

Bezpečnost průmyslového podniku z hlediska prevence závažných havárií

Bc. Martin Jakubčík

Diplomová práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav krizového řízení

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Jakubčík**
Osobní číslo: **L19599**
Studijní program: **N1032A020002 Bezpečnost společnosti**
Studijní obor: **Rizikové inženýrství**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Bezpečnost průmyslového podniku z hlediska prevence závažných havárií**

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte literární rešerši zaměřenou na bezpečnost průmyslového podniku z hlediska prevence závažných havárií a formulujte teoretická východiska pro praktickou část.
2. Posuďte současný stav bezpečnosti posuzovaného průmyslového podniku v dané oblasti.
3. Identifikujte rizikové jednotky v posuzovaném objektu, vyhodnoťte možné havarijní sekvence a navrhněte vhodná protopatření k zvládnutí rizika vzniku závažné havárie.
4. Doporučte vhodné inovace systémového přístupu provozovatelů k zajištění prevence vzniku závažných havárií v průmyslovém podniku.

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

Seznam doporučené literatury:

1. BARTLOVÁ, Ivana. *Prevence a připravenost na závažné havárie*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2017. ISBN 978-80-7385-184-2.
2. LEES, Frank, MANNAN, Sam, ed. *Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2012. ISBN 978-0-12-397189-0.
3. VROM, ed. *Guideline for Quantitative Risk Assessment: „Purple book“ CPR 18E*. Haag: Committee for the Prevention of Disasters, 2005. ISBN 9789012087964.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Miroslav Tomek, Ph.D.**
Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **14. května 2021**

L.S.

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

Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

V Uherském Hradišti, dne: 16. dubna 2021

Jméno a příjmení studenta: Martin Jakubčík

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce řeší problematiku prevence závažných havárií v malém chemickém podniku. Cílem bylo vyhodnotit bezpečnost posuzovaného objektu při současném ověření přiměřenosti postupů certifikované metodiky pro identifikaci zdrojů rizik, analýzu a hodnocení rizik průmyslových havárií. Bylo zjištěno, že i jednotky s relativně malým množstvím umístěných nebezpečných látek mohou představovat zdroje nezanedbatelného skupinového rizika. Závěrem byl navržen projekt mitigace rizika vzniku závažné havárie v objektu, jehož cílem bylo snížení frekvence výskytu výbušné prachovzdušné směsi. Pro podporu proaktivního přístupu provozovatelů k prevenci byla navržena technika analýzy příčin vzniku iniciační události havárie, která vychází z principu bariérové analýzy.

Klíčová slova: analýza, bariéra, havárie, iniciace, prevence, riziko, událost

ABSTRACT

This diploma thesis addresses the issue of prevention of major accidents in a small chemical plant. The aim was to evaluate the safety of assessed object while verifying the adequacy of the certified methodology procedures for the risk sources identification, analysis and assessment of industrial accident risks. It has been found that even units with a relatively small amount of placed hazardous substances can represent non-negligible societal risk sources. In conclusion, a project was designed to mitigate the risk of a major accident in the object in order to reduce the frequency of explosive dust-air mixture occurrence. To support a proactive approach of operators to the prevention, a technique for analyzing the causes of initiating event of an accident was proposed, which is based on the barrier analysis principle.

Keywords: accident, analysis, barrier, event, initiation, prevention, risk

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce, doc. Ing. Miroslavu Tomkovi, PhD., za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi během práce vždy ochotně poskytoval. Poděkování patří také celému sboru akademických pracovníků na Fakultě logistiky a krizového řízení Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně za vysoce odborný, trpělivý a vstřícný přístup k výuce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu. Své manželce a dětem za to, že to vydržely. Těm, kteří mě nepodporovali, bych rád poděkoval za to, že upevnili mou vůli. A v neposlední řadě děkuji doc. RNDr. Mgr. Petru A. Skřehotovi, Ph.D., MSc., a společnosti CGE Risk Management Solutions B.V. za poskytnutý software.

„Ničeho jsem nenabyl lehce. Každá věc mě stála nejtvrděší práci. Nehledejte lehké cesty. Ty hledá tolik lidí, že se po nich nedá přijít nikam.“

Tomáš Baťa

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

OBSAH

ÚVOD	9
CÍL PRÁCE A POUŽITÉ METODY	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE	13
2 PRÁVNÍ ÚPRAVA PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ	17
2.1 PRÁVNÍ RÁMEC PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ V EVROPSKÉ UNII	17
2.2 PRÁVNÍ PŘEDPISY PRO OBLAST PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ V ČESKÉ REPUBLICI.....	18
3 BEZPEČNOST PRŮMYSLOVÉHO PODNIKU Z HLEDISKA PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ V OBORNÉ LITERATUŘE	21
3.1 SYSTÉM PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ	21
3.2 POSUZOVÁNÍ RIZIK V OBLASTI PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ.....	23
3.2.1 Metody identifikace a výběru zdrojů rizik závažné havárie	24
3.2.2 Techniky analýzy scénářů závažných havárií	26
3.2.3 Odhadování následků scénářů závažných havárií, jejich roční frekvence a stanovení míry skupinového rizika.....	27
3.2.4 Posouzení selhání lidského činitele.....	28
3.2.5 Hodnocení rizika závažných havárií	29
4 ZÁVĚREČNÁ KAPITOLA TEORETICKÉ ČÁSTI	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
5 CHARAKTERISTIKA POSUZOVANÉHO OBJEKTU	33
5.1 POPIS ČINNOSTÍ A TECHNOLOGICKÉHO TOKU V OBJEKTU	33
5.2 SOUPIS POTENCIÁLNĚ OHROŽENÝCH AKTIV.....	34
5.3 VNITROFIREMNÍ A VÝROBKOVÁ DOKUMENTACE	35
5.4 PŘEHLED NEHOD, SKORONEHOD A POZNATKŮ ZJIŠTĚNÝCH BĚHEM KONTROL	36
5.5 SOUČASNÝ STAV BEZPEČNOSTI POSUZOVANÉHO OBJEKTU	39
5.5.1 Technicko-technologická opatření	39
5.5.2 Organizační opatření	40
5.5.3 Havarijní připravenost.....	40
6 IDENTIFIKACE A VÝBĚR ZDROJŮ RIZIK ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE	41
6.1 PŘEHLED NEBEZPEČNÝCH LÁTEK A SMĚSÍ V POSUZOVANÉM OBJEKTU	41
6.2 IDENTIFIKACE A VÝBĚR ZDROJŮ RIZIKA PRO PODROBNOU ANALÝZU RIZIK.....	43
6.3 POPIS VYBRANÝCH ZDROJŮ RIZIKA A MAPOVÉ ZOBRAZENÍ JEJICH UMÍSTĚNÍ.....	46
7 ANALÝZA RIZIK ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE V OBJEKTU	50
7.1 IDENTIFIKACE INICIAČNÍCH UDÁLOSTÍ A JEJICH MOŽNÝCH PŘÍČIN.....	50
7.2 IDENTIFIKACE MOŽNÝCH SCÉNÁŘŮ ROZVOJE ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE.....	53

7.3	ODHAD NÁSLEDKŮ IDENTIFIKOVANÝCH SCÉNÁŘŮ	54
7.4	ODHAD VÝSLEDNÉ ROČNÍ FREKVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ.....	62
7.5	STANOVENÍ MÍRY SKUPINOVÉHO RIZIKA IDENTIFIKOVANÝCH SCÉNÁŘŮ.....	62
7.6	POSOUZENÍ Vlivu Lidského Činitele.....	63
8	HODNOCENÍ RIZIK ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE V OBJEKTU.....	64
8.1	HODNOCENÍ PŘIJATELNOSTI ROČNÍ FREKVENCE SCÉNÁŘŮ	64
8.2	CELKOVÉ HODNOCENÍ RIZIKA OBJEKTU.....	65
8.3	ANALÝZA CITLIVOSTI NA ZMĚNY PARAMETRŮ UMÍSTĚNÍ LÁTEK V OBJEKTU	66
9	PROJEKT MITIGACE RIZIKA VZNIKU ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE V POSUZOVANÉM OBJEKTU	67
9.1	CÍL A VÝSTUPY PROJEKTU	67
9.2	CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÝCH SKUPIN	67
9.3	FÁZE PROJEKTU	68
9.4	HARMONOGRAM PROJEKTU	70
9.5	ZDROJE PROJEKTU	71
9.6	RIZIKOVÁ ANALÝZA PROJEKTU	73
9.6.1	Identifikace rizika.....	73
9.6.2	Kvantifikace rizika	74
9.6.3	Návrh opatření ke snížení rizik	75
9.6.4	Celkové zhodnocení rizika projektu.....	76
9.7	ROZPOČET PROJEKTU	76
9.8	PRŮBĚŽNÉ VYHODNOCENÍ PROJEKTU	77
10	NÁVRH TECHNIKY PRO ANALÝZU KOŘENOVÝCH PŘÍČIN VZNIKU INICIAČNÍ UDÁLOSTI	78
	ZÁVĚR	81
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	83
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	90
	SEZNAM OBRÁZKŮ	93
	SEZNAM TABULEK.....	94
	SEZNAM GRAFŮ	96
	SEZNAM PŘÍLOH.....	97

ÚVOD

Průmyslové nehody s přítomností nebezpečných látek mají často vážné následky na životech nebo na lidském zdraví, způsobují rozsáhlé škody na majetku a dlouhodobě poškozují životní prostředí, o čemž svědčí závažné havárie ve městech Flixborough, Seveso, Bhópál a další. Zvyšující se míra industrializace a složitost technologických procesů s sebou přináší také zvýšené riziko závažné havárie. S cílem aplikovat účinný systém řízení prevence závažných havárií, který by umožnil snížit jejich pravděpodobnost a následky, vyústila snaha členských států Evropské unie v přijetí několika zásadních právních aktů.

Záměrem dosud poslední direktivy v řadě směrnic *Seveso* je přimět provozovatele k pochopení smyslu prevence závažných havárií. Očekává se, že provozovatel poctivě zanalyzuje existující riziko havárie, objektivně vyhodnotí přiměřenost stávajících opatření a zformuluje změny vedoucí k vyšší bezpečnosti průmyslového podniku. Byl však tento záměr správně pochopen a očekávání dostatečně naplněna? Zdá se, že někteří provozovatelé si účel direktivy vyložili jako povinnost vypracovat rozsáhlý bezpečnostní dokument, o jehož užitečnosti mají své pochybnosti a považují jej pouze za další byrokratickou zátěž ze strany orgánů veřejné správy.

Celý proces posouzení rizika závažné havárie je navíc vysoce odbornou záležitostí, kterou by měl realizovat erudovaný tým expertů. Odpovídající kapacity pak hledají provozovatelé v řadách svých zaměstnanců mnohdy jen stěží. Místo zaměření pozornosti na odhalení kořenových příčin vzniku iniciačních událostí a vyhodnocení skutečné účinnosti bariér se provedou pouhé modifikace generických scénářů, které nemají o reálném riziku závažné havárie v posuzovaném objektu prakticky žádnou vypovídací schopnost.

Pozornost vědeckých institucí, kontrolních orgánů veřejné správy, ale i samotné veřejnosti, se zjevně upíná především k velkým průmyslovým podnikům, které nakládají s vysokým množstvím umístěných nebezpečných chemických látek. Takové objekty právem budí vyšší obavy, neboť riziko chemické havárie a její následky na příjemce rizika mohou být velmi závažné. Nelze však opomenout ani posuzování bezpečnosti podniků, ve kterých jsou umístěny nebezpečné látky v menších množstvích. Nezařazení provozovatele do příslušné skupiny na základě materiálové bilance umístěných látek nevyklučuje riziko vzniku závažné chemické havárie. Naopak, aspekty, jako pozice objektu v těsné blízkosti obydlených lokalit, charakter prováděných činností nebo absence nejlepších dostupných technologií, mohou k takovému riziku významnou měrou přispět.

CÍL PRÁCE A POUŽITÉ METODY

Stanovení cíle diplomové práce vychází nejen z potřeby posoudit, zda vybraný podnik dostatečně plní v oblasti prevence závažných havárií ustanovení vztažených právních předpisů, ale také zda k vypořádání se s těmito povinnostmi používá vhodné a přiměřené postupy. Pro nalezení a objasnění poznatků a zákonitostí byly v různých fázích řešení cíle použity níže uvedené objektivní vědecké metody.

Cílem práce bude posouzení rizik závažné havárie ve výrobně-skladovacím objektu vybraného chemického podniku. Na základě výsledků posouzení bude následně sestaven projekt zvýšení bezpečnosti posuzovaného objektu z hlediska prevence závažných havárií a navržena inovace systémového přístupu provozovatelů k zajištění prevence vzniku závažných havárií v průmyslovém podniku obecně.

V různých fázích zpracování dílčích kroků budou použity logické „párové“ metody analýza/syntéza a indukce/dedukce s cílem definovat objekt výzkumu, určit jeho vlastnosti, souvislosti a vztahy mezi nimi. Strukturní analýza bude použita pro objasnění a odvození vlastností a funkcí celého systému z vlastností jednotlivých propojených komponentů, následná syntéza bude využita k popisu budoucího vývoje systému s předem vymezenými vlastnostmi, příp. odhalení nových stavů a zákonitostí.

Pro získání podrobného popisu a vzhledu do posuzované problematiky bude výzkum zahájen jako kvalitativní s využitím technik studia dokumentů (systematická rešerše odborné literatury, analýza právních předpisů, norem, vnitrofiremní a výrobkové dokumentace), nestandardizovaného pozorování a rozhovorů včetně analýzy historických dat o vzniklých nehodách nebo skoronehodách.

Potenciálně nebezpečné zdroje rizika závažné havárie v posuzovaném objektu vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o malý podnik s výskytem relativně nízkého počtu jednotek/zařízení, budou identifikovány s využitím výsledků selektivních metod podle IAEA-TECDOC-727, CPR-18E a její modifikace BEVI.

Možné příčiny iniciačních událostí a scénáře rozvoje závažné havárie budou určeny v rámci metody *Analýzy příčin a následků* (dále jen „CCA“) prostřednictvím analytické techniky *Bow-Tie*, která kombinuje výhody deduktivní identifikace možných příčin metodou *Analýzy stromu poruch* (dále jen „FTA“) a induktivního stanovení možných následků metodou *Analýzy stromu událostí* (dále jen „ETA“). Grafické výstupy budou generovány pomocí software BowTieXP. Pro potřeby následné kvantifikace rizika závažné havárie bude určena

taktéž pravděpodobnost vzniku identifikovaných scénářů. Odhad následků těchto scénářů na předpokládané příjemce rizika bude modelován pomocí nekomerčního software ALOHA s využitím vhodných probitových funkcí. Stupně nebezpečnosti vybraných jednotek, budou oceněny pomocí indexové metody stanovení *Indexu požáru a výbuchu* (dále jen „F&E Index“).

V procesu posouzení vlivu lidského činitele bude pro analýzu činností vykonávaných zaměstnanci na kritických pracovních pozicích a zjištění příčin možného chybování využita integrovaná metoda hierarchické *Analýzy úkolů a predikce chyb lidského činitele* (dále jen „HTA-PHEA“) (Skřehot, 2011).

Přijatelnost skupinového rizika identifikovaných scénářů bude vyhodnocena dle holandské konvence, která je popsána v certifikované metodice posouzení rizik závažné havárie (VÚBP, 2016a). Odhad nejistot bude určen pomocí analýzy citlivosti na změny parametrů umístění nebezpečných látek v posuzovaném objektu.

Plánování navrženého projektu bude realizováno pomocí nekomerčního software ProjectLibre. Časová analýza projektu bude provedena metodou kritické cesty a pro analýzu projektových rizik bude použita semikvantitativní empirická metoda RIPRAN™, přičemž hodnocení rizik bude provedeno v souladu s klasifikační soustavou 3x3x3 (LACKO, 2001). Veškeré tabulkové výstupy budou zpracovány prostřednictvím tabulkového procesoru Microsoft Excel a pro úpravu grafických výstupů bude využit freewarový program PhotoFiltre.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE

Samotný termín *bezpečnost* je velmi obecný a význam získává teprve spojením s určitým předmětem, např. věcí, osobou, zájmem nebo jinou skutečností. Bezpečnost organizace je tedy stav, kdy je tato organizace schopna odolávat známým a předvídatelným vnějším a vnitřním hrozbám, které mohou negativně působit proti jejím jednotlivým prvkům nebo celku tak, aby byla zachována struktura organizace, její stabilita, spolehlivost a chování v souladu s cílovostí (Kyncl, 2014).

Z pohledu řešené problematiky je posuzovanou organizací *průmyslový podnik*. Za průmyslový se považuje takový podnik, jehož hlavní (převažující) ekonomická činnost je podle CZ-NACE klasifikována v sekcích:

- B – Těžba a dobývání,
- C – Zpracovatelský průmysl,
- D – Výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu,
- E – Zásobování vodou; Činnosti související s odpadními vodami, odpady a sanacemi (ČSÚ, 2016).

Výše uvedená klasifikace by neměla být pokládána za konečný výčet typů subjektů, u nichž existuje riziko vzniku závažné havárie. Konkrétní průmyslová odvětví sice vykazují jisté reprezentativní události, na jejichž základě lze nahlížet na průmyslové havárie obecně, může však současně docházet ke značnému podceňování možných následků mimořádných událostí v jiných odvětvích, např. v zemědělství či potravinářství (Skřehot et al., 2009).

Meritum celé diplomové práce osciluje okolo pojmu *prevence*, která představuje žádoucí chování průmyslového podniku jako jeden ze zásadních prostředků zachování jeho bezpečnosti. Pojem *prevence* má původ v latinském *praevenire*, čili předcházet. Linhart a Roudný (2009) prevenci definují jako soustavu opatření, jejichž cílem je obecně předejít nějakému nežádoucímu jevu. *Terminologický slovník* (Ministerstvo vnitra, 2016) pak prevenci upřesňuje jako: „*soubor opatření, jejichž cílem je předcházení mimořádným událostem a krizovým situacím, popř. předcházení škodlivým činnostem. Opatření jsou pasivní [technická (např. výstavba různých ochranných systémů), organizační a výchova obyvatel] a aktivní (výstavba systémů, které snižují vznik mimořádné situace apod.)*.“

Pojem *závažná havárie* vymezuje ustanovení § 2, písm. g), zákona 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 (Česko, 2015): „...*mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, zejména závažný únik nebezpečné látky, požár nebo výbuch, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu, vedoucí k vážnému ohrožení nebo k vážným následkům na životech a zdraví lidí a zvířat, životním prostředí nebo majetku a zahrnující jednu nebo více nebezpečných látek.*“ Další parametry závažné havárie s ohledem na množství přítomných nebezpečných látek, počet zraněných osob, rozsah poškození nemovitostí či rozlohu environmentu postiženého ekologickou újmou, jsou definovány v kritériích pro oznamování závažných havárií Evropské komisi, uvedených v příloze č. 3 k zákonu o prevenci závažných havárií.

Slovní spojení *prevence závažných havárií* vyústí k takovému souboru opatření, jehož zásady vycházejí z posouzení rizika vzniku závažné havárie, odpovídají charakteru rizika a stanoví se tak, aby vždy jasně a srozumitelně směřovaly k zajištění odpovídající struktury a funkčnosti systému prevence závažných havárií a řízení bezpečnosti (Bartlová, 2017). Systém prevence závažné havárie následně definují Dušek a Frišhansová (2016) jako soubor několika konkrétních systémových etap, přičemž výchozí etapou je provedení posouzení rizik závažné havárie, na kterou navazuje systém řízení rizika, tedy veškeré procesy, které vedou ke snížení rizika vzniku a/nebo minimalizaci následků případné havárie.

Dále je vhodné uvést několik zásadních pojmů týkajících se přímo řešené problematiky, jež jsou definovány ve *Výkladovém terminologickém slovníku některých pojmů používaných v posouzení rizik závažné havárie pro účely zákona o prevenci závažných havárií* (VÚBP, 2019):

- *Domino efekt* je možnost zvýšení pravděpodobnosti vzniku nebo následků závažné havárie v důsledku vzájemné blízkosti zařízení, objektů nebo skupiny objektů a umístění nebezpečných látek.
- *Individuálním rizikem* se rozumí riziko pro osobu v určitém místě v blízkosti zdroje rizika. Míra rizika zahrnuje následek nežádoucí události – realizace nebezpečí, které daný zdroj rizika zahrnuje (individuální fatalita, individuální riziko zranění, individuální riziko obdržení nebezpečné toxické dávky) a pravděpodobnost, že k tomuto následku dojde. Individuální riziko nezávisí na hustotě populace v okolí zdroje rizika.

- Za *nebezpečnou látku* se považuje vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemická směs podle přímo použitelného předpisu Evropské unie upravujícího klasifikaci, označování a balení látek a směsí (viz kap. 2.2), splňující kritéria stanovená v příloze č. 1 k zákonu o prevenci závažných havárií v tabulce I nebo uvedená v tabulce II a přítomná v objektu jako surovina, výrobek, vedlejší produkt, meziprodukt nebo zbytek, včetně těch látek, u kterých se dá důvodně předpokládat, že mohou vzniknout v případě závažné havárie.
- *Objektem* se rozumí celý prostor, popřípadě soubor prostorů, ve kterém je umístěna jedna nebo více nebezpečných látek v jednom nebo více zařízeních užívaných právnickou nebo podnikající fyzickou osobou, včetně společných nebo souvisejících infrastruktur a činností.
- Právnická nebo podnikající fyzická osoba, která užívá nebo bude užívat objekt, ve kterém je nebo bude nebezpečná látka umístěna v množství stejném nebo větším, než je množství uvedené v příloze č. 1 k zákonu o prevenci závažných havárií v sloupci 2 tabulky I nebo II, nebo který byl zařazen do skupiny A nebo do skupiny B rozhodnutím krajského úřadu, se považuje za *provozovatele*.
- Pro účely zákona o prevenci závažných havárií se *rizikem* rozumí pravděpodobnost vzniku nežádoucího specifického účinku, ke kterému dojde během určité doby nebo za určitých okolností, přičemž v analýze a hodnocení rizik se doporučuje provádět popis rizika použitím tzv. *rizikových tripletů* ve formě (1):

$$R = \{S_i, P_i, N_i\} \quad (1)$$

kde S_i je scénář *i-té* události, P_i pravděpodobnost jejího výskytu a N_i následky této události.

- *Scénář* představuje variantní popis rozvoje závažné havárie, popis rozvoje příčinných a následných, na sebe navazujících a vedle sebe i posloupně probíhajících událostí, a to buď spontánně probíhajících anebo probíhajících jako činnosti lidí, které mají za účel zvládnout průběh závažné havárie.
- *Společenské (skupinové) riziko* je takové riziko, kterému je vystavena skupina lidí ovlivněných nežádoucí událostí (postižených následky havárie). Je vyjádřeno jako vztah mezi frekvencí a počtem lidí, kteří budou při realizaci určitého rizika určitým způsobem poškozeni. Zobrazuje se f/N křivkou, která představuje grafický vztah

frekvence události f , při které může nastat určitý počet nežádoucích následků N . Jestliže následky představují počet úmrtí, f/N křivka ukazuje počet nehod za rok, při nichž dojde k N nebo více úmrtím na jednu nehodu (kumulativní rozdělení).

- Bude-li množství nebezpečné látky v objektu menší než výše uvedené klasifikační množství, právnická nebo podnikající fyzická osoba, která užívá nebo bude objekt užívat, se nazývá *uživatel objektu*.
- *Umístění nebezpečných látek* je projektované množství nebezpečné látky, která je nebo bude vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována v objektu nebo u které lze důvodně předpokládat, že se při ztrátě kontroly nad průběhem průmyslového chemického procesu nebo při vzniku závažné havárie může v objektu nahromadit
- *Zařízení* je technická nebo technologická jednotka, ve které je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována, a která zahrnuje rovněž všechny části nezbytné pro provoz zařízení, zejména stavební objekty, potrubí, skladovací tankoviště, stroje, průmyslové dráhy a nákladové prostory.
- Vlastnost nebezpečné látky nebo fyzická či fyzikální situace vyvolávající možnost vzniku závažné havárie představuje *zdroj rizika*.

Profesor chemického inženýrství na Arkansaské univerzitě ve Fayetteville, Jerry Havens, se v předmluvě ke kapitole o řízení závažných havárií v příručce *Lee's Loss Prevention in the Process Industries* (Mannan, 2012) zamýšlí nad zásadní rolí ještě jednoho důležitého pojmu v procesu prevence závažných havárií. Bude to nakonec široká *veřejnost*, která rozhodne o přijatelnosti činností, jež považuje za hlavní nebezpečí. Bez ohledu na výhody plynoucí ze všech účinných opatření bude stále nejdůležitějším aspektem udržování reputace průmyslu jako dobrého a bezpečného souseda. Podobně smýšlí i Mašek, Mika a Zeman (2006), neboť udržování pravidelných a systematických kontaktů mezi veřejností a provozovateli, seznámení s podnikem, jeho činností a používanými nebezpečnými látkami, nepřispívá pouze ke zvyšování připravenosti civilního obyvatelstva, ale současně mizí nejasnosti a nedůvěra obyvatelstva k velkým průmyslovým objektům. Ke zvyšování důvěry veřejnosti ve funkční systém prevence závažných havárií bohužel nepřispívá skutečnost, kdy zásadní změny vztažených právních předpisů přicházejí poněkud retrospektivně a reagují až na proběhlé mimořádné události.

2 PRÁVNÍ ÚPRAVA PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ

Nezbytná potřeba legislativního zajištění vysoké úrovně ochrany občanů, komunit a životního prostředí plyne především z povahy závažných havárií, které mají často velmi vážné následky, a jejich dopad může přesahovat hranice států (Evropská unie, 2012).

2.1 Právní rámec prevence závažných havárií v Evropské unii

Základem právních předpisů Evropské unie v oblasti prevence závažných havárií je Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek a o změně a následném zrušení směrnice Rady 96/82/ES (dále jen „Seveso III“), platná od 1. června 2015. Tato směrnice navazuje na systém prevence závažných havárií založený svými předchůdkyněmi řady *Seveso*, ale zároveň jej musela, kromě zvýšeného důrazu na prevenci, přizpůsobit změnám v systému klasifikace chemických látek a směsí, včetně požadavků *Globálně harmonizovaného systému klasifikace a označování chemikálií* (Sluka, 2013; Oravec et al., 2017).

Seveso III pak v praxi provádí požadavky *Úmluvy o účincích průmyslových havárií přesahujících hranice států*, přijaté dne 17. března 1992 v Helsinkách. Uvedená úmluva vstoupila v platnost 19. dubna 2000, přičemž Česká republika se stala smluvní stranou 10. září 2000. Dosud poslední rozhodnutí změnit Přílohu I úmluvy, kterou se určují nebezpečné látky pro účely vymezení nebezpečných činností, bylo přijato na 8. zasedání Konference smluvních stran úmluvy počátkem prosince 2014 v Ženevě. Pro Českou republiku vstoupila tato změna v platnost dne 19. prosince 2015 (sdělení č. 24/2016 Sb. m. s.) a dotčené právní předpisy České republiky jsou plně v souladu s upraveným textem Přílohy I úmluvy.

S předmětem právní úpravy prevence závažných havárií dále úzce souvisí *Úmluva o přístupu k informacím, účasti veřejnosti na rozhodování a přístupu k právní ochraně v záležitostech životního prostředí*, která byla podepsána dne 25. června 1998 na 4. ministerské konferenci Evropské Hospodářské komise OSN v dánském Aarhusu.

V neposlední řadě je třeba zmínit požadavky *Úmluvy o posuzování vlivů na životní prostředí přesahujících hranice států*, která byla sjednána 25. února 1991 ve finském Espoo. Cílem úmluvy je přijetí všech vhodných a účinných opatření k prevenci, snížení a omezení vážných negativních vlivů činností přesahujících hranice států, především v sektoru průmyslu,

energetiky a dopravy, na stav životního prostředí a v konečném důsledku i na zdraví obyvatelstva (Ministerstvo životního prostředí, ©2008-2020).

2.2 Právní předpisy pro oblast prevence závažných havárií v České republice

Garantem problematiky prevence závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo směsmi v České republice je Ministerstvo životního prostředí. Základním právním předpisem upravujícím tuto oblast je zákon č. 224/2015 Sb., ze dne 12. srpna 2015, 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 (dále jen „zákon o prevenci závažných havárií“), který provádí výše zmíněné *Seveso III*. Zákon o prevenci závažných havárií nabyl účinnosti dne 1. ledna 2015 a současně ruší zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií. Předmětem úpravy je stanovení systému prevence závažných havárií pro zařízení a objekty, ve kterých jsou umístěny vybrané nebezpečné chemické látky nebo směsi, s cílem snížit pravděpodobnost vzniku a omezit následky případných závažných havárií na zdraví a životy občanů, hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek. K provedení zákona o prevenci závažných havárií slouží tyto právní předpisy:

- Vyhláška Ministerstva vnitra:
 - Vyhláška č. 226/2015 Sb., ze dne 12. srpna 2015, o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho strukturu,
- Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu:
 - Vyhláška č. 225/2015 Sb., ze dne 28. srpna 2015, o stanovení rozsahu bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu zařazeného do skupiny A nebo skupiny B,
- Vyhlášky Ministerstva životního prostředí:
 - Vyhláška č. 227/2015 Sb., ze dne 24. srpna 2015, o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku,

- Vyhláška č. 228/2015 Sb., ze dne 24. srpna 2015, o rozsahu zpracování informace veřejnosti, hlášení o vzniku závažné havárie a konečné zprávy o vzniku a dopadech závažné havárie,
- Vyhláška č. 229/2015 Sb., ze dne 24. srpna 2015, o způsobu zpracování návrhu ročního plánu kontrol a náležitostech obsahu informace o výsledku kontroly a zprávy o kontrole (Ministerstvo životního prostředí, ©2008-2020).

Zákon o prevenci závažných havárií stanoví jak povinnosti právnických nebo podnikajících fyzických osob, které užívají nebo budou užívat objekt, v němž je umístěna nebezpečná látka, tak působnost orgánů veřejné správy na úseku prevence závažných havárií způsobených nebezpečnými látkami, přičemž se nevztahuje na:

- vojenské objekty a vojenská zařízení,
- nebezpečí spojená s ionizujícím zářením,
- silniční, drážní, leteckou a vodní přepravu nebezpečných látek,
- přepravu nebezpečných látek v potrubích,
- geologické práce a hornickou činnost,
- průzkum a dobývání nerostů na moři,
- skladování plynu v podzemních zásobnících v pobřežních vodách,
- skládky odpadu.

Jak uvádí Pražáková (2016), novelizace zákona o prevenci závažných havárií s sebou přinesla zásadní změny v oblastech přízpůsobení se novému systému klasifikace chemických látek a směsí dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008, ze dne 16. prosince 2008, o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006, v platném znění (nařízení „CLP“), rozšíření působnosti na podzemní zásobníky plynu, informování a zapojení veřejnosti do rozhodovacích procesů, zpřehlednění kontrol dodržování ukládaných povinností a změny související s bezpečnostní dokumentací. Nově se v zákoně o prevenci závažných havárií objevuje pojem *sousední objekt*, který se nachází v blízkosti jiného objektu a v důsledku toho se zvyšuje nebezpečí vzniku závažné havárie nebo závažnost jejích následků. Následně je pak zařazení objektu do příslušné skupiny pro případ *domino efektu* věnován celý samostatný paragraf a je doplněna i možnost vytvořit vnitřní

havarijní plán společně s provozovateli, jejichž objekty se nacházejí v těsné blízkosti. Provozovatelé a uživatelé objektů mají samozřejmě i nadále povinnost vypracovat seznam všech nebezpečných látek, přičemž množství látek následně porovnávají s kvalifikačními množstvími a na základě závěrů vypracovávají buď návrhy na zařazení do příslušné skupiny, nebo protokoly o nezařazení (Příl. P I). Nově je provozovatelům uložena povinnost reagovat na změny v množství uskladněných látek v objektech. Změna skladovaného množství nebezpečných látek o 10 % dosavadního množství (resp. poměrného součtu množství všech nebezpečných látek v objektu) zakládá povinnost aktualizovat bezpečnostní dokumentaci, příp. protokol o nezařazení, což je poměrně přísné pojetí ustanovení čl. 11 *Sevesa III*.

Mezi další legislativní zajištění *Úmluvy o účincích průmyslových havárií přesahujících hranice států* v České republice lze zařadit zákon č. 167/2008 Sb., o předcházení ekologické újmy a její nápravě a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů, a také celou řadu dalších právních předpisů.

