látek obsahuje informace o rizicích, které látky představují a také jak těmto rizikům předcházet, případně je zvládat. Podle tohoto nařízení musejí výrobci a dodavatelé poskytovat tyto informace v celém dodavatelském řetězci. [39]

Nařízení REACH se netýká pouze výrobců a dodavatelů, ale i podniků, které tyto chemické látky pro své pracovní účely používají. Jedná se o tzv. následné uživatele, kteří podle nařízení jsou povinni předávat příslušné informace buď dodavatelům a výrobcům nebezpečných látek nebo ECHA (Evropské agentuře pro chemické látky). [39]

Podle právních předpisů jsou zaměstnavatelé povinni hodnotit rizika s těmito látkami spojená a zajistit školení a poskytovat informace a pokyny pracovníkům o bezpečném používání těchto látek. [39]

Dle tohoto nařízení může dojít také k zakázání určitých nebezpečných látek, pokud jsou jejich rizika nezvladatelná. Pokud je látka členským státem či agenturou ECHA označena jako SVHC, tedy za látku vzbuzující mimořádné obavy, může být zařazena na seznam látek podléhajícím povolení. V tomto případě je ovšem nutné zaslat na ECHA žádost, aby bylo látku možné použít a také uvést konkrétní použití této látky v daném provozu či podniku, pro jiné účely není látku možné používat. [39]

Tyto látky, které lze považovat za nejnebezpečnější by měly být nahrazeny jinou, méně nebezpečnou variantou. Jedná se také o první opatření, které vede k zajištění bezpečnosti a ochraně zaměstnanců. [39]

2.3.2 Nařízení CLP

Toto nařízení ES č. 1272/2008 se týká klasifikace, označování a balení látek a směsí a souvisí s právními předpisy, které se týkají nařízení REACH. Toto nařízení koordinuje právní předpisy EU se systémem GHS neboli globálně harmonizovaným systémem klasifikace a označování nebezpečných látek. Jedná se o systém OSN, který má za úkol identifikovat nebezpečné látky a předávat informace o těchto nebezpečích jejím uživatelům. GHS byl postupem času přijat mnoha státy po celém světě a v dnešní době je základem pro vnitrostátní a mezinárodní předpisy v rámci přepravy nebezpečných látek. [40]

Nařízení CLP je právně závazné a také platné pro všechna odvětví průmyslu ve všech členských státech. Vyžaduje, aby jak výrobci, tak i přepravci a odběratelé chemických látek či směsí před prodejem balili, označili a klasifikovali. Co se týče samotného označování látek, o jejich nebezpečných vlastnostech předávají informace výstražné symboly neboli piktogramy, signální slova, které se nachází na štítcích u těchto látek, dále standardní věty pro nebezpečnost, informace o správném skladování látky apod. a také bezpečnostní listy (SDS). [40]

Bezpečnostní listy

Jedná se o dokumenty, které poskytují kompletní informace o chemických látkách či jejich směsích. V rámci těchto listů musí být uvedeny následující informace – identifikace, použití látky a identifikace společnosti, nebezpečné vlastnosti látky, její složení, první pomoc, protipožární opatření, opatření pro případ náhodného úniku, manipulace s látkou a skladování, ochranné prostředky, toxicita, pokyny pro likvidaci, pokyny pro dopravu atd. [39]

Za přípravu bezpečnostního listu zodpovídá dodavatel látek či směsí, pro které jsou bezpečnostní listy požadovány. Vypracovat BL může pracovník společnosti, případně nezávislí odborníci či společnosti. [39]

2.3.3 Chemický zákon

Jedná se zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů. Jedná se o legislativní rámec pro regulaci chemických látek a směsí. Byl přijat s cílem zajistit bezpečné zacházení s chemickými látkami a směsmi v souvislosti s ochranou lidského zdraví a životního prostředí. V tomto zákoně jsou zapracovány příslušné předpisy EU, navazuje na přímo použitelné předpisy EU a upravuje práva a povinnosti právnických osob a podnikajících fyzických osob, a to při výrobě, balení, označování. [38]

Dále tento zákon upravuje i správnou laboratorní praxi a působnost správních orgánů při zajišťování ochrany před škodlivými účinky látek a směsí. [38]

2.3.4 Zákon o prevenci závažných havárií

Jedná se o 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, tedy zákon o prevenci závažných havárií. Je to základní právní předpis, který upravuje oblast prevence závažných havárií. Tímto zákonem se ruší předchozí zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií. [35]

Tento zákon udává povinnosti jak právnických, tak podnikajících fyzických osob a stanovuje působnost orgánů veřejné správy v rámci prevence závažných havárií, které by mohly být způsobeny nebezpečnými látkami. Na základě tohoto zákona jsou subjekty rozděleny do dvou kategorií. Jedná se o uživatele a provozovatele. Obě tyto skupiny, tedy jak uživatel, tak provozovatel objektu, mají povinnost vytvořit seznam, který obsahuje informace, o jaké nebezpečné látce se jedná, jakým množstvím disponuje, klasifikaci a v jaké formě nebezpečná látka je, tedy jestli je v pevném, kapalném nebo plynném skupenství. [35]

Na základě seznamu, tedy druhu a množství nebezpečných látek, se rozhoduje o zařazení daného podniku do příslušné skupiny. Seznam tedy slouží jako podklad pro nezařazení nebo zařazení podniku do skupiny A nebo B. [35]

Pokud podnik není zařazen, zpracovává záznam o nezařazení objektu. Pokud dojde k zařazení do skupiny A, tuto provozovatelé zpracovávají návrh na zařazení objektu do skupiny A, dále bezpečnostní program prevence závažných havárií a také plán fyzické ochrany. Pokud jde o podniky zařazené do skupiny B, ty musejí zpracovat navíc ještě vnitřní havarijní plán, podklady pro stanovení zóny havarijního plánování a pro zpracování vnějšího havarijního plánu. [35]

2.3.5 Další zákony

Mezi další zákony, které souvisí s nakládáním s nebezpečnými látkami a odpady s těmito látkami souvisejícími patří zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, jehož účelem je zajistit vysokou úroveň ochrany životního prostředí a zdraví lidí, a to i v souvislosti s nebezpečnými odpady. [36]

Dalším je zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, který mimo jiné upravuje i nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a chemickými směsmi. [37]

3 FORMULACE PROBLÉMŮ A STANOVENÍ CÍLŮ ŘEŠENÍ

V Teplárnách Brno dochází, stejně jako ve velkém množství jiných podniků, k využívání chemických látek. Tato diplomová práce si klade za cíl analyzovat vybrané používané chemické látky, které mohou v případě nehody způsobit požár nebo uniknout do okolního prostředí. V takovém případě by mohlo dojít k poškození životního prostředí, škodě na majetku, zdraví a v krajním případě i újmě na životech.

Pomocí metod analýzy rizika bude tedy analyzováno riziko vzniku mimořádné události, které by k takovýmto důsledkům mohlo vést a na základě těchto zjištění navrhnout opatření, které povedou ke zmírnění těchto rizik.

4 POUŽITÉ METODY A JEJICH ZDŮVODNĚNÍ

Pro analýzu možných zdravotních a enviromentálních rizik související s používanými chemickými látkami ve firmě Teplárny Brno byly použity metody: H&V index, ETA, software Aloha, metoda HAZOP a analýza lidského faktoru.

4.1 H&V INDEX

H&V index je zkratkou pro Hazard and Vulnerability index neboli index nebezpečí a zranitelnosti. Jedná se o metodu, která byla vytvořena na specializovaném pracovišti Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava v rámci jedné z disertačních prací. Roku 2003 byla tato metoda doporučena ze strany Ministerstva životního prostředí jako oficiální pro hodnocení rizik, které mají dopad na životní prostředí. [13]

Jak již sám název vypovídá, jedná se o indexovou metodu, kterou lze využít pro zhodnocení enviromentálního rizika, a to podle zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií. Tato metoda lze také použít pro určení priority rizik v rámci menších územních celků, do velikosti okresu. Tato metoda vychází z analýzy rizik, která obsahuje scénáře a vyjádření pravděpodobnosti výskytu těchto rizik. Metodami analýzy rizik a jejich hodnocení se stanoví pravděpodobnost, se kterou dojde k úniku nebezpečné látky a množství potenciálně uniklé látky. [13]

Pokud není analýza rizik zpracována a není tedy známé množství uniklé látky, pracuje se s předpokladem, že dojde k úniku veškeré nebezpečné látky, která se v objektu nachází.

Existují dvě paralelní větve této metodiky, a to:

Stanovení indexu nebezpečnosti látky pro složky životního prostředí

Stanovení indexu zranitelnosti území vůči potenciální havárii s účastí nebezpečné látky

Index nebezpečnosti se také stanovuje pro dvě skupiny. První z nich je index toxické nebezpečnosti látky, kdy je hodnocen dopad pro vodní prostředí, tedy pro povrchové i podzemní vody, půdní prostředí a biotickou složku krajiny. [13]

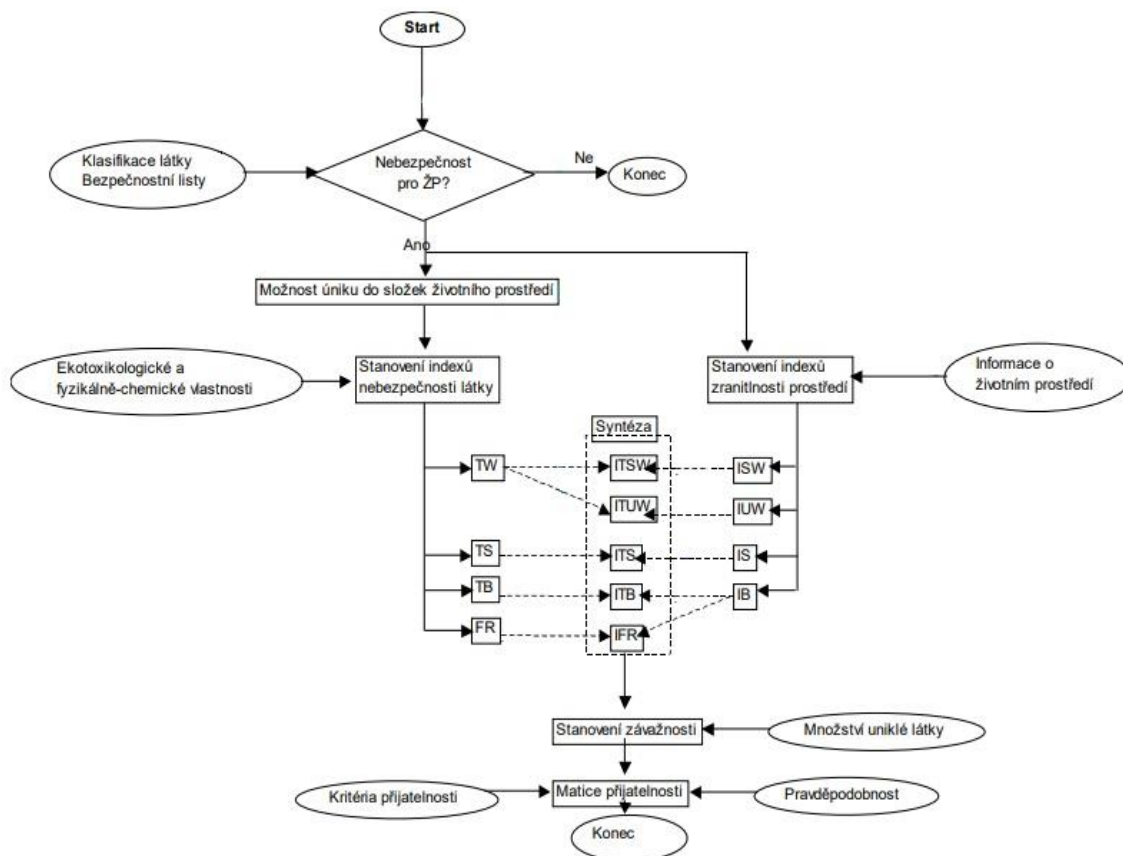
Druhým je index nebezpečnosti látky z hlediska její hořlavosti, a to s dopadem na biotickou složku prostředí. Tento index kombinuje fyzikálně-chemické vlastnosti látek, jejich toxicitu a možnosti šíření látky. Zdrojem pro tyto informace jsou bezpečnostní listy a ekotoxikologické databáze. [13]

Index zranitelnosti území předběžně identifikuje složky prostředí, které by mohly být v případě havárie ohroženy. Stanovuje se pro následující složky životního prostředí:

- Povrchové vody
- Podzemní vody
- Půdní prostředí
- Biotická složka krajiny

Zahrnuje v sobě charakteristické vlastnosti těchto složek, jako jsou např. jak je využívána podzemní a povrchová voda, jaká je propustnost půdy či hydrogeologického podloží, ochranná pásma apod. Tyto dva indexy se následně propojí, načež dojde k získání dílčích indexů, které poskytují informace o nebezpečnosti dané látky na hodnocenou lokalitu. [13]

Dalším krokem je určení závažnosti potenciální havárie. Tato závažnost se stanovuje pomocí kombinace dílčích indexů a množství látky, která potenciálně unikne do některé ze složek ŽP. Odděleně probíhá odhad závažnosti toxických látek na vody, půdní prostředí a biotickou složku a závažnost vlivu toxických a hořlavých látek na biotickou složku prostředí. [13]



Obrázek 1 Postup metody H&V index [13]

4.2 EVENT TREE ANALYSIS

Další vybranou metodou je analýza ETA neboli Event Tree Analysis (analýza stromu událostí). Jedná se o graficko-statistickou metodu, která sleduje průběh procesu, a to od iniciační události k následkům tím, že konstruuje události na základě dvou možností. Tyto možnosti mohou být příznivé a nepříznivé. [15][19]

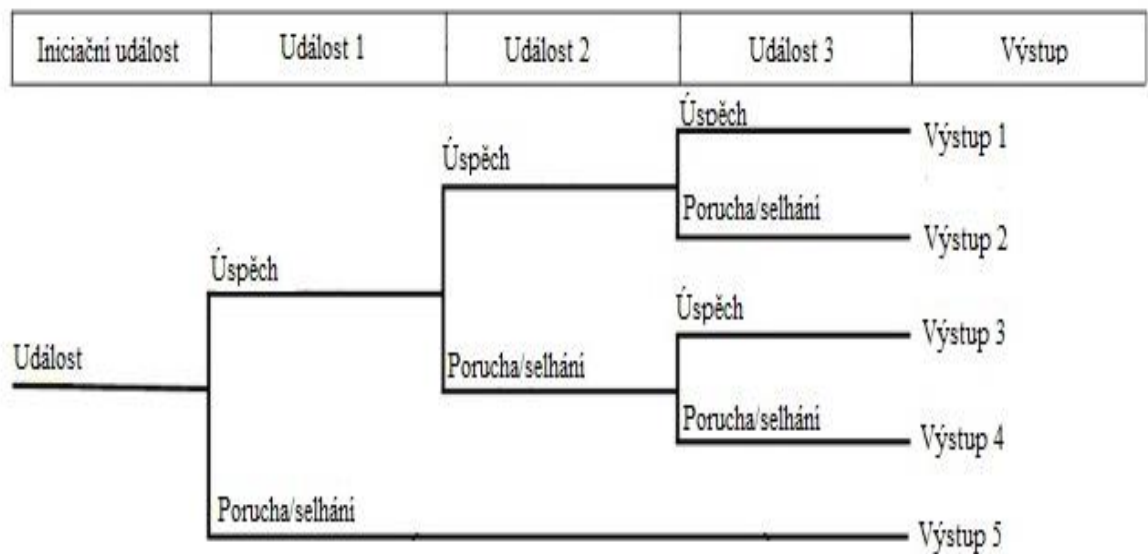
Tato metoda je zobrazena skrze systémový strom událostí, který představuje rozvětvený graf. Tento graf má dohodnutou symboliku a popis. Jsou v něm znázorněny všechny události, které mohou v posuzovaném systému nastat, a to v dané posloupnosti a s nejpravděpodobnějším následkem dané události, kterých může po iniciační události následovat několik, z čehož pro každý následek je určena pravděpodobnost. [15][19]

Základná kroky analýzy stromu událostí jsou následující:

Tabulka 2 Kroky analýzy ETA [15][19]

Krok	Úkol	Popis
1	Vymezení systému a činností	Prozkoumání a definování systému nebo činností, které jsou předmětem zájmu v analýze ETA
2	Identifikace iniciační události	Tento krok zahrnuje třídění na základě kterého je možné identifikovat události, které jsou předmětem zájmu, popř. kategorie událostí, které budou předmětem analýzy
3	Identifikace zmírňujících faktorů a fyzických jevů	Ve třetím kroku se identifikují zmírňující a jakékoli jiné faktory, které mohou ovlivnit průběh i výstup iniciační události (např. lidské rozhodnutí, meteorologické podmínky apod.)
4	Vymezení posloupností a výstupů a jejich kvantifikace	Pro každou identifikovanou iniciační událost se stanoví výstupy, jako jsou např. scénáře nehody, ke kterým může dojít a následně se na základě sestaveného stromu událostí provede kvantitativní analýza
5	Analýza výstupů	V tomto kroku probíhá analýza různých výstupů, a to s ohledem na jejich následky a také dopad na výsledky analýzy
6	Použití výsledků analýzy stromu událostí	V posledním kroku dochází k převedení kvalitativních a kvantitativních výsledků analýzy na nutné zásahy

Co se týče výstupu analýzy stromu událostí, jedná se o diagram stromu událostí, který vypadá následovně:



Obrázek 2 Diagram stromu událostí [19]

Každá z událostí je následně ohodnocena pravděpodobností, se kterou nastane. Před samotným kvantitativním ohodnocením události je ale nutné pečlivě zhodnotit kvalitativní stránku a jak iniciační událost navazuje na další události. [15][19]

Tento diagram nám tedy dává informace o:

- Iniciační události
- Dílčích událostech
- Výstupech
- Pravděpodobnosti událostí a výstupů

4.3 HAZOP

HAZOP je zkratkou pro Hazard and Operability Study (metoda nebezpečí a provozuschopnosti). Jedná se o systematickou metodu, která byla vytvořena provozními techniky z petrochemické divize anglické společnosti Imperial Chemical Industries, tudíž vychází ze zkušeností, které byly získány praxí. Tento nástroj slouží k systematické podrobné analýze bezpečnosti. Lze pomocí něj identifikovat nebezpečné stavy, ke kterým může v zařízení dojít a identifikovat tzv. kritické prvky, na základě kterých se vyhodnotí riziko. [16]

V souvislosti s chemickými látkami je nutno v rámci bezpečnostní dokumentace mimo jiné i určit zdroje rizika a příčin, a to společně se scénáři, které mohou nastat a být příčinou možné havárie.

Jedná se o metodu, která se stala uznávaným evropským standardem, neboť lze použít k identifikaci nebezpečných stavů, ale i k návrhu opatření, které povedou k minimalizaci rizika, případně důsledků události. Cílem opatření je tedy v první řadě zabránit vzniku těchto identifikovaných nebezpečných stavů, pokud by se toto ovšem nepovedlo, mají v co největší míře omezit jejich následky.

Metoda lze využít jak ve fázi návrhu nové technologie, tak ve fázi provozu z právních důvodů (např. analýza rizik), ale i zpětně po nehodě k nalezení příčin.

Principem metody HAZOP je systematické generování odchylek provozních parametrů reálného zařízení od projektovaného stavu připojením klíčového slova k funkci zařízení.

Postup k provedení této metody je následující [16]:

- Rozdělení posuzovaného systému na dílčí subsystémy. Každý z těchto subsystémů by měl vykonávat jen jednu základní funkci. Subsystém může být popsán nejčastěji slovně, ale je možné i graficky apod.
- Druhým krokem je popis odchylek subsystému od požadované funkce. K tomuto kroku se využívají tzv. klíčová slova, která jsou popsána v tabulce níže. Tyto slova pomáhají při hledání odchylek v základní funkci subsystému.
- Hledání příčin, které vedou k odchylkám v subsystému. V tomto kroku se vytvoří seznam zdrojů, které vyvolávají odchylky.
- Předposledním krokem je stanovení možných důsledků, jinými slovy vytváření scénářů těchto odchylek a doporučení vhodných opatření.
- V posledním kroku se realizují opatření ke redukci výskytu odchylek.

Při této metodě se při hledání odchylek v subsystému využívají tzv. klíčová slova. Jedná se o následující slova[16]:

NENÍ – znamená negování původní funkce

MENŠÍ – znamená kvantitativní pokles

VĚTŠÍ – znamená kvantitativní nárůst

A TAKÉ – jedná se o kvalitativní nárůst neboli výskyt ještě jiného případu

A ROVNĚŽ – znamená kvalitativní nárůst

ČÁSTEČNĚ – znamená kvalitativní pokles

REVERZE – jedná se o opačnou činnost

JINÝ – znamená úplnou náhradu

PŘEDČASNÝ – jedná se o předčasnou činnost

ZPOŽDĚNÝ – jedná se o opožděnou činnost

4.4 SOFTWARE ALOHA

Název softwaru ALOHA je složený z prvních písmen anglických slov Areal Locations of Hazardous Atmospheres. Jedná se o nástroj, který lze použít k modelování úniků nebezpečných látek, a to jak toxických, výbušných i hořlavých, do atmosféry. Funguje tím způsobem, že na základě vstupních údajů a externích vlivů vymodeluje nebezpečnou zónu, která by byla v případě úniku těchto nebezpečných chemických látek zasažena. [20][21]

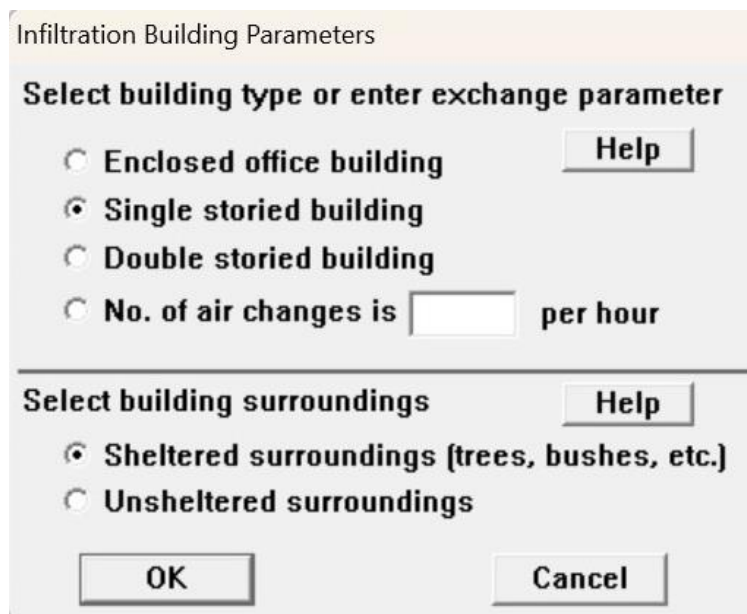
Jedná se o podobný program jako TerEX, ovšem nevýhodou ALOHA je v tomto případě menší databáze látek. Má ale tu výhodu, že se jedná z hlediska modelů šíření látek o propracovanější a kvalitnější nástroj a také je uživatelům, v případě zájmu, na rozdíl od programu TerEX dostupný k užívání zdarma. [20]

Tento software spolupracuje s programy MARPLOT a CAMEO. Program je zdarma a je šířen organizací NOAA – National Ocean Service, Office of Response and Restoration a na jeho vývoji se pracuje již po několik desetiletí. [21]

Co se týče programu MARPLOT, ten umožňuje zasaženou plochu převést do mapového pozadí. Program CAMEO naopak může rozšířit databázi chemických látek, kdy si uživatel může najít chemickou látku, která se v softwaru ALOHA nevyskytuje, vytvořit si seznam chemických látek a následně i zjistit, co by se stalo při zkombinování látek vyskytujících se v tomto seznamu. [20]

V první řadě je pro modelování úniku NCHL nutné zadat do programu vstupní parametry. Prvním z nich je výběr lokality, který lze vybrat z několika předvolených míst, popřípadě přidat vlastní místo na základě jeho zeměpisné délky, šířky a časového pásma. [20]

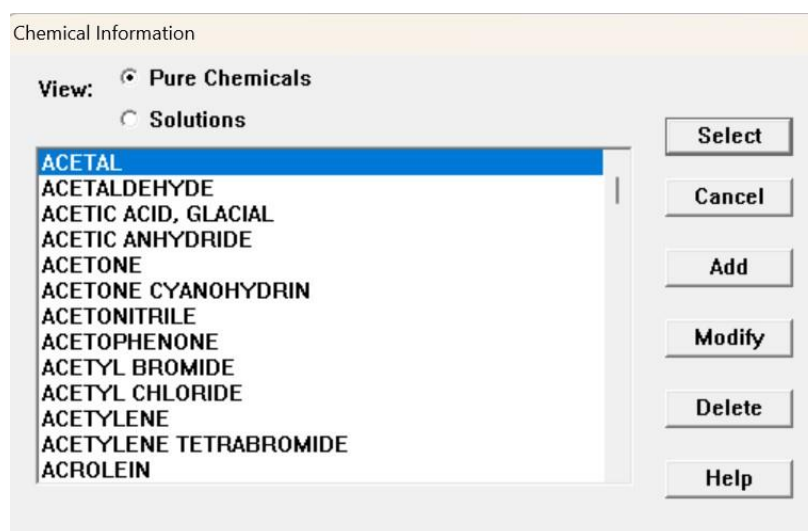
Následuje výběr a zadání typu budovy, přes záložku SiteData a výběr Building Type. Zde se vloží informace o tom, kde je látka uskladněna a charakteristika okolí budovy, jak je vidět na obrázku níže. Následuje zadání časových charakteristik, tedy kdy k události dojde. [20]



Obrázek 3 Zadání parametrů budovy, kde se nachází nebezpečná látka

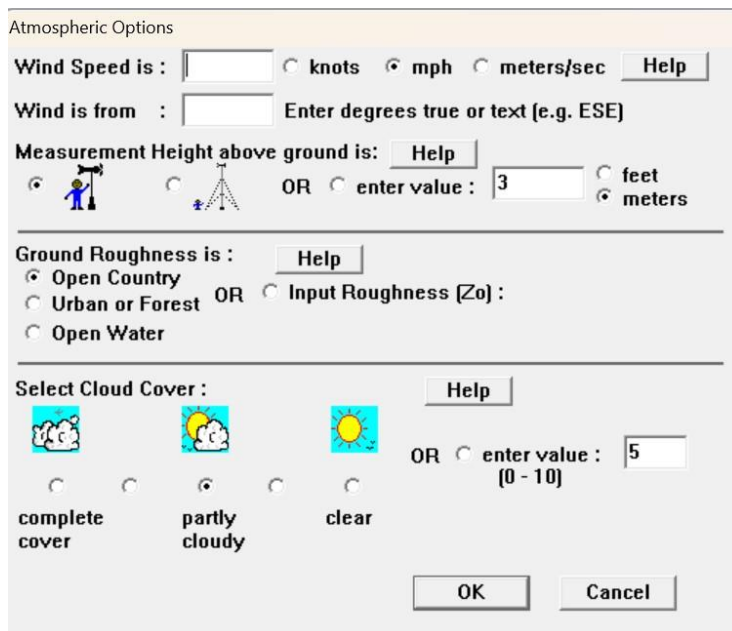
V dalším kroku je nutné zadat do programu chemickou látku, která se v objektu nalézá. Učiní se tak přes tlačítko SetUp a Chemical. K výběru této látky je možné použít rozsáhlou databázi látek, kterou disponuje přímo tento program a lze vyhledat jak čisté chemické látky, tak roztoky.