3 BEZPEČNOST PRŮMYSLUVÉHO PODNIKU Z HLEDISKA PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ V OBORNÉ LITERATUŘE

Požadovaný rozsah činností v prevenci závažných havárií nevychází pouze z právních aktů Evropské unie, ale prioritně z doporučení Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj *Recommendation of the Council concerning Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response* (OECD, ©2020). Dokument doporučuje členským zemím mimo jiné i podporovat výzkum v řešené oblasti, a především sdílet relevantní informace. Je zřejmé, že bez existence obsáhlého souboru odborné literatury a znalostních databází by byla daná problematika jen stěží úspěšně řešitelná.

3.1 Systém prevence závažných havárií

Již v obecné příručce *Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response* (OECD, ©2003) je kladen důraz na aplikaci zásadního principu prevence závažných havárií, který představuje jak procesní přístup, zahrnující identifikaci a vzájemnou provázanost identifikovaných procesů, následovaný systémovým přístupem k problematice, jakožto účelovým způsobem myšlení a jednání, kdy jsou procesy chápány komplexně ve svých souvislostech. Fundamentálním dílem v oblasti prevence závažných havárií se pak jeví příručka *Lee's Loss Prevention in the Process Industries*, jejíž dosud poslední vydaná čtvrtá edice je uznávána jako standard pro profesionály v oblasti bezpečnosti chemických a procesních technologií a poskytuje nejucelenější soubor informací o teorii, praxi, konstrukčních prvcích, zařízeních a předpisech týkajících se oblasti bezpečnosti procesů. Mannan (2012) napříč celou publikací navíc poskytuje i odkazy na autory, jejichž díla souvisejí s obsahem dílčích kapitol. O rozsahu problematiky prevence závažných havárií svědčí i skutečnost, že jenom celkový seznam referencí je v publikaci uveden na neuvěřitelných 480 stranách.

Nemalou roli ve výměně poznatků získaných při nehodách a potažmo zefektivnění celého systému prevence sehrávají znalostní databáze. Na evropské úrovni provozuje Úřad pro závažné havárie (*Major Accident Hazards Bureau*) jako zvláštní jednotka Společného výzkumného střediska Evropské komise (*Joint Research Centre*) internetový portál MINERVA, který nabízí registrovaným uživatelům přístup do několika aplikací:

- eSPIRS („*electronic Seveso Plants Information Retrieval System*“), databáze obsahující seznam povinně registrovaných provozoven podléhajících *Seveso III*; k prosinci 2020 bylo v databázi registrováno 210 tuzemských podniků (Příl. P II),
- eMARS („*electronic Major Accident Reporting System*“), systém hlášení závažných havárií,
- AIDA („*Accident Information and Data Analysis*“), sada nástrojů pro správu a analýzu dat o nehodách, zapracovaná do systému eMARS,
- ADAM („*Accident Damage Analysis Module*“), softwarový nástroj pro posouzení fyzických účinků a souvisejících škod při průmyslových haváriích,

přičemž poslední jmenovaná aplikace je, bohužel, distribuována pouze příslušným orgánům EU, které jsou odpovědné za provádění směrnice *Seveso III*, a vládním nebo výzkumným organizacím členských států EU. Další informace o závažných haváriích lze nalézt ve francouzské databázi ARIA, německém informačním systému ZEMA, na stránkách americké federální agentury pro vyšetřování průmyslových chemických nehod CSB a konečně na stránkách českého oborového portálu MAPIS (Evropská komise, 2020).

Ve smyslu systémového pojetí prevence závažných havárií přímo v dotčených podnicích pojednává Pražáková (2017) o implementaci takových nástrojů, které umožní minimalizaci možnosti vzniku závažné havárie a/nebo jejích následků prostřednictvím účinného řízení rizika, jehož zásadním předpokladem je ucelená představa provozovatele o existujícím riziku. Jak již bylo v kapitole definující základní pojmy naznačeno, systém prevence je členěn do dvou na sebe navazujících etap (Příl. P III). Na provedení výchozího posouzení rizik závažné havárie navazuje subsystém řízení rizika, zahrnující realizaci příslušných mitigačních opatření, zejména:

- snížení množství nebezpečných látek v objektu nebo jejich nahrazení látkami, které nejsou nebezpečné,
- eliminace nebo snížení výskytu rizikových činností v objektu,
- stanovení a zavedení preventivních opatření přiměřených ke zbytkovému riziku,
- udržování funkčního systému havarijní připravenosti (Dušek a Frišhansová, 2016).

Vzhledem ke stanovenému cíli práce bude dále věnována pozornost etapě posouzení rizik, která je založena na znalostech bezpečnostního inženýrství a vyžaduje odborný přístup.

3.2 Posuzování rizik v oblasti prevence závažných havárií

Řešitelský tým Výzkumného ústavu bezpečnosti práce v.v.i. (dále jen „VÚBP“) definoval ve svých *Postupech a metodikách analýz a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií* (Paleček et al., 2005) mimo jiné i role jednotlivých kroků kvantitativní analýzy rizika chemických procesů (dále jen „CPQRA“), jakožto zásadního nástroje posouzení rizik v oblasti prevence závažných havárií. Identická instituce později navrhla ve spolupráci se společností TLP, spol. s r. o. inovovanou *Metodiku přístupu k identifikaci zdrojů rizik, analýze rizik a hodnocení rizik průmyslových havárií pro posouzení rizik v rámci prevence závažných havárií* (VÚBP, 2016a), v níž zohlednila požadavky zákona o prevenci závažných havárií a poskytla návod, jak přistoupit ke zpracování těchto požadavků. Metodika byla schválena Ministerstvem životního prostředí a doporučena pro použití v rámci prevence závažných havárií. Mezi dílčími kroky CPQRA a fázemi certifikované metodiky existuje jistá souvztažnost (Tab. 1).

Tab. 1 - Porovnání fází CPQRA a certifikované metodiky VÚBP (vlastní)

CPQRA	Certifikovaná metodika VÚBP	
Definice CPQRA	Účel a uplatnění metodiky	
Popis analyzovaného systému	Zpracování úvodu	
Identifikace a popis zdrojů rizika	Identifikace zdrojů rizik	Přehled nebezpečných látek v objektu
		Identifikace a výběr zdrojů rizika pro podrobnou analýzu rizik
		Popis vybraných zdrojů rizika a mapové zobrazení jejich umístění v objektu
Identifikace scénářů nehodových událostí	Analýza rizik	Identifikace možných situací a příčin (podmínek), které mohou vést k iniciační události závažné havárie, identifikace iniciačních událostí a možných scénářů rozvoje závažné havárie
Výběr reprezentativních scénářů nehodových událostí		
Sestavení modelu CPQRA		
Odhad následků		
Odhad pravděpodobností		
Odhad rizika		Stanovení míry skupinového rizika scénářů závažných havárií
		Výsledky a postup posouzení vlivu spolehlivosti a chybování lidského činitele
Zhodnocení a prezentace rizika	Hodnocení rizik	Hodnocení přijatelnosti rizika závažných havárií
		Hodnocení ostatních rizik
		Celkové hodnocení rizika pro daný objekt

Lze konstatovat, že metodika z procesu CPQRA vychází a ve vydaných *Doplňcích k Metodice* k ní VÚBP stanoví doporučené nástroje (VÚBP, 2016b).

3.2.1 Metody identifikace a výběru zdrojů rizik závažné havárie

Základním předpokladem pro posouzení rizik vzniku závažné havárie je důkladná znalost dotčeného objektu, provozovaných zařízení, prováděných činností, a především všech aspektů umístění nebezpečných látek, která je založena na materiálové bilanci těchto látek. Pro účely nezařazení, resp. zařazení objektu do skupiny A nebo B, ukládá zpracovateli bezpečnostní dokumentace zákon o prevenci závažných havárií povinnost sestavit seznam všech nebezpečných látek v objektu. Do seznamu se uvádí nebezpečné látky v množstvích, pro něž byly objekty zkolaudovány a také látky, u nichž lze důvodně předpokládat, že mohou vzniknout v případě závažné havárie (VÚBP, 2016b).

Následná identifikace a výběr zdrojů rizika pro podrobnou analýzu pak představuje zásadní krok v procesu posouzení rizik. Certifikovaná metodika (VÚBP, 2016b) doporučuje pro zdroje rizika obsahující nebezpečné látky hořlavé, výbušné a toxické, aplikovat metodu identifikace a výběru zdrojů rizika pro podrobnou analýzu rizik uveřejněnou v *Guidelines for Quantitative Risk Assessment: „Purple Book“ CPR-18E* (VROM, 2005), která je využitelná i pro další kroky analýzy rizik. Jednotky/zařízení uvažované pro kvantitativní analýzu se vybírají na základě konzultací mezi provozovatelem objektu a kompetentní osobou, za konečný výběr je však výhradně zodpovědná kompetentní osoba. CPR-18E by měla být považována pouze za metodický návod. Při aplikaci může dojít k přehlédnutí či opomenutí některých jednotek, typicky plnicích a stáčecích zařízení, potrubí, meziproductů procesu, zplodin vzniklých při hoření nebo produktů vzniklých při „ujetí“ reakce, tj. při nežádoucím kontaktu nebezpečných chemických látek v objektu/zařízení nebo za vzniku nežádoucích provozních podmínek (Božek et al., 2017).

Selekci zdrojů rizika závažné havárie je možno provést taktéž modifikovanou výběrovou metodou, která byla publikována v *Reference Manual Bevi Risk Assessments* (RIVM, 2009). Metoda BEVI nejprve opět rozděluje posuzovanou technologii na samostatné jednotky, přičemž ve srovnání s CPR-18E (Příl. P V a P VI) je změnou stanovení tzv. „maximum effect distance“ pro každou samostatnou jednotku, a to modelováním možných následků pro „nejhorší“ havarijní scénář (tzn. okamžitý únik celého objemu jednotky nebo kontinuální únik celého objemu jednotky do 10 minut). Tím se zpřesní odhad dosahu následků závažné havárie a lze vyhodnotit, zdali následky přesáhnou hranice posuzovaného objektu. Takto určené jednotky poté postupují k detailní analýze. Další změnou je podmínka, že jen pokud je pro kvantitativní analýzu vybráno více než 5 jednotek, postupuje se dále klasicky stanovením indikačního a selektivního čísla. Při výběru ≤ 5 jednotek jsou všechny

považovány za zdroje rizika závažné havárie. Nevýhodou použití metody je vysoká pořizovací cena doporučeného modelovacího nástroje SAFETI-NL. Metoda BEVI dále nestanovuje selektivní číslo pro každou jednotku i v bodech obytného pásma, ovšem posouzení bezpečnosti jednotky vůči okolnímu obyvatelstvu je umožněno alespoň stanovením selektivního čísla vůči nejbližší obydlené oblasti (Tabas a Kotek, 2011).

Přestože je každá provozovaná technologie unikátní, jak s ohledem na provozní podmínky či instalované bezpečnostní prvky, tak na množství a druh nebezpečných látek v objektech, mnozí zpracovatelé bezpečnostní dokumentace vnímají identifikaci zdrojů rizika závažné havárie pouze jako povinnost vyplývající z příslušných vyhlášek a vracejí se k používání relativně jednoduché screeningové metody IAEA-TECDOC-727 (Tabas a Kotek, 2011). Tato metoda není k identifikaci zdrojů rizika závažné havárie v průmyslových objektech příliš vhodná a v samotném manuálu je doslovně uvedeno, že uvedené metody a výsledky by se neměly používat mimo jiné k hodnocení rizik jednotlivých zařízení, příp. jako základ pro řízení rizik a pro rozhodování o bezpečnosti konkrétního zařízení/činnosti. Metoda (Příl. P IV) však umožňuje stanovit prioritu různých zdrojů rizika pro další podrobnou analýzu vyhodnocením společenského rizika každé jednotky/zařízení (IAEA, 1996).

K sestavení celkového seznamu zdrojů rizika závažné havárie pro posuzovaný objekt je možno využít i další indexové metody, přičemž je vhodné opět zohledňovat, zda nedošlo k opomenutí zdrojů jiných významných rizik, které tyto metody vzhledem ke své generické podstatě nedokážou odhalit. Mezi typické představitele relativního hodnocení (tj. posouzení nebezpečnosti aktivace zdroje rizika) patří metody Dow's Fire and Explosion Index (Příl. P VII) a Dow's Chemical Exposure Index. Jejich aplikace je zvláště výhodná při potřebě prokázat důslednou analýzu rizika pojišťovacími společnostmi (Božek, 2015).

Použití výše uvedených metod je vázáno na specifické vlastnosti umístěných nebezpečných látek v posuzovaných objektech. Pro zdroje rizika s látkami např. nebezpečnými pro životní prostředí, pyroforickými aj., nejsou dosud doporučeny metody výběru zdrojů rizika a ani postup kvantitativní analýzy rizik následků na různé složky životního prostředí (VÚBP, 2016b). Provozovatel pak musí zvážit konkrétní dislokaci zdroje rizika, typ nebezpečnosti látek, možné příjemce rizika, a podle současného stavu poznání zvolit odůvodněnou metodu výběru anebo podrobně analyzovat rizika všech zařízení v objektu. Závažnost dopadů havárie na životní prostředí, resp. ocenění jeho zranitelnosti, lze vyhodnotit např. pomocí metodiky H&V Index (Stuchlá, 2005), která umožňuje stanovit výslednou kategorii

závažnosti havárie pomocí syntézy indexů nebezpečnosti látky a zranitelnosti prostředí při zohlednění množství uniklé látky (Příl. P VIII).

3.2.2 Techniky analýzy scénářů závažných havárií

Po výběru zdrojů rizik závažné havárie následuje v analýze neméně důležitý krok – určení iniciačních událostí, během kterých může být uplatněn nebezpečný potenciál zdroje rizika. Příčiny iniciačních událostí se mohou nacházet jak uvnitř, tak vně posuzovaného objektu. Při zjišťování vnitřních příčin se zohledňují situace jako úniky nebezpečných látek, nebezpečné chemické reakce při nežádoucím kontaktu nebo při nestandardních provozních podmínkách. Vnější příčiny pramení ze zdroje rizika, který se nachází za hranicemi objektu, a mohou mít charakter přírodních jevů nebo jsou důsledkem lidské činnosti. Iniciační událost stojí na samotném počátku vývoje událostí a v konečném důsledku může vyústit v závažnou havárii (VÚBP, 2016a).

Za systematickou komplexní analýzu pro vyšetření možných příčin iniciačních událostí považuje certifikovaná metodika použití metod typu *Studie nebezpečí a provozuschopnosti* (dále jen „HAZOP“), *Analýza možných způsobů a důsledků závad* (dále jen „FMEA“) nebo FTA. Příručka *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* doporučuje pouze strukturované metody HAZOP nebo FMEA, a uvádí, že: „obecnějším přístupem budou identifikovány frekventovanější nehodové události a náhodný výběr těch méně častých událostí“ (AICHE, 2000).

Aby mohl být objasněn fenomén rozvoje nehody obecně, vzniklo v průběhu let nepřeborné množství koncepčních modelů. Lineární modely kauzální závislosti naznačují, že jeden faktor vede k dalšímu, ten spouští další, až nakonec dojde ke zranění, havárii či jiné nevratné škodě (Sinay a Vargová, 2012). Zohledněním širších faktorů v horních úrovních řízení podniku, které mohou být příčinou latentních podmínek prostupu nežádoucího jevu do kritičtější fáze, se zabývají modely systémové, např. „*model švýcarského sýru*“ (Reason, 2008). Složitě nelineární modely pak předpokládají působení více faktorů současně, jejichž kombinovaný vliv vede k výskytu nehody (Hollnagel, 2016).

K popisu rozvoje scénářů závažných havárií od iniciační události až po stanovení výsledného typu havárie a jejích škodlivých účinků, včetně zohlednění bezpečnostních prvků a eventualit, které mohou modifikovat rozvoj událostí, lze použít metodu ETA, a to slovním i grafickým vyjádřením, příp. metodu Bow-Tie („*Motýlek*“), která kromě identifikace mezilehlých událostí klade důraz především na určení mitigačních bariér

a relevantních eskalačních faktorů, neboť důsledkem selhání bariéry je právě výskyt mezilehlé události.

Iniciační události a průběh z nich plynoucích scénářů závažných havárií lze odvodit z generických údajů, uvedených např. v příručkách *Guidelines for Quantitative Risk Assessment: „Purple Book“ CPR-18E* (VROM, 2005) nebo *Lee's Loss Prevention in the Process Industries* (Mannan, 2012). Typové scénáře by však měly sloužit pouze jako vodítko, protože konkrétní situace v analyzovaném objektu a jeho okolí je pokaždé jedinečná, mohou se lišit vlastnosti látek, charakter zařízení, podmínky úniku, intenzita iniciace, zastavěnost prostoru, atmosférické podmínky v lokalitě apod. (VÚBP, 2016b).

3.2.3 Odhadování následků scénářů závažných havárií, jejich roční frekvence a stanovení míry skupinového rizika

Metodiku hodnocení následků lze rozdělit na přístupy bez použití software a softwarové nástroje, které se vzájemně liší použitými modely, náročností na vstupní data, časovou a finanční náročností a schopností zahrnout do výsledků nejistoty výpočtů. Do první jmenované skupiny patří příručky typu *Risk Management Program Guidance for Offsite Consequence Analysis* (EPA, 2009) nebo tzv. „Barevné knihy“, např. *Methods for the Determination of Possible Damage... „Green Book“* (CPR, 1992). Specializovaný software zahrnuje jak jednoduché počítačové modely typu RMP Comp, tak složitější algoritmy ALOHA, SLAB, WHAZAN, až po komplexní počítačové metody EFFECTS, SAFETI NL, příp. expertní CFD modely FLACS nebo FLUENT (Dlabka, 2015).

U zařízení s přítomností nebezpečných látek může dojít k různým typům havárií, které mají různé fyzikální projevy a účinky s určitými následky. Následky se obvykle řeší pro působení toxických účinků nebezpečných látek, tepelné radiace z požárů, přetlaku výbuchové vlny, rozletu fragmentů po okolí a pro kontaminaci životního prostředí. Podle intenzity účinku a doby expozice se bude lišit také intenzita následků na různé příjemce rizika, přičemž hlavním zájmovým příjemcem rizika je člověk. V praxi se pro určení míry poškození zdraví používá buďto stanovených prahových hodnot daného účinku v kombinaci s dobou expozice, nebo probitové funkce, která modeluje procentuální odezvu zasažených jedinců pro jakoukoli hodnotu účinku a doby expozice. Výchozím krokem pro odhad následků řešených scénářů je tedy určení kritérií pro tento odhad (Sluka, Dítě a Končel, 2016).

Negativní následky závažné havárie se mohou projevit také ve formě kontaminace složek životního prostředí uniklou nebezpečnou látkou, znečištěnou hasební vodou anebo

toxickými zplodinami hoření. Pro ocenění závažnosti tohoto typu ohrožení lze použít švédskou metodiku stanovení *Indexu environmentální nehody* (dále jen „EAI“) anebo již výše zmíněný H&V Index. Odhad následků na majetek vychází z působení tepelného toku nebo výbuchového přetlaku na materiály. Limitní hodnoty a kritéria pro působení účinků závažných havárií na zvířata nejsou stanovena. V této fázi posouzení rizik závažné havárie je nezbytné zohlednit také možné působení *domino efektu* (VÚBP, 2016b).

Pro účely zákona o prevenci závažných havárií se určuje frekvence havárie za období jednoho roku a vychází buďto z provedených analýz ETA a FTA, nebo z relevantních a aktuálních generických dat. Výsledná roční frekvence koncové události scénáře F_S je vypočtena pomocí vztahu (2):

$$F_S = F_{IU} \times P_S \quad (2)$$

kde F_{IU} je roční frekvence iniciační události a P_S pravděpodobnost koncové události scénáře. F_S následně slouží po korekci dalšími faktory k výpočtu (3) zjištěné roční frekvence scénáře závažné havárie F_h :

$$F_h = F_S \times P_{VNL} \times P_{VO} \times P_{ATM} \quad (3)$$

kde P_{VNL} je pravděpodobnost výskytu nebezpečné látky (není-li přítomna trvale), P_{VO} pravděpodobnost výskytu osob v dané lokalitě a v odůvodněných případech se použije také P_{ATM} , tedy pravděpodobnost meteorologické situace v době havárie (součin četnosti třídy stability, výskytu směru a rychlosti větru). Míra skupinového rizika havarijního scénáře R je závěrem vyjádřena vztahem (4):

$$R = F_h \times N \quad (4)$$

kde N je odhad počtu usmrcených osob, přičemž odhad mortality vychází z výsledků modelování účinků závažné havárie, předpokládaného počtu osob v zasaženém prostoru a hustoty zalidnění v zasažené oblasti vně posuzovaného objektu (VÚBP, 2016a; 2016b).

3.2.4 Posouzení selhání lidského činitele

Pochopení příčin selhání lidského činitele je základem jejich úspěšné prevence. Selháním lidského činitele se rozumí: „úplná nebo částečná ztráta pracovní schopnosti jedince způsobená vnějšími nebo vnitřními faktory“ (Skřehot et al., 2011). Projevem selhání lidského činitele je lidská chyba. Lidským selháním nemusí být pouze pochybení přímého viníka nehody, ale může se jednat taktéž o selhání celých týmů, slabá místa managementu,

nedostatečně prováděné kontroly, výcvik či školení zaměstnanců. Selhání jednotlivce lze dělit na primární, kdy nedokázal daný pracovník provést zamýšlenou akci kvůli působení faktorů vnějšího prostředí, a sekundární, související s vnitřními faktory jedince, tj. jeho fyzickým, zdravotním a psychickým stavem (Skřehot, 2012).

Pro účely zákona o prevenci závažných havárií se posouzení vlivu lidského činitele provádí jako posouzení vlivu spolehlivosti a chybování při výkonu určených pracovních činností. Certifikovaná metodika doporučuje postupné zpracování následujících úloh:

- identifikovat kritické pracovní pozice,
- analyzovat úkoly a činnosti vykonávané zaměstnanci na těchto pozicích,
- identifikovat příčiny a důsledky selhání zaměstnanců na těchto pozicích,
- uvést realizovaná a plánovaná preventivní opatření pro eliminaci výskytu chybování lidského činitele (VÚBP, 2016b).

Existuje nespočet metod použitelných v této oblasti, nicméně, vždy je nezbytné dodržet zásadu vazby posouzení selhání lidského činitele na identifikované zdroje rizik. Pro analýzu úkolů a činností zaměstnanců na kritických pozicích lze použít metodiku *Hierarchické analýzy úkolů* (dále jen „HTA“) nebo HAZOP s rozšířením v oblasti chybování lidského činitele (VÚBP, 2016b). Pro zahrnutí příčin selhání člověka do komplexní analýzy, následnou kvantifikaci pravděpodobnosti vzniku chyb za daných podmínek a míru negativního působení faktorů ovlivňujících výkon je vhodné použití na sebe navazujících integrovaných metod, např. HTA-PHEA (Skřehot, 2011).

Paleček, Malý a Gieci (2008) ale současně varují před subjektivitou a nepřiměřeným zjednodušováním při určování příčinnosti, kdy se místo identifikace možných systémových příčin hledá konkrétní viník pro určení náhrady škod. Z rozboru závažných havárií v Bhópálu, Černobyli, Flixborough aj. je patrné, že lidský činitel na kritické pozici nehrál při vzniku nehody až tak zásadní roli, jaká mu byla v oficiálním stanovisku přisouzena.

3.2.5 Hodnocení rizika závažných havárií

Princip hodnocení přijatelnosti rizika závažných havárií spočívá v porovnání odhadnutého skupinového rizika příslušného scénáře závažné havárie s mezní hodnotou přijatelnosti roční frekvence závažné havárie. Skupinové riziko příslušného scénáře závažné havárie se považuje za přijatelné, jestliže platí (5):

$$F_h < F_p, \text{ přičemž } F_p = \frac{1 \times 10^{-3}}{N^2} \quad (5)$$

kde F_p je přijatelná roční frekvence závažné havárie, F_h zjištěná roční frekvence scénáře závažné havárie a N odhad počtu usmrcených osob (Sluka, Dítě a Končel, 2016). Tento model přijatelnosti skupinového rizika byl převzat z holandské konvence, nezahrnuje však podmínku, že vztah byl platný pro $N \geq 10$ smrtelně ohrožených osob. V derogačních právních předpisech k vyhlášce Ministerstva životního prostředí č. 8/2000 Sb., kterou se mimo jiné stanovily i zásady hodnocení rizika závažné havárie, již není uváděno ani kritérium, kdy pro nový objekt/zařízení byl v čitateli výpočtu F_p uvažován exponent 10^{-4} (Bernatík, 2006).

Pokud bylo určeno riziko daného zdroje jako nepřijatelné, provede se podrobnější analýza jednotlivých složek rizika a podle potřeby se stanoví a realizují v souladu s principem *ALARP* organizační či technická opatření pro snížení tohoto rizika prostřednictvím snížení buďto následků a/nebo frekvence možné závažné havárie, vyjádřené daným scénářem. Podle aktuální potřeby a současného stavu poznání se dále provede hodnocení rizik také pro zvířata, životní prostředí a majetek. Celková přijatelnost rizika pro posuzovaný objekt a jeho okolí je tedy podmíněna přijatelnou roční frekvencí všech hodnocených scénářů závažné havárie, souhrnem hodnocení dopadů na další příjemce rizika a hodnocením účinnosti a dostatečnosti přijatých protiopatření (VÚBP, 2016a).

4 ZÁVĚREČNÁ KAPITOLA TEORETICKÉ ČÁSTI

Základem právních předpisů Evropské unie v oblasti prevence závažných havárií je směrnice *Seveso III*, která provádí požadavky helsinské *Úmluvy o účincích průmyslových havárií přesahujících hranice států*. Do českého práva jsou tyto požadavky transponovány především prostřednictvím zákona o prevenci závažných havárií a příslušných prováděcích vyhlášek. Řešená problematika je pokryta rozsáhlým souborem odborné literatury, příruček a také znalostních databází, jejichž účelem je zefektivnit systém prevence sdílením poznatků.

Prevenci závažných havárií v průmyslovém podniku je vhodné vnímat jako dvoufázový systém. První etapa zahrnuje provedení posouzení rizik, přičemž pro následné zajištění systému vhodnými mitigačními opatřeními v rámci navazujícího subsystému řízení rizik představuje tato fáze základní a výchozí bod. Přehlédnutí či opomenutí významných zdrojů rizika závažné havárie by totiž mohlo vést k nedostatečné analýze, chybnému vyhodnocení přijatelnosti celkového rizika posuzovaného objektu a potažmo k realizaci neúčinných a nepřiměřených opatření.

Pro posuzování rizik závažných havárií byla Ministerstvem životního prostředí schválena a doporučena metodika navržená Výzkumným ústavem bezpečnosti práce, v.v.i., která vychází z kvantitativní analýzy rizika chemických procesů a je přizpůsobena požadavkům ustanovení zákona o prevenci závažných havárií. Fáze identifikace zdrojů rizik se zahajuje sestavením materiálové bilance nebezpečných látek umístěných v objektu. Potenciální zdroje rizika závažné havárie jsou poté identifikovány a vybírány pro podrobnou analýzu prostřednictvím zvolené selektivní metody. Analytická fáze, která je podpořena použitím standardních technik analýzy systémů a generickými údaji, vychází z identifikace možných iniciačních událostí závažné havárie, určení jejich příčin a scénářů jejich možného rozvoje. Následně jsou modelováním a indexovými metodami odhadnuty následky na určené příjemce rizika, stanovena roční frekvence závažných havárií a skupinové riziko každého uvažovaného scénáře. V analýze je vhodnými metodami pro posouzení vlivu spolehlivosti a chybování při výkonu určených pracovních činností vyhodnoceno taktéž možné selhání lidského činitele. Závěrečné hodnocení rizik pak spočívá v posouzení přijatelnosti roční frekvence řešených scénářů dle holandské konvence, určení dopadů na další příjemce rizika a vyhodnocení účinnosti a dostatečnosti přijatých protiopatření.

Informace z provedené analýzy právních předpisů a systematické rešerše odborné literatury poskytují pro zpracování praktické části teoretická východiska v dostatečném rozsahu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CHARAKTERISTIKA POSUZOVANÉHO OBJEKTU

Posuzovaným objektem je výrobně-skladovací budova, která společně s přilehlým nádvořím a administrativní budovou tvoří základní infrastrukturu dotčeného podniku. Typologicky je podnik se svým oborem činnosti dle CZ-NACE 20300 (výroba nátěrových barev, laků, tiskařských barev a tmelů) zařazen mezi zástupce zpracovatelského průmyslu v sekundárním sektoru průmyslové výroby, s převažující materiálově intenzivní a flexibilní hromadnou výrobou, počtem zaměstnanců, velikostí ročního obrátu a bilanční sumou roční rozvahy náležící do kategorie malých podniků.

5.1 Popis činností a technologického toku v objektu

Třípodlažní výrobně-skladovací objekt je členěn na dvě části, které rozděluje nákladní výtah a společné schodiště, plnicí současně s přilehlými chodbami účel nechráněné únikové cesty pro zaměstnance. První nadzemní podlaží (dále jen „NP“) levého křídla (stavební objekt SO 01) slouží převážně ke skladování hořlavých kapalin I. a II. třídy požární nebezpečnosti, zatímco v pravém křídle (stavební objekt SO 02) jsou umístěny výrobní prostory, velín, plynová kotelna, místnost s kompresorem a chlazením, a také prostor pro dočasné uskladnění hotových výrobků, částečně klasifikovaných jako hořlavé kapaliny II. třídy požární nebezpečnosti, před jejich přepravou do distribučního skladu mimo areál výrobního závodu (Příl. P IX).

Na 2. NP levého křídla se nachází sklad nehořlavých práškových plniv a sklad tuhých organických peroxidů typu E, které se používají jako iniciátory pro vytvrzení hotových dvousložkových výrobků. Pravé křídlo pak poskytuje sklad specifických plniv klasifikovaných jako tuhé hořlavé látky, strojevnu vzduchotechniky, násypník, příruční sklad a kanceláře laboratoře včetně testovacího pracoviště se stříkacím boxem (Příl. P X).

Na posledním NP jsou umístěny sklady obalů, jako jsou kovové plechovky, plastová víka, kartonáž, proložky a etikety, pracoviště pro kompletování vík, mezisklad zkompletovaných vík, šatny a sociální zařízení pro zaměstnance (Příl. P XI).

Zásobování vstupními surovinami počíná vykládkou na uzavřeném nádvoří. Hořlavé kapaliny jsou převáženy vysokozdvížným motorovým vozíkem s úpravami umožňujícími provoz v prostředí s nebezpečím výbuchu na paletách v původních obalech (IBC kontejnery, plechové sudy) do skladů na 1. NP, prášková plniva, iniciátory a balivo se dopravuje do příslušných skladů na vyšších NP pomocí nákladního výtahu a ručních manipulačních

voziků. Nebezpečné odpady jsou tříděny a dočasně skladovány v souladu s odstupovou vzdáleností od skladů hořlavých kapalin v krytém přístřešku na nádvoří, ostatní odpady (papírové a směsné obaly) se ukládají do kovových klecí ve skladu na 1. NP administrativní budovy. Pro ukládání komunálního odpadu slouží kontejner 1100 l. Odpady se předávají k likvidaci oprávněným osobám v týdenních intervalech. Veškeré prázdné nevyčištěné obaly od kapalných surovin se skladují v původních skladech hořlavých kapalin a jsou vratné.

Vlastní výroba je rozčleněna do několika technologických fází (Příl. P XII), během nichž se ze skladů přemístí potřebná surovina na příslušné pracoviště, proběhne vsázka do šarže a následuje předepsaný technologický proces. Spuštění výroby je podmíněno přípravou zkompletovaných vík, do kterých je mezi kovové víko a plastový kryt vložena tuba iniciátoru. V rámci první výrobní fáze se do prostoru mícháreny přemísťují kapalně suroviny a na můstkové váze v podlaze se odvažuje potřebné množství přímo do míchací nádoby. Ta je následně ukotvena pod míchací stroj. Druhá fáze představuje zapracování práškových surovin, přičemž míchací nádoba je plněna násypným rukávem z pracoviště, které se nachází o podlaží výše. Během třetí fáze se do šarže v prostoru mícháreny manuálně přidávají další kapalně i práškové suroviny a podle povahy vyráběného produktu následuje po zapracování mletí na perlovém mlýnu či vakuování v míchacím stroji. Hotový produkt je uvolněn na základě vyhovujících reologických parametrů po provedené mezioperační kontrole, příp. vrácen do některé z výrobních fází k přepracování. Míchací nádoba je poté přemístěna pod výtlačný lis, do prostoru stáčírny jsou k lince dopravena příslušná víka, plechovky, etikety, kartonáž, a na lince probíhá stáčení do spotřebitelských obalů. Dřevěné palety se do stáčírny naváží z místa svého uložení za podnikovým parkovištěm. Závěrem je šarže po stočení podrobena výstupní kontrole a před převozem do distribučního skladu dočasně uložena v balírně. Z balírny se zboží vyskládňuje do distribučního skladu denně, přičemž nakládka vysokozdvíhým vozíkem probíhá opět na uzavřeném podnikovém nádvoří.