Pokud by nastala situace, že látka se v seznamu nevyskytuje, je možné použít výše jmenovanou databázi látek z CAMEO Chemicals, což je interaktivní databáze nebezpečných chemických látek a materiálů nebo lze přímo v softwaru ALOHA vložit novou chemickou látku, podle jejich vlastností. [20]



Obrázek 4 Databáze pro výběr příslušné chemické látky

Následujícím krokem je výběr atmosférických podmínek, které lze nastavit opět přes tlačítko Setup, ale tentokrát vybereme Atmospheric. Zde můžeme zadat atmosférické informace v době havárie. Pokud tyto informace neznáme a nelze je dohledat na internetu, je dobré vždy počítat spíše s horší variantou. [20]



Obrázek 5 Nastavení atmosférických podmínek

Software ALOHA při vypracování modelů zohledňuje i odrazy od zemského povrchu a vliv inverze. Jako výstup zadaných uživatelských vstupů je jejich sumarizace. Tu je možno zobrazit jak ve formě grafů, tak i pomocí mapy. Zobrazení na mapě je možné jak pomocí systému MARPLOT, tak i po vložení vygenerovaného souboru do Google EARTH. Je zde možné vidět oblast zasažení, směr šíření, velikost oblaku i koncentraci látek. Tento výsledek je možné uložit a následně jej porovnat s ostatními vytvořenými modely. [20]

Tento program tedy vytváří modely na základě umístění zdroje rizika, informací o chemických vlastnostech látek a jejich množství a zohledňuje přitom i charakter krajiny a atmosférické podmínky, které jsou pro modelaci situace zadány.

Po zadání těchto vstupních parametrů program vykreslí odhadovanou oblast, která bude nebezpečnou látkou zasažena, a to ve třech zónách, které jsou barevně rozlišeny. První zóna je označena červeně a vyznačuje místo s největší koncentrací látky v ovzduší, tedy místo s největším ohrožením. Další zóna je označena oranžově a nejméně, ale stále zasažená oblast, je vyznačena žlutou barvou. Tyto výstupy je následně možné zasadit do mapového zobrazení pro větší přehlednost o dopadu havárie. [20]

4.5 VLIV LIDSKÉHO ČINITELE

Lidský činitel je souhrn schopností a vlastností člověka, které mají v určité situaci vliv na pracovní systém a jeho výkonnost, spolehlivost a efektivnost a jsou hodnoceny z fyziologického, fyzického a psychologického hlediska. [22][23]

Spolehlivost lidského činitele je definována jako pravděpodobnost, že člověk bude správně provádět určitou činnost. Jedná se o kvalitativní vlastnost lidského operátora, která je přímo závislá na jeho výkonových parametrech, mezi které se řadí například fyzický či psychický stav, mentální úroveň apod. [22]

Tuto spolehlivost není jednoduché předpovědět či stanovit, a to zejména z toho důvodu, že se nejedná o jednorázové rozhodnutí, nýbrž o soubor nejrůznějších příčin, vlivů a faktorů, kterými se tato vlastnost člověka utváří.

Problematika lidského činitele je v dnešní době stále chápána jako oblast, která má rozhodující vliv na bezpečnost provozu zařízení a technologií. Podle zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, musí podniky, ve kterých je nakládáno s nebezpečnými chemickými látkami mít zpracováno „posouzení lidského činitele na objekt nebo zařízení v souvislosti s relevantními zdroji rizik“. Tato analýza obsahuje analýzu spolehlivosti a chybování lidského činitele a je také nedílnou součástí analýzy a hodnocení rizik. [4]

Vliv lidského činitele se určuje jako události a procesy, které mohou vést k rozvoji závažné havárie, a to ať už se jedná o iniciační události, řízené procesy či přechodné jevy, ve kterých může lidský činitel přímo i nepřímo hrát roli. Může se jednat například o výkon kontroly či řízení objektu nebo zařízení, ve kterých může ke vzniku havárie dojít. [22][23]

Vyšetřování příčin vzniku havárií či nehod je až v 80 % případů uzavřeno tak, že jejich vznik byl ovlivněn lidským faktorem. V mnoha případech je tedy nehoda způsobena lidským faktorem nebo jeho jednáním eskaluje. [4]

Pokud se podíváme na celý proces, tedy od návrhu, technologického zpracování a po užívání dané technologie, je lidský činitel odpovědný až za 95 % případů havárií či nehod. Zbývajících 5 % se považuje za tzv. „zásah vyšší moci“. [4]

Posouzení vlivu lidského činitele by mělo zahrnovat:

- Analýzu vlivu lidského činitele na systém, včetně popisu činností provozní obsluhy, před vznikem potenciální iniciační události
- Analýzu systému, včetně popisu činností provozní obsluhy, v případě vzniku iniciační události
- Opatření, která povedou k eliminaci nebo omezení selhání lidského činitele u identifikovaných kritických profesí při výkonu příslušných prací [4]

K analýze spolehlivosti je vhodné využít kombinaci kvantitativní a kvalitativní analýzy. Současný přístup v ČR klade důraz, na rozdíl od jiných členských států EU, spíše na kvalitativní stránku věci.

Následek lidské chyby může mít dopad jak na život a zdraví osob, ale i na životní prostředí. Nejčastěji může dojít k peněžní ztrátě, dále pak může dojít k úmrtí buď jedné nebo i několika osob. [4]

K analýze spolehlivosti lidského činitele byla v rámci této práce vybrána metoda HTA neboli Hierarchical Task Analysis, která se využívá k identifikaci různých cílů, kterých musí být v rámci plnění určitých úkolů dosaženo. V tom nejjednodušším provedení je výstupem této analýzy tabulka, ve které jsou hodnoceny jednotlivé kroky prováděného úkolu, dále vstupy, kontrolní akce a jsou v ní také stanoveny požadavky na zlepšení. [22][23]

Tato analýza pracuje s různými úrovněmi a začíná nejvyšší úrovní cílů, kde jsou definovány podřízené subúkoly, které musí být splněny pro splnění nadřazeného cíle. [22]

5 POPIS SPOLEČNOSTI

Název společnosti:

- Teplárny Brno, a.s.

IČO:

- 46347534

Sídlo a adresa:

- Okružní 828/25, Lesná, 638 00 Brno

Datum vzniku a zápisu do obchodního rejstříku:

- květen 1992 [24]

Jedná se o městskou společnost, která je v provozu od roku 1930, kdy zahájila svůj provoz v Brně na Špitálce, od roku 1992 se stala akciovou společností a mezi jejíž hlavní činnosti patří výroba tepelné energie a rozvod tepelné energie do více než 4000 odběrných míst po celém Brně, mezi které patří jak významné brněnské firmy a instituce, tak i 100 000 domácností. [24]

Dalšími činnostmi, kterými se tato firma zabývá je výroba elektřiny, obchod s elektřinou, a také obchod s plynem. Celkově TB čítají 4 provozy, kterými jsou Špitálka, Červený mlýn, Brno-sever a Staré Brno. [24]

Co se týče dodávání tepla zákazníkům, toto zajišťují primárně dva hlavní zdroje, což jsou provozy Špitálka a Červený mlýn. Tyto provozy jsou také doplněny o výrobu elektrické energie, a to v režimu kombinované výroby tepla a elektřiny. [24]

Společnost TB se při výrobě tepla a elektrické energie zaměřuje na enviromentální aspekty, proto preferuje výrobu v režimu KVET, tedy kombinované výroby elektřiny a tepla, ve spolupráci se SAKO Brno, které dodává teplo ze spalování odpadu do sítě SZTE a modernizuje zdroje tak, aby se snižovaly emise CO₂ a zároveň zvyšovala účinnost jejich zdrojů. [24]

V rámci provozů podniku dochází k manipulaci a použití nebezpečných chemických látek, které jsou předmětem mé diplomové práce.

5.1 NÁVRH NA ZAŘAZENÍ DO SKUPINY A NEBO B

Tabulka 3 Přehled všech NCHL a směsí používaných v TB (podle přílohy č. 1 zákona o PZH) a jejich množství

Druh látky	Klasifikace	Forma	Množství (t)			
			Špitálka	Červený mlýn	Staré Brno	Brno-sever
Aceton	H225, H319, H336	Kapalina	0,150	0,005	-	0,005
Acetylén (jmenovitě vybraná NL)	H280, H220, H230	Rozpuštěný plyn	0,9	0,03	-	0,03
Alteco Epo Putty A+B složka A pryskyřice	H315, H319, H317, H411	Pasta	-	0,001	-	-
Amoniak	H314, H335, H400	Vodný roztok	1	-	-	0,003
Anticovid	H225, H319	Kapalina	0,6	-	0,01	0,015
Aqua-Sol Silicate Free Aerosol	H222, H229	Aerosol	0,006	-	-	-
B8020 Hylomar M	H225, H319, H336	Gel	-	0,001	-	-
Barva Aluxal Titanium	H226, H302, H312, H332, H304, H315, H318, H335, H336, H373	Kapalina	0,008	-	-	-
Barva TELKYD S200	H226, H312, H332, H315, H319, H335, H373, H411	Kapalina	0,040	-	-	-
Barvy syntetické (Industrol)	H226, H312, H332, H315, H319, H335, H373, H412	Kapalina	0,1	0,02	0,03	-
Barvy ve spreji Colorworks	H222, H229, H319, H336	Aerosol	-	0,005	-	-
Benzen	H225, H350, H340, H372, H304, H319, H315	Kapalina	0,014	-	-	0,001
Červeň metylová	H411	Pevná látka	-	0,0001	-	-
Diava	H226, H315, H304, H336, H411	Kapalina	-	0,001	-	-
Dichlorisokyanurát sodný	H302, H319, H335, H410, EUH031	Pevná látka	-	0,0005	-	-
Dichroman draselný	H272, H350, H340, H360FD, H330, H301, H312, H372, H314, H334, H317, H400, H410	Kapalina	0,001	0,0005	-	0,0007
Dusičnan rtuťnatý	H330, H310, H300, H373, H400, H410	Pevná látka	0,0005	-	-	-
Garlon	H317, H400, H410	Kapalina	0,08	-	-	-

Druh látky	Klasifikace	Forma	Množství (t)			
			Špitálka	Červený mlýn	Staré Brno	Brno-sever
Gasket and Carbon	H222, H229, H351, H361d, H370	Aerosol	0,003	-	-	0,001
Hydroxylamin hydrochlorid	H290, H351, H302, H312, H319, H315, H317, H373, H400	Pevná látka	0,008	-	-	-
Chlorid manganatý tetrahydrát	H302, H318, H373, H411	Pevná látka	-	0,0005	-	-
Chlorid mědný	H302, H400, H410	Pevná látka	0,001	-	-	-
Chlorid rtuťnatý	H341, H361f, H300, H372, H314, H400, H410	Pevná látka	0,001	-	-	0,001
Chlorid železitý	H302, H315, H318, H290, H411	Pevná látka	50	-	-	50
Ethanolum benzino denaturum	H225	Kapalina	0,200	-	-	0,005
Isopropanol	H225, H319, H336	Kapalina	0,010	-	-	-
Isolda disinfection skin	H225, H319, H336	Kapalina	0,05	-	-	-
Jód	H302, H312, H332, H315, H319, H335, H372, H400	Kapalina	-	0,0001	-	-
Jodid rtuťnatý červený	H330, H310, H300, H373, H410	Pevná látka	0,0006	0,0002	-	0,0003
Kyselina fluorovodíková	H330, H310, H300, H314	Kapalina	0,009	-	-	0,009
Kyselina octová	H226, H314	Kapalina	0,015	-	-	-
Kyselina thioglykolová	H301, H331, H311, H314	Roztok	0,010	0,009	-	0,003
Kyslík (jmenovitě vybraná NL)	H280, H270	Plyn	1,810	0,4	0,05	0,171
Lak asfaltový	H226, H315	Kapalina	0,05	-	-	-
Lehký topný olej (jmenovitě vybraná NL)	H226, H351, H332, H304, H315, H373, H411	Kapalina	-	763	-	-
Levoxin 15	H302, H331, H314, H317, H350, H400, H410	Kapalina	-	0,2	-	-
Metol	H302, H373, H317, H400, H410	Pevná látka	0,01	-	-	-
Nafta	H226, H351, H332, H304, H315, H373, H411	Kapalina	0,42	-	0,03	-
NSL 01 aerosol	H22, H229	Aerosol	0,006	-	-	-
O-fenantrolin	H301, H400, H410	Kapalina	0,0002	-	-	-
Oxid rtuťnatý	H330, H310, H300, H373, H400, H410	Pevná látka	0,0002	-	-	0,0002
Petrolej II	H226, H304, H315, H336, H411	Kapalina	0,05	-	-	0,2

Druh látky	Klasifikace	Forma	Množství (t)			
			Špitálka	Červený mlýn	Staré Brno	Brno-sever
POLANA DDR+	H336, H319, H225	Kapalina	-	-	0,01	0,01
Propan-butan	H220, H280	Zkapalněný plyn	0,225	-	-	0,132
Roundup	H410, H318, H332	Kapalina	0,04	-	-	-
Savo Original	H290, H314, H412	Kapalina	0,120	-	0,002	0,03
Sanytol na ruce	H225, H319	Kapalina (gel)	0,25	-	-	-
Satamin 3146	H411, H304, H351, H315, H336	Kapalina	-	-	-	1
Síran rtuťnatý	H330, H310, H300, H373, H410	Pevná látka	0,002	0,00002	-	-
Síran stříbrný	H318, H400, H410	Pevná látka	0,0004	-	-	-
Ředidlo C6000	H225, H361d, H304, H412, H318, H373	Kapalina	0,03	-	-	0,01
Ředidlo S6005	H226, H304, H312, H332, H315, H319, H335, H373	Kapalina	0,02	-	-	-
Ředidlo S6006	H225, H361d, H304, H373, H315, H336	Kapalina	0,1	0,01	0,005	0,005
Technický benzin (jmenovitě vybraná NL)	H225, H304, H336, H411	Kapalina	0,200	0,015	-	0,005
Thermocup 1200 Paste	H4110,0	Pasta	-	-	0,001	-
Toluen	H225, H350, H340, H372, H304, H319, H315	Kapalina	0,001	-	-	0,002
WD40	H336, H222, H304	Aerosol	0,012	0,004	0,005	0,012
Zemní plyn (jmenovitě vybraná NL)	H220	Plyn	0,5	0,5	0,2	0,5
Keramic Spray	H222, H229, H304, H315, H336, H412	Aerosol	0,003	0,0005	-	-
KIM TEC silikonový sprej	H222, H412	Aerosol	0,003	0,0005	-	-
Multifoam	H222, H229	Aerosol	0,001	0,001	-	-
Multifix Clear A	H225, H315, H317, H318, H335	Kapalina	-	0,001	-	-
Multifix Clear B	H225, H317, H319, H336, H361fd, H400	Kapalina	-	0,001	-	-
NC123 Extra	H222, H229, EUH006	Aerosol	0,001	0,001	-	-
New All Purpose Foam Cleaner	H222, H319	Aerosol	0,01	0,002	-	-
NOVA PTFE OIL	H222, H229, H412	Aerosol	0,002	0,002	-	-
Opticoating N Spray	H22, H229, H315, H336, H411	Aerosol	-	0,0005	-	-

Druh látky	Klasifikace	Forma	Množství (t)			
			Špitálka	Červený mlýn	Staré Brno	Brno-sever
Pájecí kapalina na hliník	H226, H301, H314	Kapalina	-	0,00003	-	-
Pájecí kapalina na nerez	H302, H314, H410	Kapalina	-	0,00003	-	-
Pájecí kapalina neutrální	H226, H302, H314, H411	Kapalina	-	0,00003	-	-
Pasta pod chladiče	H400, H410	Pasta	-	0,001	-	-
Penetron	H222, H229, H315, H336, H411	Aerosol	-	0,002	-	-
Positiv 20	H222, H229, H319, H336	Aerosol	-	0,0005	-	-
Primer/Activator A71	H225, H304, H315, H336, H411	Kapalina	-	0,001	-	-
S1960	H222, H229, H315, H319, H336, H412	Aerosol	-	0,0005	-	-
OKENA	H226	Kapalina	0,03	0,005	-	-
Shock Spray	H222, H229, H319, H336	Aerosol	0,002	0,0005	-	-
Via hand dezi gel	H319, H412, H225	Kapalina	0,1	-	-	-
Síran hydrazinia	H301, H311, H331, H317, H350, H400, H410	Pevná látka	-	0,001	-	-
Soft Clean Spray	H222, H229, H336, H412	Aerosol	-	0,0005	-	-
Transfix	H315, H317, H319, H336, H351, H411	Aerosol	-	0,001	-	-
LAVON	H319, H225	Kapalina	0,05	-	-	-
White Supreme grease sprej	H222, H229, H315, H336, H411	Aerosol	-	0,0005	-	-
Xylen	H226, H332, H312, H315	Kapalina	-	-	-	0,002
Zinek svěťý	H222, H229, H319, H336, H411	Aerosol	-	0,0005	-	-

Tabulka 4 Přehled nebezpečných odpadů produkovaných v TB a jejich množství

Druh odpadu	Množství (t)			
	Špitálka	Červený mlýn	Staré Brno	Brno-sever
080111 Odpadní barvy a laky obsahující organická rozpouštědla nebo jiné nebezpečné látky	0,5	0,05	0,01	0,5
130208 Ostatní motorové, převodové, mazací oleje	1	0,6	0,2	1
130507 Zaolejované vody z odlučovačů oleje	2	0,6	0,2	1
150202 Absorpční činidla, filtrační materiály včetně olejových filtrů, čisticí tkaniny	0,5	0,1	0,01	0,25
150110 Obaly se zbytky nebezpečných látek nebo obaly těmito látkami znečištěné	0,5	0,1	0,01	0,25
Různé elektroodpady	1,5	1,5	1,5	1,5
170601 Izolační materiál s obsahem azbestu	0,03	-	-	-

5.1.1 Výpočet pro provoz Špitálka

Pro látky a odpady, které spadají do třídy akutní toxicita, kategorií 1, 2 nebo 3 (inhalační cesta expozice) nebo toxicita pro specifické cílové orgány – jednorázová expozice kategorie 1, s nebezpečnými látkami spadajícími do oddílu H tříd H1 až H3:

$$N = 0,002/5_{\text{síran rtuťnatý}} + 0,01/50_{\text{kyselina thioglykolová}} + 0,009/5_{\text{kyselina fluorovodíková}} + 0,0006/5_{\text{jodid rtuťnatý}} + 0,001/50_{\text{dichroman draselný}} + 0,001/5_{\text{chlorid rtuťnatý}} + 0,0005/5_{\text{dusičnan rtuťnatý}} + 0,0002/5_{\text{oxid rtuťnatý}} + 0,03/5_{\text{azb. odpad}} \quad (2)$$

$$N = 0,003 \rightarrow N < 1$$

Pro látky a odpady, které jsou výbušniny, hořlavé plyny, hořlavé aerosoly, oxidující plyny, hořlavé kapaliny, samovolně reagující látky a směsi, organické peroxidy, samozápalné kapaliny a tuhé látky, oxidující kapaliny a tuhé látky, s nebezpečnými látkami spadajícími do oddílu P tříd P1 až P8:

$$N = 0,15/10_{\text{aceton}} + 0,9/5_{\text{acetylen}} + 0,014/10_{\text{benzen}} + 0,2/2500_{\text{benzín techn.}} + 0,2/50_{\text{denat.líh}} + 0,1/50_{\text{S6006}} + 0,02/50_{\text{C6000}} + 0,02/50_{\text{S6005}} + 0,5/50_{\text{ZP}} + 0,001/10_{\text{toluen}} + 0,225/10_{\text{P-B}} + 0,2/10_{\text{petrolej II}} + 1,81/200_{\text{kyslík}} + 0,42/10_{\text{nafta}} + 0,012/150_{\text{WD40}} + 0,003/150_{\text{GasketCarbon}} + 0,01/10_{\text{isopropanol}} + 0,05/10_{\text{asfalt.lak}} + 0,015/10_{\text{kys.octová}} + 0,1/50_{\text{Industrol}} + 0,04/50_{\text{Telkyd S200}} + 0,008/50_{\text{Aluxal Titanium}} + 0,003/150_{\text{Keramic Spray}} + 0,003/150_{\text{KIMTEC}} + 0,001/150_{\text{Multifoam}} + 0,01/150_{\text{NewAllPurposeFoam}} + 0,002/150_{\text{PFTE}} + 0,03/50_{\text{Okena}} + 0,002/150_{\text{ShockSpray}} + 0,25/50_{\text{Sanytol}} + 0,1/50_{\text{Polana DDR+}} + 0,6/50_{\text{Anticovid}} + 0,1/50_{\text{Anticovid}} + 0,05/10_{\text{Anticovid}} + 0,05/50_{\text{LAVON}} + 1,5/50_{\text{nebezpečné odpady}} + 0,006/150_{\text{AquaSol}} + 0,006/150_{\text{NSL}} \quad (3)$$

$$N = 0,374 \rightarrow N < 1$$

Pro látky a odpady, které spadají mezi nebezpečné pro vodní prostředí, akutně kategorie 1, chronicky kategorie 1 nebo chronicky kategorie 2, s nebezpečnými látkami spadajícími do oddílu E tříd E1 a E2:

$$\begin{aligned}
 N = & 0,002/200_{\text{síran rtuťnatý}} + 0,01/100_{\text{dichroman draselný}} + 0,2/200_{\text{tech.benzín}} + 1/100_{\text{amoniak}} + \\
 & 0,001/100_{\text{chlorid rtuťnatý}} + 50/200_{\text{chlorid železitý}} + 0,0006/100_{\text{jodid rtuťnatý}} + 0,42/200_{\text{nafta}} + \\
 & 0,0005/100_{\text{dusičnan rtuťnatý}} + 0,0002/100_{\text{oxid rtuťnatý}} + 0,05/200_{\text{petrolej}} + 0,12/100_{\text{SAVO original}} + \\
 & 0,001/100_{\text{chlorid mědný}} + 0,08/100_{\text{Garlon}} + 0,04/100_{\text{Roundup}} + 0,0002/100_{\text{o-fenantrolin}} + \\
 & 0,01/100_{\text{metol}} + 0,0004/100_{\text{síran stříbrný}} + 0,008/100_{\text{hydroxylamin hydrochlorid}} + 0,04/100_{\text{Telkyd S200}} + \\
 & 7,03/100_{\text{nebezpečné odpady}} \\
 \mathbf{N = 0,335} \rightarrow \mathbf{N < 1}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

5.1.2 Výpočet pro provoz Červený mlýn

Pro látky a odpady, které spadají do třídy akutní toxicita, kategorií 1, 2 nebo 3 (inhalační cesta expozice) nebo toxicita pro specifické cílové orgány – jednorázová expozice kategorie 1, s nebezpečnými látkami spadajícími do oddílu H tříd H1 až H3:

$$\begin{aligned}
 N = & 0,0005/50_{\text{dichroman draselný}} + 0,2/50_{\text{levoxin 15}} + 0,00002/5_{\text{síran rtuťnatý}} + 0,0002/5_{\text{jodid rtuťnatý}} + \\
 & 0,009/50_{\text{kyselina thioglykolová}} \\
 \mathbf{N = 0,0042} \rightarrow \mathbf{N < 1}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Pro látky a odpady, které jsou výbušniny, hořlavé plyny, hořlavé aerosoly, oxidující plyny, hořlavé kapaliny, samovolně reagující látky a směsi, organické peroxidy, samozápalné kapaliny a tuhé látky, oxidující kapaliny a tuhé látky, s nebezpečnými látkami spadajícími do oddílu P tříd P1 až P8:

$$\begin{aligned}
 N = & 0,005/10_{\text{aceton}} + 0,03/5_{\text{acetylén}} + 0,2/50_{\text{ethanolum benzino denaturum}} + 0,4/200_{\text{kyslík}} + \\
 & 0,01/50_{\text{ředidlo S6006}} + 0,015/2500_{\text{benzín technický}} + 0,5/50_{\text{ZP}} + 0,001/50_{\text{B8020}} + 0,02/50_{\text{barvy}} \\
 & \text{Industrial} + 0,005/150_{\text{barvy Colorworks}} + 0,001/50_{\text{diava}} + 0,0005/150_{\text{KIM TEC}} + 763/2500_{\text{LTO}} + \\
 & 0,001/50_{\text{multifix clear A}} + 0,001/50_{\text{multifix clear B}} + 0,001/150_{\text{multifoam}} + 0,001/150_{\text{NC 123}} + \\
 & 0,002/150_{\text{nova PTFE oil}} + 0,005/50_{\text{okena}} + \text{opticoating} + 0,00003/50_{\text{PK hliník}} + 0,00003/50_{\text{PK neutrální}} + \\
 & 0,002/150_{\text{penetron}} + 0,0005/150_{\text{positiv 20}} + 0,001/50_{\text{A701}} + 0,0005/150_{\text{S1960}} + 0,0005/150_{\text{shock}} \\
 & \text{spray} + 0,0005/150_{\text{supreme grease}} + 0,0005/150_{\text{zinek světlý}} + 0,0005/150_{\text{keramic spray}} \\
 \mathbf{N = 0,334} \rightarrow \mathbf{N < 1}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Pro látky a odpady, které spadají mezi nebezpečné pro vodní prostředí, akutně kategorie 1, chronicky kategorie 1 nebo chronicky kategorie 2, s nebezpečnými látkami spadajícími do oddílu E tříd E1 a E2:

$$\begin{aligned}
N = & 0,0005/100_{\text{dichroman draselný}} + 0,2/100_{\text{levoxin 15}} + 0,00002/200_{\text{síran rtuťnatý}} + 0,015/200_{\text{benzín}} \\
& \text{technický} + 0,001/200_{\text{Alteco A+B}} + 0,0001/200_{\text{červeň metylóvá}} + 0,001/200_{\text{diava}} + \\
& 0,0005/100_{\text{dichlorisokyanurát sodný}} + 0,0005/200_{\text{chlorid manganatý}} + 0,0001/200_{\text{jód}} + 0,0002/100_{\text{jodid}} \\
& \text{rtuťnatý} + 763/2500_{\text{LTO}} + 0,001/100_{\text{multifix clear B}} + 0,0005/200_{\text{otpicoating}} + 0,00003/100_{\text{PK nerez}} + \\
& 0,00003/200_{\text{PK neutrální}} + 0,001/100_{\text{pasta pod chladiče}} + 0,002/200_{\text{penetron}} + 0,001/200_{\text{A701}} + \\
& 0,001/100_{\text{síran hydrazinia}} + 0,0005/200_{\text{zinek světlý}}
\end{aligned} \tag{7}$$

$$N = 0,307 \rightarrow N < 1$$

5.1.3 Výpočet pro provoz Staré Brno

Pro látky a odpady, které spadají do třídy akutní toxicita, kategorií 1, 2 nebo 3 (inhalační cesta expozice) nebo toxicita pro specifické cílové orgány – jednorázová expozice kategorie 1, s nebezpečnými látkami spadajícími do oddílu H tříd H1 až H3:

$$N = 0 \rightarrow N < 1 \tag{8}$$

Pro látky a odpady, které jsou výbušniny, hořlavé plyny, hořlavé aerosoly, oxidující plyny, hořlavé kapaliny, samovolně reagující látky a směsi, organické peroxidy, samozápalné kapaliny a tuhé látky, oxidující kapaliny a tuhé látky, s nebezpečnými látkami spadajícími do oddílu P tříd P1 až P8:

$$\begin{aligned}
N = & 0,02/5_{\text{acetylen}} + 0,005/50_{\text{S6006}} + 0,2/50_{\text{ZP}} + 0,05/200_{\text{kyslík}} + 0,03/10_{\text{nafta}} + 0,005/150_{\text{WD40}} + \\
& 0,03/50_{\text{Industrol}} + 0,001/50_{\text{Polana DDR+}} + 0,001/50_{\text{Anticovid}} + 0,03/50_{\text{nebezpečné odpady}}
\end{aligned} \tag{9}$$

$$N = 0,012 \rightarrow N < 1$$

Pro látky a odpady, které spadají mezi nebezpečné pro vodní prostředí, akutně kategorie 1, chronicky kategorie 1 nebo chronicky kategorie 2, s nebezpečnými látkami spadajícími do oddílu E tříd E1 a E2:

$$\begin{aligned}
N = & 0,03/200_{\text{nafta}} + 0,002/100_{\text{SAVO original}} + 0,001/100_{\text{Thermocup1200}} + 1,93/100_{\text{nebezpečné odpady}}
\end{aligned} \tag{10}$$

$$N = 0,0194 \rightarrow N < 1$$

5.1.4 Výpočet pro provoz Brno-sever

Pro látky a odpady, které spadají do třídy akutní toxicita, kategorií 1, 2 nebo 3 (inhalační cesta expozice) nebo toxicita pro specifické cílové orgány – jednorázová expozice kategorie 1, s nebezpečnými látkami spadajícími do oddílu H tříd H1 až H3:

$$\begin{aligned}
N = & 0,003/50_{\text{kyselina thioglykolová}} + 0,009/5_{\text{kyselina fluorovodíková}} + 0,0003/5_{\text{jodid rtuťnatý}} + \\
& 0,0007/50_{\text{dichroman draselný}} + 0,001/5_{\text{chlorid rtuťnatý}} + 0,0002/5_{\text{oxid rtuťnatý}}
\end{aligned} \tag{11}$$

$$N = 0,002 \rightarrow N < 1$$

Látky a odpady, které jsou výbušniny, hořlavé plyny, hořlavé aerosoly, oxidující plyny, hořlavé kapaliny, samovolně reagující látky a směsi, organické peroxidy, samozápalné kapaliny a tuhé látky, oxidující kapaliny a tuhé látky, s nebezpečnými látkami spadajícími do oddílu P tříd P1 až P8:

$$N = 0,005/10_{\text{aceton}} + 0,03/5_{\text{acetylen}} + 0,001/10_{\text{benzen}} + 0,005/2500_{\text{benzín techn.}} + 0,005/50_{\text{denat.líh}} + 0,005/50_{\text{S6006}} + 0,5/50_{\text{ZP}} + 0,002/10_{\text{toluen}} + 0,132/10_{\text{P-B}} + 0,2/10_{\text{petrolej}} + 0,010/200_{\text{PolanaDDR+}} + 0,171/200_{\text{kyslík}} + 0,015/200_{\text{Anticovid}} + 1/50_{\text{nebezpečné odpady}} \quad (12)$$

$$N = 0,071 \rightarrow N < 1$$

Pro látky a odpady, které spadají mezi nebezpečné pro vodní prostředí, akutně kategorie 1, chronicky kategorie 1 nebo chronicky kategorie 2, s nebezpečnými látkami spadajícími do oddílu E tříd E1 a E2:

$$N = 0,0003/100_{\text{jodid rtuťnatý}} + 0,0007/100_{\text{dichroman draselný}} + 0,005/200_{\text{tech.benzín}} + 0,003/100_{\text{amoniak}} + 0,001/100_{\text{chlorid rtuťnatý}} + 50/200_{\text{chlorid železitý}} + 0,0003/100_{\text{jodid rtuťnatý}} + 1/200_{\text{satamin}} + 4,5/100_{\text{nebezpečné odpady}} \quad (13)$$

$$N = 0,300 \rightarrow N < 1$$

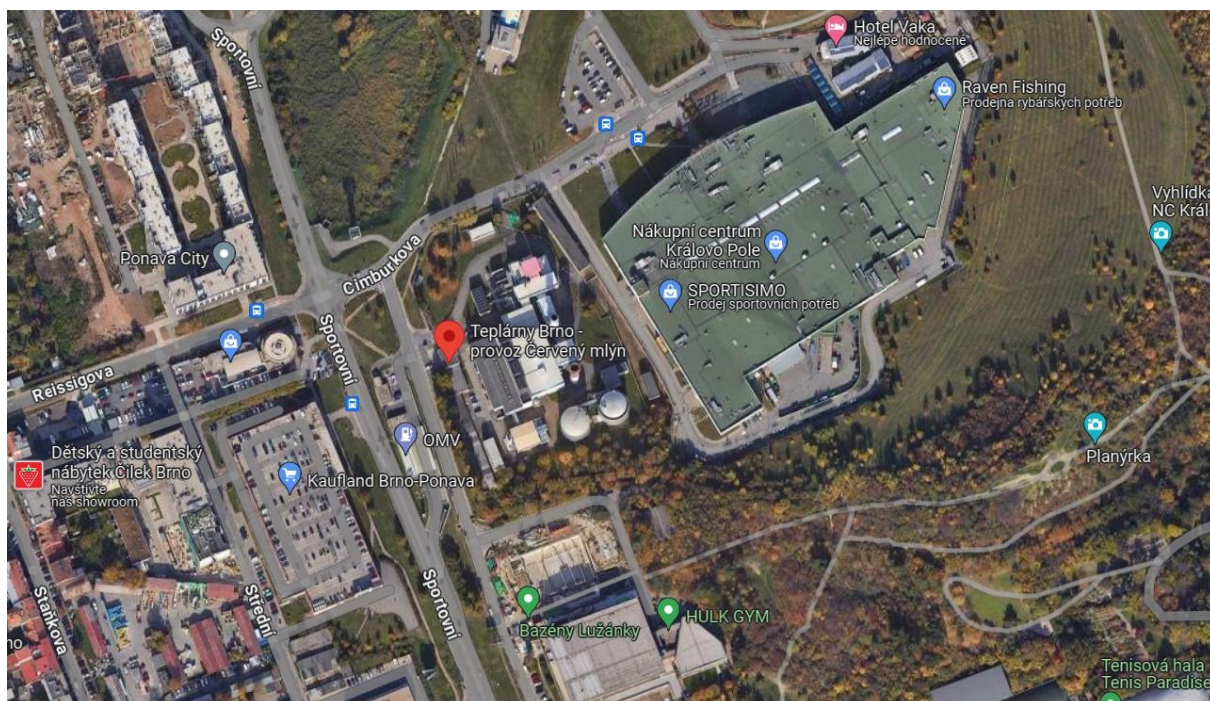
Dle výše uvedených výpočtů lze vidět, že Teplárny Brno čítají celkem 4 provozy, z nichž se žádný k roku 2024 nezařazuje pod zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií a z tohoto důvodu tedy vypracovávají pouze protokol o nezařazení. Ovšem provozy ČM a Špitálka mají u některých látek (ČM – LTO a Špitálka – acetylen, chlorid železitý, nafta a propan-butan) nadlimitní množství ve sloupci A a B (překročený limit 2 %), proto musejí zasílat protokol o nezařazení krajskému úřadu.

5.2 ANALÝZA RIZIK

Analýza rizik byla prováděna v návaznosti na předchozí kapitolu pro vybrané chemické látky z provozů Červený mlýn a Špitálka. Provoz Staré Brno nebyl předmětem analýzy, neboť se v něm, oproti ostatním provozům, nakládá se zanedbatelným množstvím NCHL. Dále byl z analýzy vyjmut i provoz Brno-sever, na kterém v současné době probíhá realizace díla „Výstavba biomasového zdroje“, což znamená že je značná část původních technologií demontovaná a na jejich místě bude technologie pro kotel na biomasy – dřevní štěpku. Následně také proběhne rekonstrukce chemické úpravy vody. Provoz je tedy pro externí návštěvy uzavřen z důvodu probíhající stavby a dle sdělení provozovatele bude také stav chemických látek v areálu po dokončení odlišný.

V níže vypracované tabulce jsou uvedeny chemické látky, které budou předmětem analýzy H&V Index. Tyto látky byly vybrány na základě množství, které se v objektech PČM a PŠ nachází. Následně budou vybrány látky, které představují největší ohrožení pro ŽP.

Analýza místa, kde se nachází provoz Červený mlýn zahrnuje identifikaci objektů v jeho okolí, kterými jsou NC Královo pole, čerpací stanice OMV, Bazén Lužánky, HULK GYM a dále bytové jednotky, viz Obrázek 6.

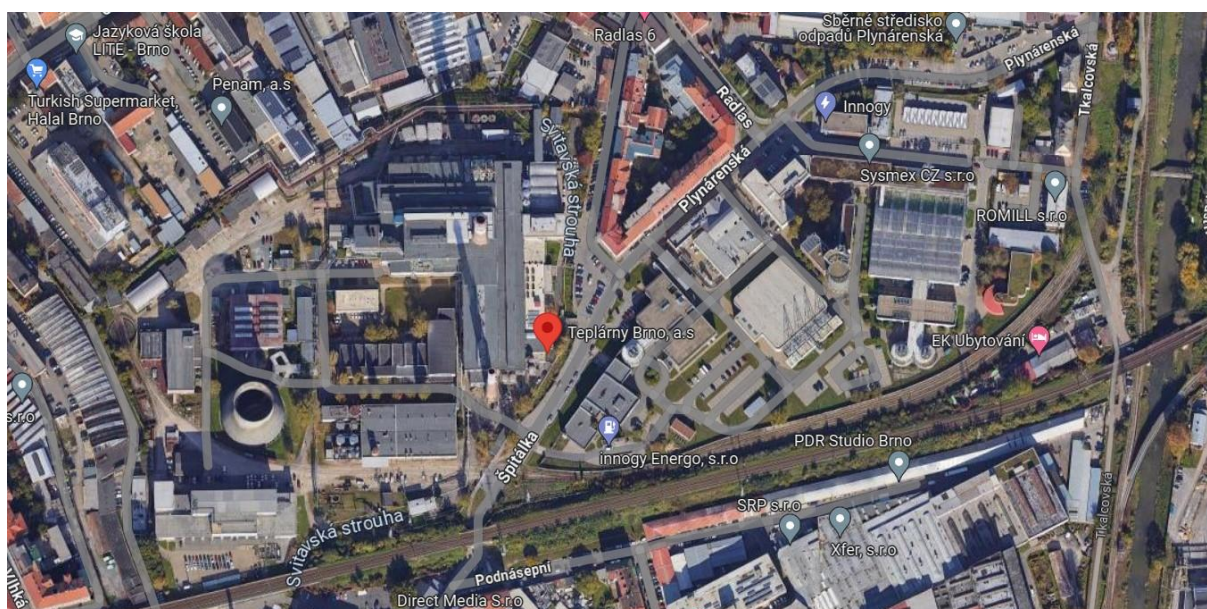


Obrázek 6 Mapa okolí TB Červený mlýn (zdroj: Google maps)

Tabulka 5 Přehled analyzovaných nebezpečných chemických látek TB ČM

Nebezpečná látka	Množství látky v podniku (t)
Kyselina chlorovodíková	0,3
Acetylén	0,3
Kyslík	0,4
Zemní plyn	0,5
Lehký topný olej	763

Co se týče provozu Špitálka, nachází se uprostřed města Brna v katastrálním území Zábrdovice. V okolí jsou zejména bytové jednotky, firmy, železniční trať a řeka Svitava, viz Obrázek 7.



Obrázek 7 Mapa okolí TB Špitálka (zdroj: Google maps)

Tabulka 6 Přehled analyzovaných nebezpečných chemických látek TB Špitálka

Nebezpečná látka	Množství látky v podniku (t)
Kyselina chlorovodíková	80,01
Acetylén	0,9
Kyslík	1,810
Zemní plyn	0,5
Chlorid železitý	50
Amoniak	1
Nafta	0,42

5.3 SKLADOVÁNÍ NCHL

5.3.1 Provoz Červený mlýn

Lehký topný olej

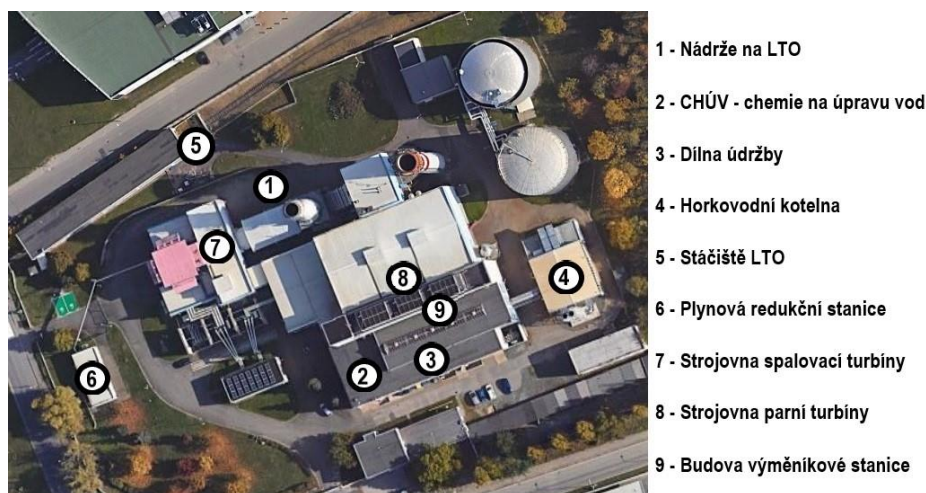
- Skladován na PČM ve 4 horizontálních válcových ocelových nádržích (zatím nezakresleno v mapě) o objemu 250 m³ s klenutými dny, které jsou dvouplášťové s duplikátorovým prostorem, který slouží jako havarijní jímka o využitelném objemu 4 x 235 m³
- Vnitřní nádrž a duplikátorový plášť (naplněn dusíkem o přetlaku 5 kPa) jsou plně vypustitelné
- Objem záchytné jímky pod zásobníky je 100 m³

Kyselina chlorovodíková

- Skladována v samostatné místnosti v objektu CHÚV, kontejner je umístěn v záchytné vaně
- Podlaha v místnosti je opatřena nátěrem odolným proti působení žíravín a vyspádována do odpadní jímky

Zemní plyn

- Není skladován, ve skladovaném množství se bere v úvahu pouze přibližné množství plynu nacházející se v plynovém potrubí vedoucí na pozemku TB
- Zemní plyn je přiváděn od distributora vysokotlakým a středotlakým plynovodem, který vede podzemní i nadzemní částí pozemku PČM do plynové redukční stanice, kde se plyn filtruje, měří a redukuje na provozní tlaky, odtud je rozváděn do spalovací turbíny a horkovodních kotlů
- Plynové potrubí je natřeno antikoročním nátěrem žluté barvy označujícím plyn



Obrázek 8 Rozmístění NCHL na PČM (zdroj: vlastní zpracování)

5.3.2 Provoz Špitálka

Kyselina chlorovodíková

- Skladována ve dvou nadzemních nádržích o objemu cca 40 m³ umístěných v záchytné jímce opatřené nátěrem odolným proti působení žíravých látek, která ústí do havarijní jímky
- Součástí nádrží jsou 2 čerpadla, propojovací potrubí a armatury

Kyslík a acetylén

- Skladovány ve dvou samostatných místnostech v tlakových lahvích o objemu 50 l
- Využíván ke svařování – svařovací soupravy na dílnách (celkem 3 lokality)

Chlorid železitý

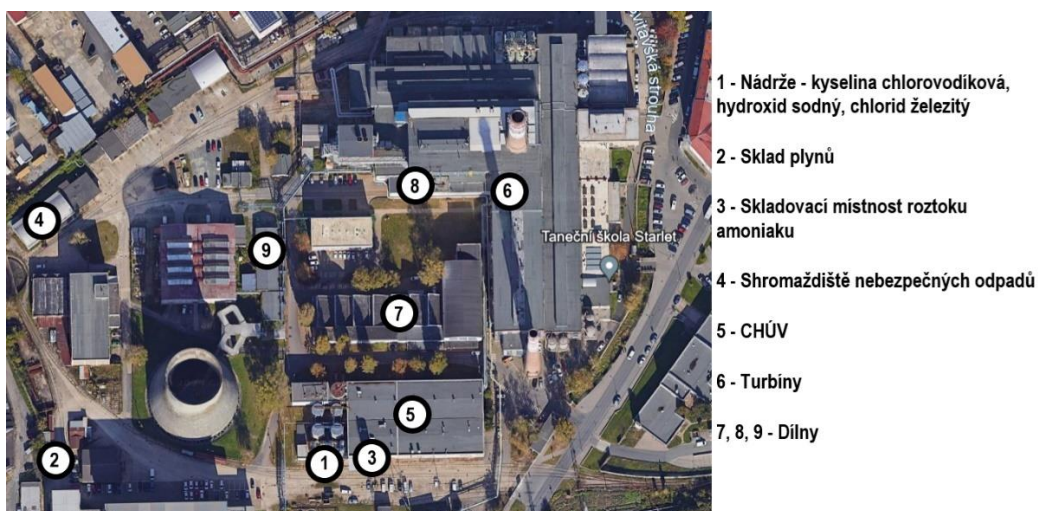
- Skladován ve dvou nadzemních nádržích o objemu cca 25 m³ také umístěných v záchytné jímce opatřené nátěrem odolným proti působení žíravých látek, která ústí do havarijní jímky
- Součástí jsou také 2 čerpadla, propojovací potrubí a armatury

Roztok amoniaku

- Skladovaný v samostatné místnosti CHÚV v IBC kontejneru o objemu 1 m³ s dávkovacím zařízením, umístěný v záchytné jímce

Zemní plyn

- Obdobně jako u PČM vedený plynovým potrubím přes plynovou redukční stanici do spalovací turbíny
- Plynové potrubí opatřeno antikoročním nátěrem žluté barvy



Obrázek 9 Rozmístění NCHL na PŠ (zdroj: vlastní zpracování)

5.4 H&V INDEX

První vybranou analýzou ke zhodnocení rizik spojených s vybranými nebezpečnými chemickými látkami byla indexová metoda H&V. Z této analýzy byl vyňat kyslík, který sám o sobě není toxikologicky nebezpečný. V první řadě je k této analýze nutno definovat toxikologické a fyzikální vlastnosti látek.

Tabulka 7 Toxikologické vlastnosti pro vybrané nebezpečné látky [26][27][28][29]

Nebezpečná látka	LC ₅₀ potkan (mg/l)	LD ₅₀ potkan (mg/kg)	EC ₅₀ dafnie, 48 h (mg/l)	LC ₅₀ ryby, 96 h (mg/l)	IC ₅₀ řasy 72 h (mg/l)
Kyselina chlorovodíková	3124	900	0,45	20,5	0,76
Acetylen	160 500	-	242	545	57
Zemní plyn	-	-	-	-	-
LTO	4100	4300	68	21	22
Chlorid železitý	-	>2000	9,6	21,84	-
Amoniak	-	350	101	0,75-3,4	-
Nafta	4100	4300	68	21	22

5.4.1 Indexy nebezpečnosti chemických látek

V této části je nutné určit, jak moc a jestli vůbec je chemická látka nebezpečná pro určitou složku ŽP. Hodnotí se tedy dopad úniku nebezpečných chemických látek na jednotlivé složky ŽP pomocí indexů nebezpečnosti, které jsou následující:

Index toxické nebezpečnosti látky pro vodní prostředí T_w

Tabulka 8 Index nebezpečnosti pro vodní prostředí T_w

Nebezpečná látka	Kód toxicity (A_w)	Kód fyzikálních vlastností (B_w)	Index T_w
Kyselina chlorovodíková	1	3	3
Acetylen	1	1	1
Zemní plyn	1	2	2
LTO	-	-	3
Chlorid železitý	-	-	3
Amoniak	-	-	4
Nafta	-	-	3

U lehkého topného oleje, chloridu železitého a motorové nafty bylo zařazení snadné, neboť se jedná o látky, které spadají do řádku 2 v Tabulka 36, a to z toho důvodu, že v bezpečnostním listu obsahují větu o nebezpečnosti H411. Stejně tak bylo snadné zařazení Amoniak, neboť obsahuje větu o nebezpečnosti H400.

Ostatní výše uvedené látky žádnou z těchto vět neobsahují, proto bylo nutné provést výpočet indexu T_w za pomoci součinu jednotlivých indexů A_w (kód toxicity) a B_w (kód fyzikálních vlastností). Fyzikální vlastnosti byly posuzovány podle tabulky Tabulka 38 a kód toxicity podle Tabulka 37, a to dle informací z bezpečnostních listů jednotlivých NCHL. Vyhodnocení proběhlo na základě součinu těchto dvou indexů a bylo vyhodnoceno dle Tabulka 39.

Jak lze v tabulce vidět, látka acetylen byla stanovena na hodnotu 1 (nízká třída toxicity), zemní plyn byl vypočítán na hodnotu 2 (střední třída toxicity) a kyselina chlorovodíková na hodnotu 3 (vysoká třída toxicity).

Index toxické nebezpečnosti látky pro půdní prostředí T_s

Stanovení indexu toxicity pro půdní prostředí se provádí na základě předpokladu, že látky, které jsou toxické pro vodní prostředí jsou toxické také pro organismy v půdním prostředí, a to z důvodu, že neexistuje jednoznačné stanovení toxicity pro organismy nacházející se v půdě.

Tabulka 9 Index nebezpečnosti pro půdní prostředí T_s

Nebezpečná látka	Kód toxicity	Kód toxicity A_s	Kód fyzikálních vlastností B_s	Index T_s
Kyselina chlorovodíková	4	-	-	4
Acetylen	1	-	-	1
Zemní plyn	-	1	2	2
LTO	2	-	-	2
Chlorid železitý	3	-	-	3
Amoniak	1	-	-	1
Nafta	2	-	-	2

Při stanovování tohoto indexu nejprve, v případě, že těmito daty disponujeme, použijeme data EC_{50} (48 hodin, dafnie). Pokud tato data k dispozici nemáme, použijeme data LC_{50} (96 hodin, ryba). Pokud nemáme k dispozici ani jedny z těchto dat, použijeme IC_{50} (72 hodin, řasy). Pokud bychom nedisponovali těmito informacemi, lze Index T_s vypočítat obdobně jako u předchozí tabulky na základě indexů A_s a B_s .

Hodnoty vyobrazené v Tabulka 9 byly získány porovnáním ekotoxikologických vlastností jednotlivých látek s hodnotami uvedenými v Tabulka 40.