5.2 Soupis potenciálně ohrožených aktiv

Profil chráněných aktiv, která mohou být ohrožena závažnou havárií s důsledky přesahujícími areál podniku, zahrnuje jak aktiva interní (vnitropodniková), tak aktiva externí, nacházející se v rozsahu modelovaných zón zasažení účinkem příslušného typu havárie. Identifikace externích aktiv je tedy částečně iterativní proces, přičemž soupis těchto aktiv může být upřesněn na základě rozvoje možných scénářů závažné havárie.

Identifikovaná aktiva byla sestupně seříděna podle míry zranitelnosti (Tab. 2) při zohlednění faktoru citlivost, tj. náchylnosti k realizaci rizika hrozbou závažné havárie, a faktoru kritičnosti, který definuje význam posuzovaného aktiva pro podnik.

Tab. 2 - Soupis potenciálně ohrožených aktiv (vlastní)

Interní aktiva		Externí aktiva	
Peopleware	Vlastní zaměstnanci	Obyvatelstvo v ohroženém území	
	Externí pracovníci	Zasahující jednotky	
	Představenstvo podniku	Budovy, vybavení a instalace	
	Návštěvy	Dopravní infrastruktura	
Hardware	Budovy	Technická infrastruktura	
	Stroje a zařízení	Ovzduší	
	Technická infrastruktura	Povrchové a podzemní vody	
	Komunikační infrastruktura	Půda	
	Hotová produkce	Hospodářská zvířata	
	Vstupní suroviny	Image podniku	
Orgware	Smlouvy a certifikáty		
	Dokumentace a záznamy		
	Hotovost		
Software	Informační systém podniku		
	Programové vybavení		
Dataware	Data v modulech inf. systému		

Za nejvíce zranitelná aktiva, kromě člověka jakožto hlavního příjemce rizika, byla považována technická aktiva, jejichž poškozením může vzniknout (i sekundárně) škoda vyšší než 500 tisíc Kč, interní informační aktiva, která jsou zařazena do kategorie „důvěrné“ a externí environmentální aktiva, zahrnující jednotlivé složky životního prostředí.

5.3 Vnitrofiremní a výrobní dokumentace

Pro účely vyhodnocení současného stavu bezpečnosti posuzovaného objektu byla provedena analýza řízené podnikové dokumentace a vztažených právních požadavků v oblastech:

- integrovaného systému managementu (příručka integrovaného systému, integrovaná politika, procesní model podniku, organizační schéma, registr rizik, registr závazných povinností, registr zainteresovaných stran, registr aspektů, výrobní směrnice, pracovní postupy, bezpečnostní listy vstupních surovin a výrobků),
- organizačního zajištění výchovy zaměstnanců k bezpečnosti a ochraně zdraví při práci (tematické plány školení, traumatologický plán, evidence pracovních úrazů,

měření rizikových faktorů na pracovištích, kategorizace práce, zajištění pracovně-lékařských prohlídek, zásady poskytování osobních ochranných pracovních prostředků, seznam zakázaných prací a provozní řády skladů),

- organizace, řízení a kontroly požární ochrany (tematické plány školení a odborné přípravy preventivní požární hlídky, kolaudační rozhodnutí, požárně-bezpečnostní řešení objektu, změny užívání částí objektu, rozdělení pracovišť dle požárního nebezpečí, dokumentace o ochraně před výbuchem, protokoly o určení vnějších vlivů, požární řády, evakuační plán, záznamy v požární knize a knize elektronické požární signalizace),
- kontrol a revizí vyhrazených technických zařízení (protokoly z kontrol a revizí tlakových nádob stabilních, školení obsluhy tlakových nádob stabilních, provozní řád kotelny, protokoly z odborné prohlídky kotelny a revizí plynového zařízení, záznamy o servisu plynových spotřebičů, školení obsluhy plynového zařízení a topičů nízkotlakých kotelen, protokoly z kontrol a čištění spalinových cest, revize elektroinstalace, přenosných spotřebičů a hromosvodů, kniha výtahu, školení dozorce a řidičů výtahu),
- ochrany složek životního prostředí (tematické plány školení o manipulaci s nebezpečnými chemickými látkami, souhrnná provozní evidence, evidence odpadů, provozní řád zdroje znečišťování ovzduší, protokoly z autorizovaného měření emisí, knihy chladicích zařízení, roční zprávy ADR, základní hodnocení rizika ekologické újmy, havarijní plán při úniku nebezpečných látek do povrchových a podzemních vod).

5.4 Přehled nehod, skoronehod a poznatků zjištěných během kontrol

S ohledem na rozsah a dostupnost záznamů byly za různá referenční období sestaveny souhrny událostí a provozních stavů, které měly, resp. mohly mít, negativní vliv na bezpečnost posuzovaného objektu z hlediska vzniku závažné havárie (Tab. 3, 4). Zahrnuty byly oblasti narušení požární a environmentální bezpečnosti objektu, včetně vyhodnocení úrazovosti, neboť pracovní úraz zaměstnance na kritické pozici může iniciovat vznik nežádoucích provozních podmínek. Zjištěné četnosti výskytu nežádoucích událostí a stavů byly dle délky daného referenčního období přepočteny na dosavadní maximální hodnoty roční frekvence výskytu těchto jevů.

Tab. 3 - Přehled nežádoucích událostí (interní dokumentace, vlastní)

Typ	Popis	Příčina	Referenční období	Počet případů	Roční frekvence
Havárie	Výbuch a následný požár u násypníku	Výboj atmosférické elektřiny	26 let	1	4×10^{-2}
Skoronehoda	Únik hořlavé kapaliny na nádvoří	Poškození obalu	26 let	2	8×10^{-2}
Skoronehoda	Vzplanutí obsahu koše ve skladu HK 3	Exotermní reakce odpadu	26 let	1	4×10^{-2}
Skoronehoda	Únik hořlavé kapaliny na chodbě 1. NP	Poškození kohoutu	26 let	1	4×10^{-2}
Skoronehoda	Rozptýlení prachu tuhé hořlavé látky v míchárně	Neopatrná manipulace	26 let	1	4×10^{-2}
Skoronehoda	Výbuch hořlavých par v sudu na nádvoří	Zakázaná práce	26 let	1	4×10^{-2}
Úraz bez hospitalizace	Pracovní úraz během plnění ve stáčírně	Nepozornost zaměstnance	10 let	5	5×10^{-1}
Úraz bez hospitalizace	Pracovní úraz při vykládce surovin na nádvoří	Nepozornost zaměstnance	10 let	1	1×10^{-1}

Po dobu existence podniku došlo dosud pouze k jediné mimořádné události, jejíž negativní důsledky přesáhly hranice podnikového areálu (rozlet fragmentů a zamoření okolí zplodinami hoření). Jednalo se o výbuch a následný požár na 2. NP posuzovaného objektu v prostoru násypníku během mimoprovozní doby, tudíž nikdo nebyl zraněn (Obr. 1).



Obr. 1 - Snímek z kamerového záznamu výbuchu u násypníku (interní dokumentace)

Úmyslné či nedbalostní jednání bylo vyšetřovatelem následně vyloučeno, nebyla však jednoznačně stanovena příčina vzniku havárie. Mezi nevyložené verze byl zařazen výboj atmosférické elektřiny a výboj statické elektřiny. Kriminalistické ohnisko požáru se navíc neshodovalo s epicentrem výbuchu a trajektorie šíření tlakové vlny byla nestandardní. Tato zjištění nakonec vedla vyšetřovatele k závěru, že pravděpodobně došlo k vzácnému a dosud podrobně neprobádanému atmosférickému jevu, zvanému kulový blesk.

Tab. 4 - Přehled nežádoucích provozních stavů (interní dokumentace, vlastní)

Typ	Popis	Příčina	Referenční období	Počet případů	Roční frekvence
Zjištění z kontrol HZS ČR	Nedostatky v dokumentaci požární ochrany	Nepřesná aktualizace	15 let	12	8×10^{-1}
Zjištění z kontrol HZS ČR	Nedostatky v záznamech o provedených kontrolách	Neúplnost záznamů	15 let	8	5×10^{-1}
Zjištění z kontrol HZS ČR	Nedostatečné utěsnění prostupů a požárních uzávěrů	Stavební nedodělky	15 let	4	3×10^{-1}
Zjištění z kontrol HZS ČR	Nefunkčnost nuceného odsávání ve skladu HK 1	Vypnutý rozvaděč	15 let	2	1×10^{-1}
Zjištění z vlastních kontrol	Otevřené požární uzávěry během výroby	Nedbalostní jednání	5 let	18	4×10^0
Zjištění z vlastních kontrol	Nedostupnost prostředků požární ochrany	Nedbalostní jednání	5 let	11	2×10^0
Zjištění z vlastních kontrol	Nefunkčnost požárního uzávěru	Vadný samozavírač	5 let	4	8×10^{-1}
Zjištění z vlastních kontrol	Dočasné uložení hořlavých kapalin na chodbě 1. NP	Nedbalostní jednání	5 let	2	4×10^{-1}
Lokální poplach	Překročení LEL hořlavých par v míchárně	Odpar z míchacího kotle	5 let	3	6×10^{-1}
Lokální poplach	Překročení LEL hořlavých par ve skladu HK 3	Odpar z přenosných nádob	5 let	1	2×10^{-1}
Planý lokální poplach	Překročení prostorové teploty ve skladu HK 1	Závada čidla venkovní teploty	5 let	1	2×10^{-1}

Přísné kontroly ze strany Hasičského záchranného sboru České republiky odhalily v minulosti kromě četných formálních nedostatků ve zpracované dokumentaci požární ochrany a v záznamech o provedených kontrolách odborně způsobilou osobou, jež nekorespondovaly s požadavky vyhlášky Ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb., o stanovení

podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru, také závažnější nedostatky ve formě stavebních nedodělků, které by mohly v případě vzniku požáru na příslušném požárním úseku usnadnit jeho přístup do dalších přilehlých pracovišť. Podobný důsledek může mít ztížený přístup k hasicím přístrojům a nedovírání požárních uzávěrů, což bylo zjištěno během vlastních kontrol dodržování zásad požární ochrany. Častým průchodem zaměstnanců přes požární uzávěry dochází taktéž k opotřebení samozavíračů, které pak neplní svou funkci. Systém elektronické požární signalizace v minulosti několikrát vyhlásil lokální poplach z důvodu překročení dolní meze výbušnosti hořlavých par, což bylo zapříčiněno kombinací odparu z otevřených nádob a nespouštění nucené ventilace na pracovištích.

5.5 Současný stav bezpečnosti posuzovaného objektu

Právnícká osoba, která řešený objekt užívá, je ve smyslu zákona o prevenci závažných havárií uživatelem objektu (nikoli provozovatelem) a disponuje pouze protokolem o nezařazení. Vyhodnocení současného stavu bezpečnosti posuzovaného objektu bylo tedy provedeno s ohledem na přiměřenost a dostatečnost preventivních opatření pro řízení neodstranitelných rizik, včetně havarijní připravenosti, která jsou uživatelem přijata v rámci zajištění systému prevence závažných havárií.

5.5.1 Technicko-technologická opatření

V posuzovaném objektu se nachází celkem dvanáct pracovišť, na nichž byly provozované činnosti začleněny dle § 4 zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů, do kategorie činností se zvýšeným požárním nebezpečím. Bližší vymezení rozsahu zón s nebezpečím požáru, resp. výbuchu, bylo určeno v protokolech o stanovení vnějších vlivů dle ČSN 33 2000-4-42 ed. 2 - *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-42: Bezpečnost - Ochrana před účinky tepla* (Příl. XIII). Uživatel má dále zpracovávánu komplexní dokumentaci o ochraně před výbuchem v souladu s nařízením vlády č. 406/2004 Sb., o bližších požadavcích na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v prostředí s nebezpečím výbuchu. Z analýzy dokumentace vztažené k provozuschopnosti instalovaných vyhrazených technických zařízení a způsobilosti jejich obsluhy plyne, že úroveň realizovaných technických opatření je přiměřená a dostatečná. Zvýšenou pozornost během přezkoumání rizik závažné havárie je však nutno věnovat takovým fázím technologického toku, při nichž dochází k přemístování a ruční manipulaci se vstupními surovinami, neboť v minulosti byly tyto činnosti příčinami vzniku skoronehod.

5.5.2 Organizační opatření

Z rešerše odborné literatury v rámci teoretické části práce plyne, že zásadní příčiny průmyslových havárií mohou mít své kořeny mimo jiné i ve způsobu organizace objektu. Představenstvo podniku v integrované politice deklarovalo prevenci nehod jako jeden ze svých základních cílů a zavázalo se k osobnímu leadershipu. Kaskáda řízené dokumentace na nižších úrovních pak určuje zásady řízení provozu a jeho kontroly, metody hodnocení vyhlášených cílů, audit systému bezpečnosti, vzdělávání a výcvik zaměstnanců. V reakci na nekvalitně zpracovanou dokumentaci požární ochrany podnik v minulosti přistoupil k výměně poradenské firmy. Tematické plány školení komplexně pokrývají dotčené oblasti, sporadicky však dochází k nedbalostnímu jednání zaměstnanců v provozu.

5.5.3 Havarijní připravenost

Opatření na odvrácení dopadů havárie, resp. na jejich zmírnění, obsahují vztaženou dokumentaci požární ochrany, jako je dokumentace zdolávání požáru určená pro zasahující jednotky, požární poplachové směrnice, evakuační plán, který je každoročně prověřován vyhlášením cvičného poplachu, zřízení preventivní požární hlídky a vybavení objektu určenými požárně-bezpečnostními zařízeními a prostředky požární ochrany. Ve všech skladech hořlavých kapalin a v míchárně jsou instalovány havarijní jímky, jež jsou podrobovány pravidelným kontrolám těsnosti. Opatření a havarijní prostředky při úniku nebezpečných látek jsou stanoveny v havarijním plánu, přičemž vykládka/nakládka je samostatně řešena ve směrnici ADR. Jiné objektové havarijní plány nebyly zpracovány. Nad rámec povinností stanovených v požárně-bezpečnostním řešení objektu byl instalován systém jednostupňové elektronické požární signalizace s individuální adresací, zahrnující na všech exponovaných pracovištích detekci výskytu kouře, překročení limitní koncentrace hořlavých par a prostorové teploty, který je vybaven i zařízením dálkového přenosu pro informování odpovědných osob o poplachu prostřednictvím SMS.

Tato finančně náročnější opatření, včetně technicko-technologických, do jisté míry kompenzují sice snadno realizovatelná a levná, obecně však méně efektivní a spolehlivá opatření organizační. Současnou úroveň požární bezpečnosti posuzovaného objektu je tedy možno považovat za vyhovující. Vzhledem k tomu, že uživatelé nebyla v oblastech ochrany ovzduší, ochrany vod, odpadového hospodářství, prevence závažných havárií a nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a přípravky od vzniku podniku až doposud uložena žádná sankce, environmentální bezpečnost objektu lze vyhodnotit taktéž jako vyhovující.

6 IDENTIFIKACE A VÝBĚR ZDROJŮ RIZIK ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE

Po shromáždění vstupních informací o posuzovaném objektu a jeho okolí, prováděných činnostech, potenciálně ohrožených aktivech, včetně zpracování rešerše aktuální dokumentace, přehledu historických nežádoucích událostí a posouzení současného stavu bezpečnosti objektu, bylo přistoupeno k identifikaci a výběru zdrojů rizik závažné havárie.

6.1 Přehled nebezpečných látek a směsí v posuzovaném objektu

Na základě informací z bezpečnostních listů vstupních surovin a hotové produkce v posuzovaném objektu byl sestaven seznam nebezpečných chemických látek a směsí. V posuzovaném objektu je umístěno celkem 68 druhů chemických látek a směsí, 37 z nich je ve smyslu zákona o prevenci závažných havárií klasifikováno jako nebezpečných. Jedna tuhá hořlavá látka ve formě prášku tvoří se vzduchem výbušnou směs, není však klasifikována jako výbušnina. Komerční názvy položek byly z důvodu ochrany obchodního tajemství nahrazeny pořadovými čísly, hotová produkce identické nebezpečnosti sloučena do jediné položky a každá položka byla dle své rozhodné klasifikace nebezpečí zařazena do příslušné kategorie nebezpečnosti v souladu s přílohou č. 1 k zákonu o prevenci závažných havárií (dále jen „příloha“), přičemž některé položky vykazovaly více než jednu nebezpečnou vlastnost (Příl. XIV).

Již v této fázi posouzení rizika závažné havárie byla zjištěna určitá nelogičnost postupu určení materiálové bilance umístěných látek doporučeného v certifikované metodice (VÚBP, 2016b), a to zohledněním projektovaných množství, pro něž byl objekt zkolaudován. Požárně-bezpečnostní řešení posuzovaného objektu, jakožto zásadní výchozí dokument pro kolaudaci, stanoví limity umístění látek pouze s fyzikální nebezpečností. Bez znalosti následné technologie zpracování hořlavých kapalin nelze vztáhnout projektovanou kapacitu skladů k příslušné kategorii P5b, resp. P5c. Během kategorizace nebezpečnosti bylo také nutno zohlednit i rozdílnou klasifikaci hořlavých kapalin dle ČSN 65 0201 (třídy nebezpečnosti hořlavých kapalin) vs. CLP (kategorie hořlavých kapalin).

Poměrná množství nebezpečných látek byla tedy vypočtena podle vztahu (6) jak s ohledem na projektovanou kapacitu skladů (N_{proj}), tak s ohledem na maximální teoretické umístění nebezpečné látky, které vychází z maximálního zůstatku každé látky skladem, zjištěného k běžnému pracovnímu dni v rámci roku 2020 (N_{teor}):

$$N_{proj/teor} = \sum_{i=1}^{n_{odd}} \frac{q_{i_{proj/teor}}}{Q_i} \quad (6)$$

kde n_{odd} je počet nebezpečných látek spadajících do tříd příslušného oddílu kategorie nebezpečnosti, q_i je množství nebezpečné látky i umístěné v objektu a Q_i je příslušné množství nebezpečné látky i uváděné ve sloupci 2 tab. I přílohy (Česko, 2015).

Při výpočtu ukazatelů určujících zařazení posuzovaného objektu do skupiny A/B (Tab. 5) podle zákona o prevenci závažných havárií byly uvažovány všechny umístěné nebezpečné látky bez ohledu na jejich množství, neboť nelze vyloučit, že nemohou působit jako iniciátor závažné havárie někde na jiném místě objektu. V posuzovaném objektu nejsou umístěny žádné jmenovitě vybrané nebezpečné látky dle tab. II přílohy. Z výsledků je zřejmé, že objekt není zařazen do žádné skupiny a uživatel je pouze povinen zpracovat protokol o nezařazení a tento uchovat pro účely kontroly. Teoreticky je během provozu možné dočasné překročení projektované kapacity skladů hořlavých kapalin až o 9 tun v případě, že by nastal souběh naskladnění maximálních dodávek dotčených surovin. V praxi je toto riziko ošetřeno přijatým zásobovacím modelem a podnik v současné době řeší změnu užívání části objektu administrativní budovy na sklad s projektovanou kapacitou 18 tun hořlavých kapalin II. třídy požární nebezpečnosti. Avšak ani tato změna nezařazení objektu neovlivní.

Tab. 5 – Ukazatele určující zařazení objektu do skupiny A nebo B (vlastní)

Ukazatel	Kategorie nebezpečnosti										
	H1	H2	H3	P5a	P5c	P6b	E1	E2	O1	O3	JV
A [t]	5	50	50	10	5000	50	100	200	100	50	500
2% A [t]	0,1	1	1	0,2	100	1	2	4	2	1	10
Projektovaná kapacita [t]	-	-	-	-	47,450	3,675	-	-	-	-	-
N_{proj}	0,000			0,083			0,000		0,000	0,000	0,000
$N_{proj} \geq 1$?	ne			ne			ne		ne	ne	ne
$N_{proj} > 2\% A$?	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Max. teoretické umístění [t]	0,000	0,030	0,200	0,000	56,361	0,865	1,410	1,304	0,020	0,000	0,000
N_{teor}	0,005			0,029			0,021		0,000	0,000	0,000
$N_{teor} \geq 1$?	ne			ne			ne		ne	ne	ne
$N_{teor} > 2\% A$?	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne

V případě závažné havárie se nepředpokládá vznik jiných nebezpečných látek, vyjma produktů hoření umístěných hořlavých kapalin. Jedná se vesměs o organická rozpouštědla, nebo roztoky polymerů v organických rozpouštědlech. Zplodiny plamenného hoření tak

mohou obsahovat oxidy uhlíku, vodní páru, kyslík, uhlovodíky, a v případě zahoření směsí obsahujících dusíkaté sloučeniny taktéž kyanovodík, nitrily a jiné nebezpečné látky, jejichž množství ve zplodinách by bylo silně závislé na teplotě hoření, podmínkách přístupu vzduchu a dalších faktorech.

6.2 Identifikace a výběr zdrojů rizika pro podrobnou analýzu rizik

Hranice území, které bude v analýze rizika závažné havárie dále posuzováno, korespondují s hranicemi areálu podniku. Jedná se o pozemek v půdorysném tvaru sedmiúhelníku s nejdelší spojnici protilehlých rohů v délce 75 metrů. Nejbližší obytná zástavba se nachází pouhých 15 metrů severozápadním směrem od hranice vymezeného území (Obr 2).



Obr. 2 - Hranice areálu podniku (vlastní)

Na základě konzultace s týmem vedoucích zaměstnanců uživatele posuzovaného objektu, při zohlednění provozovaných činností, umístění nebezpečných látek, historických nežádoucích událostí a současného stavu bezpečnosti objektu, byly vybrány k posouzení následující nezávislé jednotky:

- skladovací jednotky:
 - sklady hořlavých kapalin HK1, HK2 a HK3,
 - sklad tuhých hořlavých látek,

- sklad iniciátorů,
- procesní jednotky:
 - míchací kotel,
 - IBC s hořlavou kapalinou II. třídy požární nebezpečnosti,
 - sud s hořlavou kapalinou I. třídy požární nebezpečnosti,
 - balení tuhé hořlavé látky.

Po shromáždění vstupních údajů ke každé jednotce (Příl. XV) byla nejprve v souladu s postupy selektivní metody CPR-18E vyjádřena indikační čísla A_i posuzovaných jednotek (Tab. 6) podle vztahu (7). Jako referenční látka byla pro každou posuzovanou jednotku stanovena taková, jež se v jednotce/zařízení vyskytuje buďto výlučně nebo v převažujícím množství (skladovací jednotky), příp. vykazuje nejvyšší nebezpečnost v dané kategorii nebezpečnosti (procesní jednotky):

$$A_i = Q_{i,s} \times O_1 \times O_2 \times O_3 \times G_s^{-1} \quad (7)$$

kde $Q_{i,s}$ je množství látky s [kg] přítomné v i -té jednotce, O_1 faktor typu jednotky, O_2 faktor umístění jednotky, O_3 faktor provozních podmínek vyjadřující množství látky s po úniku v plynném stavu a G_s mezní množství látky s [kg] (VROM, 2005).

Tab. 6 - Stanovení indikačních čísel pro posuzované jednotky (vlastní; VROM, 2005)

Jednotka/zařízení	$Q_{i,s}$	O_1	O_2	O_3	G_s	A_i
Sklad HK1	16000	0,1	0,1	0,1	10000	0,002
Sklad HK2	20000	0,1	0,1	0,1	10000	0,002
Sklad HK3	7000	0,1	0,1	0,1	10000	0,001
Sklad tuhých hořlavých látek	75	0,1	0,1	0,1	10000	0,000
Sklad iniciátorů	3000	0,1	0,1	0,1	10000	0,000
Míchací kotel	500	1	0,1	0,1	10000	0,001
IBC hořlavé kapaliny II. tř.	1000	1	1	0,1	10000	0,010
Sud hořlavé kapaliny I. tř.	200	1	1	0,1	10000	0,002
Balení tuhé hořlavé látky	2	1	0,1	0,1	10000	0,000

Vzhledem k přítomným množstvím látek v posuzovaných jednotkách, zjištěným hodnotám indikačních čísel a rozměrům posuzovaného území bylo vyhodnoceno následné stanovení selektivních čísel jednotek jako bezpředmětné. Aplikovaná metoda výběru dle CPR-18E sice neurčila žádnou z posuzovaných jednotek k další analýze, umožnila však stanovit jejich prioritu podle hodnoty příslušného indikačního čísla. Za nejrizikovější lze považovat

procesní jednotky, s nimiž se manipuluje vně objektu na nádvoří a skladovací jednotky s nejvyšší projektovanou kapacitou.

V dalším kroku identifikace a výběru zdrojů rizika pro podrobnou analýzu byla aplikována screeningová metoda dle IAEA-TECDOC-727 postupem pro odhad následků havárie (tj. počtu fatálních případů v zasažené ploše) a následný odhad pravděpodobnosti výskytu závažné havárie fixního zařízení, který je založen na odhadu frekvence výskytu havárie v souvislosti s každou posuzovanou činností na základě střední hodnoty pravděpodobnosti se zohledněním vlivu korekčních faktorů. Její použití bylo opět limitováno poměrně malým množstvím látek přítomných v posuzovaných jednotkách a umožnilo přiřadit kódové označení účinků havárie pouze skladovacím jednotkám s projektovanou kapacitou > 10 tun hořlavých kapalin. Účinky havárie jednotek s menším množstvím hořlavých kapalin jsou touto metodou považovány za zanedbatelné. Naopak již v této fázi posouzení rizik bylo možno zohlednit také vznik toxických zplodin hoření, jako jeden z následků předpokládaného rozvoje scénáře závažné havárie (Tab. 7).

Tab. 7 – Klasifikace účinků závažné havárie (vlastní; IAEA, 1996)

Parametr	Sklad HK1 / Sklad HK2	
	Typ substance	hořlavá kapalina
Látkové vlastnosti	tenze par < 0,3 bar při 20°C	toxické zplodiny hoření
Upřesnění činnosti	jiná	z polymerů
Referenční číslo havárie	3	46
Množství [t]	10-50	10-50
Kód účinků havárie	AI	AII

V posuzovaném objektu se nenachází žádné potrubí pro transport nebezpečných látek vyjma rozvodů zemního plynu v kotelně a krátkého propojení výpusti míchacího kotle s výtlačným lisem v míchárně, které jsou však s ohledem na svůj průměr < 0,2 m vyňaty z působnosti použité metody pro hořlavé kapaliny a hořlavé plyny pod tlakem.

Postup porovnání maximální vzdálenosti účinku posuzovaných jednotek s jejich minimální vzdáleností od vymezené hranice dle modifikované selektivní metody BEVI nebyl v této fázi aplikován, neboť předpokládá použití specifického software SAFETI NL, který přímo modeluje na základě vstupních údajů rozsah zasažené plochy. Maximální vzdálenost účinku jednotky je pak definována vznikem 1 % fatálních případů pro průměrně se vyskytující třídu počasí (resp. nepříznivou třídu počasí v případě úniku toxické látky) a nejnepříznivější scénář, přičemž pro jednotky s menším množstvím nebezpečné látky se uvažuje okamžitý

únik celého objemu jednotky a pro objemnější jednotky kontinuální únik celého objemu jednotky po dobu 10 minut (RIVM, 2009).

Přemístění odhadu následků na životy a zdraví lidí z fáze analýzy rizik již do fáze identifikace a výběru zdrojů rizika se jeví jako velmi účelné, prakticky eliminuje možnost opomenutí významného zdroje rizika závažné havárie a může výrazně zefektivnit následný proces kvantitativní analýzy. Bez dostupného vyspělého softwarového nástroje byly tedy pro každou jednotku zváženy alespoň předpokládané nejméně příznivé scénáře rozvoje havárie, jejíž účinky by mohly přesáhnout hranice podnikového areálu.

6.3 Popis vybraných zdrojů rizika a mapové zobrazení jejich umístění

K provedení kvantitativní analýzy rizika závažné havárie v posuzovaném objektu byly na základě výsledků použitých selektivních metod a expertního odhadu vzdálenosti účinků havárie vybrány následující jednotky:

- Sklad HK2 (dále jen „jednotka č. 1“) byl vybrán jako reprezentant všech tří skladů hořlavých kapalin s nejvyšší projektovanou kapacitou (Obr. 3), u nichž lze předpokládat identický nejméně příznivý scénář rozvoje havárie – únik hořlavé kapaliny z jednoho obalu, iniciaci požáru a jeho rozšíření v celém prostoru skladu s možným doprovodným fyzikálním projevem *BLEVE* (výbuch způsobený roztržením natlakované nádoby obsahující kapalinu o teplotě vyšší než je její bod varu). Místnost se nachází na 1. NP nepodsklepeného, třípodlažního objektu z nehořlavé konstrukce, se vstupy oddělenými požárními uzávěry z prostoru nádvoří a chodby SO 01. Sklad tvoří samostatný požární úsek. Hořlavé kapaliny se zde skladují na paletách buďto v kovových sudech 200 l nebo v plastových kontejnerech IBC 1000 l, které se stohují maximálně dva na sebe. Ve skladu se manipuluje výhradně s původními obaly surovin pomocí vysokozdvížného vozíku v provedení do výbušného prostředí, nedochází zde k přelévání ani dávkování do menších obalů. Obaly však mohou být opatřeny vypustnými kohouty. Celý sklad je klasifikován jako prostor s nebezpečím požáru, výbušná zóna 0 je stanoveno pouze uvnitř obalů s hořlavými kapalinami. Sklad je vybaven přirozeným větráním i nucenou ventilací v provedení do výbušného prostředí, přenosným práškovým hasicím přístrojem 6 kg, detekcí prostorové teploty a výskytu kouře. Nucenou ventilaci lze spouštět manuálně nebo pomocí nastaveného programu, příp. je okamžitě spuštěna automaticky

při překročení prostorové teploty nad 35 °C. Podlaha je vyspádována do středu skladu s instalovanou záchytnou jímkou o objemu 2,5 m³.



Obr. 3 - Vybraná jednotka č. 1 (vlastní)

- Plastový kontejner IBC s hořlavou kapalinou II. třídy požární nebezpečnosti (dále jen „jednotka č. 2“), opatřený kovovou klecí včetně kovové palety a výpustného kohoutu, byl opět vybrán jako zástupce jednotek s nejvyšší mírou skutečné nebezpečnosti vyjádřenou indikačním číslem, s nimiž se manipuluje vně posuzovaného objektu na nádvoří (Obr. 4).



Obr. 4 - Vybraná jednotka č. 2 (vlastní)

Riziková činnost zahrnuje jak přemísťování suroviny vysokozdvížným vozíkem ze skladů HK1/HK2 do prostoru míchárny k navážce, tak vykládku z ložného prostoru přistaveného dopravního prostředku během zásobování. Nejméně příznivý scénář rozvoje havárie uvažuje okamžitý únik celého obsahu, iniciaci a požár hořlavé kapaliny. Dále je nezbytné zohlednit i vznik možného domino efektu, tedy přenos

požáru při vykládce na dopravní prostředek a zbytek nákladu. Nádvoří je navíc vyspádováno směrem ke kanalizační vpusti, což může zapříčinit únik nebezpečné látky nebo znečištěné hasební vody do kanalizace. Havarijní prostředky jsou uloženy ve skříni ADR na 1. NP administrativní budovy a obsahují mimo jiné bitumenový kryt kanalizační vpusti, pytel sorbentu 10 kg, igelitové pytle na odpad, lopatu a prostředky osobní ochrany pro zasahující zaměstnance.

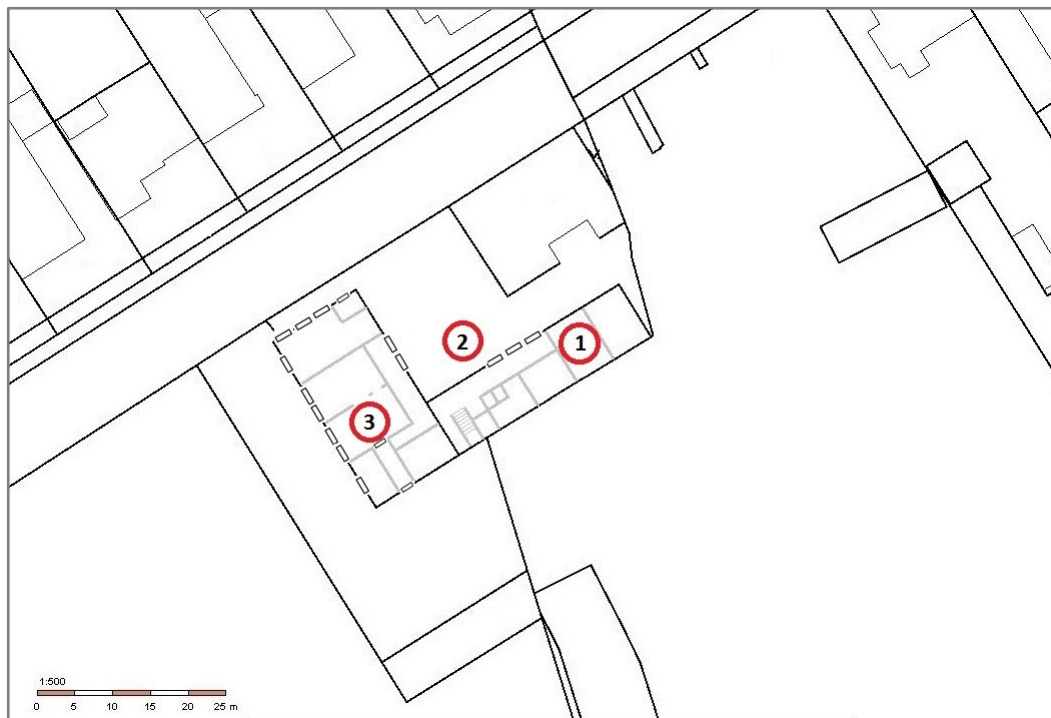
- Balení tuhé hořlavé látky (dále jen „jednotka č. 3“) představuje igelitový pytel, obsahující 2,1 kg práškové suroviny, která se manuálně dávkuje do vsázky v míchacím kotli v prostoru míchárny během výroby specifických šarží produktů (Obr. 5). Prach tuhé hořlavé látky tvoří se vzduchem výbušnou směs, přičemž výbušové parametry indikují jeho zařazení do třídy exploze St 2 (silná exploze).



Obr. 5 - Vybraná jednotka č. 3 (vlastní)

Předpokládaný nejméně příznivý scénář havárie pro tuto jednotku zahrnuje rozptýlení celého obsahu balení do pracovního ovzduší v prostoru míchárny, vytvoření prachovzdušné směsi v mezích své výbušnosti, její iniciaci a následný výbuch. Celý prostor míchárny je klasifikován jako prostředí s nebezpečím výbuchu pouze par hořlavých kapalin. Hlavní větev nucené ventilace je umístěna u podlahy, neboť výpary všech používaných organických rozpouštědel jsou těžší než vzduch. Dále bylo zjištěno, že během dávkování suroviny se nucená ventilace vypíná, aby vzhledem k nízké měrné hmotnosti tuhé látky nedošlo k rozvíření prachu, což může způsobit nárůst koncentrace par hořlavých kapalin v prostoru a vznik hybridní výbušné prachovzdušné směsi s přidanými parami hořlavých kapalin.

Vybrané zdroje rizika jsou umístěny jak uvnitř posuzovaného objektu, tak vně objektu na podnikovém nádvoří (Obr. 6).



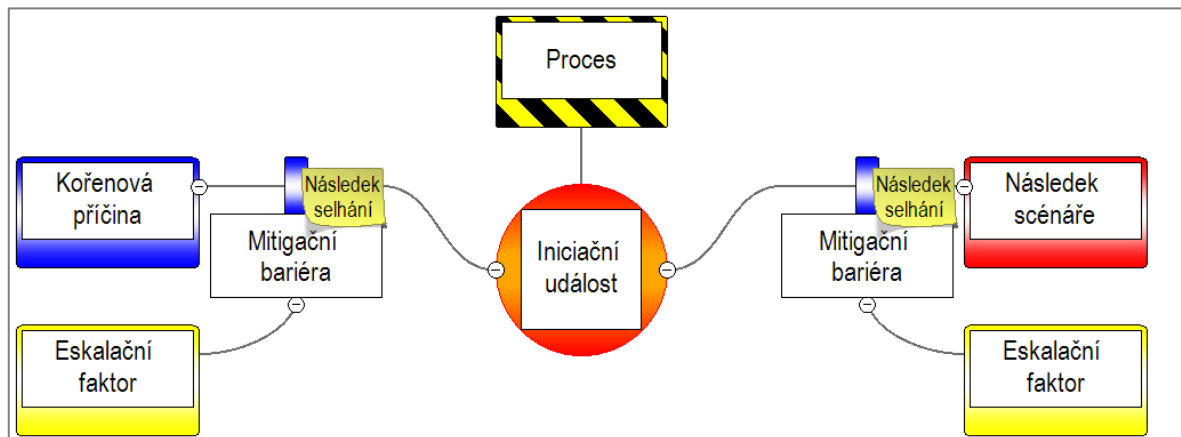
Obr. 6 - Umístění vybraných zdrojů rizika (vlastní)

Sklady tuhých hořlavých látek a iniciátorů nebyly k další analýze vybrány z důvodu velmi malého množství projektované kapacity 100 kg tuhých hořlavých látek, resp. 3 tuny organických peroxidů třídy E v koncentraci 50 % a umístění těchto samostatných požárních úseků na jiném podlaží než se nacházejí sklady hořlavých kapalin. Přenos požáru do prostor těchto skladů anebo uplatnění podpory hoření jsou tedy vysoce nepravděpodobné scénáře.

Co se týče vybrané jednotky č. 2, dle algoritmů modelovacího software ALOHA dojde při úniku a iniciaci hořlavé kapaliny II. třídy požární nebezpečnosti do volného prostoru mimo objekt pouze k požáru, neboť koncentrace nasycení par v okolí se bude nacházet pod dolní mezí výbušnosti. Tento předpoklad však neplatí v případě úniku hořlavé kapaliny I. třídy požární nebezpečnosti, jejíž výpary mohou po jistou dobu i na volném prostranství vytvářet se vzduchem směs v mezích její výbušnosti. Do příslušného modelu tak bude zahrnuta i varianta obsahující sud s hořlavou kapalinou I. třídy požární nebezpečnosti.

7 ANALÝZA RIZIK ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE V OBJEKTU

Vybrané jednotky byly dále postoupeny k provedení analýzy rizika závažné havárie v posuzovaném objektu s ohledem na posloupnost doporučených aktivit uvedených v certifikované metodice (VÚBP, 2016b). Deduktivní identifikace možných příčin vzniku iniciační události a induktivní stanovení scénářů rozvoje závažné havárie bylo pro každou jednotku sloučeno do grafického zobrazení výstupů z analytické techniky *Bow-Tie* (Graf 1).



Graf 1 - Logika grafického zobrazení scénářů rozvoje havárie (vlastní; BowTieXP)

Identifikované eskalační faktory mohou ovlivňovat mitigační bariéry jak negativně, tedy přispívat k jejich selhání, tak pozitivně ve smyslu zvýšení jejich účinnosti. Mitigační bariéry byly v tomto zobrazení doplněny o štítky, které popisují následek selhání bariér. Tato úprava techniky *Bow-Tie* umožnila pohlízet na selhání bariéry jako na mezilehlou událost v intencích sloučeného stromu poruch a událostí, přičemž absence hradel byla vykompenzována řazením bariér za sebe, resp. přidáním paralelních větví rozvoje příčin/následků.

7.1 Identifikace iniciačních událostí a jejich možných příčin

V rámci předběžné analýzy nebezpečí byly identifikovány iniciační události, během kterých může být uplatněn nebezpečný potenciál zdroje rizika a rozvojem této události může dojít k závažné havárii se specifickými účinky (Tab. 8). Zohledněny byly výstupy z brainstormingu týmu vedoucích zaměstnanců v posuzovaném objektu, informace z vyšetřování historických skoronehod a publikované generické údaje vztahující se ke scénářům možného rozvoje závažné havárie jednotek s přítomností hořlavých kapalin nebo výbušného prachu.

Tab. 8 - Přehled iniciačních událostí pro vybrané jednotky (vlastní)

Jednotka	Iniciační událost	Typ možné havárie	Účinky havárie
1	Požár celého skladu Okamžitý únik látky z IBC Fyzikální exploze látky v IBC	Pool Fire Flash Fire BLEVE Atmosférický rozptyl Únik do půdy/vody	Tepelná radiace Přetlak Rozlet fragmentů Toxická expozice Kontaminace složek životního prostředí
2	Okamžitý únik látky z IBC/sudu Fyzikální exploze látky v IBC/sudu	Pool Fire Flash Fire Atmosférický rozptyl Únik do půdy/vody	
3	Rozptýlení obsahu balení v ovzduší Samovznícení látky v balení Chemická exploze látky v balení	Exploze prachu Požár tuhých hořlavých látek Atmosférický rozptyl	

Iniciační události typu fyzikální/chemické exploze anebo samovznícení nebezpečné látky uvnitř původního uzavřeného obalu byly z důvodu extrémně nízké pravděpodobnosti z další analýzy vyloučeny. Nedojde-li k iniciaci požáru, okamžitý únik látky z IBC v jednotce č. 1 bude mít za následek pouze expozici toxickým výparům nebezpečné látky, která bude svedena do havarijní jímky. Tato iniciační událost byla tudíž v další analýze uvažována pouze jako možný faktor eskalace požáru celého skladu.

Situace a příčiny vzniku havárie, nacházející se vně posuzovaného objektu, mají na vznik iniciačních událostí vybraných procesních jednotek č. 2 a 3 omezený vliv a mohou působit významnější měrou pouze na skladovací jednotku č. 1. Jedná se o vnější příčiny přírodního původu nebo nebezpečné situace, které jsou důsledkem vnější lidské činnosti (Tab. 9, 10).

Tab. 9 - Vnější příčiny vzniku iniciačních událostí přírodního původu (vlastní)

Příčina	Možný důsledek
Atmosférická teplota, tlak	Bez závažného vlivu, jednotky jsou na působení faktorů dimenzovány
Atmosférické srážky	Bez výrazných následků, může urychlovat korozi nechráněných částí
Atmosférické výboje	Při závadě hromosvodu může dojít k poškození jednotky a požáru
Vichřice, tornáda	Extrémní projevy mohou způsobit poškození jednotky a únik látek
Záplavy, povodně	Extrémní projevy mohou způsobit poškození jednotky a únik látek
Stav podloží, seismicita	Bez závažného vlivu, oblast je seizmicky klidná
Fauna a flora v lokalitě	Bez vlivu, výjimečné poškození instalace při přemnožení lasicovitých
Vesmírná tělesa	Vysoce nepravděpodobné poškození pádem vesmírného tělesa

Charakter identifikovaných, víceméně obecných vnějších příčin vzniku havárie, prakticky neumožňuje uživateli posuzovaného objektu možné nežádoucí situace účinně ovlivňovat.

Tab. 10 – Vnější příčiny vzniku iniciačních událostí antropogenního charakteru (vlastní)

Příčina	Možný důsledek
Terorismus	Poškození nebo zničení jednotky, únik látek, požár nebo exploze
Požár nebo exploze v okolí	Možné poškození jednotky rozletem fragmentů, přenos požáru
Únik toxické nebo radioaktivní látky	Bez vlivu, není znám takový zdroj rizika v okolí objektu
Poškození produktovodů	Bez vlivu, v okolí není instalována infrastruktura tohoto typu
Dopravní nehoda	Možné poškození jednotky při nehodě, přenos požáru
Činnost hospodářských nebo vojenských objektů	Bez vlivu, v okolí se nenacházejí dotčené objekty
Důsledky důlní činnosti	Bez vlivu, v okolí se neprovádí těžba surovin
Pád letadla	Vysoce nepravděpodobné poškození nebo zničení jednotky, požár nebo exploze

Detailní analýza rizika vzniku iniciačních událostí byla následně zaměřena na posouzení nebezpečných situací a příčin, které se nacházejí uvnitř posuzovaného objektu. Vyhodnocení možných vnitřních příčin vedoucích ke vzniku iniciačních událostí bylo shrnuto v grafické podobě „levých křídel“ diagramů *Bow-Tie* (Příl. XVI, XVII a XVIII). Identifikovány byly nebezpečné situace, které mohou vzniknout zejména v důsledku selhání technologie, požárně-bezpečnostních zařízení, organizačních opatření a lidské chyby.

Pro odhad roční frekvence iniciačních událostí závažné havárie jednotky č. 2 ve variantě s IBC kontejnerem a jednotky č. 3 (8, 9) byly využity informace z vyhodnocení výskytu historických skoronehod:

$$F_{IU_{2,IBC}} = 8 \times 10^{-2} \quad (8)$$

$$F_{IU_3} = 4 \times 10^{-2} \quad (9)$$

Odhad roční frekvence iniciační události závažné havárie jednotky č. 2 ve variantě se sudem (10) byl stanoven na základě generických dat pro únik kompletního obsahu jednotky během manipulace dle metodiky CPR-18E (VROM, 2005):

$$F_{IU_{2,SUD}} = 1 \times 10^{-5} \quad (10)$$

Frekvence iniciační události havárie vybrané jednotky č. 1 nebyla určena, neboť pro následné stanovení výsledné roční frekvence výskytu havárie bude použita metoda odhadu na základě střední hodnoty pravděpodobnosti se zohledněním vlivu korekčních faktorů dle IAEA-TECDOC-727.

7.2 Identifikace možných scénářů rozvoje závažné havárie

Rozvoje scénářů od iniciační události přes mezilehlé události až do koncového stavu scénáře, který definuje účinky havárie, byly sestaveny do grafické podoby „pravých křídel“ diagramů *Bow-Tie* (Příl. XIX, XX, XXI). Využity byly informace o provozu, přítomnosti pasivních zmírňujících prvků, předpokládané reakci personálu a generická data (RIVM, 2009; CPR 1992), která charakterizují očekávané chování nebezpečných látek při havárii.

Uvažované scénáře (Tab. 11), u nichž byla s vysokou pravděpodobností vyloučena mortalita jako možný důsledek, a míru skupinového rizika scénáře závažné havárie podle vztahu (4) tudíž nelze vyjádřit, byly z dalšího posuzování výsledné roční frekvence vyloučeny.

Tab. 11 - Seznam uvažovaných scénářů rozvoje havárie (vlastní)

Jednotka	Iniciační událost	Scénář	Možné důsledky
1	Požár skladu hořlavých kapalin	S _(1,1)	Poškození zdraví/smrt/poškození objektu v důsledku tepelné radiace/přetlaku
		S _(1,2)	Poškození zdraví/smrt v důsledku toxické expozice zplodinám hoření
		S _(1,3)	Kontaminace splaškových vod hasební vodou
2	Okamžitý únik hořlavé kapaliny z IBC/sudu	S _(2,1)	Poškození zdraví/smrt/poškození objektu v důsledku tepelné radiace/toxické expozice zplodinám hoření
		S _(2,2)	Kontaminace splaškových vod uniklou látkou a poškození zdraví toxickou expozicí výparům
3	Rozptýlení plniva ve výrobním prostoru	S _(3,1)	Poškození zdraví/smrt/poškození objektu tepelnou radiací/přetlakem/fragmenty
		S _(3,2)	Poškození plic fibrogenním prachem
		S _(3,3)	Poškození objektu tepelnou radiací/přetlakem/fragmenty (v mimopracovní době)

Roční frekvence scénářů S_(1,1) a S_(1,2) budou vyjádřeny dle metodiky IAEA-TECDOC-727. Pro stanovení odhadu pravděpodobnosti koncových událostí scénáře S_(2,1) (Tab. 12) byla použita generická data určující pravděpodobnost okamžitého zapálení hořlavých kapalin dle metodiky CPR-18E (VROM, 2005).

Tab. 12 - Pravděpodobnost okamžitého zapálení (VROM, 2005)

Typ obalu a přítomné látky	Pravděpodobnost okamžitého zapálení
IBC s hořlavou kapalinou II. třídy požární nebezpečnosti	$P_{S(2,1)IBC} = 4,3 \times 10^{-3}$
Sud s hořlavou kapalinou I. třídy požární nebezpečnosti	$P_{S(2,1)SUD} = 6,5 \times 10^{-2}$

Odhad výsledné roční frekvence obou variant scénáře S_(2,1) (10, 11) byl vypočten pomocí vztahu (2):

$$F_{S(2,1)IBC} = 3,4 \times 10^{-4} \quad (10)$$

$$F_{S(2,1)SUD} = 6,5 \times 10^{-7} \quad (11)$$

Pro odhad výsledné roční frekvence koncových událostí scénáře $S_{(3,1)}$ (12) byla použita hodnota pravděpodobnosti iniciace prachovzdušné směsi $P_{S(3,1)} = 1 \times 10^{-3}$ (LR, 2019) a výsledek stanoven opět pomocí vztahu (2):

$$F_{S(3,1)} = 4 \times 10^{-5} \quad (12)$$

Dle metodiky CPR-18E se do kvantitativní analýzy zahrnují pouze havarijní události s frekvencí výskytu vyšší než 10^{-8} /rok (VROM, 2005). Tato podmínka je zcela v souladu s provedeným výběrem zdrojů rizika závažné havárie v posuzovaném objektu a odhadem výsledných ročních frekvencí koncových událostí uvažovaných scénářů.

7.3 Odhad následků identifikovaných scénářů

Pro získání předběžného odhadu rozsahu zasažené plochy a stupně nebezpečnosti vybraných jednotek byly nejprve vypočteny jejich indexy požáru a výbuchu dle metodiky F&E Index. Stanovení materiálového faktoru MF (Tab. 13) předcházelo určení zdravotního faktoru N_H , faktoru hořlavosti N_F , faktoru reaktivity N_R a indexu deflagrace K_{st} z bezpečnostních listů dotčených látek, příp. přepočtem zjištěných údajů podle klasifikace NFPA.

Tab. 13 - Stanovení materiálového faktoru (vlastní; AICHE, 1994)

Jednotka	Látka	N_H	N_F	N_R	K_{st}	MF
1	33	2	3	2	-	24
2 (IBC)	29	2	3	2	-	24
2 (sud)	18	1	3	0	-	16
3	X	1	3	0	240	21

Z výsledků vyplynulo, že nejvyšší stupeň nebezpečnosti vykazuje jednotka č. 3 (Tab. 14).

Tab. 14 - Určení stupně nebezpečnosti (vlastní; AICHE, 1994)

Jednotka	F&E Index	Pásmo F&E Indexu	Stupeň nebezpečnosti	Poloměr zasažené plochy [m]
3	161,28	159 a vyšší	Kritický	41,29
1	116,69	97 - 127	Střední	29,87
2 (IBC)	95,76	61 - 96	Mírný	24,51
2 (sud)	48,88	1 - 60	Nepatrný	12,51

Detailní výpočet přírážek k faktorům obecného nebezpečí a speciálních nebezpečí je uveden na jednotlivých formulářích F&E Indexů jednotek (Příl. XXII, XXIII, XXIV a XXV).

Odhad následků scénářů $S_{(1,1)}$ a $S_{(1,2)}$ na životy a zdraví lidí (Tab. 15) byl proveden pomocí metody IAEA-TECDOC-727 s využitím příslušných tabulkových údajů, vztažených k předpokládanému tvaru zasažené plochy, demografii střediskového sídla na venkově a referenčním číslům havárií. U následků tepelných účinků ohně se předpokládá 100% úmrtnost v zasažení oblasti, tepelný tok není v příručce brán do úvah. Pro toxické ohrožení se předpokládá 100% úmrtnost u osob nacházejících se déle než 30 minut v oblasti s koncentrací vyšší než LC_{50} pro člověka (IAEA, 1996).

Tab. 15 - Odhad mortality scénářů pro jednotku č. 1 (vlastní; IAEA, 1996)

Parametr/Scénář	$S_{(1,1)}$	$S_{(1,2)}$
Kód účinků havárie	AI	AII
Vzdálenost účinků havárie [m]	0-25	0-25
Zasažená plocha [ha]	0,2	0,1
Tvar zasažené plochy	kruhový	semikruhový
Hustota populace [osob/ha]	25	25
Osídlená část kruhové oblasti [%]	50	50
Korekční faktor distribuce obyvatel	0,5	1
Korekční faktor mitigace následků	1	0,05
Odhad počtu úmrtí [osob]	2,5	0,125

Kritéria a limitní hodnoty pro působení tepelných a toxických účinků během posuzování následků scénářů $S_{(2,1)IBC}$ a $S_{(2,1)SUD}$ na životy a zdraví lidí byla převzata z nastavení software ALOHA:

- vystavení tepelnému toku vyššímu než $10 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ po dobu méně než 1 minuta může být potenciálně letální, tepelný tok v rozmezí $5\text{-}10 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ způsobí při stejné době expozice popáleniny 2. stupně a tepelný tok v rozmezí $2\text{-}5 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ způsobí bolest,
- překročení příslušných odvozených úrovní expozic inhalační cestou způsobí akutní lokální/systémové účinky nebo chronické systémové účinky.

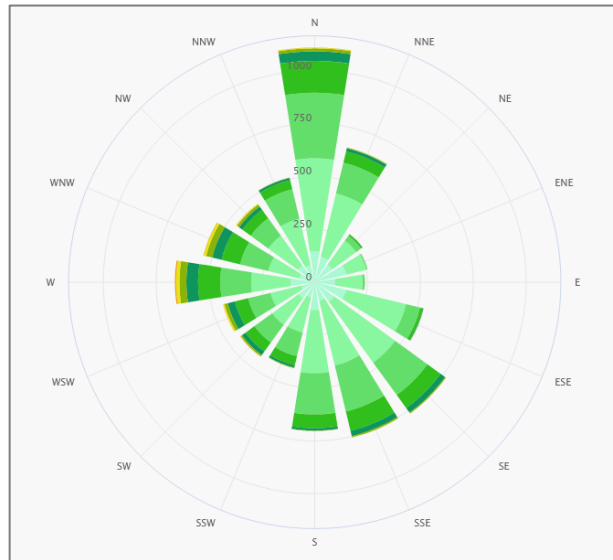
Pro vyjádření kumulativního procenta reagující populace, která pravděpodobně zemře následkem expozice tepelnou radiací, byla použita probitová funkce dle vztahu (13):

$$Pr = -36,38 + 2,56 \times \ln\left(I^{\frac{4}{3}} \times t\right) \quad (13)$$

kde I je intenzita tepelné radiace [W/m^2] a t doba expozice [s] (VROM, 2005).

Případný vliv povětrnostní situace byl zohledněn nastavením třídy stability počasí D, polojasného počasí, střední vlhkosti vzduchu o teplotě $15 \text{ }^\circ\text{C}$ a rychlosti $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ve výšce 3 m

a drsnosti povrchu odpovídající městské zástavbě. Z větrné růžice (Obr. 7) plyne, že v oblasti umístění posuzovaného objektu převládají větry severního směru. Vzhledem k tomu, že jižně od objektu se nenachází téměř žádná zástavba, uvažován byl jihovýchodní směr větru.



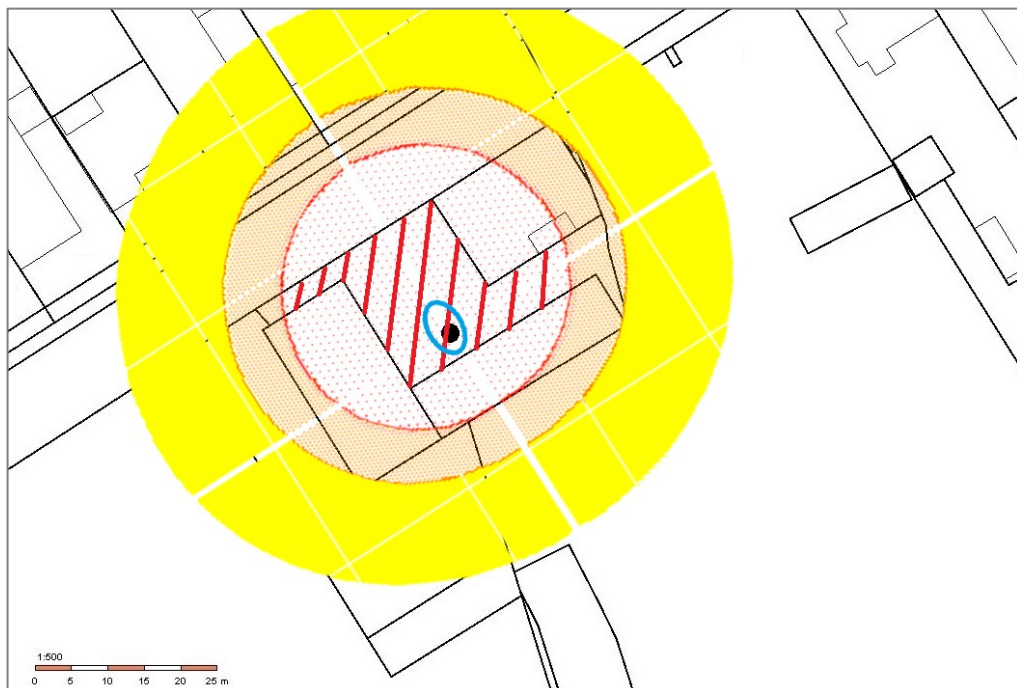
Obr. 7 - Větrná růžice (meteoblue.com)

Souhrn vstupních údajů a výstupních informací z modelování následků havarijních scénářů $S_{(2,1)IBC}$ a $S_{(2,1)SUD}$ je uveden v Příl. XXVI. V obou případech byl uvažován únik látky z příslušného obalu po uražení výpustného kohoutu, resp. proražením lyžinou motorového vozíku a vytvořením louže nebezpečné látky o maximálním průměru 10 metrů, což je limitováno vzdáleností místa havárie od kanalizační vpusti. Vzhledem k dojezdovému času jednotek požární ochrany v pásmu H_2 (do 15 minut) bylo předpokládáno, že v případě iniciace a nezvládnutí požáru v zárodku dojde k vyhoření celého uniklého množství látky. Rozsah účinku toxických zplodin hoření nebyl vzhledem k výsledkům odhadu mortality scénáře $S_{(1,2)}$ modelován, neboť v posuzované jednotce č. 2 je přítomno řádově nižší množství nebezpečné látky.

Referenční látka č. 29 bude unikat z IBC kruhovým otvorem o průměru 10 cm rychlostí $332 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1}$. Ve vzdálenosti méně než 10 metrů od místa havárie (Obr. 8, modrá linie) dojde k překročení úrovně $DNEL = 85 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, což může způsobit chronické toxické účinky inhalační cestou expozice. Překročení $DNEL = 289 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ pro iniciaci akutních toxických účinků látky inhalační cestou expozice model vyloučil. Předpokládá se zasažení pouze řidiče motorového vozíku. Bude-li překročen bod vzplanutí látky $t = 31 \text{ }^\circ\text{C}$ může dojít k iniciaci požáru typu *Pool Fire* na dlažbě nádvoří s dobou trvání cca 3 minuty. Explozi oblaku

hořlavých par model vyloučil z důvodu nedosažení potřebné koncentrace na úrovni dolní meze výbušnosti směsi nebezpečné látky se vzduchem.

Hranice potenciálně letálních účinků tepelné radiace požáru byla omezena na prostor nádvoří, který je obestavěn budovami a oddělen od místní komunikace zídou s posuvnou ocelovou branou (Obr. 8, červeně vyšrafovaná oblast). Ve vyznačeném růžovém mezikruží o vnějším poloměru 35 metrů může dojít k popáleninám 2. stupně a bolest může být pociťována v oblasti žlutého mezikruží s dosahem až do vzdálenosti 50 metrů po směru převládajícího větru od zdroje havárie (Obr. 8).



Obr. 8 - Tepelné a toxické účinky následků scénáře $S_{(2,1)IBC}$ vlastní; ALOHA)

Mortalita působením tepelné radiace mimo areál podniku byla vyloučena. Na zasaženém nádvoří byla vyjádřena kumulativní pravděpodobnost úmrtí nechráněných zaměstnanců $P \approx 0,71$, což zhruba odpovídá probitu $Pr \approx 5,54$ podle vztahu (13) po dosažení tepelného toku $I = 10 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ a doby expozice $t = 60 \text{ s}$, do které se předpokládá ukrytí zaměstnanců v přilehlých budovách a následná evakuace. Na nádvoří se průměrně pohybují dvě osoby, odhad počtu usmrcených osob byl tedy stanoven jako $N_{S(2,1)IBC} = 1,4$.

Únik referenční látky č. 18 ze sudu proraženým kruhovým otvorem o průměru 10 cm bude probíhat rychlostí $109 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$. Ve vzdálenosti 16 metrů po směru větru dojde k překročení $DNEL = 734 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Obr. 9, modrá linie), což může u zasažených osob způsobit chronické systémové účinky. Vzhledem k vyšší těkavosti této látky bude ve vzdálenosti do 10 metrů

od místa havárie překročena úroveň $DNEL = 1468 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Obr. 9, fialová linie) a mohou se projevit akutní lokální a systémové účinky nebezpečné látky. V případě vykládky tak může být zasažen kromě řidiče motorového vozíku také pracovník na ložném prostoru přepravního prostředku. Fatální následky toxických účinků nebyly předpokládány, neboť součástí postupů při evakuaci je taktéž poskytnutí předlékařské pomoci proškolenými zaměstnanci.



Obr. 9 - Tepelné a toxické účinky následků scénáře $S_{(2,1)SUD}$ vlastní; ALOHA)

Bod vzplanutí přítomné látky $t = -4 \text{ }^\circ\text{C}$ indikuje možnost snadné iniciace požáru typu *Pool Fire* na dlažbě nádvoří s dobou trvání cca 2 minuty. Explozi oblaku hořlavých par model vyloučil z důvodu nedosažení potřebné koncentrace na úrovni dolní meze výbušnosti směsi nebezpečné látky se vzduchem. Model potvrdil, že předpokládaný požár typu *Flash Fire* by nastal pouze v případě okamžitého úniku celého množství látky a její iniciaci, což je vzhledem ke konstrukci kovového sudu a povaze prováděné manipulace prakticky nemožné. Výskyt mortality způsobené tepelným tokem vně podnikového areálu byl opět vyloučen. S vysokou pravděpodobností bude zděnou příčkou a kovovými vraty odstíněn veškerý tepelný účinek případného požáru na okolní obyvatelstvo. S využitím identické hodnoty probitové funkce pro tepelnou radiaci jako v předchozí variantě tohoto scénáře a zohledněním zasažené plochy, která tvoří zhruba polovinu nádvoří, byl vyjádřen odhad počtu usmrcených osob z řad zaměstnanců posuzovaného objektu $N_{S(2,1)SUD} = 0,7$.

Pro odhad působení účinků tlakové vlny na člověka byla uvažována následující kritéria a limitní hodnoty přetlaku v dopadající vzdušné rázové vlně:

- při přetlaku <10 kPa je zranění působením tlakové vlny nepravděpodobné,
- přetlak 10-30 kPa způsobí lehká zranění osob, při přetlaku 15 kPa dojde k povalení stojící osoby,
- přetlak 30-150 kPa může způsobit těžké úrazy osob, při přetlaku 34 kPa dojde k prasknutí ušních bubínků,
- přetlak 150-200 kPa může způsobit smrtelná zranění (MAKOVIČKA, 2008).