Index toxické nebezpečnosti pro biotickou složku prostředí

Tento index se stanovuje na základě hodnot toxicity látek na základě Tabulka 44 v kombinaci s vybranými fyzikálními vlastnostmi látky z Tabulka 45. Tento index T_B se tedy vyhodnotí na základě součinu dílčího indexu pro biotické prostředí A_B a indexu fyzikálních vlastností látky B_B podle Tabulka 46.

Tabulka 10 Index nebezpečnosti pro biotickou složku T_B

Nebezpečná látka	Kód toxicity A_B	Kód fyzikálních vlastností	Index T_B
		B_B	
Kyselina chlorovodíková	1	2	1
Acetylen	1	4	2
Zemní plyn	1	4	2
LTO	1	1	1
Chlorid železitý	1	1	1
Amoniak	1	3	1
Nafta	1	1	1

Indexy nebezpečí hořlavosti látky s dopadem na biotickou složku prostředí

Tento index nebezpečí zkoumá hořlavost látky. Posuzovaným kritériem jsou fyzikální a chemické vlastnosti látek a také v jakém skupenství je látka skladována, zda ve formě plynu či kapaliny. Pro zhodnocení tohoto indexu byla využita Tabulka 47.

Tabulka 11 Index hořlavosti látky s dopadem na biotickou složku prostředí F_R

Nebezpečná látka	Index F_R
Kyselina chlorovodíková	1
Acetylen	3
Zemní plyn	3
LTO	1
Chlorid železitý	1
Amoniak	3
Nafta	1

5.4.2 Indexy zranitelnosti životního prostředí

Další část této analýzy stanovuje zranitelnost ŽP a je jí možné považovat za screeningovou metodu, kdy jsou předběžně zjišťovány složky prostředí, které by mohly být v případě havárie ohroženy. Mezi tyto analyzované složky patří:

Stanovení zranitelnosti povrchových vod

Tento index se stanovuje na základě přítomnosti hydrologické kategorie v dosahu účinků havárie. K jednotlivým kategoriím se přiřazuje index podle Tabulka 48 kdy je výsledným indexem I_{SW} nejvyšší zjištěná hodnota.

Vzhledem k tomu, že TB Červený mlýn se nachází v blízkosti retenční nádrže Červený mlýn a je také napojen na kanalizaci. Z tohoto důvodu je hodnota indexu $I_{SW} = 3$.

Provoz Špitálka je rovněž napojený na kanalizaci a nachází se vzdušnou čarou do 0,5 km od řeky Svitavy. Proto byl provozu přiřazen $I_{SW} = 3$.

Stanovení zranitelnosti podzemních vod

Pro stanovení tohoto indexu je potřeba charakterizovat horninové prostředí kolektoru a rizika znečištění, vodohospodářského významu kolektoru, vodohospodářské funkce pokryvů a stupně ochrany vod na základě Tabulka 49, Tabulka 50 a Tabulka 51. Následně jsou jednotlivá hodnocení sečtena a vyhodnocena dle Tabulka 52.

Objekt TB Červený mlýn se nachází v oblasti se zástavbou, ve které není žádný stupeň ochrany vod. Celkový index byl vyhodnocen jako $I_{UW} = 1$.

Provoz Špitálka se rovněž nachází v oblasti se zástavbou, bez stupně ochrany vod, proto byl pro oba provozy stanoven index $I_{UW} = 1$.

Stanovení zranitelnosti půdního prostředí

V této části se hodnotí zranitelnost půdy nejen z hlediska její bonity, ale také podle možnosti šíření v případě kontaminace pomocí půdního prostředí. Tento index lze stanovit dvěma způsoby. První z nich je posuzování zemědělské půdy podle čísla BPEJ Tabulka 53. V případě že se nejedná o zemědělskou půdu, můžeme použít data z půdních map a index stanovit na základě Tabulka 54.

Vzhledem k tomu, že parcela, na které se nachází TB ČM má definované BPEJ, byla pro stanovení indexu zranitelnosti půdního prostředí použita první tabulka, a to na základě dat z půdních map. Na základě těchto map bylo zjištěno že provoz Červený mlýn se nachází na území,

kde se vyskytují převážně černozemní půdy, tedy spadají do skupiny 08, a proto byl I_S stanoven na hodnotu 2.

Provoz Špitálka se nachází na území, které podle BPEJ spadá do fluvizemí, tudíž spadá do skupiny 3.

Stanovení zranitelnosti biotických složek prostředí

Při hodnocení zranitelnosti biotických složek prostředí se míra závažnosti stanovuje na základě ekologické hodnoty a zasažené plochy. Index se určuje na základě Tabulka 55.

Na provozu Červený mlýn, v závislosti na tom, že se jedná o zemědělskou půdu, podle byl index stanoven na hodnotu $I_B = 1$.

Provoz Špitálka leží opět na zemědělské půdě, tudíž byl index stanoven stejně jako u ČM na hodnotu $I_B = 1$.

5.4.3 Hodnocení indexu zranitelnosti území

Ke zjištění nebezpečnosti NCHL a zranitelnosti území je nutné provést syntézu získaných indexů podle následujících vzorců:

- Výpočet indexů toxicity pro povrchové vody I_{TSW}

$$I_{TSW} = \max\left(\frac{I_{SW} + T_W}{2}; \frac{I_{SW} + T_W + I_S}{3}\right) \quad (14)$$

- Výpočet indexů toxicity pro podzemní vody I_{TUW}

$$I_{TUW} = \frac{I_{UW} + T_W + I_S}{3} \quad (15)$$

- Výpočet indexů toxicity pro biotickou složku prostředí I_{TB}

$$I_{TB} = \frac{T_B + I_B}{2} \quad (16)$$

- Výpočet indexů toxicity pro půdní složku prostředí I_{TS}

$$I_{TS} = \frac{T_S + I_S}{2} \quad (17)$$

- Výpočet indexů dopadu hořlavé látky na biotickou složku prostředí I_{FR}

$$I_{FR} = \frac{F_R + I_B}{2} \quad (18)$$

Tabulka 12 Výpočet jednotlivých indexů pro provoz ČM

NCHL	Výpočet I_{TSW}	Výpočet I_{TUW}	Výpočet I_{TB}	Výpočet I_{TS}	Výpočet I_{FR}
Kyselina chlorovodíková	$\max\left(\frac{3+3}{2}; \frac{3+3+2}{3}\right)$	$\frac{1+3+2}{3}$	$\frac{1+1}{2}$	$\frac{2+4}{2}$	$\frac{1+1}{2}$
Acetylen	$\max\left(\frac{3+1}{2}; \frac{3+1+2}{3}\right)$	$\frac{1+1+2}{3}$	$\frac{2+1}{2}$	$\frac{2+1}{2}$	$\frac{1+3}{2}$
Zemní plyn	$\max\left(\frac{3+2}{2}; \frac{3+2+2}{3}\right)$	$\frac{1+2+2}{3}$	$\frac{2+1}{2}$	$\frac{2+2}{2}$	$\frac{1+3}{2}$
LTO	$\max\left(\frac{3+3}{2}; \frac{3+3+2}{3}\right)$	$\frac{1+3+2}{3}$	$\frac{1+1}{2}$	$\frac{2+2}{2}$	$\frac{1+1}{2}$

Tabulka 13 Výpočet jednotlivých indexů pro provoz Špitálka

NCHL	Výpočet I_{TSW}	Výpočet I_{TUW}	Výpočet I_{TB}	Výpočet I_{TS}	Výpočet I_{FR}
Kyselina chlorovodíková	$\max\left(\frac{3+3}{2}; \frac{3+3+3}{3}\right)$	$\frac{1+3+3}{3}$	$\frac{1+1}{2}$	$\frac{4+3}{2}$	$\frac{1+1}{2}$
Acetylen	$\max\left(\frac{3+1}{2}; \frac{3+1+3}{3}\right)$	$\frac{1+1+3}{3}$	$\frac{2+1}{2}$	$\frac{1+3}{2}$	$\frac{3+1}{2}$
Zemní plyn	$\max\left(\frac{3+2}{2}; \frac{3+2+3}{3}\right)$	$\frac{1+2+3}{3}$	$\frac{2+1}{2}$	$\frac{2+3}{2}$	$\frac{3+1}{2}$
Chlorid železitý	$\max\left(\frac{3+3}{2}; \frac{3+3+3}{3}\right)$	$\frac{1+3+3}{3}$	$\frac{1+1}{2}$	$\frac{3+3}{2}$	$\frac{1+1}{2}$
Amoniak	$\max\left(\frac{3+4}{2}; \frac{3+4+3}{3}\right)$	$\frac{1+4+3}{3}$	$\frac{1+1}{2}$	$\frac{1+3}{2}$	$\frac{3+1}{2}$
Nafta	$\max\left(\frac{3+3}{2}; \frac{3+3+3}{3}\right)$	$\frac{1+3+3}{3}$	$\frac{1+1}{2}$	$\frac{2+3}{2}$	$\frac{1+1}{2}$

Tabulka 14 Vypočtené indexy pro provoz ČM

NCHL	I_{TSW}	I_{TUW}	I_{TB}	I_{TS}	I_{FR}
Kyselina chlorovodíková	3	2	1	3	1
Acetylen	2	1	2	2	2
Zemní plyn	2	2	2	2	2
LTO	3	2	1	2	1

Tabulka 15 Vypočtené indexy pro provoz Špitálka

NCHL	I _{TSW}	I _{TUW}	I _{TB}	I _{TS}	I _{FR}
Kyselina chlorovodíková	3	2	1	4	1
Acetylen	2	2	2	2	2
Zemní plyn	3	2	2	3	2
Chlorid železitý	3	2	1	3	1
Amoniak	3	3	1	2	2
Nafta	3	2	1	3	1

Z výše uvedených tabulek vyplývá, že na provozu Červený mlýn jsou nejvíce ohroženy povrchové vody a půdní prostředí. Provoz Špitálka představuje největší ohrožení pro také pro půdní prostředí a povrchové vody. Největší ohrožení celkově z těchto dvou provozů představuje kyselina chlorovodíková na provozu Špitálka. Ke zhodnocení nebezpečnosti je ovšem důležité vzít v potaz i množství látek, které se na jednotlivých provozech nacházejí. Posuzovat se bude podle Tabulka 56, Tabulka 57, Tabulka 58, Tabulka 59, Tabulka 60.

Tabulka 16 Kategorie závažnosti dopadů havárie provoz ČM

NCHL	Množství (t)	I _{TSW}	I _{TUW}	I _{TB}	I _{TS}	I _{FR}
Kyselina chlorovodíková	<1	B	A	A	B	A
Acetylen	<1	A	A	A	A	A
Zemní plyn	<1	A	A	A	A	A
LTO	>200	E	D	C	D	C

Tabulka 17 Kategorie závažnosti dopadů havárie provoz Špitálka

NCHL	Množství (t)	I _{TSW}	I _{TUW}	I _{TB}	I _{TS}	I _{FR}
Kyselina chlorovodíková	50-200	D	C	C	E	B
Acetylen	<1	A	A	A	A	A
Zemní plyn	<1	B	A	A	B	A
Chlorid železitý	10-50	C	B	A	C	A
Amoniak	1-5	C	C	A	B	A
Nafta	<1	B	A	A	B	A

5.4.4 Vyhodnocení H&V indexu

Pro vyhodnocení dat z Tabulka 16 a Tabulka 17 je nutné si definovat, jaký dopad pro dané složky ŽP tyto písmena znamenají.

Tabulka 18 Klasifikace kategorií závažnost pro dané složky ŽP

A	Zanedbatelný dopad
B	Malý dopad
C	Výrazný dopad
D	Velmi výrazný dopad
E	Maximální dopad

Jak lze vidět, většina látek obou provozů spadá do kategorií zanedbatelného nebo malého dopadu na složky životního prostředí. Co se týče provozu ČM, jediná látka, která by měla velmi výrazný a maximální dopad na ŽP je LTO, a to zejména z důvodu jeho množství. LTO je skladován ve čtyřech zásobnících umístěných u sebe, které jsou mimo jiné vybaveny záchytnou jímkou pod zásobníky, tudíž se nepředpokládá možnost, že by uniklo celkové množství skladovaného LTO v objektu.

Na provozu Špitálka vybočuje také jedna látka, a to konkrétně kyselina chlorovodíková, která by měla v případě úniku velmi výrazný dopad na povrchové vody, maximální dopad na půdní prostředí a výrazný dopad pro podzemní vody a biotickou složku prostředí. Obdobně jako u LTO na prvním provozu je ovšem kyselina umístěna ve dvou nadzemních nádržích, které se nacházejí v záchytné jínce, která ústí do havarijní jímkou, proto se nepředpokládá, že by uniklo celkové množství této kyseliny, které se v objektu skladuje. Dalšími látkami, které by mohly mít v případě úniku výrazný dopad na některou složku ŽP jsou látky chlorid železitý a amoniak.

Na základě této analýzy byly vybrány látky, které budou předmětem dalších analýz. Jedná se o látky, které mají na některou ze složek ŽP výrazný (kategorie C) a větší dopad (kategorie D a E).

5.5 HAZOP

V rámci této analýzy jsou analyzovány látky, které byly vybrány pomocí H&V indexu. Konkrétně se jedná o látky LTO, kyslík a plyn z provozu Červený mlýn a kyselinu chlorovodíkovou, chlorid železitý, amoniak a kyslík z provozu Špitálka.

V Tabulka 19 bude analyzován provoz ČM. Uzly neboli popis činností, při kterých může k havárii dojít jsou následující:

- Uzel 1: Stáčení LTO
- Uzel 2: Skladování a cirkulace LTO ke spotřebiči
- Uzel 3: Přečerpávání LTO
- Uzel 4: Vypouštění LTO
- Uzel 5: Skladování kyslíku
- Uzel 6: Použití kyslíku – svařování autogenem
- Uzel 7: Montáž a údržba plynovodu

V Tabulka 20 byla zpracována analýza HAZOP pro vybrané chemické látky z provozu Špitálka. Na tomto provozu probíhá přečerpávání, skladování a manipulace s látkami obdobně, jako je tomu u LTO na prvním provozu.

Z tohoto důvodu jsou identifikovaná rizika a navržená doporučení obdobná jako je tomu v předchozí tabulce a také jsou v uzlech spojeny stáčení a skladování amoniaku, kyseliny chlorovodíkové a chloridu železitého. Uzly pro provoz Špitálka jsou následující:

- Uzel 1: Stáčení kyseliny chlorovodíkové, amoniaku a chloridu železitého
- Uzel 2: Skladování a použití kyseliny chlorovodíkové, amoniaku a chloridu železitého
- Uzel 3: Skladování a použití kyslíkových lahví

Tabulka 19 HAZOP analýza na provoz Červený mlýn

Uzel	Klíčové slovo	Odchylka	Příčina	Následek	Zabezpečení	Doporučení
1	Není	Průtok	Nepřipojení cisterny – chyba řidiče cisterny	Možnost úniku LTO do okolí	Výcvik řidiče cisterny – ADR Nemožnost otevření ventilu na cisternu bez připojení	Kontrola připojení cisterny
	Není	Průtok	Nepřipojení cisterny – chyba obsluhy TZ	Možnost úniku LTO do okolí	Výcvik obsluhy TZ Nemožnost otevření ventilu na cisternu bez připojení	Určit odpovědnou osobu za připojení ŽC
	Není	Průtok	Ucpání deflagrační pojistky	Možnost přetlakování zásobní nádrže, které může vést k jejímu poškození	Instalace dvou pojistek	Pravidelná revize
	Menší	Průtok	Nedovření ventilu některé z nádrží, do které se nemá stáčet	Možnost přeplnění některé z nádrží – únik LTO do okolí	Instalace alarmu pro maximální hladinu LTO v nádrži	Kontrola správného uzavření ventilů
2	Není	Průtok	Neotevření ručního ventilu	Možnost natlakování LTO potrubí – poškození – únik LTO	Instalace pojistného ventilu	Kontrola správného otevření ventilů
	Menší	Průtok	Částečné otevření ručního ventilu			
	Více	Koroze	Poškození zásobních nádrží	Možnost poškození potrubí nebo zařízení v systému – únik LTO	Nátěr nádrží antikorozním prostředkem	Pravidelná revize nádrží
3	Vyšší	Hladina	Chyba obsluhy – přečerpávání do plné nádrže	Možnost přetečení nádrže – znečištění okolí	Snímač vysoké hladiny LTO	Kontrola hladiny nádrží před přečerpáváním
					Záchytná jímka	

Uzel	Klíčové slovo	Odchylka	Příčina	Následek	Zabezpečení	Doporučení
	Vyšší	Průtok	Netěsnost, lom potrubí	Možnost znečištění okolní půdy	Instalace potrubí v nepropustných kanálech Záchytná jímka	Pravidelné revize
4	Není	Průtok	Neotevřený ruční ventil před vypouštěcí nádrží	Nevypouštění LTO ze zařízení – únik do okolí	Umístění zařízení stáčení v budově	Určení odpovědné osoby za kontrolu
	Není	Průtok	Porucha čerpadla vypouštěcí nádrže	Možnost přeplnění vypouštěcí nádrže – únik do místnosti vypouštěcí nádrže	Signalizace chodu čerpadla na velíně – zásah operátora PPC	Pravidelná údržba čerpadla
	Špatný	Postup	Propláchnutí uzavřeného úseku před horkými pracemi vodou	Možnost iniciace případné výbušné směsi uvnitř potrubí – ohrožení osob Možnost zranění osob únikem natlakovaného plynu	Výcvik obsluhy TZ v dodržování místního provozního předpisu	Doplnit propláchnutí potrubí před horkými pracemi vodou, nebo jiným médiem
5	Špatná	Manipulace	Pád kyslíkové lahve	Poškození lahve – únik do okolí	Přepravní vozík	Kontrola upevnění kyslíkových lahví
			Kontakt lahví s mastnotou	Výbuch lahve	Zamezení kontaktu kyslíkových lahví s mastnotou	Proškolení zaměstnanců o bezpečné manipulace
6	Jiný	Zpětné šlehnutí plamene	Selhání pojistného ventilu na rukojeti autogenu	Vniknutí plamene do hadice, redukčního ventilu a plynové lahve	Školení zaměstnanců pro práci s autogenem	Pravidelné čištění hořáku, redukčního ventilu a hadic
			Svařování s malou výstupní rychlostí plamene			Zamezení přílišného přehřátí hořáku

Uzel	Klíčové slovo	Odchylka	Příčina	Následek	Zabezpečení	Doporučení
7	Více	Koroze	Nedostatečný antikorozní nátěr	Oslabení materiálu potrubí Oslabení svařovaných spojů plynovodu	Pravidelný revize plynového potrubí	Obnova antikorozního nátěru při prvních známkách opotřebení
	Není	Uchycení	Vylomení objímky	Poškození plynového potrubí	Zesílení uchycení – vyšší počet objímek	Pravidelná kontrola pevného uchycení plynovodu
	Jiný	Kuželový kohout	Vyschnutí těsnícího maziva kuželového kohoutu – rez dosedací plochy	Možný únik plynu	Pravidelné revize	Zvážení výměny za kulový kohout
			Mechanické poškození působením vnějších vlivů			Včasná výměna uzavíracího tělesa
	Špatné	Svaření spojů	Nedostatečná kontrola těsnosti po provedení sváru	Možný únik plynu	Pravidelná revize	Kontrola těsnosti svárů měřícím přístrojem

Tabulka 20 HAZOP analýza pro provoz Špitálka

Uzel	Klíčové slovo	Odchylka	Příčina	Následek	Zabezpečení	Doporučení
1	Není	Průtok	Nepřipojení cisterny – chyba obsluhy TZ	Možnost úniku dané látky do okolí	Výcvik obsluhy TZ Nemožnost otevření ventilu na cisternu bez připojení	Určit odpovědnou osobu za připojení ŽC
	Není	Průtok	Ucpání deflagrační pojistky	Možnost přetlakování zásobní nádrže, které může vést k jejímu poškození	Instalace dvou pojistek	Pravidelné revize
	Menší	Průtok	Nedovření ventilu některé z nádrží, do které se nemá stáčet	Možnost přeplnění některé z nádrží – únik dané látky do okolí	Instalace alarmu pro maximální hladinu dané v nádrži	Kontrola správného uzavření ventilů
	Více	Průtok	Netěsnost, lom potrubí	Možnost znečištění okolní půdy	Instalace potrubí v nepropustných kanálech Záchytná jímka	Revize
	Menší	Průtok	Nedovření ventilu některé z nádrží, do které se nemá stáčet	Možnost přeplnění některé z nádrží – únik dané látky do okolí	Instalace alarmu pro maximální hladinu dané látky v nádrži	Kontrola správného uzavření ventilů
2	Více	Koroze	Poškození zásobních nádrží	Možnost poškození potrubí nebo zařízení v systému – únik dané látky	Nátěr nádrží antikorozním prostředkem	Revize nádrží

Uzel	Klíčové slovo	Odchyłka	Příčina	Následek	Zabezpečení	Doporučení
	Není	Průtok	Neotevření ručního ventilu	Možnost natlakování potrubí – poškození – únik látky	Instalace pojistného ventilu	Kontrola správného otevření ventilů
	Menší	Průtok	Částečné otevření ručního ventilu			
	Chybí	Ochranné prostředky	Nedodržování pracovních postupů	Možnost poleptání pracovníka	Proškolení zaměstnanců v oblasti BOZP	Pokuty za nedodržování předpisů
3	Špatná	Manipulace	Pád kyslíkové lahve	Poškození kyslíkové lahve – únik do okolí	Přepravní vozík	Kontrola upevnění kyslíkových lahví
			Kontakt lahví s mastnotou	Výbuch lahve	Zamezení kontaktu kyslíkových lahví s mastnotou	Proškolení zaměstnanců o bezpečné manipulaci
	Jiný	Zpětné šlehnutí plamene	Selhání pojistného ventilu na rukojeti hořáku	Vniknutí plamene do hadice, redukčního ventilu a plynové lahve	Správné proškolení zaměstnanců v oblasti BOZP a PO	Pravidelné čištění hořáku, hadic a redukčního ventilu
	Jiný	Zpětné šlehnutí plamene	Svařování s malou výstupní rychlostí plamene			Zamezení přílišného přehřátí hořáku
						Vhodné nastavení výstupní rychlosti plamene

5.6 ETA ANALÝZA

Na základě HAZOP analýzy byly vybrány scénáře, které by měly nejzávažnější dopad. Byla vybrána ještě jedna situace navíc, neboť na PČM slouží LTO jako záložní zdroj paliva. Hlavním palivem je zemní plyn, který se však na provozu neskládá, ale je přiváděn pomocí plynovodu. Jedná se o následující události:

Tabulka 21 Možné scénáře havárie

Číslo scénáře	Popis scénáře
1	Únik LTO – vytvoření kaluže
2	Únik zemního plynu – selhání ventilu
3	Porucha ventilu kyslíkové lahve
4	Únik kyseliny chlorovodíkové – vytvoření kaluže
5	Únik roztoku amoniaku – vytvoření kaluže

Je důležité zmínit, že tyto scénáře nepočítají s domino efektem, který by mohl po výsledné události nastat.

Scénář 1

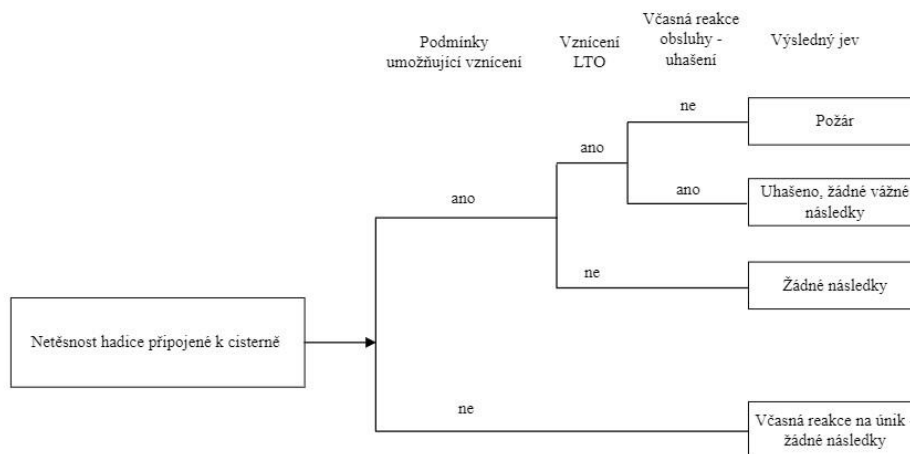
První scénář se odehrává na provozu Červený mlýn a jedná se o scénář úniku a možného vznícení LTO, neboť tato látka má relativně nízkou teplotu vzplanutí, a to okolo 56 °C, proto kdyby se dostal do kontaktu se zdrojem tepla, mohlo by k této skutečnosti dojít.

Scénář úniku této látky by uvažovaný ve dvou nejpravděpodobnějších možnostech, kdy první z nich je při stáčení LTO a špatném připojení cisterny, kdy si obsluha této skutečnost včas nevšimne. Druhá možnost úniku LTO je brána také při stáčení či přečerpávání, kdy dojde k netěsnosti či lomu potrubí, kterým je látka vedena.

Vždy se uvažuje o nejhorším možném scénáři. V tomto případě se jedná o únik látky, která se skladuje ve čtyřech samostatných nádrží, z nichž každá má objem 235 m³.

Množství uniklé látky samozřejmě záleží na době reakce obsluhy, která při zaznamenání problému musí ihned uzavřít stáčecí armaturu.

Obvyklý objem automobilové cisterny se předpokládá na 32 m³, přičemž doba stáčení této cisterny je 25 minut. Z toho plyne, že pokud by reakční doba obsluhy byla 15 vteřin, stačilo by za tuto dobu uniknou 320 l LTO.