Z důvodu nedostupnosti vhodného freeware pro modelování následků výbuchu prachovzdušných směsí byly předpokládány následky havarijního scénáře $S_{(3,1)}$ na životy a zdraví lidí odhadnuty pomocí výpočtů. Iniciační událost scénáře $S_{(3,1)}$ představuje únik celého množství referenční látky X z jednoho obalu o přesné hmotnosti $Q_m = 2,1$ kg. Za předpokladu dokonalého vzhonu látky do vzduchu v koncentraci odpovídající hranici dolní meze výbušnosti látky $c_{LEL} = 40$ g.m⁻³ vznikne bez vlivu proudění vzduchu oblak ve tvaru ideální polokoule s poloměrem $r \doteq 2,9$ m (14).

$$V = \frac{Q_m}{c_{LEL}}; r = \sqrt[3]{\frac{V}{\frac{2}{3} \times \pi}} \quad (14)$$

Bude-li v atmosféře přítomen kyslík v minimální objemové koncentraci 14 % a energie iniciačního zdroje přesáhne 3 mJ, dojde k výbuchu prachovzdušné směsi. Maximální výbuchový tlak prachu podobných polymerních plastů se pohybuje okolo hodnot $p_{max} = 8$ bar. Zohledněna byla skutečnost, že mikrokuličky látky X obsahují nespécifikovaný kapalný uhlovodík, který bude brizanci výbuchu zvyšovat, hodnota byla tedy navýšena na obvyklou úroveň maximálních výbuchových tlaků prachů klasifikovaných ve třídě exploze St2 (silná exploze), tj. $p_{max} = 10$ bar (GESTIS, 2020).

Výrobní halu lze považovat za kubickou nádobu, neboť je splněna podmínka poměru výšky a průměru nádoby $H/D < 2$. Ze znalosti objemu místnosti $V = 230$ m³, velikosti odlehčovací plochy $A = 8,2$ m², která je tvořena plochou oken v místnosti, za předpokladu, že okna budou vybořena již statickým otevíracím přetlakem $p_{stat} = 0,1$ bar (MAKOVIČKA, 2008) a veškeré požární uzávěry budou uzavřeny, byl vypočten maximální redukovaný přetlak v místnosti $p_{red,max}$ podle vztahu (15):

$$A = [3,264 \times 10^{-5} \times p_{max} \times K_{st} \times p_{red,max}^{-0,569} + 0,27 \times (p_{stat} - 0,1) \times p_{red,max}^{-0,5}] \times V^{0,753} \quad (15)$$

kde K_{st} je index deflagrace látky [$\text{bar}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] (MAKOVIČKA et al., 2008).

V místnosti se během uvažované výrobní fáze nachází jeden zaměstnanec. Zjištěný maximální redukovaný přetlak $p_{red,max} \doteq 37,6$ kPa indikuje vznik těžkých úrazů, obvykle poškození plic, sleziny nebo jater. Zcela jistě dojde k prasknutí ušních bubínek, mortalita z důvodu působení účinků tlakové vlny byla s vysokou pravděpodobností vyloučena. Vyloučit však nebylo možno smrt jako následek poškození stavebních konstrukcí výbuchovým přetlakem. Destrukce železobetonových stropních desek je možná již od přetlaku > 7 kPa (MAKOVIČKA, 2008). Odhad počtu usmrcených osob z řad zaměstnanců posuzovaného objektu byl stanoven $N_{S(3,1)} = 1$.

Hrubý odhad bezpečné vzdálenosti r doletu fragmentů skleněných výplní oken od epicentra výbuchu byl vypočten pomocí vztahu (16):

$$r = 120 \times m_{TNT}^{\frac{1}{3}} \quad (16)$$

kde m_{TNT} je ekvivalent hmotnosti TNT (Dvořák, 2020).

Energie výbuchu typických organických prachů je 3-5x vyšší než energie výbuchu ekvivalentního množství TNT (WOLAŇSKI, 1996). Bezpečná vzdálenost doletu fragmentů při výbuchu látky X v množství $Q_m = 2,1$ kg byla tedy určena v intervalu $r \doteq 222 - 263$ m (Obr. 10, červená linie).



Obr. 10 - Odhad vzdálenosti doletu fragmentů (vlastní)

Rozlet fragmentů bude částečně odstíněn řadovou zástavbou a samostatně stojícími obytnými domy. Předpokládaná oblast možného zasažení obyvatel fragmenty (Obr. 10, žluté segmenty), kde může dojít ke zranění úlomky skla s různým stupněm závažnosti, tvoří cca 50 % dotčené plochy. Bude-li při výbuchu dosaženo maximálního přetlaku $p_{max} = 10$ bar, může střední nárazová rychlost fragmentů dosáhnout hodnoty až $v = 100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (FLETCHER et al., 1980). Při zjednodušeném předpokladu, že průměrná hmotnost fragmentu bude $m = 0,02 \text{ kg}$ a rychlost nárazu klesá se vzdáleností od epicentra výbuchu lineárně až po úplné zastavení v průměrné vzdálenosti doletu 242,5 m, bylo zjištěno, že probitová funkce mortality osob v důsledku zasažení fragmenty z nadzemního výbuchu dle vztahu (17) dosahuje kladných hodnot pro vzdálenosti menší než cca 41 m od epicentra:

$$Pr = -38,83 + 2,08 \times \ln(m \times v^{5,115}) \quad (17)$$

kde m je hmotnost fragmentu v rozmezí $0,001 \leq m \leq 0,1 \text{ [kg]}$ a v rychlost nárazu $[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$ (OOS, 2019).

Smrtí může být např. při pobytu na podnikovém parkovišti ohrožena téměř polovina zasažených osob (odpovídá probitu $Pr \doteq 4,94$ ve vzdálenosti 10 m od epicentra). Vzhledem k omezenému výskytu osob na dotčené ploše včetně části přilehlého sportoviště nebyl vznik fatálních případů jako možný důsledek zasažení osob rozletem fragmentů uvažován.

Detailní odhad následků identifikovaných scénářů na zvířata, životní prostředí a majetek nebyl v rámci dodržení optimálního rozsahu této diplomové práce proveden. Ohrožení zvířat lze předpokládat především v oblastech zasažených zplodinami hoření, kde dojde taktéž ke kontaminaci ovzduší a půdy. Povrchové a podzemní vody mohou být ohroženy únikem nebezpečných látek nebo znečištěnou hasební vodou v důsledku rozvoje iniciačních událostí havarijních scénářů $S_{(1,1)}$ a obou variant $S_{(2,1)}$. Míra poškození budov a vybavení se bude odvíjet od působení stanovených hodnot tepelné radiace a výbuchového přetlaku. Výše uvedené následky (vyjma zvažované destrukce stropu u scénáře $S_{(3,1)}$) nemají reálný potenciál navýšit již provedené odhady smrtelných následků posuzovaných scénářů a jejich vliv na stanovení míry skupinového rizika a potažmo hodnocení přijatelnosti roční frekvence scénářů lze považovat za zanedbatelný.

Veškeré odhady byly zatíženy určitou mírou nejistot, plynoucí ze zjednodušených modelů fyzikálních jevů, odlišných kritérií a limitních hodnot rizikových faktorů uváděných v odborné literatuře a konstrukce probitových funkcí. Z těchto důvodů byly při stanovení následků posuzovaných scénářů uvažovány nejméně příznivé situace a nejpřísnější kritéria.

7.4 Odhad výsledné roční frekvence závažných havárií

Odhad výsledné roční frekvence závažných havárií jako následků identifikovaných scénářů $S_{(1,1)}$ a $S_{(1,2)}$ byl proveden metodikou IAEA-TECDOC-727 s využitím tabulkových hodnot příslušných korekčních faktorů dle charakteru posuzované jednotky č. 1 (Tab. 16).

Tab. 16 - Odhad výsledné roční frekvence I. (vlastní; IAEA, 1996)

Parametr/Scénář	$S_{(1,1)}$	$S_{(1,2)}$
Referenční číslo havárie	3	46
Kód účinků havárie	AI	AII
Střední hodnota pravděpodobnostního čísla	8	3
Korekce dle frekvence zatěžování	0	0
Korekce na bezpečnost hořlavé látky	0	0
Korekce vlivu organizačních opatření	0	0
Korekce vlivu směru větru	0	0,5
Výsledné pravděpodobnostní číslo	8	3,5
Frekvence havárie [počet událostí/rok]	$1 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-4}$

Odhad roční frekvence závažných havárií v důsledku ostatních posuzovaných scénářů se zjištěnou mortalitou $N_G > 0$ (Tab. 17) byl proveden pomocí vztahu (3).

Tab. 17 - Odhad výsledné roční frekvence II. (vlastní; VÚBP, 2016b)

Parametr/Scénář	$S_{(2,1)IBC}$	$S_{(2,1)SUD}$	$S_{(3,1)}$
Frekvence koncové události [počet událostí/rok]	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$6,5 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-5}$
Pravděpodobnost výskytu nebezpečné látky	1	1	0,15
Pravděpodobnost výskytu osob v lokalitě	1	1	1
Pravděpodobnost meteorologické situace	1	1	1
Frekvence havárie [počet událostí/rok]	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$6,5 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{-6}$

Pravděpodobnost výskytu nebezpečné látky ve scénáři $S_{(3,1)}$ byla odvozena z poměru skutečného výrobního času, během něhož byla látka X používána, a celkového počtu provozních hodin za rok 2020.

7.5 Stanovení míry skupinového rizika identifikovaných scénářů

Skupinová rizika identifikovaných scénářů byla určena dle vztahu (4):

- $R_{(1,1)} = \{S_{(1,1)}, Fh_{(1,1)}, N_{(1,1)}\} = \{S_{(1,1)}, 1 \times 10^{-8}, 2,5\} = 2,5 \times 10^{-8}$,
- $R_{(1,2)} = \{S_{(1,2)}, Fh_{(1,2)}, N_{(1,2)}\} = \{S_{(1,2)}, 3 \times 10^{-4}, 0,125\} = 3,8 \times 10^{-5}$,
- $R_{(2,1)IBC} = \{S_{(2,1)IBC}, Fh_{(2,1)IBC}, N_{(2,1)IBC}\} = \{S_{(2,1)IBC}, 3,4 \times 10^{-4}, 1,4\} = 4,8 \times 10^{-4}$,

- $R_{(2,1)SUD} = \{S_{(2,1)SUD}, Fh_{(2,1)SUD}, N_{(2,1)SUD}\} = \{S_{(2,1)SUD}, 6,5 \times 10^{-7}, 0,7\} = 4,6 \times 10^{-7}$,
- $R_{(3,1)} = \{S_{(3,1)}, Fh_{(3,1)}, N_{(3,1)}\} = \{S_{(3,1)}, 6 \times 10^{-6}, 1\} = 6 \times 10^{-6}$.

7.6 Posouzení vlivu lidského činitele

V rámci sdružené analýzy HTA-PHEA byla sestavena vizualizace struktury a vazeb úkolů a subúkolů dotčených pracovníků, které jsou prováděny za účelem dosažení cíle procesů, během nichž může dojít ke zvažovaným iniciačním událostem závažných havárií. Přepisem informací z úkolových diagramů a jejich detailnějším rozvedením byly získány strukturované popisy návrhů, obsahující definice problémů a doporučení týkající se daných subúkolů (Příl. XXVII, XXVIII a XXIX).

Následně byly ke každému ze subúkolů vybraných provozních jednotek přiřazeny relevantní chyby lidského činitele (Příl. XXX až XXXIV), které byly klasifikovány dle příslušného chybového módu:

- A - chyby činností,
- C - chyby kontroly a ověřování,
- R - chyby při získávání informací,
- S - chyby ve výběru,
- T - chyby ve sdělování a přenosu informací,
- P - chyby v plánování (Skřehot, 2011; software Analýza HTA-PHEA 1.1).

Pro každou potenciální chybu byla vyhodnocena pravděpodobnost jejího vzniku na základě kombinace generických dat, vyhodnocení skoronehod a expertního odhadu (dále jen „HEP“) a její možné následky. Vliv identifikovaných faktorů ovlivňujících výkon a spolehlivost lidského činitele (dále jen „PIF“) může být dále použit v rámci komplexního zhodnocení účinnosti přijatých opatření ke snižování rizika závažné havárie z pohledu lidské chybovosti.

Faktory PIF byly zjištěny v kategoriích označených římskými číslicemi:

- I – pracovní prostředí,
- II – charakteristiky pracoviště a prováděného úkolu,
- III – organizační a sociální faktory,
- IV – charakteristika pracovníka (Skřehot, 2011; software Analýza HTA-PHEA 1.1).

8 HODNOCENÍ RIZIK ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE V OBJEKTU

Na základě odhadů výsledné roční frekvence scénářů a předpokládané mortality bylo přistoupeno k vyhodnocení rizika závažných havárií v posuzovaném objektu dle obecně přijímané holandské metodiky. V celkovém hodnocení rizika objektu byla zohledněna úroveň jeho stávající bezpečnosti. Vliv parametrů umístění nebezpečných látek na celkové riziko závažné havárie v posuzovaném objektu byl vyhodnocen v rámci citlivostní analýzy metodou prosté obměny hodnot vstupních proměnných.

8.1 Hodnocení přijatelnosti roční frekvence scénářů

Ze získaných hodnot výsledné roční frekvence závažných havárií plyne nelogičnost frekvence následků scénáře $S_{(1,2)}$ v porovnání s frekvencí následků $S_{(1,1)}$. Je nemožné, aby byly exponované osoby zasaženy toxickými účinky zplodin hoření řádově častěji, než vůbec dojde k požáru posuzované jednotky, obzvláště když je odhad mortality frekventovanějšího scénáře nižší. Výsledek tak potvrzuje nevhodnost aplikace klasických selektivních metod v případě, že jsou posuzovány jednotky s relativně malým množstvím umístěné nebezpečné látky, a vysokou mírou nejistot generických údajů ve vztahu k takovým zdrojům rizika.

Přijatelnost roční frekvence identifikovaných scénářů (Tab. 18) byla posouzena podle vztahu (5). Rizika všech vybraných zdrojů byla vyhodnocena jako přijatelná.

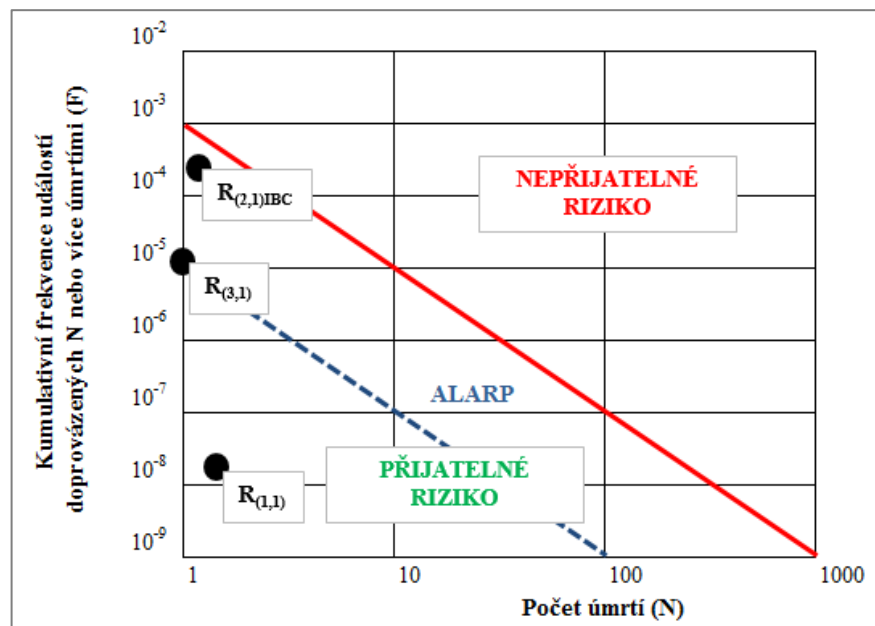
Tab. 18 - Vyhodnocení přijatelnosti roční frekvence scénářů (vlastní; VÚBP, 2016b)

Parametr/Scénář	$S_{(1,1)}$	$S_{(1,2)}$	$S_{(2,1)IBC}$	$S_{(2,1)SUD}$	$S_{(3,1)}$
Fh	$1 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$6,5 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{-6}$
N	2,5	0,125	1,4	0,7	1
Fp	$1,6 \cdot 10^{-4}$	nevyjádřeno	$5,1 \cdot 10^{-4}$	nevyjádřeno	$1 \cdot 10^{-3}$
Fh < Fp ?	ano	nehodnoceno	ano	nehodnoceno	ano

Účelem vyhodnocení přijatelnosti skupinového rizika dle holandské konvence je porovnat zjištěnou roční frekvenci scénáře s přijatelnou roční frekvencí závažné havárie o maximální hodnotě 10^{-3} (Graf 2). Porovnání četností vyšších hodnot, které by vznikly dosazením odhadu mortality menší než 1 osoba, se zjištěnými ročními frekvencemi scénářů, je bezpředmětné, protože následky těchto scénářů skupinové riziko nepředstavují.

Během hodnocení přijatelnosti roční frekvence havarijních scénářů bylo po konzultaci s týmem vedoucích pracovníků v posuzovaném objektu zjištěno, že stanovení frekvence vzniku iniciační události scénáře $S_{(3,1)}$ $F_{IUS} = 4 \cdot 10^{-2}$ dle evidence historických skoronehod

za uvažované referenční období 26 let nebylo adekvátní ke stanovení frekvence iniciační události varianty scénáře $S_{(2,1)IBC}$ za stejné období. Zatímco s obaly typu IBC se skutečně manipuluje po celou dobu existence podniku od jeho vzniku, přípravek obsahující látku X jako vstupní surovinu se vyrábí pouze 12 let. Odhad roční frekvence iniciační události byl následně korigován na hodnotu $F_{IU3} = 8,3 \cdot 10^{-2}$, což vedlo ke zjištěné roční frekvenci scénáře závažné havárie $F_{HS(3,1)} = 1,3 \cdot 10^{-5}$ a potažmo riziku $R_{(3,1)} = \{S_{(3,1)}, 1,3 \cdot 10^{-5}, 1\}$.



Graf 2 - Skupinové riziko identifikovaných zdrojů (vlastní)

Riziko závažné havárie $R_{(3,1)}$ se tedy nachází, podobně jako riziko $R_{(2,1)IBC}$ v podnikem stanovené oblasti dobrovolného snižování přijatelných rizik (Graf 2). Tato rizika je vhodné omezovat přijetím opatření v souladu s principem *ALARP*.

8.2 Celkové hodnocení rizika objektu

S ohledem na úroveň stávající bezpečnosti posuzovaného objektu, která již byla v oblastech technicko-technologických opatření, organizačních opatření a havarijní připravenosti posouzena v rámci kap. 5.5 lze konstatovat, že objekt je dostatečně zabezpečen proti vzniku požáru umístěných hořlavých kapalin, proti výbuchu par těchto látek a taktéž proti úniku nebezpečných látek do povrchových nebo podzemních vod. Zvýšenou pozornost je třeba věnovat zvyšování povědomí o rizikových faktorech prováděných činnostech u zaměstnanců. Nejrizikovější se jeví uplatnění havarijního scénáře $S_{(3,1)}$, neboť výbuch prachovzdušné směsi dosud nebyl jako zdroj rizika ohrožující bezpečnost objektu vůbec zvažován. Kritický

stupeň nebezpečnosti vybrané jednotky č. 3 dle vypočteného F&E Indexu navíc predikuje vysoké škody na majetku v případě vzniku závažné havárie.

8.3 Analýza citlivosti na změny parametrů umístění látek v objektu

Účelem citlivostní analýzy bylo přezkoumat případný negativní vliv změny parametrů umístění látek v posuzovaném objektu na celkové vyhodnocení rizika závažné havárie. Plánovaná změna užívání části administrativního objektu na sklad hořlavých kapalin II. třídy požární nebezpečnosti již byla zohledněna v rámci kap. 6.1. Nezařazení objektu do skupiny A nebo B dle zákona o prevenci závažných havárií tímto nebude dotčeno a nově vybudovaný sklad nepřesáhne kapacitně vybranou jednotku č. 1. Jiné úpravy skladovacích kapacit se nepředpokládají, zvažovány byly tedy následující možné změny parametrů umístění nebezpečných látek:

- změna balení látky č. 18 ze sudu na kontejner IBC,
- nárůst podílu přípravků obsahujících látku X na celkové roční produkci.

V případně prvně jmenované varianty byly opětovně modelovány možné následky scénáře $S_{(2,1)IBC}$ pro umístěnou látku č. 18. Výbuch hořlavých par model vyloučil, dosah zóny tepelné radiace vyšší než 10kW/m^2 z požáru typu *Pool Fire* byl odhadnut do vzdálenosti 19 metrů od jednotky. Analogické navýšení mortality jako u původního scénáře $S_{(2,1)IBC}$ s přítomnou látkou č. 29 vedlo k identické hodnotě výsledného rizika závažné havárie pro tento scénář. V případě požáru celého skladu dle scénáře $S_{(1,1)}$ by se referenční číslo havárie s ohledem na hodnotu tenze par látky č. 18 nezměnilo. Zvýšilo by se pouze riziko doprovodné exploze par vroucí kapaliny typu *BLEVE*, která by mohla ohrozit především zasahující jednotky požární ochrany. Případná změna balení látky č. 18 ze sudu na kontejner IBC by neměla významný vliv na celkové hodnocení rizika posuzovaného objektu. Navýšení výroby přípravků obsahujících v receptuře látku X na stoprocentní podíl celkové roční produkce by vedlo k hodnotě zjištěné roční frekvence scénáře $F_{S(3,1)} = 8,3 \cdot 10^{-5}$. Přemístění rizika závažné havárie jednotky č. 3 do oblasti nepřijatelného skupinového rizika by bylo možno pouze za předpokladu, že by odhadovaná mortalita dotčeného scénáře přesáhla tři osoby, což bylo provedenými odhady vyloučeno. Pokud by se ve výrobní hale nacházel během zvažované výrobní fáze větší počet zaměstnanců, příp. na přilehlém parkovišti by se pohybovalo více osob, mohl by být limitní počet smrtelných následků realizován. Tato situace je však vysoce nepravděpodobná, lze tedy konstatovat, že ani tato změna by neměla zásadní vliv na celkové hodnocení rizika závažné havárie v posuzovaném objektu.

9 PROJEKT MITIGACE RIZIKA VZNIKU ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE V POSUZOVANÉM OBJEKTU

V minulosti již bylo klasifikováno prostředí výrobní haly v posuzovaného objektu na prostory s nebezpečím výbuchu hořlavých par a byla zavedena režimová opatření proti možné iniciaci výbuchu včetně nainstalovaných vzduchotechnických zařízení a prvků pro odlehčení účinků tlakové vlny. Při zohlednění těchto skutečností a výstupů z analýzy rizika vzniku závažné havárie, byl navržen projekt snížení rizika vzniku prachovzdušné směsi používaného specifického plniva. Povaha výrobního procesu zvyšuje riziko vzniku hybridní směsi prachu a organických par, jejíž výbuchové parametry rostou a zároveň se snižuje i potřebná koncentrace prachu pro dosažení dolní meze výbušnosti. Toto riziko není ošetřeno v rámci stávajících požárně-bezpečnostních opatření v posuzovaném objektu.

9.1 Cíl a výstupy projektu

Cílem projektu bude snížení frekvence výskytu výbušné prachovzdušné směsi během výrobních činností. Zásadním výstupem projektu bude pořízení a instalace dávkovače sypkých materiálů v nevýbušném provedení, který nahradí manuálně prováděnou vsázku dotčené suroviny do výrobní šarže za hermeticky uzavřený proces, čímž dojde během manipulace k výraznému snížení rizika protržení obalu a následného nežádoucího rozptýlení prachu do pracovního ovzduší. Dosažení hlavního cíle projektu se bude opírat o realizaci pěti dílčích výstupů v oblastech aktualizace dokumentace, stanovení rozsahu nebezpečných zón, pořízení a instalace nového zařízení, aktualizace technologických a pracovních postupů a opětovného posouzení rizika vzniku výbušné prachovzdušné směsi. Z důvodu usnadnění komunikace nejen v rámci projektového týmu, ale také s ostatními zájmovými skupinami, byl sestaven logický rámec projektu (Příl. XXXV), který obsahuje základní parametry projektu při zohlednění vertikální logiky stromu cílů.

9.2 Charakteristika zájmových skupin

Zainteresované strany zahrnují všechny účastníky, kteří se podílejí na realizaci řešeného projektu a s výstupy projektu se musejí vypořádat. Zájmové skupiny jsou rozděleny podle významnosti na strany:

- primární:
 - majitelé podniku,
 - vlastní zaměstnanci,

- externí odborně způsobilé osoby,
- revizní technici,
- zaměstnanci dodavatelů zařízení,
- zaměstnanci přepravních společností,
- sekundární:
 - dotčená veřejnost v rozsahu modelované zóny zasažení účinkem havárie,
 - zaměstnanci orgánů státní správy (Hasičský záchranný sbor České republiky, Krajský úřad Zlínského kraje),
 - členové samosprávních orgánů podniku (představenstvo a dozorčí rada),
 - místní média,
 - případné nátlakové skupiny jakožto neformální zájmové skupiny.

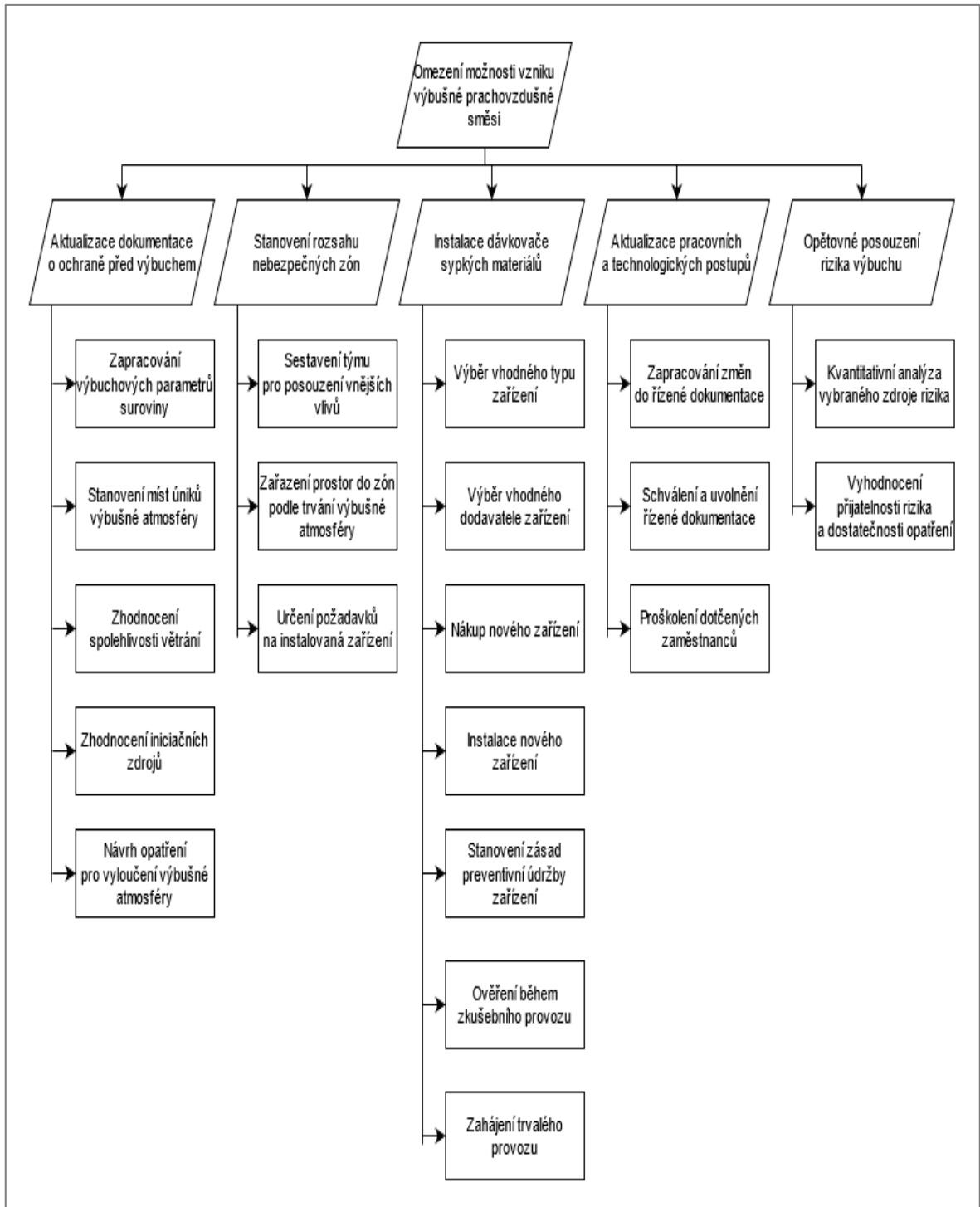
Mezi zájmové skupiny přísluší také manažer projektu spolu s projektovým týmem tvořeným vedoucími zaměstnanci dotčeného podniku, který je zodpovědný za plánování a realizaci projektu, čímž se rozumí dosažení cíle projektu.

9.3 Fáze projektu

Během předprojektové fáze byly projektovým týmem zkoumány příležitosti pro navrhovaný projekt a zároveň byl záměr posouzen jako proveditelný v daném čase a daném rozsahu. Nezbytným předpokladem realizace projektu bylo uzavření dohody s dodavatelem dotčené suroviny, která bude nově dodávána striktně v balení o obsahu 2,1 kg. Velikost šarží hotové produkce byla následně upravena tak, aby bylo možno do každé receptury nadávkovat obsah předepsaného počtu celých balení, což umožní použití dávkovače sypkých materiálů, který vyčerpá vždy kompletní obsah jednoho balení.

Realizační fáze projektu zahrnuje postupné dosažení pěti dílčích výstupů, přičemž hranice projektu byly vymezeny hierarchickým rozkladem cíle projektu (dále jen „WBS“), jakožto klíčovým dokumentem realizace projektu, s přihlédnutím ke vzájemným vztahům mezi projektovými aktivitami, potřebnými pro dosažení jednotlivých výstupů (Obr. 11).

Rozpis položek WBS byl dále rozpracován doplněním o dodatečná akceptační kritéria výstupů. Zodpovědnost za jejich předložení v požadovaném termínu byla udělena určeným garantům dílčích výstupů projektu z řad externích a interních pracovníků (Tab. 19).



Obr. 11 - Work Breakdown Structure (vlastní)

Poprojektová fáze bude zahrnovat zpětné vyhodnocení, zda skutečně nastal očekávaný přínos definovaný cílem projektu a případnou realizaci trvalých opatření, včetně zhodnocení dopadu změn pracovních a technologických postupů na produktivitu práce, poněvadž tato oblast není v projektu řešena.

Veškeré vazby mezi aktivitami projektu jsou typu „konec-začátek“, čili předcházející aktivita musí skončit, aby následující mohla začít, což je zřejmé i z pruhového diagramu grafického znázornění naplánovaných aktivit v čase (Příl. XXXVI).

Tab. 20 - Doby trvání a předchůdci aktivit (vlastní; ProjectLibre)

Č.	Aktivita	Trvání	Začátek	Konec	Předchůdci
1	Zahájení projektu	-	6.1.2021	-	-
2	Zpracování výbuchových parametrů suroviny	1 den	6.1.2021	6.1.2021	1
3	Stanovení míst úniků výbušné atmosféry	2 dny	7.1.2021	8.1.2021	2
4	Zhodnocení spolehlivosti větrání	1 den	11.1.2021	11.1.2021	3
5	Zhodnocení iniciačních zdrojů	3 dny	12.1.2021	14.1.2021	4
6	Návrh opatření pro vyloučení výbušné atmosféry	5 dní	15.1.2021	21.1.2021	5
7	Sestavení týmu pro posouzení vnějších vlivů	2 dny	19.1.2021	20.1.2021	1
8	Zařazení prostor do zón podle trvání výbušné atmosféry	1 den	21.1.2021	21.1.2021	5; 7
9	Určení požadavků na instalovaná zařízení	1 den	22.1.2021	22.1.2021	6; 8
10	Výběr vhodného typu zařízení	5 dní	25.1.2021	29.1.2021	9
11	Výběr vhodného dodavatele zařízení	3 dny	1.2.2021	3.2.2021	10
12	Nákup nového zařízení	5 dní	4.2.2021	10.2.2021	11
13	Instalace nového zařízení	3 dny	16.2.2021	18.2.2021	12
14	Stanovení zásad preventivní údržby zařízení	1 den	11.2.2021	11.2.2021	12
15	Ověření během zkušebního provozu	3 dny	19.2.2021	23.2.2021	13; 19
16	Zahájení trvalého provozu	3 dny	25.2.2021	1.3.2021	15
17	Zpracování změn do řízené dokumentace	3 dny	12.2.2021	16.2.2021	10; 14
18	Schválení a uvolnění řízené dokumentace	1 den	17.2.2021	17.2.2021	17
19	Proškolení dotčených zaměstnanců	1 den	18.2.2021	18.2.2021	18
20	Kvantitativní analýza vybraného zdroje rizika	3 dny	24.2.2021	26.2.2021	15
21	Vyhodnocení přijatelnosti rizika a dostatečnosti opatření	1 den	1.3.2021	1.3.2021	20
22	Ukončení projektu	-	-	1.3.2021	16; 21

Pozn.: Doba trvání aktivity č. 7 byla po vyřešení konfliktu zdrojů již upravena (viz kap. 9.5). Doby trvání aktivit zahrnují odpovídající počet pracovních dnů v týdnu.