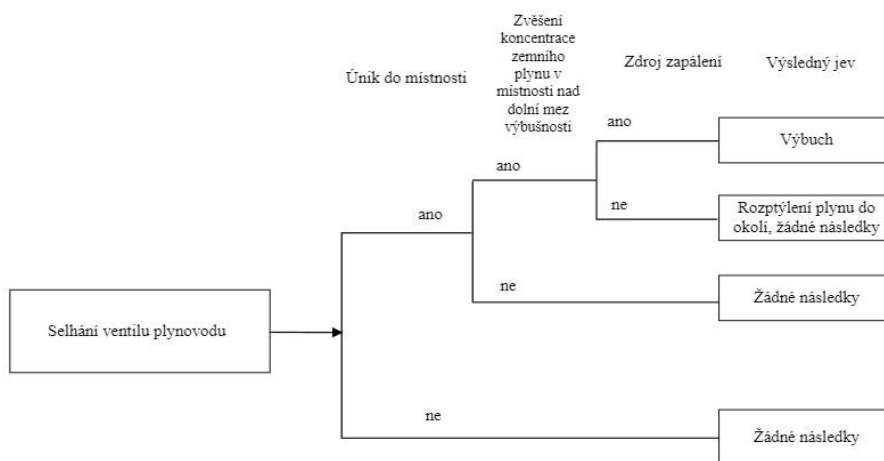
Obrázek 10 Scénář 1 - únik LTO

Scénář 2

Na provozu Červený mlýn je hlavním využívaným palivem k výrobě tepelné a elektrické energie zemní plyn, který je do provozu přiváděn pomocí plynového potrubí nacházejícího se jak v podzemní, tak nadzemní části pozemku tepláren. Plyn je z plynovodu veden do plynové redukční stanice, kde se filtruje, měří a redukuje na provozní tlaky.

Tento scénář uvažuje o selhání ventilu v redukční stanici, ke kterému může dojít např. stářím těsnění uzávěru nebo koroze dosedací plochy plynového ventilu. Následkem selhání ventilu je únik plynu do prostoru redukční stanice, která má objem zhruba 269 m³. V případě, kdy by koncentrace plynu v místnosti dosáhla množství 4,4 % (dolní mez výbušnosti) až 15 % (horní mez výbušnosti), tvoří již plyn se vzduchem výbušnou směs. V takovém případě stačí k výbuchu jakákoli jiskra.

Vzhledem k velikosti místnosti, by k dosažení 6 % koncentrace stačilo okolo 16 m³ plynu. Scénář pracuje se situací, kdy únik plynu není zaznamenán, může tedy unikat klidně celý den. V takovém případě by po nahromadění zemního plynu při příchodu osoby stačilo pouhé rozsvícení světla v místnosti a došlo by k výbuchu. V tomto případě se uvažuje o úmrtí jedné osoby, která by byla v době výbuchu v místnosti a dále zranění osob v blízkém okolí.

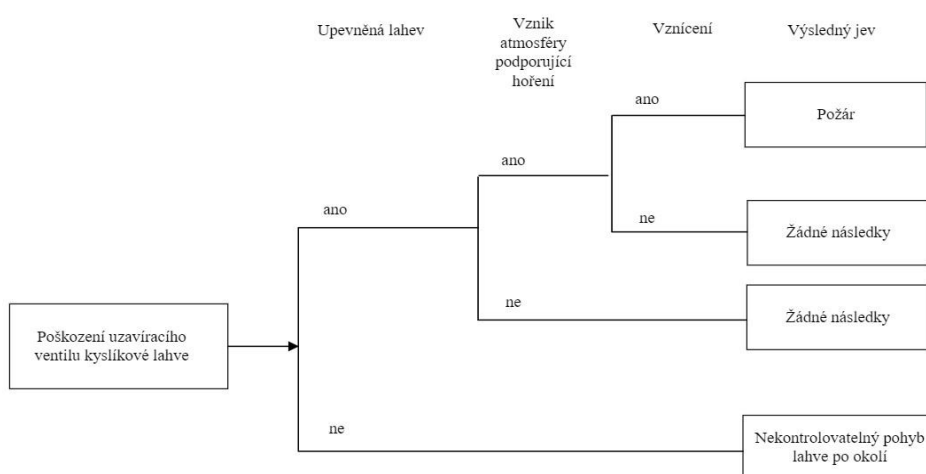


Obrázek 11 Scénář 2 – selhání ventilu plynovodu

Scénář 3

Scénář č. 3 uvažuje o situaci, při které dojde k poruše ventilu tlakové lahve. Kyslíkové lahve jsou na provozech TB používány ke svařování. Na provozech nedochází k jejich stáčení, ale jsou dováženy již plné lahve. Pokud by došlo k porušení ventilu u tlakové lahve s kyslíkem, může dojít k jejímu volnému pohybu po okolí, neboť je v lahvi tlak okolo 300 barů. Neupevněná láhev by tedy začala létat po okolí, přičemž by mohlo dojít k usmrcení či zranění osob nacházejících se v její blízkosti. Pokud by nedošlo k jejímu volnému pohybu, došlo by pouze k uvolnění kyslíku do atmosféry, což může v krajním případě vést k požáru či výbuchu. Objem jedné kyslíkové lahve je 50 l, tudíž se počítá s tímto množstvím.

Tento scénář platí jak pro provoz Červený mlýn, tak pro provoz Špitálka, neboť kyslík je za účelem svařování používán na obou těchto provozech.



Obrázek 12 Scénář 3 - únik stlačeného kyslíku

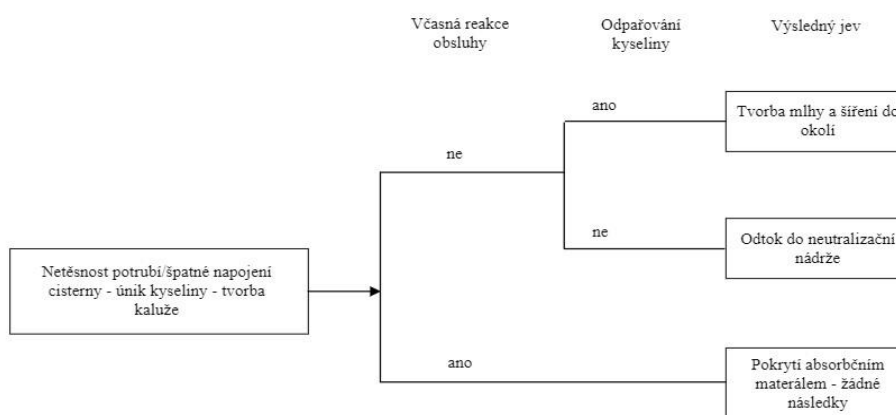
Scénář 4

Tento scénář uvažuje opět o úniku nebezpečné látky, konkrétně kyseliny chlorovodíkové. Tato kyselina se nachází na provozu Špitálka, a je skladována ve dvou samostatných nádržích, z nichž každá má objem 40 m³. Této látky se spotřebuje přibližně 400 t za rok.

Únik této látky je možný obdobně jako u LTO zejména při jejím přečerpávání z cisterny, neboť nádrže, ve kterých je kyselina skladována jsou umístěny v záchytné jímce, která je zaústěna do jímky havarijní.

Kyselina chlorovodíková je na tento provoz přepravována pomocí automobilové cisterny o objemu 32 m³. Doba přečerpávání na provozu Špitálka je obdobná jako u provozu Červený mlýn, tudíž pokud by si obsluha stáčecí armatury všimla netěsnosti či špatného připojení hadice po 30 vteřinách, mohlo by dojít k úniku okolo 300 l kyseliny.

Kyselina chlorovodíková sice není hořlavá látka, jedná se ovšem o velmi žíravou látku, která se odpařuje za tvorby velmi silné leptavé mlhy a její nadýchání může způsobit podráždění dýchacích cest a sliznic.



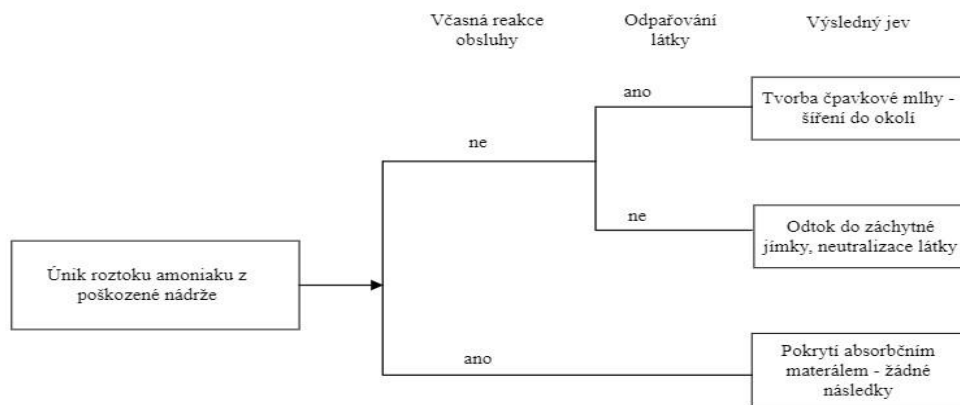
Obrázek 13 Scénář 3 - únik kyseliny chlorovodíkové

Scénář 5

Další scénář pracuje s možností úniku roztoku amoniaku, který se skladuje v samostatné místnosti v nádrži o objemu 1 m³. Přečerpávání této látky probíhá 2x ročně, kdy dodavatelská firma přiveze plný IBC kontejner, který je vyložen před místností, ve které TB roztok skladují. Následně je pracovníkem tepláren naložen na vysokozdvíhový vozík, pomocí kterého je dopraven do skladovací místnosti, kde dojde k přečerpání přivezeného IBC kontejneru do teplárenského za pomoci sudového čerpadla. Tento scénář modeluje selhání

ventilu IBC kontejneru, ze kterého se amoniak přečerpává. Předpokládá se, že při selhání ventilu nádrže by došlo k úniku zhruba 400 l látky, než by se podařilo únik zastavit.

Roztok amoniaku je žíravá látka, jejíž výpary jsou těžší než vzduch, tedy se drží při zemi. Pokud by tedy došlo k úniku této látky před místností, ve které se skladuje a nedošlo k jeho odtoku do havarijní jímky, ani ke včasné reakci obsluhy, tedy pokrytím uniklé látky absorpčním materiálem, mohlo by dojít k jeho odpařování a tvorbě čpavkové mlhy, která se může šířit do okolí. Zároveň vyšší koncentrace amoniaku se vzduchem může tvořit výbušné směsi.



Obrázek 14 Scénář 5 - únik roztoku amoniaku

5.7 SOFTWARE ALOHA

Jako další bude na základě modelace v softwaru ALOHA podle předešlých scénářů zjištěno, jaká oblast by byla v případě úniku předpokládaného množství nebezpečné látky zasažena.

V následující tabulce je pro větší přehlednost shrnuto, jaké množství nebezpečných látek unikne, popřípadě se vznítí.

Tabulka 22 Předpokládané množství nebezpečných látek pro jednotlivé scénáře

Scénář	Nebezpečná látka	Množství (l)
1	LTO	320
2	Zemní plyn	16 140
3	Kyselina chlorovodíková	300
4	Kyslík	50
5	Roztok amoniaku	400

Pro modelování v programu ALOHA je nutné mít informace o:

- Atmosférické stabilitě
- Směru a rychlosti větru
- Teplotě vzduchu
- Počtu osob v objektu

Atmosférická stabilita je uvažována podle Pasquill-Glifford-Turner tříd stability ovzduší jako neutrální, tedy skupina D. Tuto skupinu určí po zadání vstupních údajů i software ALOHA. Předpokládaná rychlost větru, která je v systému ALOHA důležitá pro určení šíření oblaku, byla uvažována rychlost zhruba 5 m/s, což je klasifikováno jako slabý vítr a třída rychlosti 3.

Tyto data byla uvažována pro oba dva provozy. Směr větru byl určen na jihozápadní pro provoz Červený mlýn a na jižní pro provoz Špitálka. Teplota byla stanovena na 25 °C.

Počty osob v okolí objektu jsou velmi proměnlivé, neboť provoz Červený mlýn se nachází v blízkosti NC Královo pole, OMV čerpací stanice a také bazénu Lužánky. Obdobně složité je určení počtu osob v okolí provozu Špitálka.

Nejvíce ohroženi by byli zejména pracovníci daného provozu, kterých se na Červeném mlýně nachází 22 a na Špitálce 170.

Použité modely:

Puddle

Pomocí scénáře puddle je možno modelovat oblast odpařování těkavých chemikálií z louže. ALOHA ovšem pracuje pouze se dvěma scénáři, kdy rozlišuje, zda výpary odpařované z louže hoří či nikoliv. Nepracuje se scénáři, kdy kapaliny pronikají do půdy či do vody.

Pool fire

Tento stav nastane v případě, že hořlavá kapalina vytvoří kaluž, která následně vzplane. Primárním zdrojem nebezpečí je v tomto případě opět tepelné záření, které je s požárem spojeno a také doba expozice tomuto záření. Dalšími potenciálními zdroji nebezpečí může být obdobně jako u předchozího případu kouř, vedlejší toxické produkty a sekundární výbuchy či požáry. [33]

Úroveň sálavého tepla:

Tabulka 23 Sálavé tepelné toky – následky pro osoby [31][32]

Možné následky pro osoby	Úroveň sálavého tepla [kW/m²]
Bezpečné pro nechráněné osoby	1,5
Intenzita přijatelná po dobu 5 minut; následuje silná bolest	2,5
Způsobí bolest po 15-20 s a zranění po 30 s expozici	3-5
Způsobí bolest a po expozici po dobu 20 s popáleniny 2. stupně	9,5
Popáleniny 1. stupně po 10 s expozici	12,5-15
Smrt osob při expozici po dobu 1 min	25
Smrt osob při expozici delší než 10 s	35-37,5

Tabulka 24 Sálavé tepelné toky – efekt na konstrukce a environment [31][32]

Možný efekt na materiály a environment	Úroveň sálavého tepla [kW/m²]
Rozbití okenních tabulí	5
Vznícení vegetace	10-12
Řízená iniciace dřeva a tavení plastů	13-15
Intenzita, při které betonové konstrukce vydrží několik hodin	20
Neřízená iniciace dřeva, deformace oceli	25-32
Poškození výrobních zařízení	35-38

Možný efekt na materiály a environment	Úroveň sálavého tepla [kW/m ²]
Destrukce ocelových konstrukcí (po více než 30 minutách)	100
Zhroucení betonových staveb	200

Scénář 1

Pro scénář úniku 320 l LTO na provozu Červený mlýn byla modelována situace, kdy dojde k úniku látky při přečerpávání a dojde k vytvoření kaluže, která se následně při kontaktu s tepelným zdrojem zapálení vznítí.

Tabulka 25 Vstupní data pro scénář 1

Použitý model	Množství uniklé látky	Vypočítané hodnoty
Pool fire	320 l	Doba hoření: 180 vteřin Celkem spáleno: 296 kg

Podle modelace v softwaru Aloha bude doba hoření 180 vteřin. Systém na základě vložených informací vymodeloval 3 zóny zasažení, které jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 26 Hodnota a dosah tepelného toku pro pool fire LTO

Hodnota tepelného toku po dobu hoření [kW/m ²]	Dosah tepelného toku od středu místa požáru [m]
>10	15
>5	19
>2	25



Obrázek 15 Výstup ALOHA – zasažená oblast po úniku a vznícení LTO na PČM

Na provozu Červený mlýn pracuje pouze 22 zaměstnanců, z nich většina se nachází v hlavní budově. V tomto případě se očekává smrt dvou osob, a to řidiče cisterny a obsluhy stáček armatury z tohoto provozu. Ostatní osoby by měly být schopné se včas dostat do bezpečí.

Scénář 2

Pro scénář 2 nebylo možné situaci pomocí softwaru ALOHA namodelovat, neboť tento program umožňuje modelaci pouze na volném prostranství, nikoli v uzavřené místnosti. V tomto případě je předpokládána smrt pouze jedné osoby, která vejde do místnosti a způsobí výbuch. Vzhledem k předpokládanému rozsahu výbuchu a pozici plynové regulační stanice v areálu je uvažováno také o zranění osob mimo areál tepláren.



Obrázek 16 Umístění regulační stanice na PČM

Scénář 3

Ani scénář č. 3 nebyl modelován pomocí programu ALOHA, neboť se jedná o poškození ventilu kyslíkové lahve, které může mít za následek nekontrolovatelný pohyb lahve po okolí. Software ALOHA neumožňuje modelaci takové situace. Je předpokládáno, že k této situaci by došlo při vykládce kyslíkových lahví ve venkovních prostorech firmy. Ohrožení budou zejména pracovníci nacházející se v blízkosti lahve. Při nejhorším scénáři se uvažuje o úmrtí jednoho zaměstnance, který by byl nekontrolovatelně se pohybující tlakovou lahví zasažen, neboť by se taková lahev pohybovala velkou rychlostí a pracovník by se nemusel včas dostat do bezpečné vzdálenosti.

V případě, že by došlo pouze k úniku kyslíku do atmosféry, mohlo by za přítomnosti zdroje zapálení dojít i k požáru. Ovšem vzhledem k tomu, že úniku kyslíku by si zaměstnanci jistě všimli a došlo by k rozptýlení kyslíku do okolí, nejsou požár ani úmrtí osob pravděpodobné.

Scénář 4

Pomocí softwaru ALOHA byl dále modelován únik a vytvoření kaluže při stáčení kyseliny chlorovodíkové z automobilové cisterny, při kterém by mohlo dojít k úniku zhruba 300 l látky.

Tabulka 27 Vstupní data pro scénář 4

Použitý model	Množství uniklé látky	Vypočítané hodnoty
Evaporating puddle	300 l	Doba úniku: 30 vteřin

Software namodeloval situaci, při které by se šířil oblak výparů kyseliny. Zóny zasažení jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 28 Hodnota a dosah Evaporating puddle pro únik kyseliny chlorovodíkové

Hodnota zasažené oblasti [ppm]	Dosah oblaku při vypařování [m]
<100 ppm (AEGL-3)	13
<22 ppm (AELG-2)	31
<1,8 ppm (AEGL-1)	114

Jak lze na obrázku vidět, program modeloval pouze žlutou zónu ohrožení, neboť neumí přesně predikovat účinky na krátké vzdálenosti. Je ovšem vidět, že únik 300 l kyseliny chlorovodíkové by při jižním směru větru neohrozil okolní obyvatele, v ohrožení by byli pouze pracovníci tohoto provozu.

Při tomto scénáři není předpokládáno úmrtí osob, ovšem je možné jejich zranění v důsledku poleptání kůže kyselinou či nadýchání výparů a z toho plynoucí poškození dýchacích cest.



Obrázek 17 Oblak odpařování kyseliny chlorovodíkové na provozu Špitálka

Scénář 5

Tento scénář modeluje únik 18% roztoku amoniaku. Scénář pracuje se situací, kdy dojde k selhání ventilu na IBC kontejneru, a to před tím, než je nádrž dopravena do skladovací místnosti. Při selhání ventilu se uvažuje o úniku zhruba 400 l této látky, než se podaří únik zastavit. Použitým modelem je opět evaporating puddle. Ani při tomto scénáři není předpokládáno úmrtí osob, ale stejně jako kyselina chlorovodíková je roztok amoniaku žíravá látka, proto může dojít ke zranění zaměstnanců.



Obrázek 18 Oblak odpařování roztoku amoniaku na provozu Špitálka

5.7.1 Kvantifikace možných scénářů

Na základě frekvence používání NCHL byly ohodnoceny pravděpodobnosti scénářů u ETA analýzy. Ohodnocení proběhlo na základě počtu manipulací (provádění daných činností) za rok, při kterých by k jednotlivým scénářům mohlo dojít. U LTO je výpočet složitý, neboť hlavním palivem na provozu Červený mlýn je zemní plyn a spalování LTO bylo postaveno pouze jako záložní zdroj v případě mimořádných událostí vedoucích k odstřihnutí dodávek zemního plynu, není tedy v současné době na tomto provozu využíván, proto výpočet proběhne z množství, které je při přechodu na LTO předpokládáné.

V rámci kvantitativního ohodnocení je nejprve nutno určit pravděpodobnost vzniku iniciační události, tedy prvotní události, která povede ke koncovému stavu. Na základě pravděpodobnosti iniciační události se ohodnotí jednotlivé pravděpodobnosti koncových stavů v ETA analýze.

Údaje k určení pravděpodobnosti, které povedou ke vzniku iniciační události, kterými může být např. porucha či opotřebení materiálu, byly získány z příručky „Guidelines for quantitative risk assessment – Purple book“. [30]

Frekvence katastrofického selhání plynové láhve i frekvence poruchy ventilu je podle této příručky $1 \cdot 10^{-6}$. Co se týče poruchy přečerpávací hadice, tam je pravděpodobnost roztržení či prasknutí hadice stanovena na $1 \cdot 10^{-6}$ a pravděpodobnost průsaku $5 \cdot 10^{-6}$. [30]

Scénář 1

V prvním scénáři se počítá se špatným připojením hadice při přečerpávání. Výskyt netěsnosti hadice je podle výše uvedené příručky u cisternových vozů hodnocen hodnotou $4 \cdot 10^{-5}/h$. Počet přečerpávání je u LTO těžké určit, neboť se jedná o záložní zdroj paliva, počítá se tedy s přibližnou hodnotou, která je předpokládána pro situace, kdy z nějakého důvodu dojde k výpadku zemního plynu. Předpokládá se tedy, že by se při přechodu na LTO spotřebovalo 22 000 t za rok. Pokud by bylo LTO dodáváno železniční cisternou, která má objem 63 m^3 , při maximálním výkonu kotelny je předpokládáno stáčení z jedné železniční soupravy, která bude mít 5 železničních cisteren, a to 1x denně, tedy 5x za týden.

Při stáčení za stavu nouze, kdy by nebylo možné využít železniční cisternu a muselo by se přečerpávat z automobilové cisterny by to činilo přibližně 21 cisteren za týden.

V tomto výpočtu tedy bylo počítáno se stáčením železniční cisterny. Jedna cisterna se přečerpá za zhruba 48 minut, přičemž je možno stáčet 2 ŽC naráz. Z toho plyne čistá doba stáčení 5 železničních cisteren 120 minut/den. Pokud budeme počítat se stáčením 5 x za týden

po 120 minutách po celý rok (52 týdnů), činí to dohromady 520 hodin za rok při použití dvou hadic.

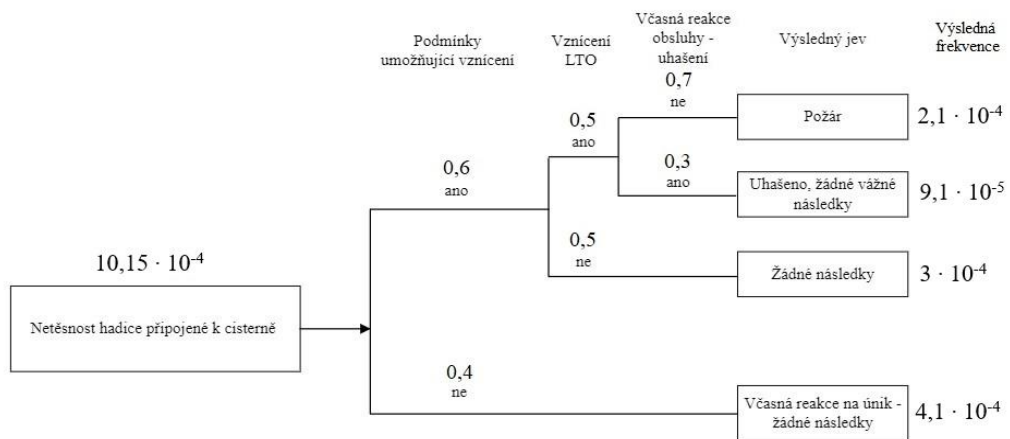
Využití jedné hadice je tedy předpokládán na 260 hodin za rok:

$$p = \frac{\text{počet hodin přečerpávání za rok}}{\text{počet hodin v roce}} = \frac{260}{8760} = 2,9 \cdot 10^{-2} \quad (19)$$

K odhadu roční četnosti je nutné převést četnost netěsnosti hadice z hodinové na roční. Toto je provedeno na základě vynásobení počtem hodin v jednom dni a počtem dní v roce. Roční četnost je tedy $3,5 \cdot 10^{-2}$.

Součinem získáme pravděpodobnost vzniku iniciační události.

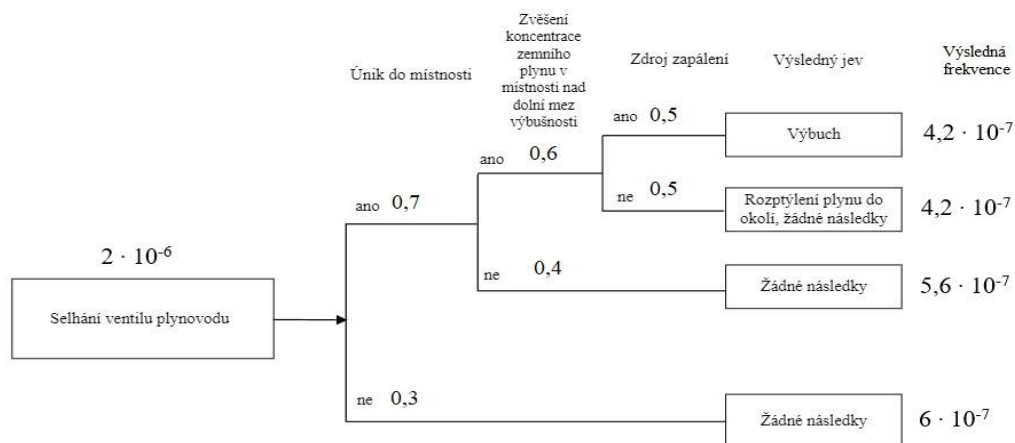
$$(2,9 \cdot 10^{-2}) \cdot (3,5 \cdot 10^{-2}) = 10,15 \cdot 10^{-4} \quad (20)$$



Obrázek 19 Kvantifikovaný scénář ETA pro únik LTO

Scénář 2

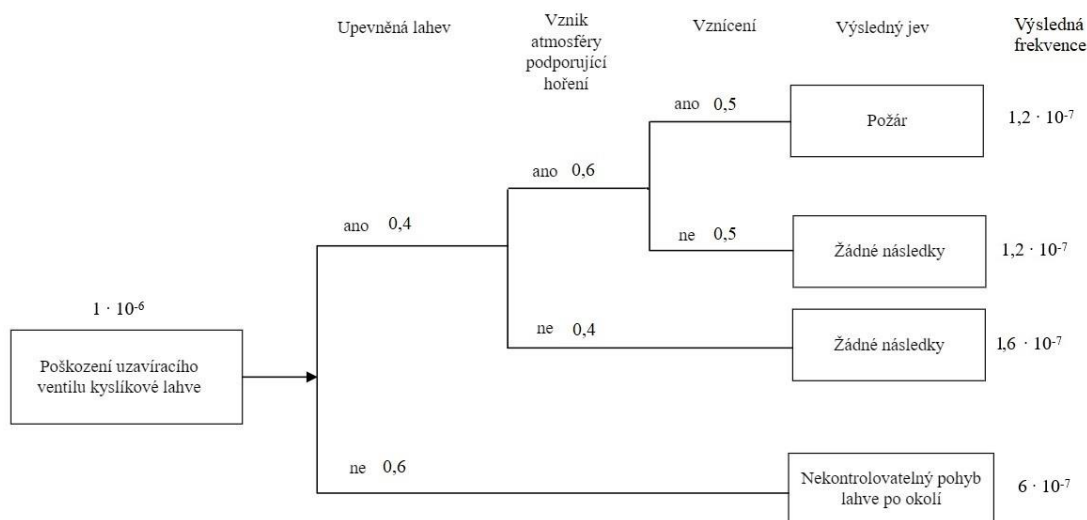
Scénář pracuje se selhání ventilu v plynové redukční stanici, která povede k úniku zemního plynu z plynovodu a může vést až k následnému výbuchu. Frekvence úniku látky z potrubí je podle příručky „Guidelines for quantitative risk assessment – purple book“ $2 \cdot 10^{-6}$ za rok. [30]



Obrázek 20 Kvantifikovaný scénář ETA pro selhání ventilu plynovodu

Scénář 3

Scénář 3 pracuje se situací kdy dojde k poruše ventilu na tlakové lahvi s kyslíkem. Podle již výše zmíněné příručky je frekvence $1 \cdot 10^{-6}$ za rok. [30]



Obrázek 21 Kvantifikovaný scénář ETA pro únik kyslíku

Scénář 4

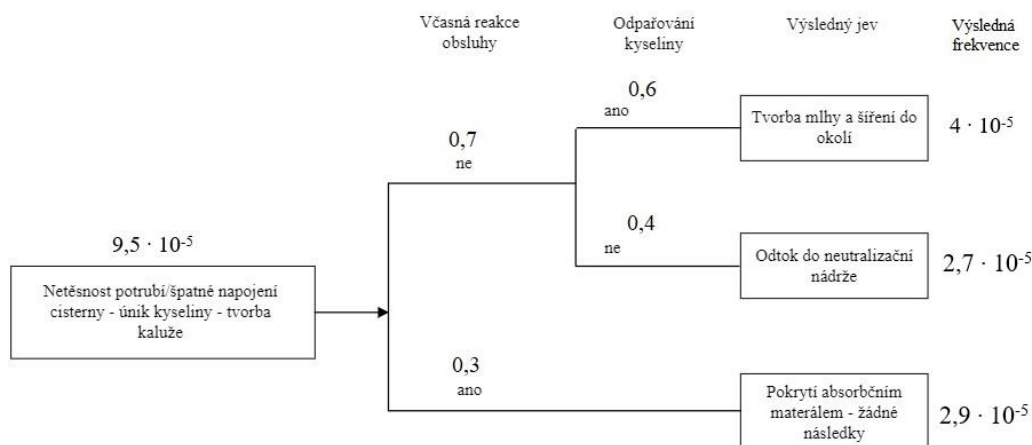
Tento scénář pracuje opět se špatným připojením cisterny. Kyselina chlorovodíková se na provoz Špitálka přečerpává 1x za měsíc, rychlost přečerpávání je zhruba 4,5 l/s, při objemu cisterny 32 000 l je doba přečerpávání zhruba 118 min.

Výpočet byl opět prováděn obdobně jako u scénáře č. 1, počet hodin přečerpávání za rok byl tedy vypočítán na 23,6 hodin za rok.

$$P = \frac{\text{počet hodin přečerpávání za rok}}{\text{počet hodin v roce}} = \frac{23,6}{8760} = 2,7 \cdot 10^{-3} \quad (21)$$

Roční četnost netěsnosti hadice je opět jako v prvním scénáři $3,5 \cdot 10^{-2}$. Součinem těchto dvou ročních četností získáme pravděpodobnost vzniku iniciační události.

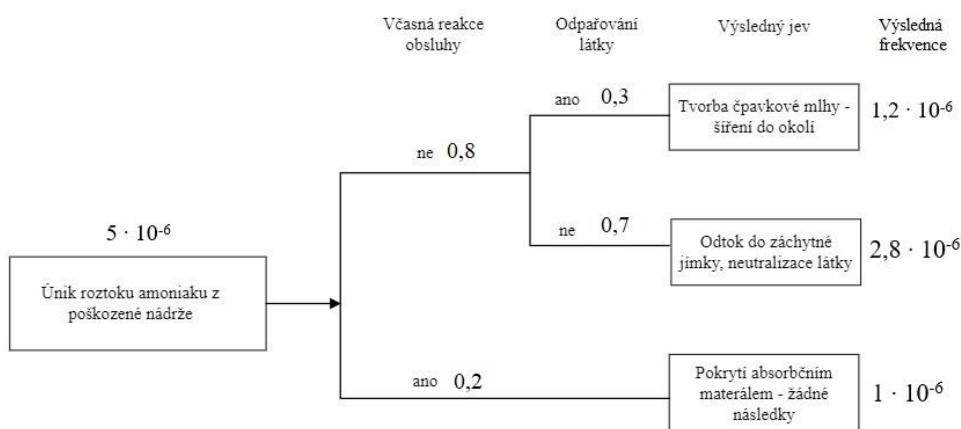
$$(2,7 \cdot 10^{-3}) \cdot (3,5 \cdot 10^{-2}) = 9,5 \cdot 10^{-5} \quad (22)$$



Obrázek 22 Kvantifikovaný scénář ETA pro únik kyseliny chlorovodíkové

Scénář 5

Co se týče ohodnocení tohoto scénáře, roztok amoniaku se na provozu Špitálka přečerpává 2x ročně pomocí sudového čerpadla, jehož výkon při přečerpávání je přibližně 60 l/min. Počet hodin přečerpávání za rok je tedy 0,56. Tento scénář pracuje s možností porušení ventilu, který se nachází ve spodní části nádrže. Pravděpodobnost takového porušení je podle příručky příručky „Guidelines for quantitative risk assessment – Purple book“ $5 \cdot 10^{-6}$ za rok. [30]



Obrázek 23 Kvantifikovaný scénář ETA pro únik roztoku amoniaku

Určení skupinového rizika

Podle ohodnocení těchto scénářů lze určit skupinové riziko, a to podle počtu osob, které by byly při daných scénářích ohroženy. Míra skupinového rizika se určí pomocí rovnice:

$$R = F_h \cdot N \quad (23)$$

R – míra (velikost) skupinového rizika pro daný scénář

F_h – vypočítaná roční frekvence závažné havárie

N – odhad počtu usmrcených osob v daném scénáři

Tabulka 29 Zhodnocení přijatelnosti skupinového rizika

Scénář	F_h	N	R
Únik LTO	$2,1 \cdot 10^{-4}$	2	$4,2 \cdot 10^{-4}$
Výbuch zemního plynu	$4,2 \cdot 10^{-7}$	1	$4,2 \cdot 10^{-7}$
Únik kyslíku – požár	$1,2 \cdot 10^{-7}$	0	0
Únik kyslíku – nekontrolovatelný pohyb lahve	$6 \cdot 10^{-7}$	1	$6 \cdot 10^{-7}$
Únik kyseliny chlorovodíkové	$4 \cdot 10^{-5}$	0	0
Únik roztoku amoniaku	$1,2 \cdot 10^{-6}$	0	0

Jak je vidět z výše uvedené tabulky, u tří scénářů nedojde k usmrcení osob, riziko je tedy přijatelné.

Co se týče dalších uvedených scénářů, tam je možno pomocí vzorce vypočítat přijatelnost skupinového rizika, a to na základě porovnání míry skupinového rizika jednotlivých scénářů a přijatelné roční frekvence závažné havárie. [41]

Aby bylo skupinové riziko přijatelné, je nutné, aby platil následující vztah:

$$F_h < F_p \quad (24)$$

F_p vypočítáme na základě následující rovnice:

$$F_p = \frac{10^{-3}}{N^2} \quad (25)$$

F_p – přijatelná roční frekvence závažné havárie

N – odhadovaný počet usmrcených osob

Tabulka 30 Hodnocení přijatelnosti rizika

Scénář	F _h	F _p	Přijatelnost/nepřijatelnost rizika
Únik LTO	$4,2 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	Přijatelné
Výbuch zemního plynu	$4,2 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-3}$	Přijatelné
Únik kyslíku	$6 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-3}$	Přijatelné

Dle výše uvedené tabulky lze vidět, že všechny scénáře, při kterých může dojít k úmrtí osob, byly hodnoceny jako přijatelné. Ovšem žádnou událost, při které dojde ke ztrátě, byť jen jednoho lidského života, není z lidského pohledu možno hodnotit jako přijatelnou.

Teplárny Brno dbají na bezpečnost jak při stáčení, tak při skladování a používání nebezpečných látek. Prostory, kde se stácejí nebezpečné látky jsou vybaveny záchytnými jímkami, do kterých při úniku nebezpečné látky odtečou. Může se ovšem stát, že látka neodteče. V takovém případě jsou přivoláni hasiči a proškolení pracovníci Tepláren vybaveni ochrannými obleky a maskami v mezidobí neutralizují nebezpečné látky pomocí vody či posypových materiálů.

Nebezpečné látky, které jsou skladovány ve venkovních nádržích jsou také umístěny v záchytné jímkce, která zachytává případné úkapy či průsaky a v případě narušení nádrže je schopná pojmout dostatečné množství látky, které ze záchytné jímky odteče do neutralizační nádrže.

5.8 ANALÝZA LIDSKÉHO FAKTORU

Jedním z nejdůležitějších faktorů, které mohou přispět k tomu, zda dojde či nedojde k závažné havárii je ten lidský, neboť právě připravenost, spolehlivost a proškolenost osob vede k zamezení chybovosti, a tím i ke snížení pravděpodobnosti vzniku havárie. V této analýze budou využity aktivity, které již byly identifikovány v metodě HAZOP. K analýze lidského faktoru bude použita analýza pomocí tabulky HTA.

Pro správné provedení analýzy je nejprve nutné si definovat kritéria, podle kterých se bude odhadovat pravděpodobnost a následky lidských chyb.

Tabulka 31 Odhad pravděpodobnosti pro činnosti vedoucí k lidské chybě

Popis činnosti	Pravděpodobnost chyby
Jednoduchá, rutinní činnost prováděná za normálních podmínek	1
Jednoduchá, rutinní činnost prováděná za ztížených podmínek	3
Činnost vyžadující zvýšenou pozornost, prováděná za normálních podmínek	5
Činnost vyžadující zvýšenou pozornost, prováděná za ztížených podmínek	7
Neobvyklá činnost	9

V tabulce výše jsou uvedeny typy činností, se kterými se může zaměstnanec během směny setkat. Nejmenší pravděpodobnost chyby mají jednoduché rutinní činnosti, které jsou prováděny za normálních podmínek. Nejvyšší pravděpodobnost mají činnosti, které zaměstnanci za normálních podmínek nevykonávají, a proto zde existuje i větší pravděpodobnost, že dojde k lidské chybě.

Ve druhé tabulce jsou formulovány odhady možných následků, které by lidská chyba měla.

Tabulka 32 Odhad následků způsobených lidskou chybou

Následek způsobený lidskou chybou	Bodové ohodnocení následků
Bez úmrtí osob	0
Úmrtí jedné osoby	1
Úmrtí více osob	10

Jak lze pozorovat v Tabulka 32, nejmenší následek, který může lidská chyba mít, je bez úmrtí osob. Tedy takový následek, kdy dojde v nejhorších případech jen k jejich zranění. Druhý následek hodnocený 1 bodem je ten, kdy dojde k úmrtí jedné osoby. Poslední následek by byl takový, který by vedl ke smrti dvou a více osob a tento následek je tedy ohodnocen 10 body.

HTA analýza bude prováděna pro stáčení nebezpečných látek, tedy konkrétně LTO, kyseliny chlorovodíkové, chloridu železitého a amoniaku, a dále pro manipulaci s kyslíkem a pro nesprávnou údržbu plynovodu.

Tabulka 33 HTA analýza pro dopady na lidské zdraví

Činnost	Úkon	Podrobnější popis činnosti	Pochybení pracovníka	Následek pochybení	Pravděpodobnost	Následek	Hodnota rizika	Opatření	Pravděpodobnost po opatření	Riziko po opatření
Stáčení LTO	Příjezd cisterny	Přehlédnutí pracovníka nacházejícího se v objektu	Chvilková nepozornost řidiče	Smrt osoby	5	1	5	Odstranění rušivých elementů v kabině řidiče	3	3
		Přehlédnutí překážky - čelní náraz	Špatný odhad řidiče	Smrt řidiče cisterny	5	1	5	Výběr zkušeného kandidáta na pozici řidiče	3	3
	Zajištění cisterny proti posunu	Pohyb vozidla	Nezajištění vozidla	Smrt obsluhy cisterny	1	1	1	Umístění zajišťovacích zarážek pod kola	1	1
	Připojení hadic	Nedostatečné utažení	Špatné připojení	Smrt dvou osob	1	10	10	Kontrola připojení odpovědnou osobou	1	10
	Kontrola cisterny	Kontrola ventilů	Špatné uzavření ventilů	Smrt obsluhy cisterny	5	1	5	Kontrola uzávěrů před pohybem vozidla	3	3
	Přečerpávání nadlimitního množství	Překročení maximálního množství LTO v nádrži	Včasně neukončení přečerpávání	Smrt více osob	1	10	10	Pravidelná revize pojistky pro překročení maximálního množství - automatické zastavení přečerpávání	1	10
Stáčení kyseliny chlorovodíkové	Příjezd železniční cisterny	Pohyb pracovníka v místě kolejiště	Vstup pracovníka do nepovolených prostor	Smrt osoby	1	1	1	Proškolení v dodržování předpisů Instalace zátarasů	1	1

Činnost	Úkon	Podrobnější popis činnosti	Pochybení pracovníka	Následek pochybení	Pravděpodobnost	Následek	Hodnota rizika	Opatření	Pravděpodobnost po opatření	Riziko po opatření
	Připojení hadic	Nedostatečné utažení	Špatné připojení	Bez úmrtí	1	0	0	Kontrola připojení odpovědnou osobou	1	0
	Kontrola cisterny	Kontrola ventilů	Špatné uzavření ventilů	Bez úmrtí	5	0	0	Kontrola uzávěrů před pohybem vozidla	1	0
	Přečerpávání nadlimitního množství	Překročení maximálního množství kyseliny chlorovodíkové v nádrži	Včasné neukončení přečerpávání	Bez úmrtí	1	0	0	Instalace pojistky pro překročení maximálního množství – automatické zastavení přečerpávání	1	0
Stáčení chloridu železitého	Příjezd železniční cisterny	Pohyb pracovníka v místě kolejiště	Vstup pracovníka do nepovolených prostor	Smrt osoby	1	1	1	Proškolení v dodržování předpisů Instalace zátarasů	1	0
	Připojení hadic	Nedostatečné utažení	Špatné připojení	Bez úmrtí	1	0	0	Kontrola připojení odpovědnou osobou	1	0
	Kontrola cisterny	Kontrola ventilů	Špatné uzavření ventilů	Bez úmrtí	5	0	0	Kontrola uzávěrů před pohybem vozidla	1	0
	Přečerpávání nadlimitního množství	Překročení maximálního množství chloridu železitého v nádrži	Včasné neukončení přečerpávání	Bez úmrtí	1	0	0	Instalace pojistky pro překročení maximálního množství – automatické zastavení přečerpávání	1	0

Činnost	Úkon	Podrobnější popis činnosti	Pochybení pracovníka	Následek pochybení	Pravděpodobnost	Následek	Hodnota rizika	Opatření	Pravděpodobnost po opatření	Riziko po opatření
Stáčení roztoku amoniaku	Přívoz nádrže	Poškození nádrže	Nakládání nádrže na vysokozdvizný vozík	Bez úmrtí	1	0	0	Kontrola správného uchycení nádrže, absolvování pravidelného školení pro řízení VZV	1	0
	Napojení sudového čerpadla	Netěsnost čerpadlové hadice	Špatné připojení	Bez úmrtí	5	0	0	Kontrola správného připojení odpovědnou osobou	1	0
	Kontrola nádrže	Kontrola ventilu	Špatné uzavření ventilu	Bez úmrtí	5	0	0	Proškolení pracovníka	1	0
Manipulace s kyslíkovými lahvemi	Dovoz kyslíkových lahví	Upuštění kyslíkové lahve, uražení ventilu	Únava pracovníka	Smrt osoby	5	1	5	Dodržování pravidelných pauz, výběr vhodného kandidáta	3	3
		Špatné uchycení kyslíkových lahví, proražení lahve	Nedodržování pracovních postupů	Smrt osoby	5	1	5	Proškolení pracovníka, výběr vhodného kandidáta	1	1
	Přenos lahví	Kontakt kyslíkových lahví s mastnotou	Nedodržování pracovních postupů	Smrt více osob	5	10	50	Proškolení pracovníka, výběr vhodného kandidáta	3	30
	Manipulace s otevřeným ohněm	Kouření v blízkosti kyslíkových lahví	Nedodržování bezpečnostních předpisů	Smrt více osob	3	10	30	Výběr vhodného kandidáta	1	10

Činnost	Úkon	Podrobnější popis činnosti	Pochybení pracovníka	Následek pochybení	Pravděpodobnost	Následek	Hodnota rizika	Opatření	Pravděpodobnost po opatření	Riziko po opatření
	Svařování autogenem	Nečistoty v hadici, porušený pojistný ventil	Nezkontrolování svařovacího vybavení před začátkem svařování	Smrt osoby	5	1	5	Proškolení pro práci s autogenem, výběr vhodného kandidáta	3	3
Údržba plynovodu	Kontrola těsnosti	Netěsnost svařovaných spojů	Špatné svaření v době výroby – únik plynu	Smrt více osob	5	10	50	Vícenásobná kontrola při výrobě potrubí	3	30
	Kontrola funkčnosti uzávěrů	Zajištění funkčnosti	Nedostatečné utažení	Smrt více osob	5	10	50	Kontrola utažení uzávěrů odpovědnou osobou	3	30
	Kontrola koroze	Zjištění výskytu koroze na potrubí	Nedostatečné natření antikorozním nátěrem	Smrt více osob	5	10	50	Kontrola natření antikorozním nátěrem po instalaci potrubí	3	30
	Uchycení plynovodu	Zjištění uvolněného potrubí	Špatné uchycení plynovodu při montáži	Smrt více osob	5	10	50	Kontrola uchycení plynovodu revizním technikem	3	30
Údržba hořáků	Kontrola a čištění hořáků	Únik plynu po umístění hořáku	Nedotažení matice po provedení údržby	Smrt více osob	5	10	50	Opětovná kontrola ventilů	1	10
			Opomenutí instalace těsnění							
Výkopové práce	Výkop kanalizace, nové cesty, hloubkové vrty	Nesprávné určení míst kudy vede plynového potrubí	Navrtání plynového potrubí	Smrt více osob	7	10	70	Kontrola územních plánů a umístění plynovodu	3	30

Pro vyhodnocení následků lidských chyb je nutné sestavení matice, která pracuje s pravděpodobnostmi a následkem těchto chyb.

Tabulka 34 Matice rizika – bezpečnost [34]

Pravděpodobnost lidské chyby	9	0	9	90
	7	0	7	70
	5	0	5	50
	3	0	3	30
	1	0	1	10
		0	1	10
		Bez úmrtí	Úmrtí jedné osoby	Úmrtí více osob

Následky lidských chyb pro bezpečnost osob jsou hodnoceny následovně.

Tabulka 35 Následky lidských chyb [34]

R1 – bez rizika
R2 – malé riziko
R3 – velké riziko
R4 – extrémní riziko

Po přijetí opatření u jednotlivých pochybení zaměstnanců zůstaly následky, které by byly způsobené stejné, jako před přijetím opatření, neboť tato opatření slouží ke snížení pravděpodobnosti výskytu této události, nikoli jejich následků. Je důležité si uvědomit, že zaměstnanci jsou pouze lidé a veškeré okolnosti, které mohou vést k chybě nelze předpovídat. Jedná se zejména o zdravotní a psychický stav osob, které ve firmě pracují či se ve firmě pohybují.

V Teplárnách Brno dbají na kvalitní zaškolení všech pracovníků, kteří s nebezpečnými látkami mohou přijít do styku, ať už se jedná o práci v laboratořích, přečerpávání či jinou manipulaci s těmito látkami, a to vždy se školením BOZP 1x za rok.

Každý zaměstnanec absolvuje vstupní a doplňková školení, pravidelný výcvik v požární ochraně a školení BOZP a v případě, kdy je nutné speciální oprávnění pro manipulaci s technickými zařízeními (např. řízení VZV) je dbáno, aby tuto činnost nevykonávala neoprávněná osoba. Zaměstnanci jsou v rámci bezpečnosti při manipulaci s nebezpečnými látkami poučeni také o používání ochranných prostředků, kterými jsou vybaveni na základě vnitřní směrnice ISO_SM_TB_57_Ochranné a pracovní prostředky.

Ke vzniku lidského pochybení mohou vést skutečnosti, které není možné předvídat ani eliminovat i při tom nejkvalitnějším proškolení. Mezi tyto skutečnosti patří zejména fyzický a psychický stav pracovníků. Může se jednat např. o únavu, problémy pracovníků v osobním životě, ale i zdravotní problémy, které mohou k mimořádným okolnostem vést a nemusí se jednat jen o zaměstnance Tepláren, ale i o pracovníky např. dodavatelských firem.

Většina pochybení, ke kterým může dojít a které mohou mít v nejhorším případě na svědomí smrt více osob, je způsobena nepozorností pracovníka, zpožděnou reakcí, či nedostatečnou kontrolou před prováděným úkonem. K tomuto může přispět fyzický i psychický stav, ale i laxní přístup zaměstnanců při provádění rutinních činností.

6 VLASTNÍ ŘEŠENÍ / DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Cílem této diplomové práce bylo analyzovat a zhodnotit možná zdravotní a environmentální rizika v Teplárnách Brno, a to konkrétně ta rizika, která se pojí s manipulací či skladováním nebezpečných látek.

V Teplárnách Brno je využíváno velké množství nebezpečných chemických látek, proto byly pro analýzu vybrány jen některé, a to na základě množství, které se na jednotlivých provozech vyskytuje. Analýza rizik nebyla prováděna na všechny provozy, neboť na provozu Staré Brno se nakládá oproti ostatním provozům se zanedbatelným množstvím nebezpečných chemických látek a provoz Brno-střed je momentálně v přestavbě, kde zatím není známo, jakými látkami budou po přestavbě disponovat a v jakém množství.

V průběhu práce byly identifikovány možné situace, které mohou vést ke vzniku mimořádných událostí a s tím spojeného poškození životního prostředí, ohrožení zdraví a v nejhorším případě i života osob.

Co se týče analýzy dopadů vybraných chemických látek na ŽP, zde byla zpracována metoda H&V index, na základě které byl zjištěn závažný dopad při případném úniku kyseliny chlorovodíkové na povrchové vody a biotickou složku prostředí a závažný dopad při případném úniku LTO na povrchové a podzemní vody a půdní prostředí. Tato metoda ovšem počítá s únikem celkového množství látek, které se na provozech nachází. Kyselina chlorovodíková je skladována ve dvou nadzemních nádržích, které jsou umístěny v záchytné jímce, ústící do jímky havarijní. K úniku celého skladovaného množství najednou by tedy nemohlo dojít. To stejné platí pro LTO, které je skladováno ve čtyřech nadzemních nádržích také umístěných v záchytné jímce.

V další části byla zpracována HAZOP analýza, pro určení možných situací, které mohou vést k mimořádné události. Pro PČM byla zpracována pro stáčení a manipulaci s LTO a kyslíkem a pro PŠ byla zpracována pro stáčení a manipulaci s kyselinou chlorovodíkovou, roztokem amoniaku, kyslíkem a chloridem železitým. Následně byla navržena opatření, která mohou vést ke snížení pravděpodobnosti vzniku těchto událostí. Pomocí situací identifikovaných HAZOP analýzou byly v další části za pomoci ETA analýzy a softwaru ALOHA zobrazeny vybrané iniciační události a následné scénáře, podle kterých může k úniku či jiné mimořádné události s nebezpečnými látkami dojít.

V poslední analýze bylo hodnoceno možné pochybení lidského faktoru pomocí analýzy HTA a navržena opatření ke snížení pravděpodobnosti výskytu pochybení. Ani při snížení pravděpodobnosti však nedojde ke snížení způsobených následků v případě, kdy daná situace nastane.