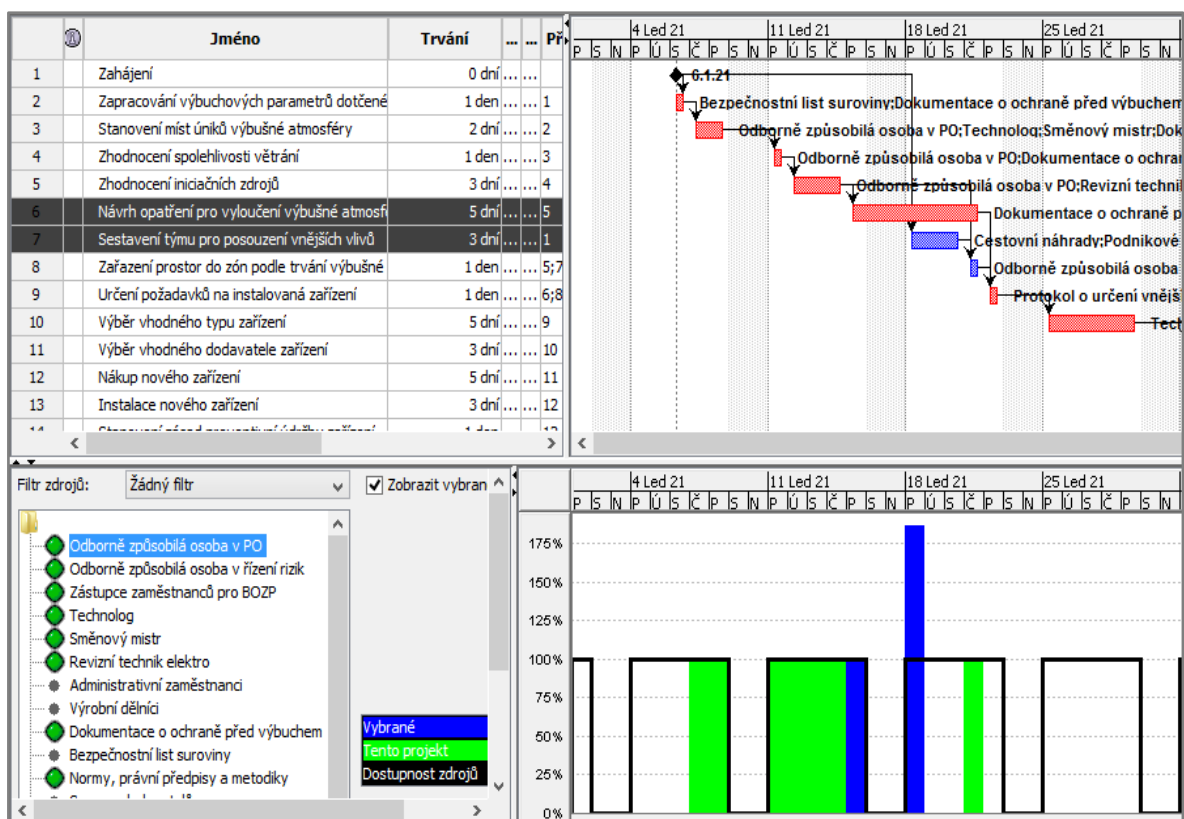
Všechny aktivity, jejichž provedení je nezbytné k dosažení dílčích výstupů č. 1, 4 a 5, leží na kritické cestě a jejich zpoždění by se promítlo do zpoždění projektu jako celku.

9.5 Zdroje projektu

Přidělené zdroje pro jednotlivé aktivity byly v souladu s možnostmi software ProjectLibre rozříděny do dvou typů pracovní/materiálové a pro účely pozdějšího sestavení struktury rozpisu zdrojů (dále jen „RBS“) blíže charakterizovány popisem skupiny.

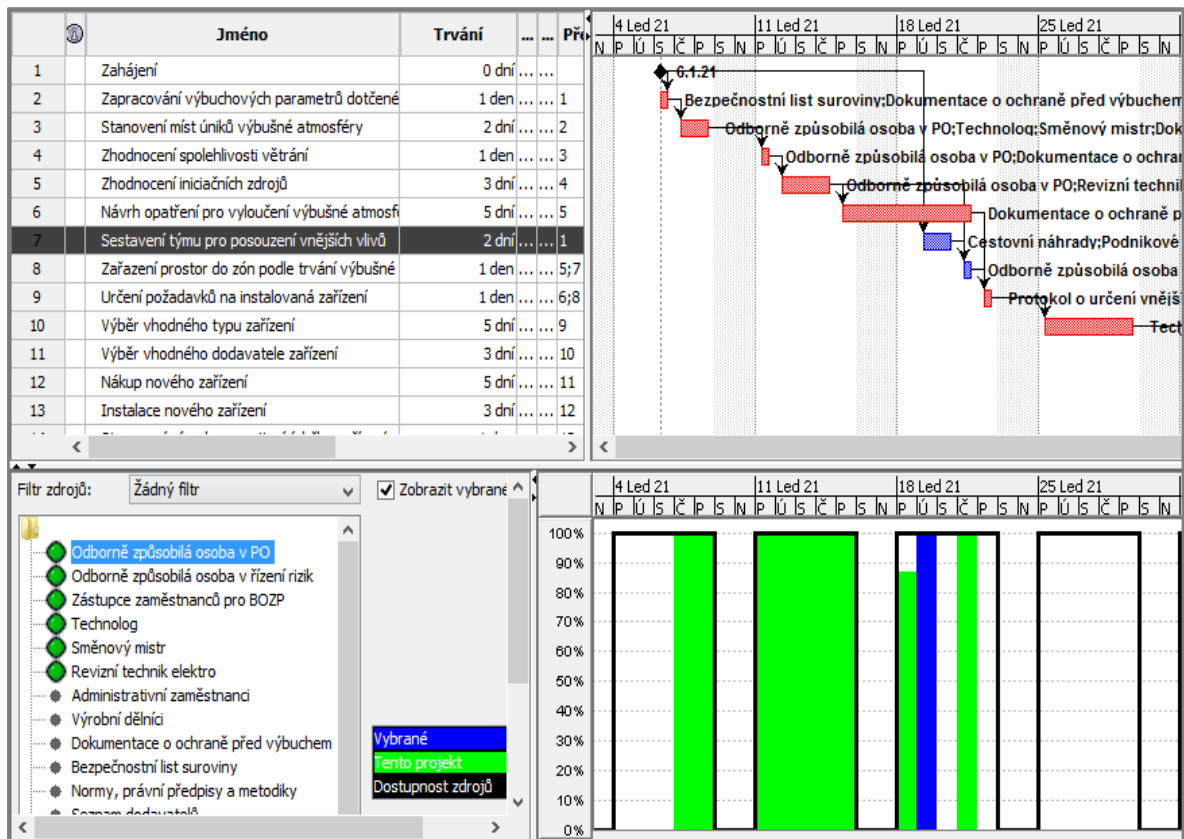
Pracovní zdroje zahrnují jak externí odborně způsobilé osoby a revizní techniky, tak dotčené interní zaměstnance, přičemž náklady projektu na výkon interních zaměstnanců nejsou uvažovány, neboť vlastní pracovníci budou aktivity provádět v rámci svých standardních pracovních činností. Podobně byly vyčísleny přímé náklady pouze na takové typy materiálových zdrojů, které budou nově pořizovány, anebo přímo souvisí s průběhem nových instalací. Stávající vybavení a dokumentace projekt nezatíží žádnými dodatečnými režijními náklady.

Při kontrole optimálního přidělení zdrojů byl nalezen konflikt zdrojů (Obr. 12) v oblasti vytížení externích pracovních zdrojů, které byly přiděleny současně probíhajícím aktivitám k dosažení výstupů č. 1 a č. 2.



Obr. 12 - Konflikt zdrojů (vlastní; ProjectLibre)

Řešením bylo buďto prodloužení aktivity č. 6 nebo naopak zkrácení aktivity č. 7 o jeden pracovní den. Vzhledem k tomu, že aktivita č. 6 leží na kritické cestě, bylo přistoupeno k vyrovnání zdrojů zkrácením aktivity č. 7 (Obr. 13) a tento zásah do harmonogramu projektu byl projektovým týmem vyhodnocen jako přiměřený.



Obr. 13 - Vyrovnání zdrojů (vlastní; ProjectLibre)

Celková doba realizace projektu se tedy snížila na 47 dnů, přičemž délka kritické cesty zůstala beze změn.

9.6 Riziková analýza projektu

Analýza rizik navrhovaného projektu byla provedena pomocí empirické semikvantitativní metody RIPRANTM, která podporuje systematické provedení jednotlivých kroků procesu posouzení rizik. V rámci fáze přípravy analýzy rizika se projektový tým podrobně seznámil s principy použité metody, zajistil potřebné podklady a dohodl se na způsobech prezentace výstupů.

9.6.1 Identifikace rizika

Cílem identifikace rizik bylo nalezení hrozeb a scénářů, které mezi sebou vykazují kauzální vztah příčina-důsledek. Prostřednictvím metody brainstormingu identifikovali členové projektového týmu celkem sedmáct dvojic typu hrozba-scénář (Tab. 21).

Tab. 21 - Seznam dvojic hrozba-scénář (vlastní)

Č.	Hrozba	Scénář
Oblast nedodržení harmonogramu		
1	Vyčerpání odborně způsobilých osob	Nezdaří se sestavit komisi v termínu
2	Nedostatečnost podkladů	Nutnost doplnění podkladů
3	Zařízení nebude skladem	Prodloužení dodací lhůty
4	Nedodělky a vícepráce	Prodloužení doby instalace
5	Vyčerpání vlastních zaměstnanců	Opožděná aktualizace dokumentace
6	Dlouhodobé onemocnění	Nezastupitelnost zaměstnanců
7	Nekompetentnost zaměstnanců	Prodloužení doby zaškolení
Oblast nedostatečnosti rozpočtu		
8	Vysoké ceny inženýrských činností	Sazby budou o 20 % vyšší, než je rozpočtováno
9	Vysoká cena zařízení	Cena bude vyšší, než stanoví rozpočet
10	Požadavky vlastních zaměstnanců	Nárokování odměn za provedenou práci navíc
11	Vynucení neplánovaných investic	Nutnost zásadní změny vybavení nebo prostředí
12	Nízká finanční rezerva projektu	Rezerva nedosáhne alespoň 15 % celk. nákladů
Oblast nevyhovující kvality výstupů		
13	Aktivní zapojení zaměstnanců	Nízké pracovní nasazení a kvalita práce
14	Nevalná odborná erudice	Nedostatečná a nepřiměřená dokumentace
15	Nevyhovující parametry zařízení	Nemožnost zahájení trvalého provozu
16	Nedodržování technologických postupů	Nesnížení, příp. navýšení rizika havárie
17	Nedostatečné postupy údržby	Omezená pohotovost zařízení

Dvojice hrozba-scénář byly pro přehlednost rozříděny podle svého charakteru do oblastí odpovídající příslušnému aspektu projektového trojimperativu.

9.6.2 Kvantifikace rizika

Verbální hodnocení rizik bylo provedeno pomocí klasifikační soustavy 3x3x3 (Tab. 22).

Tab. 22 - Klasifikační soustava 3x3x3 (LACKO, 2001)

Třída pravděpodobnosti	Označení	Popis
Vysoká pravděpodobnost	VP	> 66 %
Střední pravděpodobnost	SP	33-66 %
Nízká pravděpodobnost	NP	< 33 %
Třída dopadu na projekt	Označení	Popis
Velký nepříznivý dopad	VD	- ohrožení cíle nebo termínu projektu, - překročení celkového rozpočtu projektu, - škoda přes 20 % celkové hodnoty projektu
Střední nepříznivý dopad	SD	- škoda 0,51 - 19,5 % celkové hodnoty projektu, - ohrožení termínu/zdrojů některé dílčí činnosti
Malý nepříznivý dopad	MD	- škody do 0,5 % celkové hodnoty projektu, - dopady vyžadující zásahy do plánu projektu
Třída hodnoty rizika	Označení	Kombinace pravděpodobnosti a dopadu
Vysoká hodnota rizika	VHR	VP/VD, VP/SD, SP/VD
Střední hodnota rizika	SHR	VP/MD, SP/SD, NP/VD
Nízká hodnota rizika	NHR	SP/MD, NP/SD, NP/MD

Přiřazení třídy hodnoty rizika se poté odvíjelo od kombinace příslušné třídy pravděpodobnosti a určené třídy dopadu na projekt. Oceněním rizik identifikovaných

kauzálních dvojic bylo zjištěno (Tab. 23), že v projektu se vyskytují dvě rizika s vysokou hodnotou, sedm rizik střední hodnoty a osm rizik nízké hodnoty.

Tab. 23 - Vyjádření hodnot rizika (vlastní dle LACKO, 2001)

Č.	Hrozba	Scénář	P	D	R
1	Vytiženost OZO	Nezdaří se sestavit komisi v termínu	SP	SD	SHR
2	Nedostatečnost podkladů	Nutnost doplnění podkladů	NP	SD	NHR
3	Zařízení nebude skladem	Prodloužení dodací lhůty	SP	SD	SHR
4	Nedodělky a vícepráce	Prodloužení doby instalace	NP	SD	NHR
5	Vytiženost vlastních zaměstnanců	Opožděná aktualizace dokumentace	SP	SD	SHR
6	Dlouhodobé onemocnění	Nezastupitelnost zaměstnanců	NP	VD	SHR
7	Nekompetentnost zaměstnanců	Prodloužení doby zaškolení	NP	SD	NHR
8	Vysoké ceny inženýrských činností	Sazby budou o 20 % vyšší, než je rozpočtováno	NP	SD	NHR
9	Vysoká cena zařízení	Cena bude vyšší, než stanoví rozpočet	SP	VD	VHR
10	Požadavky vlastních zaměstnanců	Nárokování odměn za provedenou práci navíc	NP	MD	NHR
11	Vynucení neplánovaných investic	Nutnost zásadní změny vybavení nebo prostředí	NP	VD	SHR
12	Nízká finanční rezerva projektu	Rezerva nedosáhne alespoň 15 % celkových nákladů projektu	NP	VD	SHR
13	Aktivní zapojení zaměstnanců	Nízké pracovní nasazení a kvalita práce	NP	SD	NHR
14	Nevalná odborná erudice	Nedostatečná a nepřiměřená dokumentace	NP	SD	NHR
15	Nevyhovující parametry zařízení	Nemožnost zahájení trvalého provozu	NP	VD	SHR
16	Nedodržování technologických postupů	Nesnížení, příp. navýšení rizika havárie	SP	VD	VHR
17	Nedostatečné postupy údržby	Omezená pohotovost zařízení	NP	SD	NHR

Pozn.: P - pravděpodobnost, D - dopad na projekt, R - hodnota rizika

Rizika nízké hodnoty lze jako jediná bez dalších opatření akceptovat při užití pouze operativních zásahů v průběhu implementace projektu.

9.6.3 Návrh opatření ke snížení rizik

Po provedení kvantifikace rizik stanovil projektový tým soubor opatření k jejich snížení na nízkou hodnotu se zohledněním nezbytných nákladů, odpovědných osob a případné hodnoty příležitosti (Příl. XXXVII), přičemž určil následující postupy jejich vypořádání:

- opatření k mitigaci rizik střední hodnoty s vysokou pravděpodobností scénáře (č. 1, 3 a 5) budou doplněna do plánu projektu jako rozšíření stávajících aktivit (č. 7, 12 a 15),

- opatření k mitigaci rizik střední hodnoty s vysokým dopadem (č. 6, 11 a 12) budou přesunuta k realizaci v rámci předprojektové fáze, vyjma opatření ke snížení rizika č. 15, které rozšíří stávající projektovou aktivitu č. 9,
- opatření k mitigaci rizika vysoké hodnoty č. 9 je nutno provést před rozhodnutím o spuštění projektu, neboť samotná realizace projektu tím může být vyloučena,
- opatření k riziku č. 16 bude realizováno průběžně a trvale, včetně poprojektové fáze.

9.6.4 Celkové zhodnocení rizika projektu

Pro záměry ovlivňující technologii výroby stanovil investor akceptovatelnou hodnotu rizika projektů pouze na úrovni nízkého rizika. Navrhovaná opatření snižují výslednou hodnotu všech identifikovaných rizik na nízkou hodnotu a celkové riziko projektu tedy koresponduje s akceptovatelnou hodnotou rizika.

9.7 Rozpočet projektu

Odhad nákladů projektu byl proveden pomocí metody odhadování shora dolů na základě podobností s již dříve realizovanými projekty. Rozložení rozpočtovaných položek ve vztahu k nákladům na typ zdroje projektu je uveden ve struktuře RBS (Příl. XXXVIII).

Uvažovaný rozpočet závěrem nebude nutno s ohledem na opatření ke snížení projektového rizika č. 12 navyšovat, neboť rezerva původního návrhu činila 23,7 % celkových odhadovaných nákladů projektu. Náklady na externí pracovní zdroje, které tvoří kromě nákladů na pořízení a instalaci nového zařízení nejvyšší položky rozpočtu projektu, budou čerpány dle finančního plánu při dodržení vazby na WBS (Tab. 24).

Tab. 24 - Finanční plán čerpání výdajů na externí pracovní zdroje (vlastní)

WBS/Zdroj	OZO Požární ochrana		OZO Řízení rizik		Revizní technik elektro	
	hod.	Kč	hod.	Kč	hod.	Kč
1.2	16	6400				
1.3	8	3200				
1.4	24	9600			24	7200
1.5	15	5980	15	5980	15	4485
2.1	8	3175	8	3175	8	2381
2.2	8	3200	8	3200	8	2400
4.1			6	2400		
5.1			24	9600		
5.2			8	3200		
Celkem	79	31555	69	27555	47	16466

Mírná nedostatečnost rozpočtu v oblasti financování externích pracovních zdrojů bude kompenzována vysokou rezervou v oblasti financování materiálových zdrojů.

9.8 Průběžné vyhodnocení projektu

Navrhovaný projekt byl investorem schválen, termín jeho realizace byl však odsunut na počátek měsíce února 2021 z důvodu dlouhodobé nemocnosti klíčových zaměstnanců. V současné době (12. týden 2021) se projekt nachází v etapě zkušebního provozu instalovaného zařízení (Obr. 14), čili dílčích výstupů č. 1, 2 a 4 již bylo dosaženo.



Obr. 14 - Membránové čerpadlo (graco.com)

Použité zařízení je konstruováno pro provoz v prostředí s nebezpečím výbuchu a je poháněno tlakovým vzduchem. Celá instalace zahrnuje propojení čerpadla hadicí ukončenou převlečnou maticí, která se připojuje k průzoru na míchacím stroji, přičemž hadice ze sací strany čerpadla se zasouvá do pootevřeného obalu suroviny.

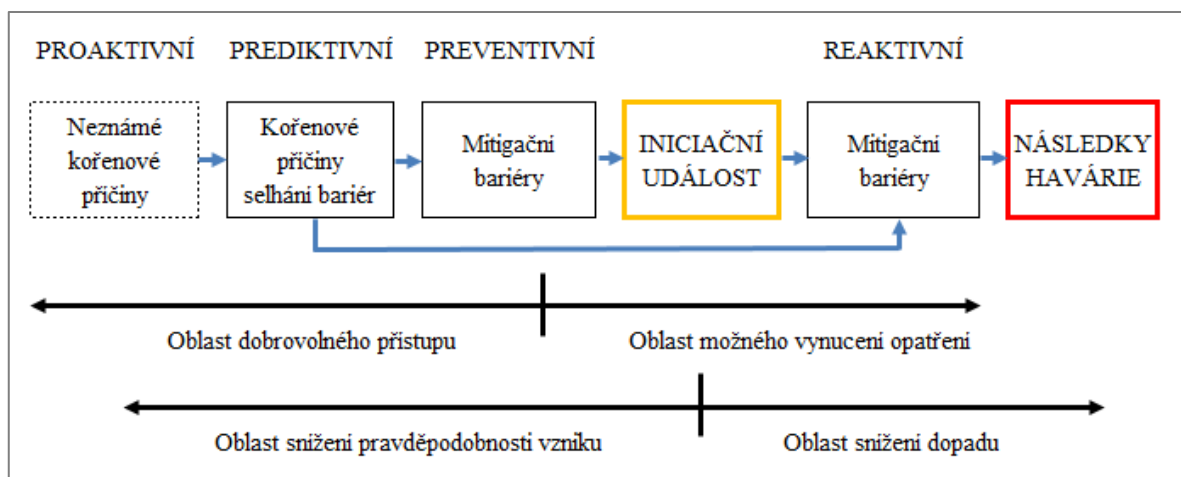
Nucená ventilace na pracovišti může být během vsázky suroviny v chodu, neboť zviření prachu je v tomto uzavřeném okruhu vyloučeno. Riziko úsypů a poškození obalu, které provázelo manuální dávkování, bylo výrazně sníženo a existují tedy předpoklady, že přínos projektu bude naplněn.

10 NÁVRH TECHNIKY PRO ANALÝZU KOŘENOVÝCH PŘÍČIN VZNIKU INICIAČNÍ UDÁLOSTI

Charakter činností provedených v rámci analyticko-empirické části této práce potvrdil, že k problematice prevence vzniku závažných havárií je nezbytné přistupovat systematicky a procesně. Rozsah systému prevence závažných havárií je v současnosti nastaven dostatečně komplexně (Příl. P III), dílčí úprava pro zvýšení jeho efektivity byla navržena s ohledem na relace mezi aktivitami v procesu analýzy rizika závažné havárie.

Zatímco rozvoj havarijního scénáře od iniciační události přes mezilehlé události až do jeho koncového stavu lze úspěšně popsat na základě znalosti průběhu fyzikálních jevů a rozsahu konkrétních mitigačních bariér v posuzovaném objektu, analýza příčin vzniku iniciační události již tak jednoznačná není. Nebezpečné situace vně objektu, které mohou vést k iniciační události, budou pro posuzované objekty víceméně identické, vyjma možného domino efektu v závislosti na stupni industrializace okolí. Možnost efektivně a účinně řídit riziko vzniku závažné havárie se tak přesouvá především do oblasti řízení situací a příčin vzniku iniciační události nacházejících se uvnitř objektu.

Podobně, jako provozuschopnost u technických systémů, zajišťuje vhodná „koncepte údržby“ kvalitu systému prevence závažných havárií (Obr. 15).



Obr. 15 - Přístup k zajištění systému prevence havárií (vlastní)

Aniž by byla jakkoli popírána důležitost havarijní připravenosti a aktivních prvků ochrany pro potlačení rozvoje závažné havárie, upínání pozornosti výlučně na tyto mitigační bariéry představuje koncept pouhé reaktivní údržby. Žádoucí posun přístupu k zajištění systému prevence závažných havárií k analýze kořenových příčin selhání bariér je zcela otázkou

dobrovolných aktivit provozovatelů, které bohužel často končí s počátkem oblasti možného vynucení opatření ze strany kontrolních orgánů státní správy.

Nebezpečné situace uvnitř objektu, které mohou vést ke vzniku iniciační události, bývají obecně důsledkem selhání:

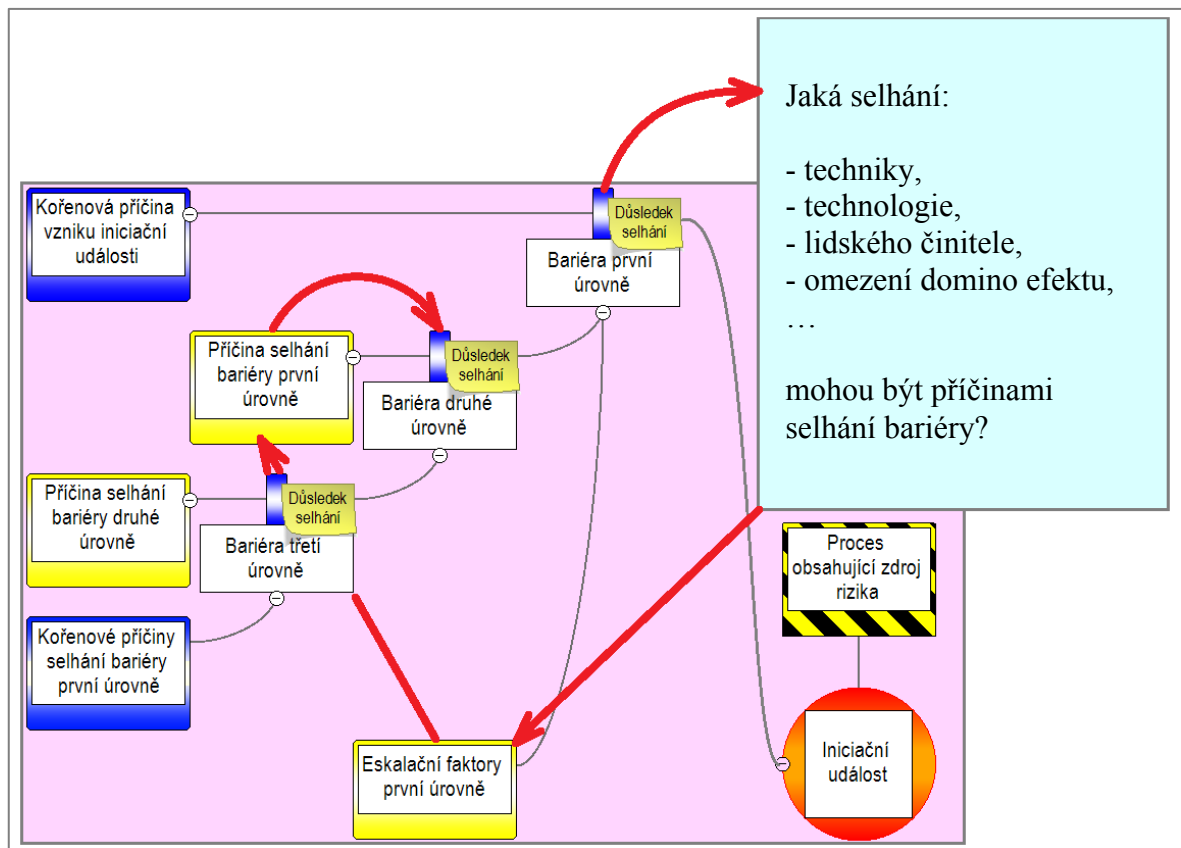
- techniky (narušení způsobilosti nebo spolehlivosti zařízení)
- technologie (nebezpečné provozní podmínky, nebezpečné chemické reakce),
- lidského činitele (např. dle taxonomie chyb v rámci PHEA),
- bariér omezujících vznik domino efektu ve vnitřních podmínkách (VÚBP, 2016a).

Rozšíření FTA při analýze příčin vzniku iniciační události o dimenzi nelineárního modelu prostřednictvím tvorby kontextových scénářů umožní zahrnout vliv výše uvedených důsledků selhání na výskyt mezilehlé události. Zásadním předpokladem je tedy pohlížet na mezilehlou událost jako na důsledek selhání mitigační bariéry a na eskalační faktory jako na příčiny selhání této bariéry. Analýza jednotlivých typů selhání následně poskytne vodítko pro definici eskalačních faktorů (Obr. 16).

Předřazením mitigační bariéry před eskalační faktor lze tento faktor považovat za novou příčinu selhání bariéry, opětovně definovat pro bariéru stejným principem eskalační faktory nižší úrovně a tento postup opakovat s ohledem na požadovanou hloubku analýzy až po vyjádření kořenových příčin selhání bariéry první úrovně. Vyhodnocení příčin vzniku iniciační události pak bude obsahovat dva typy příčin:

- kořenové příčiny vzniku iniciační události plynoucí z nebezpečnosti přítomné látky a nebezpečnosti použité technologie v procesu,
- kořenové příčiny selhání bariér v důsledku selhání techniky, technologie, lidského činitele a/nebo omezení vzniku domino efektu uvnitř objektu.

Opatření pro omezení rizika závažné havárie s ohledem na prvně jmenovaný soubor příčin mohou obsahovat návrhy na snížení množství umístěných nebezpečných látek, náhradu látek za méně nebezpečné nebo snížení rizika u provozovaných činností v objektu. Druhá skupina identifikovaných příčin může být využita při stanovení preventivních opatření pro neodstranitelná rizika. Dalším klíčovým výstupem může být seznam neexistujících mitigačních bariér v případě, že identifikovanou mezilehlou událost nelze označit jako důsledek selhání nějaké již realizované bariéry.



Obr. 16 - Analýza kořenových příčin vzniku iniciační události (vlastní)

Navrženou metodu *Analýzy kořenových příčin vzniku iniciační události* (dále jen „IERCA“) lze částečně strukturovat a umožnit tak širší použití v praxi (Příl. XXXIX). Analytická technika IERCA vychází z principu bariérové analýzy, spojuje výhody přehledného grafického rozboru příčin vrcholové události v kontextu FTA, vyhledání kritických míst a nebezpečných stavů dle postupů HAZOP a zahrnutí míry spolehlivosti lidského činitele z pohledu HTA. Současně umožňuje efektivně omezit rozsah použití těchto principů v souladu se stanoveným cílem analýzy. Kvantifikace výstupů pro účely vyjádření roční frekvence iniciační události je následně možná buďto na základě rozboru historických skoronehod a zjištěných nežádoucích stavů během kontrol, anebo odhadem pravděpodobnosti selhání bariér s příp. využitím relevantních generických dat.

Analýzu IERCA by měl provádět tým posuzovatelů pod vedením zkušeného analytika, který je obeznámen s použitím technik dle ČSN EN 62740 – *Analýza kořenových příčin (RCA)*. Výhody použití analýzy IERCA tkví v rozvíjení logického a systematického přístupu k odhalování zásadních příčin vzniku nežádoucích stavů v konkrétním provozu, které zahrnují selhání všech dotčených faktorů. Nevýhody spočívají v možné nepřehlednosti při hlubší analýze a upínání pozornosti pouze k identifikovaným kořenovým příčinám.

ZÁVĚR

V této diplomové práci byla řešena problematika bezpečnosti průmyslového podniku z hlediska prevence závažných havárií. Cílem práce bylo posouzení rizik závažné havárie ve výrobně-skladovacím objektu vybraného chemického podniku, sestavení projektu zvýšení bezpečnosti posuzovaného objektu na základě vyhodnocení identifikovaných rizik a návrh vhodné inovace v oblasti systémového přístupu provozovatelů k zajištění prevence vzniku závažných havárií v průmyslovém podniku obecně.

Teoretická východiska pro praktickou část práce byla získána provedenou analýzou právních předpisů a systematickou rešerší odborné literatury. Detailní pozornost byla věnována obsahové náplni jednotlivých kroků certifikované metodiky přístupu k identifikaci zdrojů rizik, analýze a hodnocení rizik průmyslových havárií, kterou pro účely posouzení rizik v rámci prevence závažných havárií navrhl Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i.

Pro posouzení rizik závažné havárie byl cíleně vybrán objekt v podniku, který je kategorizován dle Doporučení 2003/361/ES jako malý, se záměrem ověřit během praktické aplikace současně také přiměřenost postupů certifikované metodiky. Nejprve byly shromážděny vstupní informace o posuzovaném objektu a jeho okolí, prováděných činnostech a potenciálně ohrožených aktivech. Poté byla zpracována rešerše vztažené dokumentace včetně přehledu historických skoronehod a zjištění z kontrol. Vyjádření roční frekvence skoronehod na základě počtu případů za daná referenční období poskytlo cenné vstupní informace pro následný odhad roční frekvence iniciačních událostí. Současný stav bezpečnosti posuzovaného objektu byl vyhodnocen s ohledem na úroveň havarijní připravenosti, realizovaná technicko-technologická a organizační opatření jako vyhovující.

Během posuzování materiálové bilance umístěných látek bylo zjištěno, že požárně-bezpečnostní řešení posuzovaného objektu, jakožto výchozí dokument pro kolaudaci, stanoví limity umístění látek pouze s fyzikální nebezpečností a bez znalosti následné technologie zpracování hořlavých kapalin nebylo možno vztáhnout projektovanou kapacitu k příslušné kategorii nebezpečnosti. Pro získání celkového přehledu o umístění nebezpečných látek bylo nezbytné dohledat limitní množství v provozním řádu a objektovém havarijním plánu. Nezařazení posuzovaného objektu dle zákona o prevenci závažných havárií bylo ověřeno výpočtem poměrných množství nebezpečných látek jak s ohledem na projektovanou kapacitu, tak s ohledem na data skladového hospodářství.

Metoda výběru dle CPR-18E umožnila vzhledem k relativně malým množstvím přítomných látek v jednotkách stanovit pouze prioritu jednotek podle hodnoty vypočtených indikačních čísel. Použití screeningové metody dle IAEA-TECDOC-727 bylo opět limitováno stejným aspektem a umožnilo přiřadit kódové označení účinků havárie pouze dvěma skladovacím jednotkám. Aplikace modifikované metody BEVI předpokládala použití nedostupného software, posouzeny byly tedy uvažované nejméně příznivé scénáře rozvoje havárie s potenciálem přesáhnout svými účinky hranice posuzovaného objektu, což vykazaly tři reprezentativní jednotky. Nicméně, přemístění odhadu následků z fáze analýzy rizik již do fáze identifikace a výběru zdrojů rizika dle BEVI se jeví jako velmi účelný postup, který snižuje možnost opomenutí významného zdroje rizika a následný proces kvantitativní analýzy může výrazně zefektivnit.

V procesech identifikace iniciačních událostí a jejich možných příčin a identifikace možných scénářů rozvoje závažné havárie byla využita úprava techniky *Bow-Tie*, která umožnila pohlížet na mezilehlou událost ve scénáři jako na selhání příslušné bariéry. Tato logika poskytla prostor pro efektivnější identifikaci eskalačních faktorů. Odhad následků identifikovaných scénářů potvrdil, že i jednotky s relativně malým množstvím umístěných nebezpečných látek mohou představovat zdroje nezanedbatelného skupinového rizika. Žádné z rizik posuzovaného objektu však nebylo vyhodnoceno jako nepřijatelné. Dále bylo zjištěno, že stupeň nebezpečnosti jednotek stanovený dle metody F&E Index koresponduje se zjištěnou mírou skupinového rizika identifikovaných scénářů a je tedy vhodné tuto metodu použít i k výběru jednotek s relativně malým množstvím přítomných látek s nebezpečím požáru nebo výbuchu. Naopak stanovení výsledné roční frekvence scénářů pro tyto jednotky dle IAEA-TECDOC-727 se ukázalo jako nevhodné.

Praktický přínos práce tkví mimo zmíněná zjištění především v realizaci navrženého projektu mitigace rizika vzniku závažné havárie v posuzovaném objektu, jehož cílem bylo snížení frekvence výskytu výbušné prachovzdušné směsi během výrobních činností. Pro podporu žádoucího posunu přístupu k zajištění systému prevence závažných havárií k analýze kořenových příčin vzniku iniciační události havárie byla navržena analytická technika, která vychází z principu bariérové analýzy a spojuje výhody přehledného grafického rozboru příčin vrcholové události, vyhledání kritických míst a zahrnutí míry spolehlivosti lidského činitele. Další výzkum je možno zaměřit na vývoj podobných metod, usnadňujících proaktivní přístup provozovatelů k prevenci závažných havárií. Autor konstatuje, že cíl jeho diplomové práce byl splněn.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AICHE, 1994. *Dow's Fire and Explosion Index Hazard Classification Guide, 7th Edition*. New York: AIChE – Center for Chemical Process Safety. ISBN 978-0-8169-0623-9.

AICHE, 2000. *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis 2nd Edition*. New York: AIChE – Center for Chemical Process Safety. ISBN 0-8169-0720-X.

BARTLOVÁ, Ivana, 2017. *Prevence a připravenost na závažné havárie*. 13. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. ISBN 978-80-7385-184-2.

BERNATÍK, Aleš, 2006. *Prevence závažných havárií II* [online]. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/040/.content/galerie-souboru/studijni-materialy/skripta-PZH-II.pdf>

BOŽEK, František, 2015. *Řízení rizik* [online]. Brno: Univerzita obrany, Fakulta vojenského leadershipu [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/59301/mod_resource/content/1/Rizeni_rizik_studijni_opora.pdf

BOŽEK, František et al., 2017. Application of CPR-18E Method for Efficient Decision Making Process of Risk Analysis Case Study. *Krizový manažment* [online], č. 1, s. 38-45 [cit. 2020-11-21]. Žilinská univerzita. ISSN: 1336-0019. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/319123750_APPLICATION_OF_CPR_18E_METHOD_FOR_EFFICIENT_DECISION_MAKING_PROCESS_OF_RISK_ANALYSIS_CASE_STUDY

CPR, 1992. *Methods for the Determination of Possible Damage to People and Objects resulting from Releases of Hazardous Materials CPR 16E „Green Book“*. Haag: Committee for the Prevention of Disasters caused by dangerous substances. ISBN 90-5307-052-4.

ČESKO, 2015. 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 zákonů (zákon o prevenci závažných havárií). In: *Sbírka zákonů České republiky*, částka 93, s. 2762-2801. Dostupný také z: https://www.epravo.cz/_dataPublic/sbirky/2015/sb0093-2015.pdf. ISSN 1211-1244.

ČSÚ, 2016. *Statistika průmyslových výrobků a služeb (PRODCOM) - Metodika* [online]. Praha: Český statistický úřad [cit. 2020-11-21]. Dostupná z: <https://www.czso.cz/csu/czso/statistika-prumyslovych-vyrobku-a-sluzeb-prodcom-metodika>

DLABKA, Jakub, 2015. *Hodnocení dopadů závažných havárií s ohledem na havarijní plánování: disertační práce*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství.

DUŠEK, Emanuel a Lenka FRIŠHANSOVÁ, 2016. Systém řízení bezpečnosti podle nového zákona o prevenci závažných havárií. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], roč. 9, speciální č. Prevence závažných havárií [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-zavazne-havarie/rizeni-bezpecnosti-zakon-o-pzh.html>. ISSN 1803-3687.

DVOŘÁK, Otto, 2020. *Empirické modely charakteristik výbuchů a požárů a jejich scénáře* [online]. TZB-info [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/21227-empiricke-modely-charakteristik-vybuchu-a-pozaru-a-jejich-scenare>

EPA, 2009. *Risk Management Program Guidance for Offsite Consequence Analysis*. Washington: United States Environmental Protection Agency, Office of Emergency Management. Dostupné z: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2013-11/documents/oca-chps.pdf>

EVROPSKÁ KOMISE, 2020. *The Minerva Portal of the Major Accident Hazards Bureau* [online]. Evropská komise, Joint Research Centre Science Hub [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/minerva>

EVROPSKÁ UNIE, 2012. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU (Seveso III) ze dne 4. července 2012 o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek a o změně a následném zrušení směrnice Rady 96/82/ES. In: *Úřední věstník Evropské unie*, L197/1. Dostupná také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex:32012L0018>

FLETCHER, E. Royce et al., 1980. *Glass Fragment Hazard from Windows Broken by Airblast* [online]. Washington: Defence Nuclear Agency [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a105824.pdf>

GESTIS, 2020. *GESTIS-DUST-EX: Database Combustion and Explosion Characteristics of Dusts* [online]. Sankt Augustin: IFA [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-staub-ex/index-2.jsp>

HOLLNAGEL Erik, 2016. *Barriers and Accident Prevention*. London: Routledge. ISBN: 978-1138247352.

IAEA, 1996. *Manual for the Classification and Prioritization of Risks due to Major Accidents in Process and Related Industries IAEA-TECDOC-727 (Rev.1)*. Vienna: IAEA. ISSN: 1011-4289. Dostupné z: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_727r1_web.pdf

KYNCL, Jaromír, 2014. *Bezpečnost objektu ve světle moderních technologií*. Praha: Komora podniků komerční bezpečnosti České republiky. ISBN 978-80-260-7115-0.

LACKO, Branislav, 2001. Aplikace metody RIPRAN v softwarovém inženýrství. In *Tvorba softwaru 2001*. Ostrava: VŠB TU Ostrava. ISBN: 80-85988-56- 9.

LINHART, Petr a Radim ROUDNÝ, 2009. *Ochrana obyvatelstva a terorismus*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7395-165-8.

LR, 2019. *Guidelines for quantitative risk analysis of facilities handling hazardous substances* [online]. Oslo: Lloyd's Register [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/rapporter/prj11089512_r1_final.pdf

MAKOVIČKA, Daniel, 2008. *Odezva stavebních konstrukcí při zatížení výbuchem a jejich ochrana*. Praha: ČVUT. ISBN 978-80-01-03991-5.

MAKOVIČKA, Daniel et al., 2008. *Příručka protivýbuchové ochrany staveb*. Praha: ČVUT. ISBN 978-80-01-04090-4.

MANNAN, Sam, ed., 2012. *Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control*. 4. vyd. Oxford: Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-12-397189-0.

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

MINISTERSTVO VNITRA, 2016. *Terminologický slovník pojmů z oblasti krizového řízení, ochrany obyvatelstva, environmentální bezpečnosti a plánování obrany státu* [online]. Praha: Ministerstvo vnitra [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/soubor/terminologicky-slovník-mv-verze-ke-stazeni.aspx>

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, ©2008-2020. *Právní rámec prevence závažných havárií* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/pravni_ramec_havarii

OECD, ©2003. *Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response*. Paris: Head of Publications Service, OECD. ISBN: 9789264101821.

OECD, ©2020. *Recommendation of the Council concerning Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response* [online]. Paris: Head of Publications Service, OECD [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0319>

OOS, 2019. *Český obranný standard: Aplikace analýzy rizik při skladování a přepravě vojenské munice* [online]. Praha: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <http://www.oos-data.army.cz/cos/cos/139807.pdf>

ORAVEC, Milan et al., 2017. *Manažérstvo priemyselných havárií - SEVESO III*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. ISBN 978-80-7385-181-1.

PALEČEK, Miloš et al., 2005. *Postupy a metodiky analýz a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií* [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://vubp.cz/soubory/prevence-zavaznych-havarii/metodiky/postupy-a-metodiky-analyz-a-hodnoceni-rizik.pdf>

PALEČEK, Miloš, Stanislav MALÝ a Adam GIECI, 2008. *Spolehlivost lidského činitele*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce. ISBN 978-80-86973-28-9.

PRAŽÁKOVÁ, Martina, 2016. *Právní úprava prevence závažných havárií*. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], roč. 9, speciální č. Prevence závažných havárií [cit. 2020-11-21]. Dostupný z: <http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-zavazne-havarie/pravni-uprava-pzh.html>. ISSN 1803-3687.

PRAŽÁKOVÁ, Martina, 2017. *Prevence závažných havárií* [online]. Praha: ČVUT [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/HZP_2017_3_01.pdf

REASON James, 2008. *The Human Contribution: Unsafe Acts, Accidents and Heroic Recoveries*. Farnham: Ashgate Publishing. ISBN: 9780754674023.

RIVM, 2009. *Reference Manual Bevi Risk Assessments version 3.2 – Introduction*. Bilthoven: National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Centre for External Safety. Dostupné z: http://infonorma.gencat.cat/pdf/AG_AQR_2_Bevi_V3_2_01-07-2009.pdf

SINAY Juraj a Slavomíra VARGOVÁ, 2012. Identifikácia faktorov etáp kauzálnej závislosti vzniku negatívneho javu. *Spektrum* [online], roč. 12, č. 2, s. 49-51 [cit. 2020-11-21]. Košice: Technická univerzita, Strojnícka fakulta. ISSN: 1211-6920. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/132613/Spektrum_2012_2_12_Sinay.pdf

SKŘEHOT, Petr et al., 2009. *Prevence nehod a havárií; 2. díl: Mimořádné události a prevence nežádoucích následků*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce a T-SOFT. ISBN 978-80-86973-73-9.

SKŘEHOT, Petr, 2011. Hodnocení spolehlivosti lidského činitele pomocí integrované metody HTA-PHEA a zkušenosti s aplikací softwarového nástroje HTA-PHEA. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], 2011, roč. 4, č. 2 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-02-2011/hta-phea_skrehot.html. ISSN 1803-3687.

SKŘEHOT, Petr et al., 2011. *Terminologický výkladový slovník k problematice spolehlivosti lidského činitele* [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce [cit. 2020-11-21]. ISBN 978-80-86973-68-5. Dostupný z: <https://vubp.cz/soubory/prevence-zavaznych-havarii/metodiky/terminologicky-vykladovy-slovník-lc.pdf>

SKŘEHOT, Petr, 2012. *Spolehlivost lidského činitele v prevenci závažných havárií: disertační práce*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství.

SLUKA, Vilém, 2013. Implementace směrnice 2012/18/EU (Seveso III) a analýza a hodnocení rizik v České republice. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], roč. 6, č. 3-4 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-03-04-2013/implementace-sevesoIII-v-cr.html>. ISSN 1803-3687.

SLUKA, Vilém, Miloslav DÍTĚ a Pavel KONČEL, 2016. Analýza a hodnocení rizik v posouzení rizik podle nového zákona o prevenci závažných havárií. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], roč. 9, speciální č. Prevence závažných havárií [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-zavazne-havarie/ahr-podle-noveho-zakona-o-pzh.html>. ISSN 1803-3687.

STUČHLÁ, Kateřina, 2005. Hodnocení dopadů havárií na životní prostředí. *Fórum mladých odborníků protipožární ochrany* [online], 6. mezinárodní odborný seminář [cit. 2020-11-21]. ISBN: 80-228-1514-4. Dostupné z: http://www.hzsmsk.cz/sklad/kraoo/publikace/016hodnoceni_dopady_ZP.pdf

TABAS, Marek a Luboš KOTEK, 2011. Využití nového přístupu k selekci zdrojů rizika závažné havárie. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], roč. 4, č. 1 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-01-2011/selekce-zdroju-rizika.html>. ISSN 1803–3687.

VROM, ed., 2005. *Guideline for Quantitative Risk Assessment: "Purple book" CPR 18E*. 1. vyd. Haag: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, Committee for the Prevention of Disasters (VROM). ISBN: 9789012087964.

VÚBP, 2016a. *Metodika přístupu k identifikaci zdrojů rizik, analýze rizik a hodnocení rizik průmyslových havárií pro posouzení rizik v rámci prevence závažných havárií* [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce - OPPZH a TLS [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/sites/default/files/obsah/josra/metodika-pristupu-k-identifikaci-zdroju-rizik-analyze-rizik-hodnoceni-rizik-prumyslovyh-havarii-pro/soubory/cert-metodika-posouzeni-rizik.pdf>

VÚBP, 2016b. *Doplňky k Metodice přístupu k identifikaci zdrojů rizik, analýze rizik a hodnocení rizik průmyslových havárií pro posouzení rizik v rámci prevence závažných havárií* [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce - OPPZH a TLS [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/sites/default/files/obsah/josra/doplunky-k-metodice-pristupu-k-identifikaci-zdroju-rizik-analyze-rizik-hodnoceni-rizik-prumyslovyh/soubory/doplunky-cert-metodiky.pdf>

VÚBP, 2019. *Výkladový terminologický slovník některých pojmů používaných v posouzení rizik závažné havárie pro účely zákona o prevenci závažných havárií* [online]. 2. aktualizace. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://vubp.cz/soubory/prevence-zavaznych-havarii/metodiky/vykladovy-terminologicky-slovník-unor-2019.pdf>

VÚBP, 2020. *Metodické postupy a další materiály vztahující se k prevenci závažných havárií* [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://vubp.cz/prevence-zavaznych-havarii/metodiky/>

WOLAŃSKI, Piotr, 1996. Dust Explosions. *KONA Powder and Particle Journal* [online], roč. 1996, č. 14 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: https://www.jstage.jst.go.jp/article/kona/14/0/14_1996020/_pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ADAM	Accident Damage Analysis Module. Modul analýzy poškození nehodou.
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route. Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečného zboží.
AIDA	Accident Information and Data Analysis. Informace o nehodách a analýza dat.
AICHE	American Institute of Chemical Engineers. Americký institut chemických inženýrů.
ALARP	As Low As Reasonably Practicable. Tak nízké, jak je rozumně proveditelné.
ARIA	Analysis, Research and Information on Accidents. Analýza, výzkum a informace o nehodách.
BEVI	Besluit externe veiligheid inrichtingen. Vyhláška o externích bezpečnostních zařízeních.
CCA	Cause-Consequence Analysis. Analýza příčin a následků.
CFD	Computational Fluid Dynamics. Výpočetní fluidní dynamika.
CLP	Classification, Labelling and Packaging. Klasifikace, označení a balení.
CPQRA	Chemical Process Quantitative Risk Analysis. Kvantitativní analýza rizik chemického procesu.
CPR	Committee for the Prevention of Disasters. Výbor pro prevenci katastrof.
CSB	Chemical Safety and Hazard Investigation Board. Rada pro chemickou bezpečnost a vyšetřování rizik.
CZ-NACE	Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne. Klasifikace ekonomických činností.
ČSÚ	Český statistický úřad.
DNEL	Derived No-Effect Level. Odvozená úroveň, při které nedochází k nepříznivým účinkům během expozice.
EAI	Environment–Accident Index. Index environmentální nehody.

EHS	Evropské hospodářské společenství.
eMARS	Electronic Major Accident Reporting System. Elektronický systém hlášení závažných nehod.
EPA	Environmental Protection Agency. Agentura ochrany environmentu.
EPS	Elektrická požární signalizace.
ES	Evropské společenství.
eSPIRS	Electronic Seveso Plants Information Retrieval System. Elektronický systém pro získávání informací o podnicích Seveso.
ETA	Event Tree Analysis. Analýza stromu událostí.
EU	Evropská unie.
F&E Index	Fire and Explosion Index. Index požáru a výbuchu.
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis. Analýza možných způsobů a důsledků závad.
FTA	Fault Tree Analysis. Analýza stromu poruchových stavů.
H&V Index	Hazard and Vulnerability Index. Index nebezpečí a zranitelnosti.
HAZOP	Hazard and Operability Study. Studie nebezpečí a provozuschopnosti.
HEP	Human Error Probability. Pravděpodobnost lidské chyby.
HTA	Hierarchical Task Analysis. Hierarchická analýza úkolů.
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky.
IAEA	International Atomic Energy Agency. Mezinárodní agentura pro atomovou energii.
IBC	Intermediate Bulk Container. Kontejner středního objemu.
IERCA	Initiation Event Root Causes Analysis. Analýza kořenových příčin iniciační události.
LC50	Lethal Concentration 50 %. Koncentrace škodlivé látky, kdy mortalita testovaných organismů je rovna 50 %.
NFPA	National Fire Protection Association. Národní asociace požární ochrany.
NP	Nadzemní podlaží.

OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development. Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj.
OSN	Organizace spojených národů.
PHA	Preliminary Hazard Analysis. Předběžná analýza ohrožení.
PHEA	Predictive Human Error Analysis. Analýza odhadu chybování lidského činitele.
PIF	Performance Influencing Factors. Faktory ovlivňující výkon a spolehlivost.
QRA	Quantitative Risk Assessment. Kvantitativní posouzení rizik.
RBS	Resource Breakdown Structure. Struktura rozpisu zdrojů.
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Národní ústav pro zdraví a životní prostředí.
SMS	Short Message Service. Služba krátkých textových zpráv.
TNT	Trinitrotoluen, trhavina.
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu. Ministerstvo bydlení, územního plánování a životního prostředí.
VÚBP	Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i.
WBS	Work Breakdown Structure. Struktura rozpisu práce.
ZEMA	Zentrale Melde- und -Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen. Centrální ohlašovací a vyhodnocovací bod pro incidenty a poruchy v systémech procesního inženýrství.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Snímek z kamerového záznamu výbuchu u násypníku (interní dokumentace)	37
Obr. 2 - Hranice areálu podniku (vlastní)	43
Obr. 3 - Vybraná jednotka č. 1 (vlastní)	47
Obr. 4 - Vybraná jednotka č. 2 (vlastní)	47
Obr. 5 - Vybraná jednotka č. 3 (vlastní)	48
Obr. 6 - Umístění vybraných zdrojů rizika (vlastní).....	49
Obr. 7 - Větrná růžice (meteoblue.com)	56
Obr. 8 - Tepelné a toxické účinky následků scénáře $S_{(2,1)IBC}$ vlastní; ALOHA)	57
Obr. 9 - Tepelné a toxické účinky následků scénáře $S_{(2,1)SUD}$ vlastní; ALOHA).....	58
Obr. 10 - Odhad vzdálenosti doletu fragmentů (vlastní)	60
Obr. 11 - Work Breakdown Structure (vlastní)	69
Obr. 12 - Konflikt zdrojů (vlastní; ProjectLibre).....	72
Obr. 13 - Vyrovnání zdrojů (vlastní; ProjectLibre)	73
Obr. 14 - Membránové čerpadlo (graco.com)	77
Obr. 15 - Přístup k zajištění systému prevence havárií (vlastní)	78
Obr. 16 - Analýza kořenových příčin vzniku iniciační události (vlastní).....	80
Obr. 17 - Operativní karta - 1. nadzemní podlaží (interní dokumentace podniku).....	107
Obr. 18 - Operativní karta - 2. nadzemní podlaží (interní dokumentace podniku).....	108
Obr. 19 - Operativní karta - 3. nadzemní podlaží (interní dokumentace podniku).....	109
Obr. 20 - Technologický tok výroby (vlastní)	110
Obr. 21 - Resource Breakdown Structure (vlastní; ProjectLibre)	136

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Porovnání fází CPQRA a certifikované metodiky VÚBP (vlastní)	23
Tab. 2 - Soupis potenciálně ohrožených aktiv (vlastní).....	35
Tab. 3 - Přehled nežádoucích událostí (interní dokumentace, vlastní).....	37
Tab. 4 - Přehled nežádoucích provozních stavů (interní dokumentace, vlastní)	38
Tab. 5 – Ukazatele určující zařazení objektu do skupiny A nebo B (vlastní)	42
Tab. 6 - Stanovení indikačních čísel pro posuzované jednotky (vlastní; VROM, 2005)	44
Tab. 7 – Klasifikace účinků závažné havárie (vlastní; IAEA, 1996)	45
Tab. 8 - Přehled iniciačních událostí pro vybrané jednotky (vlastní).....	51
Tab. 9 - Vnější příčiny vzniku iniciačních událostí přírodního původu (vlastní).....	51
Tab. 10 – Vnější příčiny vzniku iniciačních událostí antropogenního charakteru (vlastní)	52
Tab. 11 - Seznam uvažovaných scénářů rozvoje havárie (vlastní).....	53
Tab. 12 - Pravděpodobnost okamžitého zapálení (VROM, 2005)	53
Tab. 13 - Stanovení materiálového faktoru (vlastní; AICHE, 1994).....	54
Tab. 14 - Určení stupně nebezpečnosti (vlastní; AICHE, 1994)	54
Tab. 15 - Odhad mortality scénářů pro jednotku č. 1 (vlastní; IAEA, 1996)	55
Tab. 16 - Odhad výsledné roční frekvence I. (vlastní; IAEA, 1996).....	62
Tab. 17 - Odhad výsledné roční frekvence II. (vlastní; VÚBP, 2016b)	62
Tab. 18 - Vyhodnocení přijatelnosti roční frekvence scénářů (vlastní; VÚBP, 2016b).....	64
Tab. 19 - Statement of Work (vlastní)	70
Tab. 20 - Doby trvání a předchůdci aktivit (vlastní; ProjectLibre)	71
Tab. 21 - Seznam dvojic hrozba-scénář (vlastní)	74
Tab. 22 - Klasifikační soustava 3x3x3 (LACKO, 2001)	74
Tab. 23 - Vyjádření hodnot rizika (vlastní dle LACKO, 2001).....	75
Tab. 24 - Finanční plán čerpání výdajů na externí pracovní zdroje (vlastní)	76
Tab. 25 - Klasifikace prostředí (interní dokumentace, vlastní)	111
Tab. 26 - Přehled nebezpečných látek/směsí v objektu (bezpečnostní listy, vlastní).....	112
Tab. 27 - Vstupní údaje pro výpočet indikačního čísla (vlastní)	113
Tab. 28 - Formulář F&E Index pro jednotku č. 1 (vlastní; AICHE, 1994)	120
Tab. 29 - Formulář F&E Index pro jednotku č. 2, IBC (vlastní; AICHE, 1994).....	121
Tab. 30 - Formulář F&E Index pro jednotku č. 2, sud (vlastní; AICHE, 1994).....	122
Tab. 31 - Formulář F&E Index pro jednotku č. 3 (vlastní; AICHE, 1994)	123
Tab. 32 - Parametry softwarového modelování (vlastní; ALOHA)	124
Tab. 33 – HTA: Stanovení podmínek požární bezp. skladu (vlastní; HTA-PHEA 1.1) ...	125
Tab. 34 - HTA: Vsázka kapalných surovin (vlastní; HTA-PHEA 1.1).....	126

Tab. 35 – HTA: Manuální vsázka práškových surovin (vlastní; HTA-PHEA 1.1).....	127
Tab. 36 - PHEA: Vsázka kapalných surovin I. (vlastní; HTA-PHEA 1.1)	128
Tab. 37 - PHEA: Vsázka kapalných surovin II. (vlastní; HTA-PHEA 1.1).....	129
Tab. 38 - PHEA: Vsázka kapalných surovin III. (vlastní; HTA-PHEA 1.1).....	130
Tab. 39 - PHEA: Vsázka práškových surovin I. (vlastní; HTA-PHEA 1.1)	131
Tab. 40 - PHEA: Vsázka práškových surovin II. (vlastní; HTA-PHEA 1.1).....	132
Tab. 41 - Logický rámec projektu (vlastní)	133
Tab. 42 - Opatření ke snížení projektových rizik (vlastní dle LACKO, 2001)	135

SEZNAM GRAFŮ

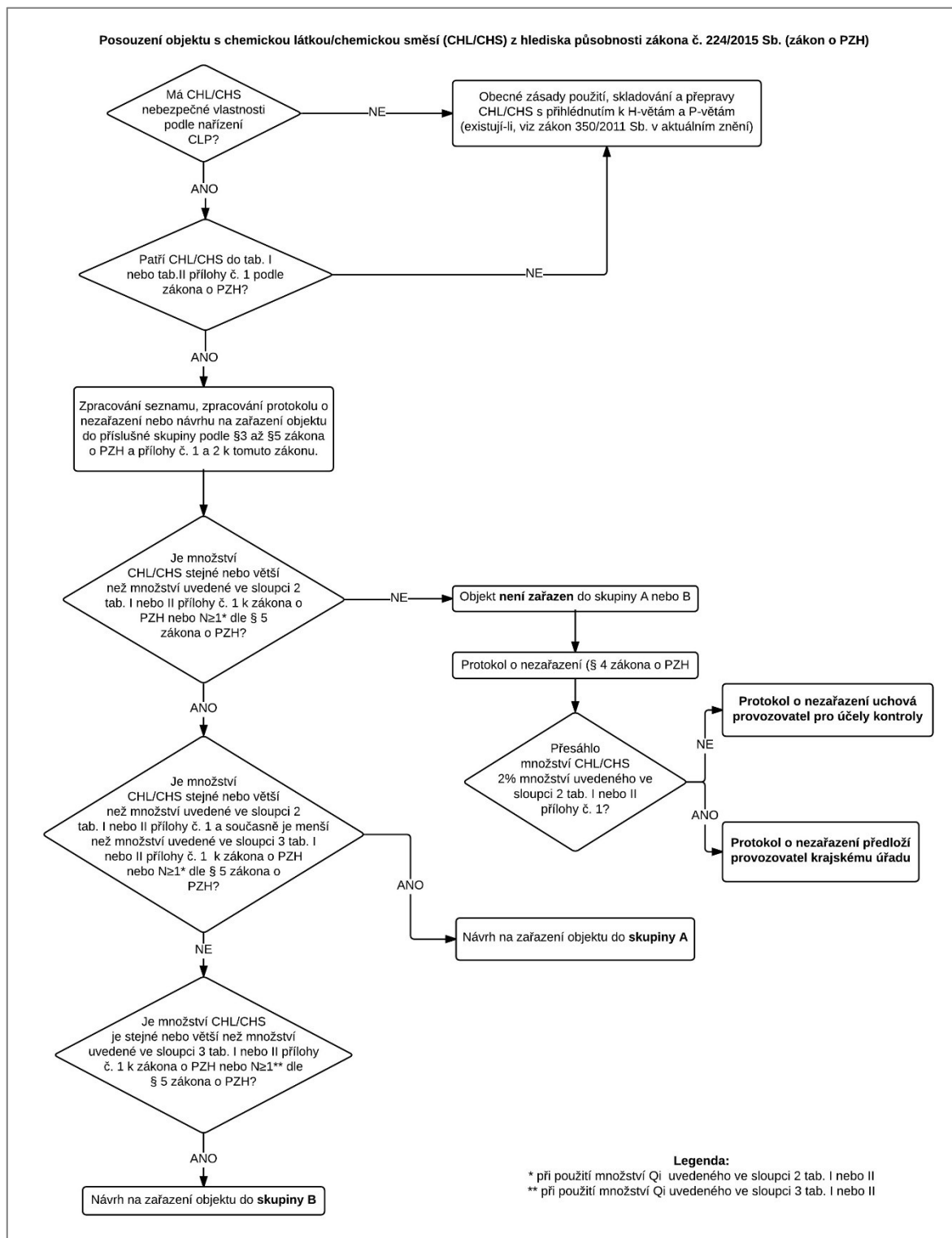
Graf 1 - Logika grafického zobrazení scénářů rozvoje havárie (vlastní; BowTieXP)	50
Graf 2 - Skupinové riziko identifikovaných zdrojů (vlastní).....	65
Graf 3 - Síťový diagram a kritická cesta projektu (vlastní; ProjectLibre).....	70
Graf 4 - Postup posouzení objektu z hlediska zákona o PZH (VÚBP, 2020)	99
Graf 5 – Struktura CZ podniků podléhajících SEVESU III (Evropská komise, 2020)	100
Graf 6 – Postup zajištění prevence závažných havárií v objektu (VÚBP, 2020)	101
Graf 7 - Schéma metody IAEA-TECDOC-727 (IAEA, 1996).....	102
Graf 8 – Schéma metody CPR-18E (VROM, 2005)	103
Graf 9 – Schéma modifikované metody BEVI (RIVM, 2009).....	104
Graf 10 - Schéma metody Dow's F&E Index (Božek, 2015)	105
Graf 11 - Schéma metody H&V Index (Stuchlá, 2005)	106
Graf 12 - Možné příčiny iniciační události pro jednotku č. 1 (vlastní)	114
Graf 13 - Možné příčiny iniciační události pro jednotku č. 2 (vlastní)	115
Graf 14 - Možné příčiny iniciační události pro jednotku č. 3 (vlastní)	116
Graf 15 - Scénář možného rozvoje havárie pro jednotku č. 1 (vlastní)	117
Graf 16 - Scénář možného rozvoje havárie pro jednotku č. 2 (vlastní)	118
Graf 17 – Scénář možného rozvoje havárie pro jednotku č. 3 (vlastní)	119
Graf 18 - Ganttův diagram projektu (vlastní; ProjectLibre).....	134
Graf 19 - Analýza kořenových příčin iniciační události (vlastní)	137

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I:	Postup posouzení objektu s chemickou látkou/chemickou směsí
Příloha P II:	Struktura českých podniků podléhajících Sevesu III
Příloha P III:	Postup zajištění prevence závažných havárií v objektu
Příloha P IV:	Schéma metody IAEA-TECDOC-727
Příloha P V:	Schéma metody CPR-18E
Příloha P VI:	Schéma modifikované metody BEVI
Příloha P VII:	Schéma metody Dow's F&E Index
Příloha P VIII:	Schéma metody H&V Index
Příloha P IX:	Operativní karta - 1. nadzemní podlaží
Příloha P X:	Operativní karta - 2. nadzemní podlaží
Příloha P XI:	Operativní karta - 3. nadzemní podlaží
Příloha P XII:	Technologický tok výroby
Příloha P XIII:	Klasifikace prostředí dle protokolů o stanovení vnějších vlivů
Příloha P XIV:	Přehled nebezpečných látek v objektu
Příloha P XV:	Vstupní údaje pro výpočet indikačního čísla
Příloha P XVI:	Iniciační událost – jednotka č. 1
Příloha P XVII:	Iniciační událost – jednotka č. 2
Příloha P XVIII:	Iniciační událost – jednotka č. 3
Příloha P XIX:	Scénář rozvoje havárie – jednotka č. 1
Příloha P XX:	Scénář rozvoje havárie – jednotka č. 2
Příloha P XXI:	Scénář rozvoje havárie – jednotka č. 3
Příloha P XXII:	F&E Index – jednotka č. 1
Příloha P XXIII:	F&E Index – jednotka č. 2 (IBC)
Příloha P XXIV:	F&E Index – jednotka č. 2 (sud)
Příloha P XXV:	F&E Index – jednotka č. 3