Dosaženými výsledky bylo zjištěno, že nejčastější příčinou mimořádných událostí bylo pochybení lidského faktoru v kombinaci s vadami materiálu, kterými může být např. opotřebení, koroze, netěsnost apod. Co se týče pochybení lidského faktoru, jejich příčinou byla ve většině případů nepozornost pracovníků či „laxní“ přístup při provádění rutinních činností.

7 DISKUZE / ANALÝZA VÝSLEDKŮ ŘEŠENÍ

Při zpracovávání této diplomové práce bylo zjištěno, že Teplárny Brno, co se týče bezpečnosti na jednotlivých provozech i manipulací s nebezpečnými chemickými látkami, dodržují všechny zákony a jiná legislativní nařízení. Nebezpečné chemické látky jsou řádně označeny, probíhají pravidelné revize zařízení, ve kterých se látky zpracovávají či skladují a dále také pravidelné kontroly stáčecích armatur. U nebezpečných látek jako je například amoniak, je také u skladovacích prostor k dispozici bezpečnostní list, který v případě potřeby obsahuje i informace týkající se postupu při úniku látek či první pomoci.

Co se týče školení zaměstnanců, Teplárny Brno dodržují pravidelné školení v oblasti BOZP a požární ochrany i školení k obsluze technických zařízení na které je potřeba speciální oprávnění. Zaměstnanci jsou vybaveni ochrannými prostředky potřebnými k manipulaci s chemickými látkami i prostředky, které jsou potřeba pro případ úniku nebezpečných látek či jiných situací, které si vyžadují speciální vybavení, jako jsou např. dýchací masky či ochranné obleky.

Jedinou poznámku mám ke speciálnímu vybavení, tedy protichemickým oděvům, které jsou k dispozici pro případ úniku látek v prostorech CHÚV, ale jsou zamčené. V případě havárie to může znamenat ztracený čas.

Provozy TB mají umístěné nádrže na skladování nebezpečných látek v záchytných jímkách, proto by se nemělo stát, že v případě porušení nádrže by látka unikla do okolí a ohrozila tím životní prostředí. V případě, že by k takovému úniku ovšem i tak došlo, mají TB postupy, jak zamezit šíření této látky a možnému znečištění, ať už podzemních, povrchových vod či půdy.

8 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo analyzovat a zhodnotit možná zdravotní a environmentální rizika související s použitím chemických látek v Teplárnách Brno. V teoretické části došlo k seznámení se se základními pojmy, použitými metodami, a hlavně právními ustanoveními týkajícími se nebezpečných chemických látek.

V praktické části byly sepsány všechny látky, se kterými se v jednotlivých provozech Tepláren Brno nakládá. Na základě výpočtů bylo zjištěno, že ani jeden z provozů se nezařazuje do skupiny A nebo B podle zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, ovšem na základě toho, že množství některých látek na provozech Špitálka a Červený mlýn přesahuje 2% množství uvedeného v tomto zákoně je pro provozy povinné zasílat na krajský úřad protokol o nezařazení. Ze strany krajského úřadu pak dojde k posouzení, zda se zde vyskytují skutečnosti, které odůvodňují zařazení objektu do skupiny A nebo B.

Dále byly provedeny analýzy, k jejichž bližší specifikaci došlo v teoretické části. Analýzy byly provedeny pro látky vybrané na základě skladovaného množství na jednotlivých provozech.

Na základě první metody, tedy H&V indexu, bylo zjištěno, že největší ohrožení pro environment představuje na provozu Špitálka kyselina chlorovodíková a na provozu Červený mlýn lehký topný olej, a to zejména na základě skladovaného množství. Toto množství látek ale není skladováno dohromady, ale je rozděleno do několika nádrží, které jsou navíc umístěny v záchytné jímce. Není tedy pravděpodobné, že by uniklo jejich celkové množství. V případě, kdy by došlo k jakémukoli úniku nebezpečných látek, které by neodtekly do záchytné jímky, ale došlo by k jejich vniknutí do kanalizace, mají TB připraveny postup pro zabránění dalšího šíření těchto látek, a to za pomoci ochranných valů (z písku nebo sorpčního hada) a použitím speciálních ucpávek kanálových vpustí. Následně jsou látky odčerpány a neutralizovány či vyčištěny.

Na základě vypracované HAZOP analýzy byly identifikovány situace, při kterých by přece jen mohlo dojít k úniku NCHL či jiné mimořádné události. Jsou to úkony spojené se stáčením NCHL z železničních či automobilových cisteren, neboť se jedná o činnosti, u kterých je únik NCHL nejpravděpodobnější. Může ovšem dojít k úniku látky přes čerpadla či armatury i v budově úpravny vod. To je řešeno podlahou se zvýšenými obrubníky, které zamezují rozšíření agresivních roztoků. Uniklé roztoky se následně přečerpají do neutralizační jímky. Dále se mohou vyskytnout vady na materiálech nebo poškození technických zařízení.

Z možných situací identifikovaných v HAZOP analýze byly vybrány ty nejvíce pravděpodobné, ze kterých byly vytvořeny scénáře. Na základě iniciačních událostí byla pro jednotlivé scénáře vypracována ETA analýza s možnými následky. Scénáře, u kterých to bylo možné, byly dále modelovány pomocí softwaru ALOHA, na kterých je vidět oblast zasažená oblakem odpařovaných uniklých žíravých látek a dosah tepelného toku při vznícení uniklého LTO. U scénářů bylo předpokládáno zranění osob při úniku žíravých látek, úmrtí jedné osoby při výbuchu zemního plynu a poškození ventilu plynové lahve a úmrtí dvou osob při úniku a následném vznícení LTO.

V poslední analýze došlo k identifikaci a kvantifikaci pravděpodobnosti a dopadu vzniku mimořádných událostí, které jsou zapříčiněny lidskými faktory. Již při HAZOP analýze bylo zjištěno, že se jedná o hlavní faktor, který může mimořádnou událost způsobit. V této analýze tedy byly identifikovány možné úkony, při kterých může být ohrožen život nebo zdraví zaměstnanců. Většina těchto pochybení byla spjatá s nepozorností a podceněním kontroly při rutinních činnostech, k čemuž může přispět i fyzický nebo psychický stav zaměstnanců.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] TICHÝ, Milík. *Ovládnání rizika: analýza a management*. Beckova edice ekonomie. V Praze: C.H. Beck, 2006. ISBN 80-717-9415-5.
- [2] *Riziko*. Online. MVČR. 2003. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/riziko.aspx>. [cit. 2024-02-06].
- [3] SMEJKAL, Vladimír a RAIS, Karel. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Expert (Grada). Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4644-9.
- [4] SKŘEHOT, Petr a BUMBA, Jan. *Prevence nehod a havárií: 2. díl: Mimořádné události a prevence nežádoucích následků*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. ISBN 978-80-86973-73-9.
- [5] SKŘEHOT, Petr. *Prevence nehod a havárií: 1. díl: Nebezpečné látky a materiály*. [Česko]: PINK PIG, 2009. ISBN 978-80-86973-70-8.
- [6] *Výstražné symboly CLP*. Online. ECHA. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/cs/regulations/clp/clp-pictograms>. [cit. 2024-02-06].
- [7] *Havarijní plánování*. Online. Hasičský záchranný sbor České republiky. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/krizove-rizeni-a-cnp-havarijni-planovani-havarijni-planovani.aspx>. [cit. 2024-02-07].
- [8] *Hořlavé a vysoce hořlavé látky (kapaliny). Rozdíly, klasifikace, bod vzplanutí a vznícení*. Online. BOZP. 2020. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/aktuality/horlave-a-vysoce-horlave-latky/>. [cit. 2024-02-06].
- [9] *TŘÍDA 5 – LÁTKY PODPORUJÍCÍ HOŘENÍ A ORGANICKÉ PEROXIDY*. Online. Ministerstvo dopravy: Námořní úřad ČR. 2018. Dostupné z: https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Namorni-urad-CR/Informace-namorniho-uradu-verejnosti/Informace-o-preprave-nebezpecneho-zbozi-po-mori/08_IMDG-2018_kapitola-2-5.pdf.aspx?lang=cs-CZ. [cit. 2024-02-06].
- [10] *Žiraviny*. Online. BOZP Profi. 2014. Dostupné z: https://www.bozpprofi.cz/33/ziraviny-uniqueidgOke4NvrWuOKaQDKuox_Z0eQdSyUwMBULovst39Xd8Y/?query=%BE%EDra_viny&serp=1. [cit. 2024-02-06].
- [11] *Výstražné symboly CLP*. Online. ECHA. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/cs/regulations/clp/clp-pictograms>. [cit. 2024-02-06].
- [12] *OZNAČOVÁNÍ NEBEZPEČNÝCH LÁTEK*. Online. KRIZPORT. Dostupné z: <https://www.krizport.cz/ohrozeni/nebezpecne-latky-v-jmk/oznacovani-nebezpecnych-latek>. [cit. 2024-01-30].

- [13] BLAŽKOVÁ, Kateřina a DANIHELKA, Pavel. METODIKA PRO HODNOCENÍ DOPADŮ HAVÁRIÍ S ÚČASTÍ NEBEZPEČNÉ LÁTKY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ: H&V index II.
- [14] DRECHSLEROVÁ, Taťána; PLAČKOVÁ, Tereza a BEČVÁŘOVÁ, Ilona. *Laboratorní technika*. Západočeská univerzita v Plzni, 2016. ISBN 9788026106289.
- [15] ŠTĚTINA, Jiří. *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*. Grada, 2014.
- [16] JANÍČEK, Přemysl a MAREK, Jiří. *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*. Expert (Grada). Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4127-7.
- [17] HUTCHINS, Greg, 2018. ISO 31 000: 2018 Enterprise Risk Management. Certified Enterprise Risk Manager (R) Academy. Portland: Quality Plus Engineering. ISBN 9780965466516
- [18] *Dangerous substances*. Online. European Agency for safety and Health at Work. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/en/themes/dangerous-substances>. [cit. 2024-03-16].
- [19] ERICSON, Clifton A. *Hazard analysis techniques for system safety*. Hoboken, NJ: Wiley-Interscience, c2005. ISBN 978-0-471-72019-5
- [20] ALOHA – modelování a simulace. Online. BARTA, Jiří a LUDÍK, Tomáš. UNOB. Dostupné z: https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/17735/mod_resource/content/1/Studijni_po_mucka_Aloha.pdf. [cit. 2024-03-16].
- [21] BERSANI, Chiara. *Advanced Technologies and Methodologies for Risk Management in the Global Transport of Dangerous Goods*. IOS Press, 2008. ISBN 9781586038991
- [22] SKŘEHOT, Petr a TRPIŠ, Jakub. *Analýza chybování lidského činitele pomocí integrované metody HTA-PHEA*. Metodická příručka. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i, 2009
- [23] SKŘEHOT, Petr. *Hodnocení spolehlivosti lidského činitele pomocí integrované metody HTA-PHEA a zkušenosti s aplikací softwarového nástroje HTA-PHEA*. Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2011.
- [24] *Základní informace*. Online. Teplárny Brno. Dostupné z: <https://www.teplarny.cz/cs/zakladni-informace>. [cit. 2024-03-17]
- [25] *Provozy a SZTE*. Online. Teplárny Brno. Dostupné z: <https://www.teplarny.cz/cs/provozy-a-szte>. [cit. 2024-03-17]
- [26] *BEZPEČNOSTNÍ LIST podle nařízení (ES) 1907/2006, ve znění pozdějších změn: Zemní plyn, zkapalněný*. GasNet, s.r.o.

- [27] *BEZPEČNOSTNÍ LIST podle nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1907/2006, ve znění pozdějších předpisů: Acetylen, rozpuštěný*. Linde, 2013
- [28] *Bezpečnostní list podle nařízení (ES) č.1907/2006 (REACH): Kyselina chlorovodíková*. Carl Roth, 2017
- [29] *BEZPEČNOSTNÍ LIST podle nařízení (ES) č. 1907/2006 (REACH), v platném znění a Nařízení Komise (EU) č. 2020/878: TOPNÝ OLEJ EXTRALEHKÝ*. ORLEN Unipetrol
- [30] *Guideline for quantitative risk assessment: Purple book*. Online. In: . 2005. Dostupné z: <https://content.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/documents/PGS3/PGS3-1999-v0.1-quantitative-risk-assessment.pdf>. [cit. 2024-05-13]
- [31] HARMSEN, Jan; DE HAAN, André B a SWINKELS, Pieter L J. *Product and Process Design*. Online. 2. vydání. De Gruyter, 2024. ISBN 978-3110782066. Dostupné z: <https://www.google.cz/books/edition/Product and Process Design/8QECEQAAQBAJ?hl=cs&gbpv=1&dq=>. [cit. 2024-05-13]
- [32] *Harm criteria for people and property*. Online. HYResponder. Dostupné z: <https://hyresponder.eu/wp-content/uploads/2021/06/Lecture-6-slides.pdf>. [cit. 2024-05-13]
- [33] COYLE, Gavin. *An introduction to hazard modelling*. Online. In: LinkedIn. 2017. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/introduction-hazard-modelling-gavin-coyle>. [cit. 2024-05-13]
- [34] FUCHS, Pavel. *Posouzení rizik z chybování člověka při rekonstrukci rozvodů*. Technická univerzita v Liberci, 2013

Právní předpisy

- [35] 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
- [36] Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech
- [37] Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
- [38] Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů
- [39] Nařízení ES č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (nařízení REACH)
- [40] Nařízení ES č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (nařízení CLP)

[41] Vyhláška č. 227/2015 Sb., o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Výstražné symboly [12]	7
Tabulka 2 Kroky analýzy ETA [15][19].....	15
Tabulka 3 Přehled všech NCHL a směsí používaných v TB (podle přílohy č. 1 zákona o PZH) a jejich množství	25
Tabulka 4 Přehled nebezpečných odpadů produkovaných v TB a jejich množství	29
Tabulka 5 Přehled analyzovaných nebezpečných chemických látek TB ČM.....	34
Tabulka 6 Přehled analyzovaných nebezpečných chemických látek TB Špitálka.....	34
Tabulka 7 Toxikologické vlastnosti pro vybrané nebezpečné látky [26][27][28][29]	37
Tabulka 8 Index nebezpečnosti pro vodní prostředí T_W	37
Tabulka 9 Index nebezpečnosti pro půdní prostředí T_s	38
Tabulka 10 Index nebezpečnosti pro biotickou složku T_B	39
Tabulka 11 Index hořlavosti látky s dopadem na biotickou složku prostředí F_R	39
Tabulka 12 Výpočet jednotlivých indexů pro provoz ČM	42
Tabulka 13 Výpočet jednotlivých indexů pro provoz Špitálka	42
Tabulka 14 Vypočtené indexy pro provoz ČM.....	42
Tabulka 15 Vypočtené indexy pro provoz Špitálka.....	43
Tabulka 16 Kategorie závažnosti dopadů havárie provoz ČM	43
Tabulka 17 Kategorie závažnosti dopadů havárie provoz Špitálka.....	43
Tabulka 18 Klasifikace kategorií závažnost pro dané složky ŽP	44
Tabulka 19 HAZOP analýza na provoz Červený mlýn	46
Tabulka 20 HAZOP analýza pro provoz Špitálka.....	49
Tabulka 21 Možné scénáře havárie	51
Tabulka 22 Předpokládané množství nebezpečných látek pro jednotlivé scénáře	56
Tabulka 23 Sálavé tepelné toky – následky pro osoby [31][32]	57
Tabulka 24 Sálavé tepelné toky – efekt na konstrukce a environment [31][32].....	57
Tabulka 25 Vstupní data pro scénář 1.....	58
Tabulka 26 Hodnota a dosah tepelného toku pro pool fire LTO.....	58
Tabulka 27 Vstupní data pro scénář 4.....	60
Tabulka 28 Hodnota a dosah Evaporating puddle pro únik kyseliny chlorovodíkové	60
Tabulka 29 Zhodnocení přijatelnosti skupinového rizika	66
Tabulka 30 Zhodnocení přijatelnosti rizika	67

Tabulka 31 Odhad pravděpodobnosti pro činnosti vedoucí k lidské chybě	68
Tabulka 32 Odhad následků způsobených lidskou chybou	69
Tabulka 33 HTA analýza pro dopady na lidské zdraví.....	70
Tabulka 34 Matice rizika – bezpečnost [34].....	74
Tabulka 35 Následky lidských chyb [34]	74
Tabulka 36 Posouzení toxicity látky pro vodní prostředí.....	91
Tabulka 37 Alternativní posouzení toxicity NCHL pro vodní prostředí.....	91
Tabulka 38 Posouzení fyzikálních vlastností látky pro zjištění indexu B_W	91
Tabulka 39 Stanovení indexů toxické nebezpečnosti pro půdní prostředí ($A_W \times B_W$).....	92
Tabulka 40 Posouzení toxicity látky pro půdu	92
Tabulka 41 Alternativní posouzení toxicity NCHL pro půdu	92
Tabulka 42 Posouzení fyzikálních vlastností pro zjištění Indexu B_S	93
Tabulka 43 Stanovení indexů toxické nebezpečnosti látky pro půdní prostředí ($A_S \times B_S$).....	93
Tabulka 44 Hodnocení toxicity a stanovení dílčího indexu A_B	93
Tabulka 45 Posouzení fyzikálních vlastností látky a stanovení indexu B_B	93
Tabulka 46 Stanovení indexu toxické nebezpečnosti látky pro biotickou složku prostředí	94
Tabulka 47 Posouzení fyzikálně-chemických vlastností látky	94
Tabulka 48 Hodnocení horninového prostředí kolektoru a rizika znečištění.....	95
Tabulka 49 Hodnocení charakteristiky porvyu	95
Tabulka 50 Hodnocení stupně ochrany	95
Tabulka 51 Vodohospodářský význam kolektoru.....	96
Tabulka 52 Celkové hodnocení zranitelnosti podzemních vod	96
Tabulka 53 Stanovení indexu zranitelnosti půdního prostředí	96
Tabulka 54 Hodnocení zranitelnosti půdního prostředí u nezemědělských půd	97
Tabulka 55 Hodnocení biotických složek prostředí.....	97
Tabulka 56 Stanovení kategorie závažnosti havárie únikem toxické látky pro povrchové vody	98
Tabulka 57 Stanovení kategorie závažnosti havárie únikem toxické látky pro půdní prostředí	98
Tabulka 58 Stanovení kategorie závažnosti havárie únikem toxické látky pro podzemní vody	98
Tabulka 59 Stanovení kategorie závažnosti havárie únikem toxické látky pro biotickou složku prostředí.....	98
Tabulka 60 Stanovení kategorie závažnosti havárie účinkem hořlavé látky pro biotickou složku prostředí.....	99

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Postup metody H&V index [13].....	14
Obrázek 2 Diagram stromu událostí [19]	16
Obrázek 3 Zadání parametrů budovy, kde se nachází nebezpečná látka.....	20
Obrázek 4 Databáze pro výběr příslušné chemické látky	20
Obrázek 5 Nastavení atmosférických podmínek.....	21
Obrázek 6 Mapa okolí TB Červený mlýn (zdroj: Google maps).....	33
Obrázek 7 Mapa okolí TB Špitálka (zdroj: Google maps).....	34
Obrázek 8 Rozmístění NCHL na PČM (zdroj: vlastní zpracování).....	35
Obrázek 9 Rozmístění NCHL na PŠ (zdroj: vlastní zpracování)	36
Obrázek 10 Scénář 1 - únik LTO	52
Obrázek 11 Scénář 2 – selhání ventilu plynovodu.....	53
Obrázek 12 Scénář 3 - únik stlačeného kyslíku.....	53
Obrázek 13 Scénář 3 - únik kyseliny chlorovodíkové.....	54
Obrázek 14 Scénář 5 - únik roztoku amoniaku	55
Obrázek 15 Výstup ALOHA – zasažená oblast po úniku a vznícení LTO na PČM	59
Obrázek 16 Umístění regulační stanice na PČM	59
Obrázek 17 Oblak odpařování kyseliny chlorovodíkové na provozu Špitálka.....	61
Obrázek 18 Oblak odpařování roztoku amoniaku na provozu Špitálka.....	61
Obrázek 19 Kvantifikovaný scénář ETA pro únik LTO	63
Obrázek 20 Kvantifikovaný scénář ETA pro selhání ventilu plynovodu.....	64
Obrázek 21 Kvantifikovaný scénář ETA pro únik kyslíku	64
Obrázek 22 Kvantifikovaný scénář ETA pro únik kyseliny chlorovodíkové	65
Obrázek 23 Kvantifikovaný scénář ETA pro únik roztoku amoniaku	65

SEZNAM ZKRATEK

PČM – provoz Červený mlýn

PŠ – provoz Špitálka

LTO – lehký topný olej

ŽP – životní prostředí

NCHL – nebezpečné chemické látky

PŘÍLOHY

8.1 PŘÍLOHA 1: ZAŘAZENÍ DO SKUPINY A NEBO B - MNOŽSTVÍ

Třídy a kategorie nebezpečnosti podle nařízení (ES) č. 1272/2008		Kvalifikační množství nebezpečné látky v tunách	
		Sloupec 2	Sloupec 3
		A	B
H	NEBEZPEČNOST PRO ZDRAVÍ		
H1	AKUTNÍ TOXICITA kategorie 1, všechny cesty expozice	5	20
H2	AKUTNÍ TOXICITA	50	200
	- kategorie 2, všechny cesty expozice		
	- kategorie 3, inhalační cesta expozice (viz poznámka 1)		
H3	TOXICITA PRO SPECIFICKÉ CÍLOVÉ ORGÁNY – JEDNORÁZOVÁ EXPOZICE	50	200
	Toxicita pro specifické cílové orgány – jednorázová expozice kategorie 1		
P	FYZIKÁLNÍ NEBEZPEČNOST		
P1a	VÝBUŠNINY (viz poznámka 2)	10	50
	- nestabilní výbušniny, nebo		
	- výbušniny, oddíl 1.1, oddíl 1.2, oddíl 1.3, oddíl 1.5, oddíl 1.6, nebo		
	- látky nebo směsi, které mají výbušné vlastnosti podle metody A. 14 dle nařízení (ES) č. 440/2008 (viz poznámka 3) a nenáleží do třídy nebezpečnosti organické peroxidy nebo samovolně reagující látky a směsi		
P1b	VÝBUŠNINY (viz poznámka 8)	50	200
	Výbušniny, oddíl 1.4 (viz poznámka 4)		
P2	HOŘLAVÉ PLYNY	10	50
	Hořlavé plyny, kategorie 1 nebo 2		
P3a	Hořlavé aerosoly (viz poznámka 5.1)	150	500
	„Hořlavé“ aerosoly kategorie 1 nebo 2 obsahující hořlavé plyny kategorie 1 nebo 2 nebo hořlavé kapaliny kategorie 1	(čisté)	(čisté)
P3b	Hořlavé aerosoly (viz poznámka 5.1)	5 000	50 000
	„Hořlavé“ aerosoly kategorie 1 nebo 2 neobsahující hořlavé plyny kategorie 1 nebo 2 ani hořlavé kapaliny kategorie 1 (viz poznámka 5.2)	(čisté)	(čisté)
P4	OXIDUJÍCÍ PLYNY	50	200
	Oxidující plyny, kategorie 1		

Třídy a kategorie nebezpečnosti podle nařízení (ES) č. 1272/2008		Kvalifikační množství nebezpečné látky v tunách	
		Sloupec 2	Sloupec 3
		A	B
P5a	HOŘLAVÉ KAPALINY	10	50
	- Hořlavé kapaliny, kategorie 1, nebo		
	- hořlavé kapaliny kategorie 2 nebo 3 udržované za teplot nad jejich bodem varu nebo		
	- jiné kapaliny s bodem vzplanutí ≤ 60 °C, udržované za teplot nad jejich bodem varu (viz poznámka 6)		
P5b	HOŘLAVÉ KAPALINY	50	200
	- Hořlavé kapaliny kategorie 2 nebo 3, u kterých zejména podmínky zpracování jako vysoký tlak nebo vysoká teplota mohou vytvořit nebezpečí závažné havárie, nebo		
	- jiné kapaliny s bodem vzplanutí ≤ 60 °C, u kterých zejména podmínky zpracování jako vysoký tlak nebo vysoká teplota mohou vytvořit nebezpečí závažné havárie (viz poznámka 6)		
P5c	HOŘLAVÉ KAPALINY	5 000	50 000
	Hořlavé kapaliny, kategorie 2 nebo 3, nespádající pod položky P5a a P5b		
P6a	Samovolně reagující látky a směsi a organické peroxidy	10	50
	Samovolně reagující látky a směsi, typ A nebo B, nebo organické peroxidy, typ A nebo B		
P6b	Samovolně reagující látky a směsi a organické peroxidy	50	200
	Samovolně reagující látky a směsi, typ C, D, E nebo F, nebo organické peroxidy, typ C, D, E nebo F		
P7	SAMOZÁPALNÉ KAPALINY A TUHÉ LÁTKY	50	200
	Samozápalné kapaliny, kategorie 1		
	Samozápalné tuhé látky, kategorie 1		
P8	OXIDUJÍCÍ KAPALINY A TUHÉ LÁTKY	50	200
	Oxidující kapaliny, kategorie 1, 2 nebo 3, nebo oxidující tuhé látky, kategorie 1, 2 nebo 3		
E	NEBEZPEČNOST PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ		
E1	Nebezpečnost pro vodní prostředí v kategorii akutní 1 nebo chronická 1	100	200
E2	Nebezpečnost pro vodní prostředí v kategorii chronická 2	200	500
O	JINÁ NEBEZPEČNOST		
O1	Látky nebo směsi se standardní větou o nebezpečnosti EUH014	100	500
O2	Látky a směsi, které při styku s vodou uvolňují hořlavé plyny, kategorie 1	100	500
O3	Látky nebo směsi se standardní větou o nebezpečnosti EUH029	50	200

8.2 PŘÍLOHA 2: JMENOVITĚ VYBRANÉ NCHL

Č.	Nebezpečná látka	CAS	Kvalifikační množství nebezpečné látky v tunách	
			Sloupec 2	Sloupec 3
			A	B
1	Dusičnan amonný (viz poznámka 7)	-	5 000	10 000
2	Dusičnan amonný (viz poznámka 8)	-	1 250	5 000
3	Dusičnan amonný (viz poznámka 9)	-	350	2 500
4	Dusičnan amonný (viz poznámka 10)	-	10	50
5	Dusičnan draselný (viz poznámka 11)	-	5 000	10 000
6	Dusičnan draselný (viz poznámka 12)	-	1 250	5 000
7	Oxid arseničný, kyselina arseničná nebo její soli	1303-28-2	1	2
8	Oxid arsenitý, kyselina arsenitá nebo její soli	1327-53-3		0,1
9	Brom	7726-95-6	20	100
10	Chlor	7782-50-5	10	25
11	Sloučeniny niklu v inhalovatelné práškové formě: oxid nikelnatý, oxid nikličitý, sulfid nikelnatý, sulfid niklitý, oxid niklitý	-		1
12	Ethylenimin	151-56-4	10	20
13	Fluor	7782-41-4	10	20
14	Formaldehyd (koncentrace ≥ 90 %)	50-00-0	5	50
15	Vodík	1333-74-0	5	50
16	Chlorovodík (zkapalněný plyn)	7647-01-0	25	250
17	Alkyly olova	-	5	50
18	Zkapalněné hořlavé plyny, kategorie 1 nebo 2 (včetně LPG) a zemní plyn (viz poznámka 13)	-	50	200
19	Acetylen	74-86-2	5	50
20	Ethylenoxid	75-21-8	5	50
21	Propylenoxid	75-56-9	5	50
22	Methanol	67-56-1	500	5 000
23	4, 4'-metylen bis (2-chloranilin) nebo jeho soli, v práškové formě	101-14-4		0,01
24	Methylisokyanát	624-83-9		0,15
25	Kyslík	7782-44-7	200	2 000
26	2,4-toluen diisokyanát, 2,6-toluen diisokyanát	91-08-7 nebo 584-84-9	10	100
27	Karbonyldichlorid (fosgen)	75-44-5	0,3	0,75

28	Arsan (arsenovodík)	7784-42-1	0,2	1
29	Fosfan (fosforovodík)	7803-51-2	0,2	1
30	Chlorid sirnatý	10545-99-0		1
31	Oxid sírový	7446-11-9	15	75
32	Polychlordibenzofurany a polychlordibenzodioxiny (včetně TCDD), kalkulované jako ekvivalent TCDD (viz poznámka 14)	-		0,001
33	Tyto KARCINOGENY nebo směsi obsahující tyto karcinogeny v koncentracích vyšších než 5 % hmotnostních: 4-aminobifenyl nebo jeho soli, benzotrchlorid, benzidin nebo jeho soli, bis (chlormethyl)ether, chlormethylmethylether, 1,2dibrommethan, diethylsulfát, dimethylsulfát, dimethylkarbamoylchlorid, 1,2dibrom-3-chlorpropan,	-	0,5	2
33	1,2-dimethylhydrazin, dimethylnitrosoamin, hexamethylfosfotriamid, hydrazin, 2-naftylamin nebo jeho soli, 4-nitrodifenyl a 1,3 propansulton		0,5	2
34	Ropné produkty a alternativní paliva	-	2 500	25 000
34 a)	a) benzíny a primární benzíny,			
34 b)	b) letecké petroleje (včetně paliva pro reaktivní motory),			
34 c)	c) plynové oleje (včetně motorové nafty, topných olejů pro domácnost a směsí plynových olejů),			
34 d)	d) těžké topné oleje,			
34 e)	e) alternativní paliva sloužící ke stejným účelům a mající podobné vlastnosti, pokud jde o hořlavost a nebezpečnost pro životní prostředí jako produkty uvedené v písmenech a) až d)			
35	Bezvodý amoniak	7664-41-7	50	200
36	Fluorid boritý	7637-07-2	5	20
37	Sirovodík	7783-06-4	5	20
38	Piperidin	110-89-4	50	200
39	Bis(2-dimethylaminoethyl)(methyl)amin	3030-47-5	50	200
40	3-(2-ethylhexyloxy)propylamin	5397-31-9	50	200
41	Směsi (*) chlornanu sodného klasifikované ve třídě akutní toxicita pro vodní prostředí, kategorie 1 [H400] obsahující méně než 5 % aktivního chlóru a neklasifikované v žádné jiné kategorii nebezpečnosti v tabulce I přílohy I. (*) Za předpokladu, že směs při nepřítomnosti chlornanu sodného nebude klasifikována ve třídě akutní toxicita pro vodní prostředí 1 [H400].		200	500
42	Propylamin (viz poznámka 15)	107-10-8	500	2 000
43	Terc-butyl-akrylát (viz poznámka 15)	1663-39-4	200	500
44	2-methyl-3-butennitril (viz poznámka 15)	16529-56-9	500	2 000
45	Tetrahydro-3,5-dimethyl-1,3,5thiadiazin-2-thion (Dazomet) (viz poznámka 15)	533-74-4	100	200
46	Methyl-akrylát (viz poznámka 15)	96-33-3	500	2 000
47	3-methylpyridin (viz poznámka 15)	108-99-6	500	2 000
48	1-brom-3-chlorpropan (viz poznámka 15)	109-70-6	500	2 000

8.3 PŘÍLOHA 3: STANOVENÍ H&V INDEXU

8.3.1 Toxicita pro vodní prostředí

Tabulka 36 Posouzení toxicity látky pro vodní prostředí

Klasifikace CLP Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.	Toxicita pro vodní organismy	T _w
H400, H410	LC ₅₀ (96 hodin, ryby) < 0,1 mg/l	5
	IC ₅₀ (72 hodin, řasy) < 0,1 mg/l	
	EC ₅₀ (48 hodin, dafnie) < 0,1 mg/l	
H411	LC ₅₀ (96 hodin, ryby) = 0,1 - 1 mg/l	4
	IC ₅₀ (72 hodin, řasy) = 0,1 - 1 mg/l	
	EC ₅₀ (48 hodin, dafnie) = 0,1 - 1 mg/l	
H412	LC ₅₀ (96 hodin, ryby) = 1 - 10 mg/l	3
	IC ₅₀ (72 hodin, řasy) = 1 - 10 mg/l	
	EC ₅₀ (48 hodin, dafnie) = 1 - 10 mg/l	
H413	LC ₅₀ (96 hodin, ryby) = 10 - 100 mg/l	2
	IC ₅₀ (72 hodin, řasy) = 10 - 100 mg/l	
	EC ₅₀ (48 hodin, dafnie) = 10 - 100 mg/l	
H413	LC ₅₀ (96 hodin, ryby) > 100 mg/l	1
	IC ₅₀ (72 hodin, řasy) > 100 mg/l	
	EC ₅₀ (48 hodin, dafnie) > 100 mg/l	

Tabulka 37 Alternativní posouzení toxicity NCHL pro vodní prostředí

Klasifikace CLP	Toxicita látky		Míra toxicity	Dílčí index A _w
H300, H310, H 330 + kategorie 1	LD ₅₀ orální, potkan	<= 5 mg/kg	Vysoce toxická látká	4
	LD ₅₀ dermální, potkan	<= 50 mg/kg		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (aerosol)	<= 100 ppm		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (plyn, pára)	<= 0,05 mg/l		
H300, H310, H 330 + kategorie 2	LD ₅₀ orální, potkan	5 - 50 mg/kg	Toxická látká	3
	LD ₅₀ dermální, potkan	50 - 200 mg/kg		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (aerosol)	100 - 500 ppm		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (plyn, pára)	0,05 - 0,5 mg/l		
H301, H311, H 331	LD ₅₀ orální, potkan	50 - 300 mg/kg	Středně toxická látká	2
	LD ₅₀ dermální, potkan	200 - 1 000 mg/kg		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (aerosol)	500 - 2 500 ppm		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (plyn, pára)	0,5 - 1 mg/l		
H302, H312, H 332	LD ₅₀ orální, potkan	300 - 2 000 mg/kg	Nízká toxicita	1
	LD ₅₀ dermální, potkan	1 000 - 2 000 mg/kg		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (aerosol)	2 500 - 20 000 ppm		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (plyn, pára)	1 - 5 mg/l		

Tabulka 38 Posouzení fyzikálních vlastností látky pro zjištění indexu B_w

Fyzikální vlastnosti	Přirážka k indexu B _w
Kapalina, rozpustnost > 100 mg/l	3
Tenze par > 0,03 MPa, při 20°C	1
Ostatní	2

Tabulka 39 Stanovení indexů toxické nebezpečnosti pro půdní prostředí ($A_w \times B_w$)

Součin kódů $A_w \times B_w$	Třída toxicity	T_w
≥ 11	Extrémně vysoká	5
8 - 10	Velmi vysoká	4
5 - 7	Vysoká	3
3 - 4	Střední	2
≤ 2	Nízká	1

8.3.2 Toxicita pro půdní prostředí

Tabulka 40 Posouzení toxicity látky pro půdu

Klasifikace CLP	Toxicita pro vodní organismy	Kód toxicity T_s
H400, H410	EC_{50} (48 hodin, dafnie) $< 0,1$ mg/l	5
	LC_{50} (96 hodin, ryby) $< 0,1$ mg/l	
	IC_{50} (72 hodin, řasy) $< 0,1$ mg/l	
H411	EC_{50} (48 hodin, dafnie) = 0,1 - 1 mg/l	4
	LC_{50} (96 hodin, ryby) = 0,1 - 1 mg/l	
	IC_{50} (72 hodin, řasy) = 0,1 - 1 mg/l	
H412	EC_{50} (48 hodin, dafnie) = 1 - 10 mg/l	3
	LC_{50} (96 hodin, ryby) = 1 - 10 mg/l	
	IC_{50} (72 hodin, řasy) = 1 - 10 mg/l	
H413	EC_{50} (48 hodin, dafnie) = 10 - 100 mg/l	2
	LC_{50} (96 hodin, ryby) = 10 - 100 mg/l	
	IC_{50} (72 hodin, řasy) = 10 - 100 mg/l	
H413	EC_{50} (48 hodin, dafnie) > 100 mg/l	1
	LC_{50} (96 hodin, ryby) > 100 mg/l	
	IC_{50} (72 hodin, řasy) > 100 mg/l	

Tabulka 41 Alternativní posouzení toxicity NCHL pro půdu

Klasifikace CLP	Toxicita látky		Míra toxicity	Dílčí index A_s
H300, H310, H330 + kategorie 1	LD_{50} orální, potkan	≤ 5 mg/kg	Vysoce toxická látka	4
	LD_{50} dermální, potkan	≤ 50 mg/kg		
	LC_{50} inhalační, potkan (aerosol)	≤ 100 ppm		
	LC_{50} inhalační, potkan (plyn, pára)	$\leq 0,05$ mg/l		
H300, H310, H330 + kategorie 2	LD_{50} orální, potkan	5 - 50 mg/kg	Toxická látka	3
	LD_{50} dermální, potkan	50 - 200 mg/kg		
	LC_{50} inhalační, potkan (aerosol)	100 - 500 ppm		
	LC_{50} inhalační, potkan (plyn, pára)	0,05 - 0,5 mg/l		
H301, H311, H331	LD_{50} orální, potkan	50 - 300 mg/kg	Středně toxická látka	2
	LD_{50} dermální, potkan	200 - 1 000 mg/kg		
	LC_{50} inhalační, potkan (aerosol)	500 - 2 500 ppm		
	LC_{50} inhalační, potkan (plyn, pára)	0,5 - 1 mg/l		
H302, H312, H332	LD_{50} orální, potkan	300 - 2 000 mg/kg	Nízká toxicita	1
	LD_{50} dermální, potkan	1 000 - 2 000 mg/kg		
	LC_{50} inhalační, potkan (aerosol)	2 500 - 20 000 ppm		
	LC_{50} inhalační, potkan (plyn, pára)	1 - 5 mg/l		

Tabulka 42 Posouzení fyzikálních vlastností pro zjištění Indexu B_s

Fyzikální vlastnosti	Přirážka k indexu B _s
Kapalina, rozpustnost > 100 mg/l	3
Tenze par > 0,03 MPa, při 20°C	1
Ostatní	2

Tabulka 43 Stanovení indexů toxické nebezpečnosti látky pro půdní prostředí (A_s x B_s)

Součin kódů A _s x B _s	Třída toxicity	T _s
>= 11	Extrémně vysoká	5
8 - 10	Velmi vysoká	4
5 - 7	Vysoká	3
3 - 4	Střední	2
<= 2	Nízká	1

8.3.3 Index toxické nebezpečnosti pro biotickou složku prostředí

Tabulka 44 Hodnocení toxicity a stanovení dílčího indexu A_B

Klasifikace CLP	Toxicita látky		Míra toxicity	Dílčí index A _B
H300, H310, H 330 + kategorie 1	LD ₅₀ orální, potkan	<= 5 mg/kg	Vysoce toxická látky	4
	LD ₅₀ dermální, potkan	<= 50 mg/kg		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (aerosol)	<= 100 ppm		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (plyn, pára)	<= 0,05 mg/l		
H300, H310, H 330 + kategorie 2	LD ₅₀ orální, potkan	5 - 50 mg/kg	Toxická látky	3
	LD ₅₀ dermální, potkan	50 - 200 mg/kg		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (aerosol)	100 - 500 ppm		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (plyn, pára)	0,05 - 0,5 mg/l		
H301, H311, H 331	LD ₅₀ orální, potkan	50 - 300 mg/kg	Středně toxická látky	2
	LD ₅₀ dermální, potkan	200 - 1 000 mg/kg		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (aerosol)	500 - 2 500 ppm		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (plyn, pára)	0,5 - 1 mg/l		
H302, H312, H 332	LD ₅₀ orální, potkan	300 - 2 000 mg/kg	Nízká toxicita	1
	LD ₅₀ dermální, potkan	1 000 - 2 000 mg/kg		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (aerosol)	2 500 - 20 000 ppm		
	LC ₅₀ inhalační, potkan (plyn, pára)	1 - 5 mg/l		

Tabulka 45 Posouzení fyzikálních vlastností látky a stanovení indexu B_B

Fyzikální vlastnosti	Dílčí index B _B
Plyn zkapalněný chladem s bodem varu < -30°C	4
Plyn zkapalněný tlakem s bodem varu < -10°C	4
Plyn zkapalněný chladem s bodem varu > -30°C	3
Plyn zkapalněný tlakem s bodem varu > -10°C	3
Kapalina, tlak par při 20°C 0,03 - 0,1MPa	3
Kapalina, tlak par při 20°C 0,005 - 0,03 MPa	2
Kapalina, tlak par při 20°C < 0,005 MPa	1

Tabulka 46 Stanovení indexu toxické nebezpečnosti látky pro biotickou složku prostředí

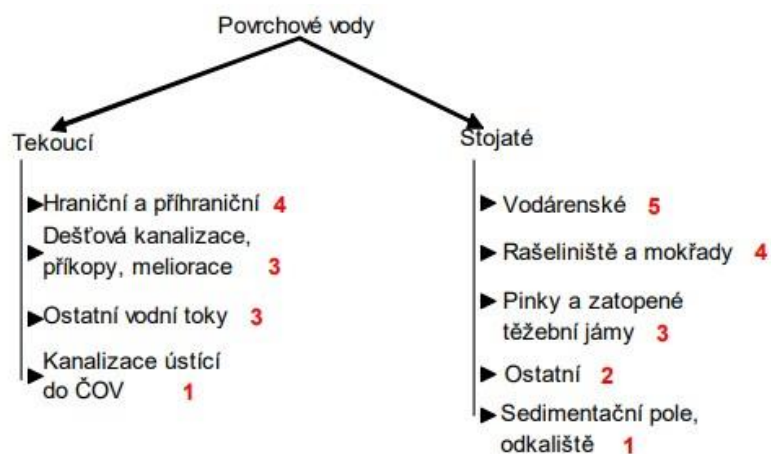
Součin kódů	Třída toxicity	T _B
> 12	Extrémně vysoká	5
10 - 12	Velmi vysoká	4
7 - 9	Vysoká	3
4 - 6	Střední	2
< 4	Nizká	1

8.3.4 Index nebezpečí hořlavosti látky s dopadem na biotickou složku prostředí

Tabulka 47 Posouzení fyzikálně-chemických vlastností látky

Fyzikální vlastnosti látky	F _R
Hořlavý plyn zkapalněný tlakem	3
Hořlavý plyn pod tlakem	3
Hořlavý plyn zkapalněný chladem	3
Hořlavá kapalina, tlak par $\geq 0,03$ MPa při 20°C	2
Hořlavá kapalina, tlak par $< 0,03$ MPa při 20°C	1

8.3.5 Stanovení zranitelnosti povrchových vod



Graf 1 Hodnocení zranitelnosti povrchových vod

8.3.6 Stanovení zranitelnosti podzemních vod

Tabulka 48 Hodnocení horninového prostředí kolektoru a rizika znečištění

Typ zvodnění a charakteristika horninového prostředí kolektoru	Riziko znečištění	Bodové ohodnocení
Průlinové v nezpevněných převážně štěrkopísčitých a písčitých sedimentech, s hydraulickou spojitostí s povrchovým tokem	Velmi vysoké	5
Průlinové v nezpevněných převážně štěrkopísčitých sedimentech, bez hydraulické spojitosti s povrchovým tokem	Vysoké	4
Krasově puklinové až krasové	Vysoké	4
Výrazně puklinové, popř. průlinové puklinové, s průlinovým oběhem v zóně zvětrávání a v písčitém až hlinitopísčitém kvartérním pokryvu	Střední	3
Nepravidelné střídání průlinových převážně jemně písčitých až jílovito písčitých kolektorů a izolátorů	Nízké až střední, proměnlivé	2
Nepravidelné střídání nevýrazně puklinových, příp. průlinové – puklinových kolektorů ve zpevněných sedimentech, s průlinovým oběhem proměnlivého charakteru v zóně zvětrávání a kvartérním pokryvu	Nízké	1

Tabulka 49 Hodnocení charakteristiky poryvu

Charakteristika poryvu	Bodové ohodnocení
Území bez poryvu nebo s propustnou poryvnou vrstvou	5
Prostředí s nevyhraněnou hydrogeologickou funkcí: haldy, navážky, plošné deponie apod.	4
Rozsah málo propustných poryvných vrstev s ochranným účinkem proti postupu znečištění z povrchu	3
Rozsah málo propustných až nepropustných antropogenních navážek, složených většinou z jílu	2
Rozsah plošně souvislého stropního izolátoru s výrazným ochranným účinkem proti postupu znečištění z povrchu	1

Tabulka 50 Hodnocení stupně ochrany

Stupeň ochrany	Bodové ohodnocení
PHO 1. stupeň	5
PHO 2. stupeň – vnitřní	4
PHO 2. stupeň – vnější	3
PHO 2. stupeň - bez rozlišení	3
CHOPAV	2
PHO nevyhlášeno	1

Tabulka 51 Vodohospodářský význam kolektoru

Vodohospodářský význam – předpoklady využití podzemní vody	Bodové ohodnocení
Velké soustředěné odběry regionálního významu (velké skupinové vodovody)	5
Soustředěné odběry menšího regionálního významu (menší skupinové vodovody)	4
Větší odběry pro místní zásobování (menší obce)	3
Menší odběry pro místní zásobování (jednotlivé domy)	2
Jednotlivé malé odběry pro místní (individuální) zásobování při omezené spotřebě	1

Tabulka 52 Celkové hodnocení zranitelnosti podzemních vod

Součet kódů	Hodnocení zranitelnosti podzemních vod	Index I _{UW}
<6	Zanedbatelná zranitelnost	1
6-10	Malá zranitelnost	2
11-14	Průměrná zranitelnost	3
15-18	Vysoká zranitelnost	4
>18	Velmi vysoká zranitelnost	5

8.3.7 Stanovení zranitelnosti půdního prostředí

Tabulka 53 Stanovení indexu zranitelnosti půdního prostředí

Kategorie půd	Půdní druh	Půdní typ (HPJ)	I _s
Neodolné	Lehké	21, 22, 23, 27, 30, 31, 32, 34, 36, 37, 39	5
Silně náchylné	Lehké	04, 05, 17, 24, 25, 26, 28	4
	Střední	29, 33, 35, 38, 40, 41, 48, 50, 51, 52, 55, 58, 62, 64, 65, 67, 68, 75, 76	
Náchylné	Střední	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49	3
	Těžké	53, 56, 59, 60, 63, 66, 69, 70, 71, 72, 73, 74	
Slabě náchylné	Střední	01, 02, 03, 08, 09, 18, 19	2
	Těžké	54, 57, 61	
Odolné	Těžké	06, 07, 20	1

Tabulka 54 Hodnocení zranitelnosti půdního prostředí u nezemědělských půd

Kategorie půd	Půdní druh	Půdní typ	IS
Neodolné	Lehké	Půdy na píscích a štěrkopíscích (HP, HPa, DA, RA, RAh, NP, NPK, DA _(g) , HP _(g) , DA _(g))	5
		Hnědé půdy (HP, HPa, RA, RAh)	
		Silně kyselé hnědé půdy (HPa, HPp)	
		Mělké půdy (HP, HPa, HPp, RA, RAh)	
Silně náchylné	Lehké	Půdy středozemního charakteru (ČM, ČMk, ČMd)	4
		Illimerizované půdy (IP, IP _(g))	
	Střední	Hnědé půdy (HP, HPa, RA, RAh)	
		Silně kyselé hnědé půdy (HPa, HPp)	
		Mělké půdy (HP, HPa, HPp, RA, RAh)	
		Půdy velmi sklonitých poloh	
		Oglejené půdy (HPg, RA _g , RA _{hg} , OG, IP _g)	
		Nivní půdy (NP, NPK, NPak, LP, DA _l , RA _l , NPG)	
		Lužní půdy (LPG, LPGk)	
		Hydromorfní půdy (LGr, R _š , GL _{rš} , GL, LPG, GL _r , HPG, HPg)	
Náchylné	Střední	Hnědozemní půdy (HM _e , HM, HM _{e(g)} , HM _(g) , HP, HP _(g) , HP _i , HM _i , IP, HM _{i(g)} , NP)	3
		Illimerizované půdy (IP, HM _i , HM _{i(g)} , HP, HP _(g) , HP _i , HP _{i(g)} , IP _(g))	
		Oglejené půdy (HM _g , HM _i , IP _g , OG, HM _g , HM _{ig} , IP _g , HP _g , RA _g , RA _{hg})	
	Těžké	Oglejené půdy (OG, HP _g)	
		Lužní půdy (LPG, LPGk)	
		Hydromorfní půdy (OGB, GL _r , GL _{rš} , GL, NPG)	
Slabě náchylné	Střední	Černozemní půdy (ČM, ČMk, ČMd, ČM _l , ČM _{lk} , HM)	2
		Hnědozemní půdy (ČM _i)	
		Rendziny (RA, RAh)	
	Těžké	Oglejené půdy (OG, RA _{hg} , HP _g)	
		Nivní půdy (NP, NPK, NPak)	
Odolné	Těžké	Lužní půdy (LP, LPk)	1
		Černozemní půdy (ČM, ČMk, ČM _l , RA _t)	
		Rendziny (RA, RAh, HP)	

8.3.8 Stanovení zranitelnosti biotických složek prostředí

Tabulka 55 Hodnocení biotických složek prostředí

Parametr biotických složek krajiny	I _B
ZCHÚ, ÚSES národního významu	5
ÚSES regionálního a lokálního významu, přírodní a prioritní stanoviště	4
Lesy, sady, vinice, chmelnice	3
Louky a pastviny	2
Zahrady a parky	2
Obhospodařovaná zemědělská půda	1

8.3.9 Hodnocení závažnosti havárie

Tabulka 56 Stanovení kategorie závažnosti havárie únikem toxické látky pro povrchové vody

		Množství uniklé látky (t)					
		< 1	1 - 5	5 - 10	10 - 50	50 - 200	> 200
I_{TSW}	1	A	A	A	B	B	C
	2	A	B	B	C	C	D
	3	B	C	C	C	D	E
	4	B	C	C	D	E	E
	5	C	D	D	E	E	E

Tabulka 57 Stanovení kategorie závažnosti havárie únikem toxické látky pro půdní prostředí

		Množství uniklé látky (t)					
		< 1	1 - 5	5 - 10	10 - 50	50 - 200	> 200
I_{TS}	1	A	A	A	B	B	C
	2	A	B	B	C	C	D
	3	B	C	C	C	D	E
	4	B	C	C	D	E	E
	5	C	D	D	E	E	E

Tabulka 58 Stanovení kategorie závažnosti havárie únikem toxické látky pro podzemní vody

		Množství uniklé látky (t)					
		< 1	1 - 5	5 - 10	10 - 50	50 - 200	> 200
I_{TW}	1	A	A	A	B	B	C
	2	A	B	B	C	C	D
	3	B	C	C	C	D	E
	4	B	C	C	D	E	E
	5	C	D	D	E	E	E

Tabulka 59 Stanovení kategorie závažnosti havárie únikem toxické látky pro biotickou složku prostředí

		Množství uniklé látky (t)					
		< 1	1 - 5	5 - 10	10 - 50	50 - 200	> 200
I_{TB}	1	A	A	A	B	C	C
	2	A	B	B	B	C	D
	3	B	B	C	C	D	D
	4	B	C	D	D	E	E
	5	C	D	E	E	E	E

Tabulka 60 Stanovení kategorie závažnosti havárie účinkem hořlavé látky pro biotickou složku prostředí

		Množství uniklé látky (t)					
		< 1	1 - 5	5 - 10	10 - 50	50 - 200	> 200
I_{FR}	1	A	A	A	B	B	C
	2	A	A	A	B	C	C
	3	A	A	A	B	C	C
	4	A	A	B	C	C	D
	5	A	B	B	C	D	E