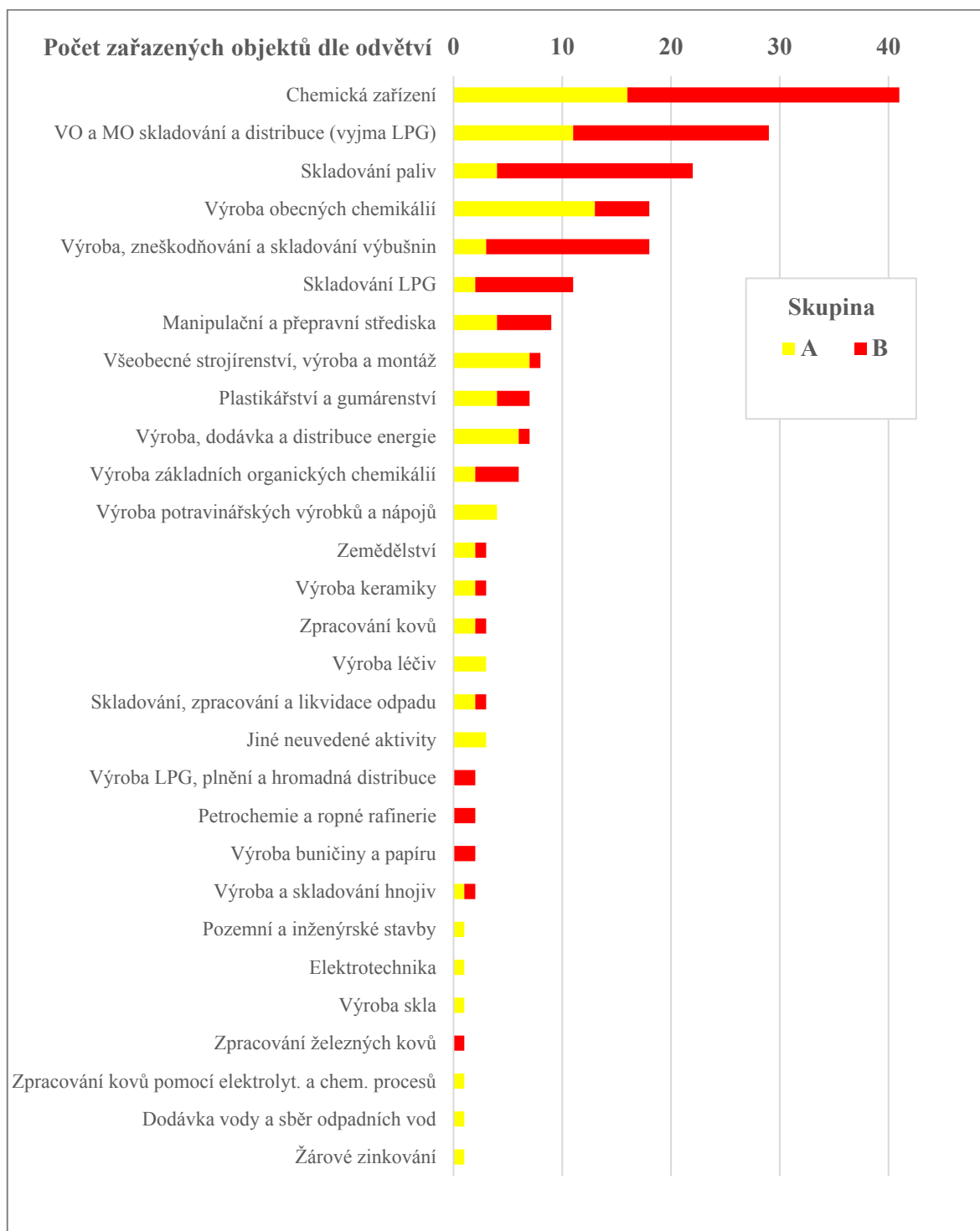
Příloha P XXVI:	Parametry softwarového modelu
Příloha P XXVII:	HTA – jednotka č. 1
Příloha P XXVIII:	HTA – jednotka č. 2
Příloha P XXIX:	HTA – jednotka č. 3
Příloha P XXX:	PHEA – vsázka kapalných surovin I.
Příloha P XXXI:	PHEA – vsázka kapalných surovin II.
Příloha P XXXII:	PHEA – vsázka kapalných surovin III.
Příloha P XXXIII:	PHEA – vsázka práškových surovin I.
Příloha P XXXIV:	PHEA – vsázka práškových surovin II.
Příloha P XXXV:	Logický rámec projektu
Příloha P XXXVI:	Ganttův diagram projektu
Příloha P XXXVII:	Opatření ke snížení rizik projektu
Příloha P XXXVIII:	Náklady a rozpočet projektu
Příloha P XXXIX:	Postup analýzy kořenových příčin iniciační události

PŘÍLOHA P I: POSTUP POSOUZENÍ OBJEKTU S CHEMICKOU LÁTKOU/CHEMICKOU SMĚSÍ



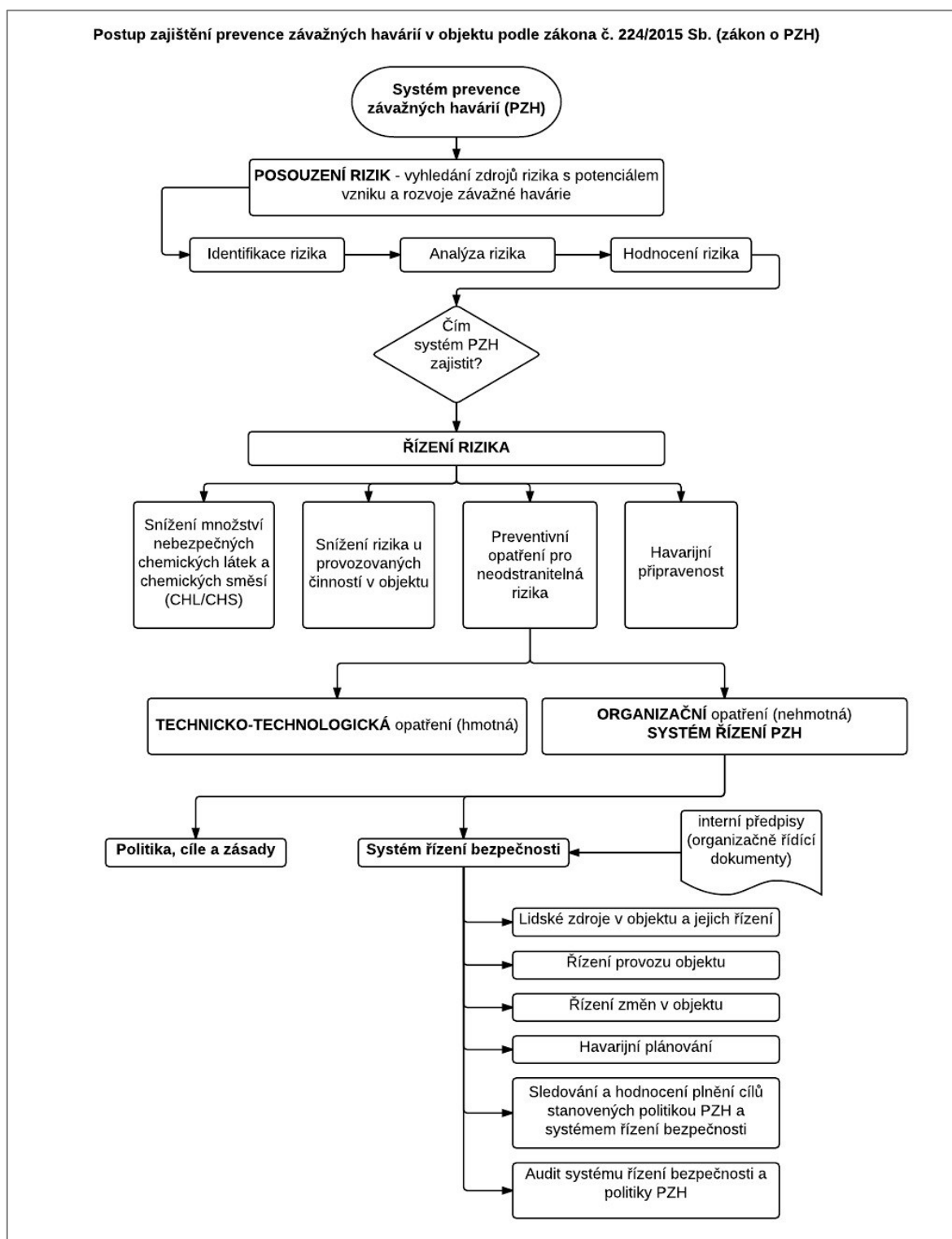
Graf 4 - Postup posouzení objektu z hlediska zákona o PZH (VÚBP, 2020)

PŘÍLOHA P II: STRUKTURA ČESKÝCH PODNIKŮ PODLÉHAJÍCÍCH SEVESU III



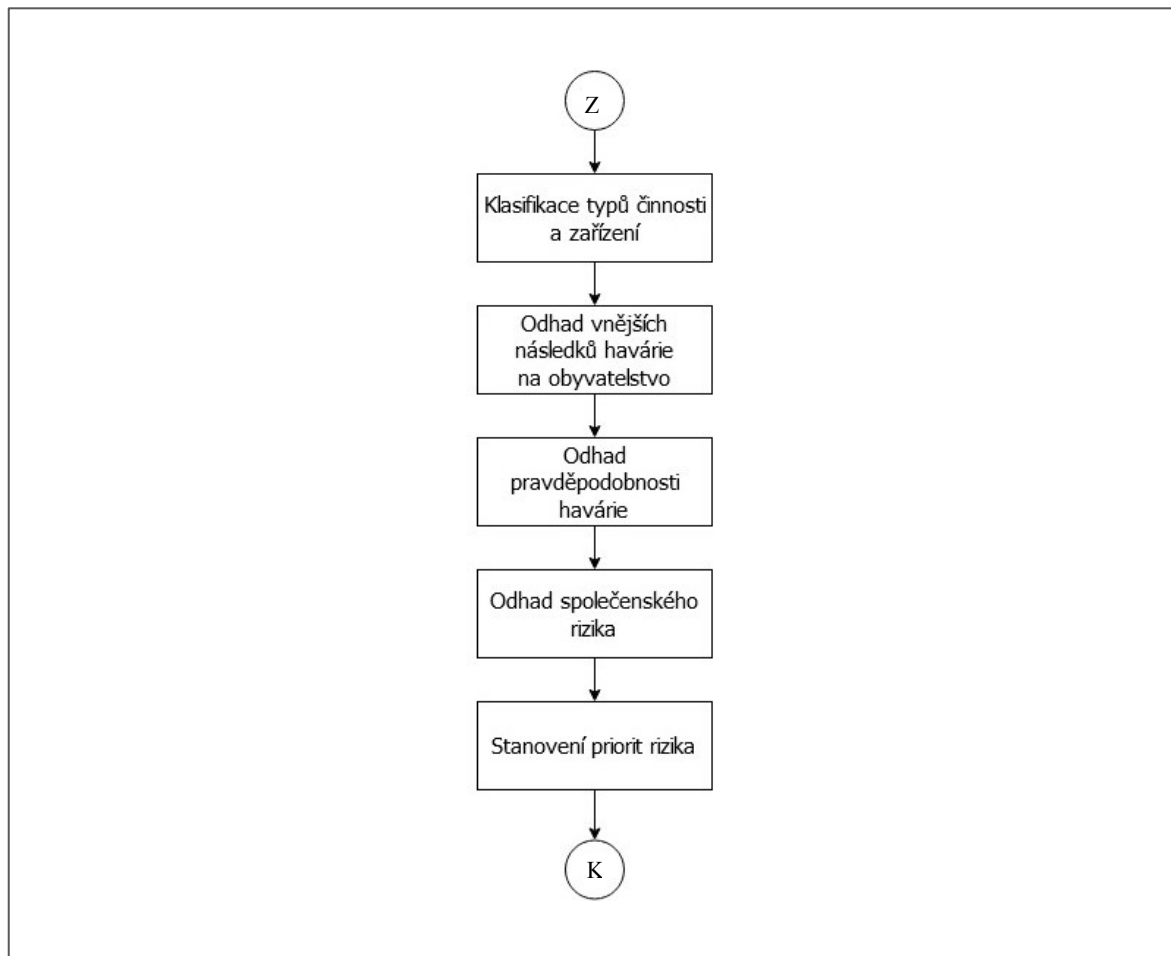
Graf 5 – Struktura CZ podniků podléhajících SEVESU III (Evropská komise, 2020)

PŘÍLOHA P III: POSTUP ZAJIŠTĚNÍ PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ V OBJEKTU



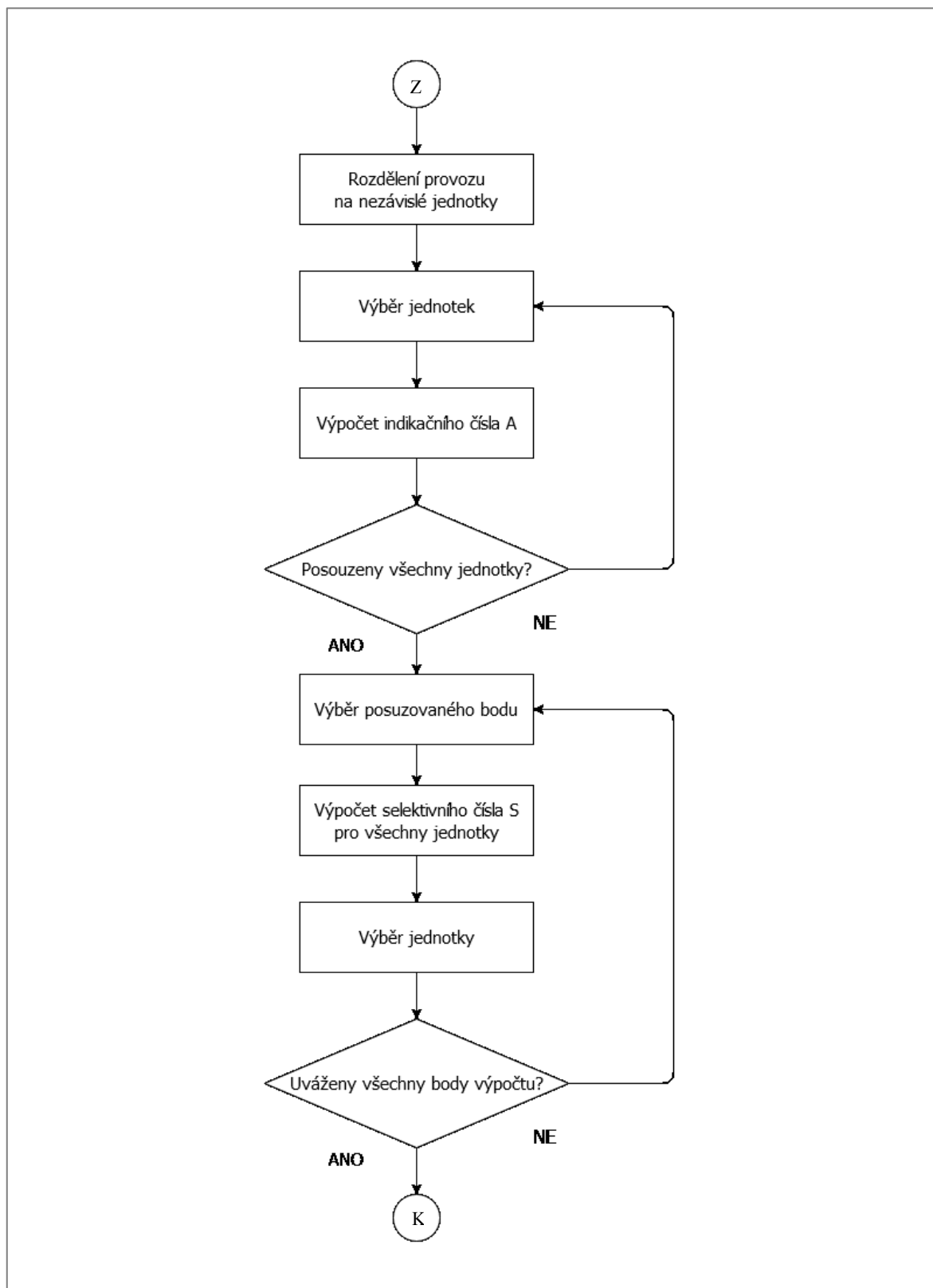
Graf 6 – Postup zajištění prevence závažných havárií v objektu (VÚBP, 2020)

PŘÍLOHA P IV: SCHÉMA METODY IAEA-TECDOC-727



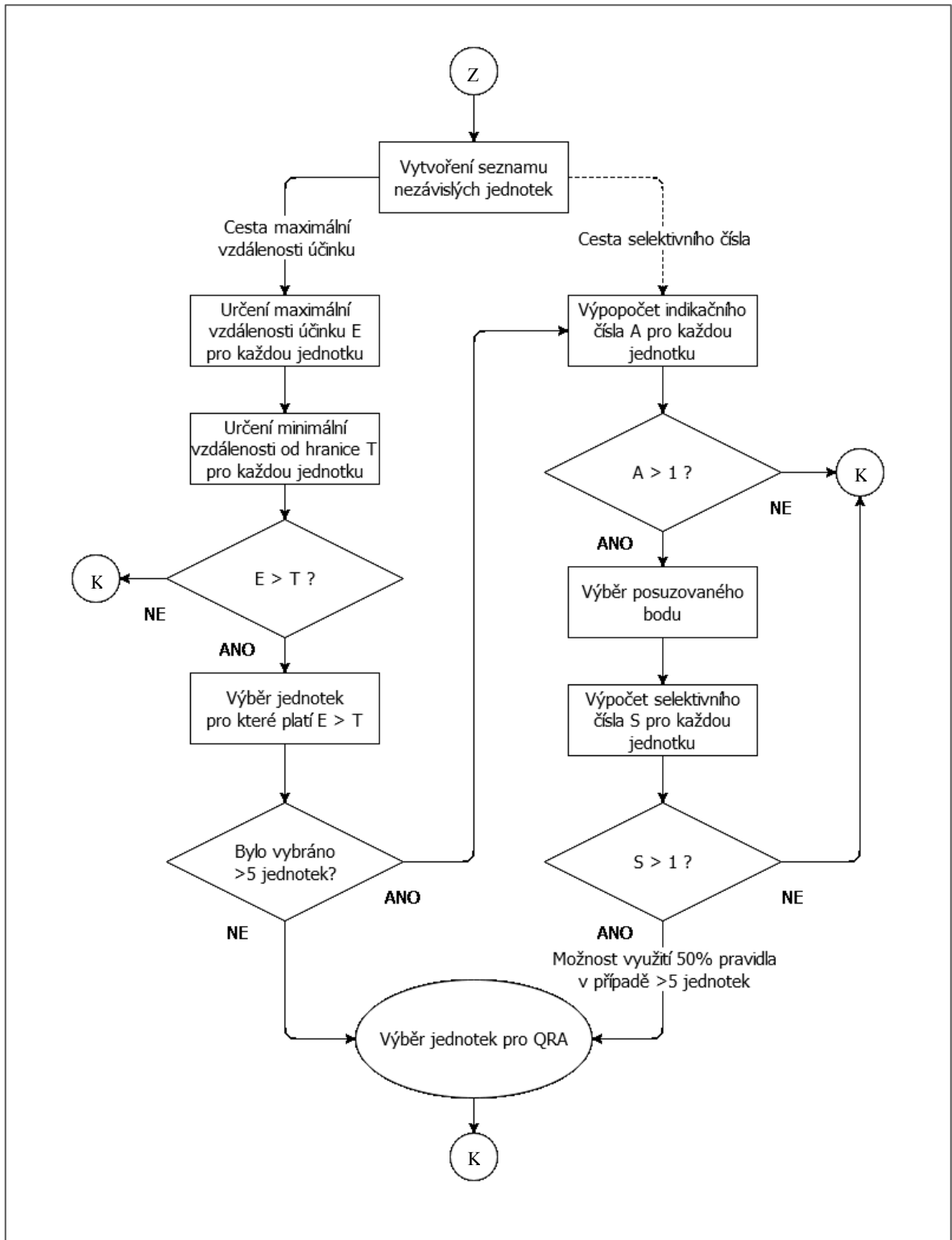
Graf 7 - Schéma metody IAEA-TECDOC-727 (IAEA, 1996)

PŘÍLOHA P V: SCHÉMA METODY CPR18-E



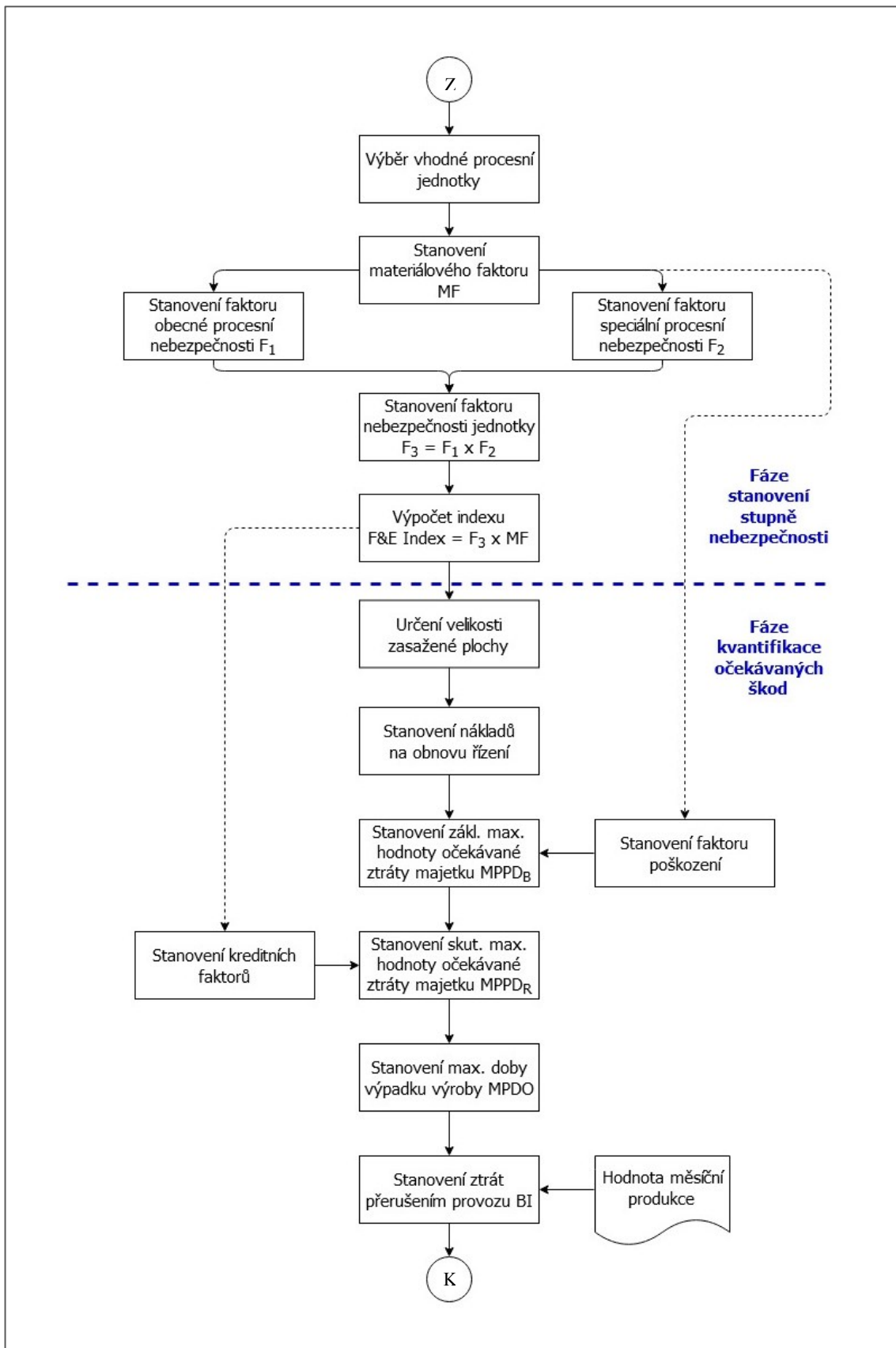
Graf 8 – Schéma metody CPR-18E (VROM, 2005)

PŘÍLOHA P VI: SCHÉMA MODIFIKOVANÉ METODY BEVI



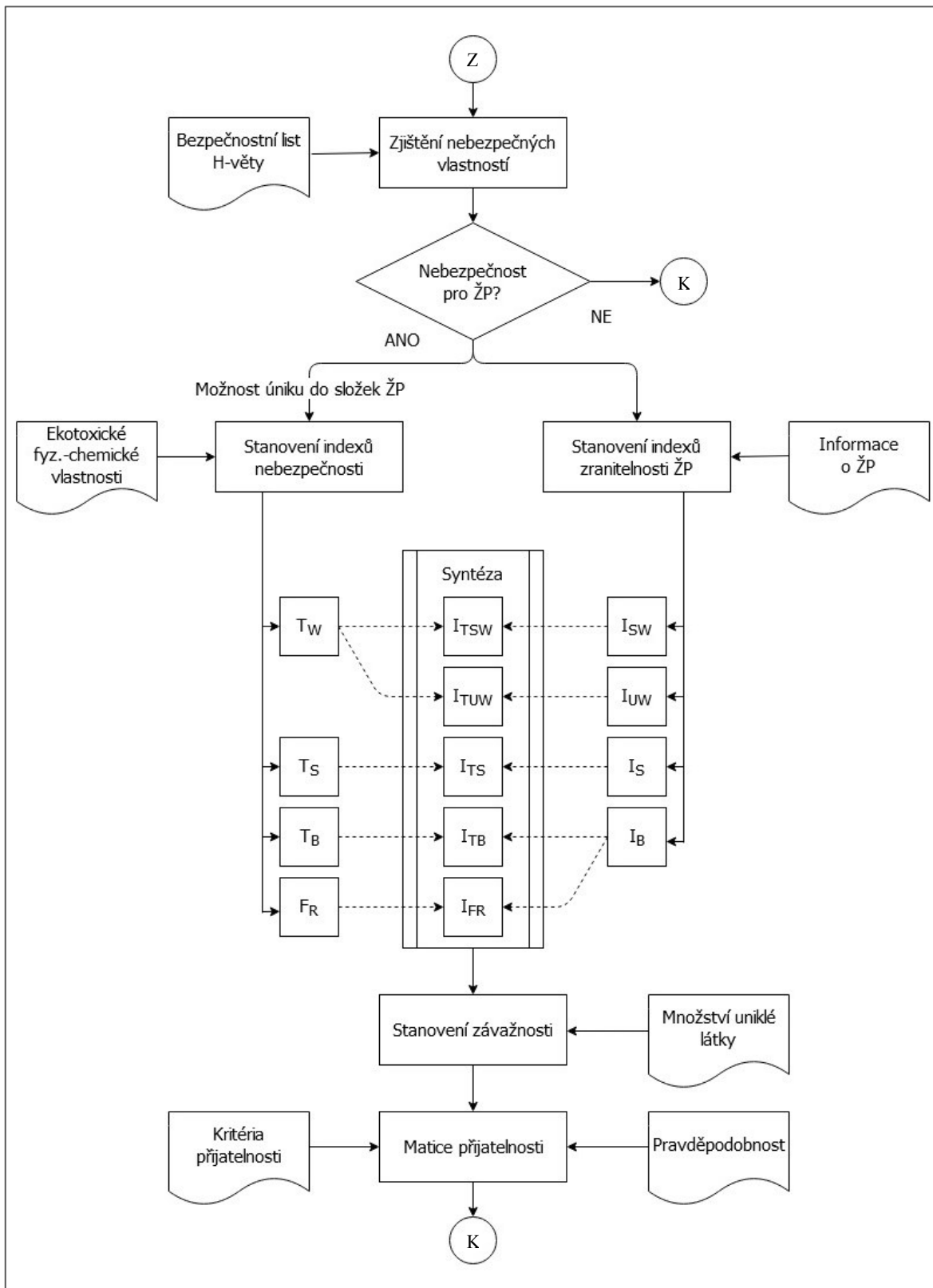
Graf 9 – Schéma modifikované metody BEVI (RIVM, 2009)

PŘÍLOHA P VII: SCHÉMA METODY DOW'S F&E INDEX

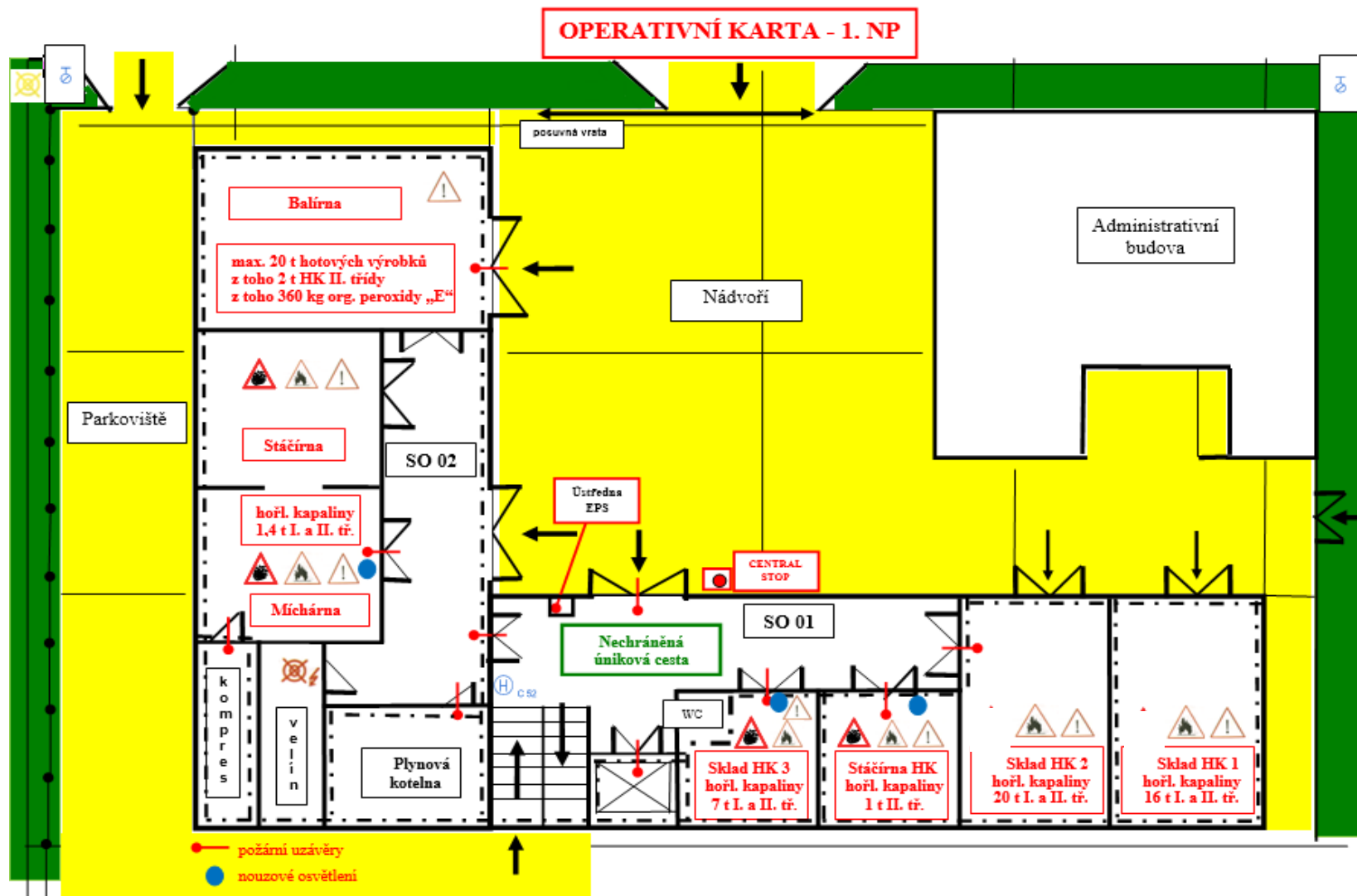


Graf 10 - Schéma metody Dow's F&E Index (Božek, 2015)

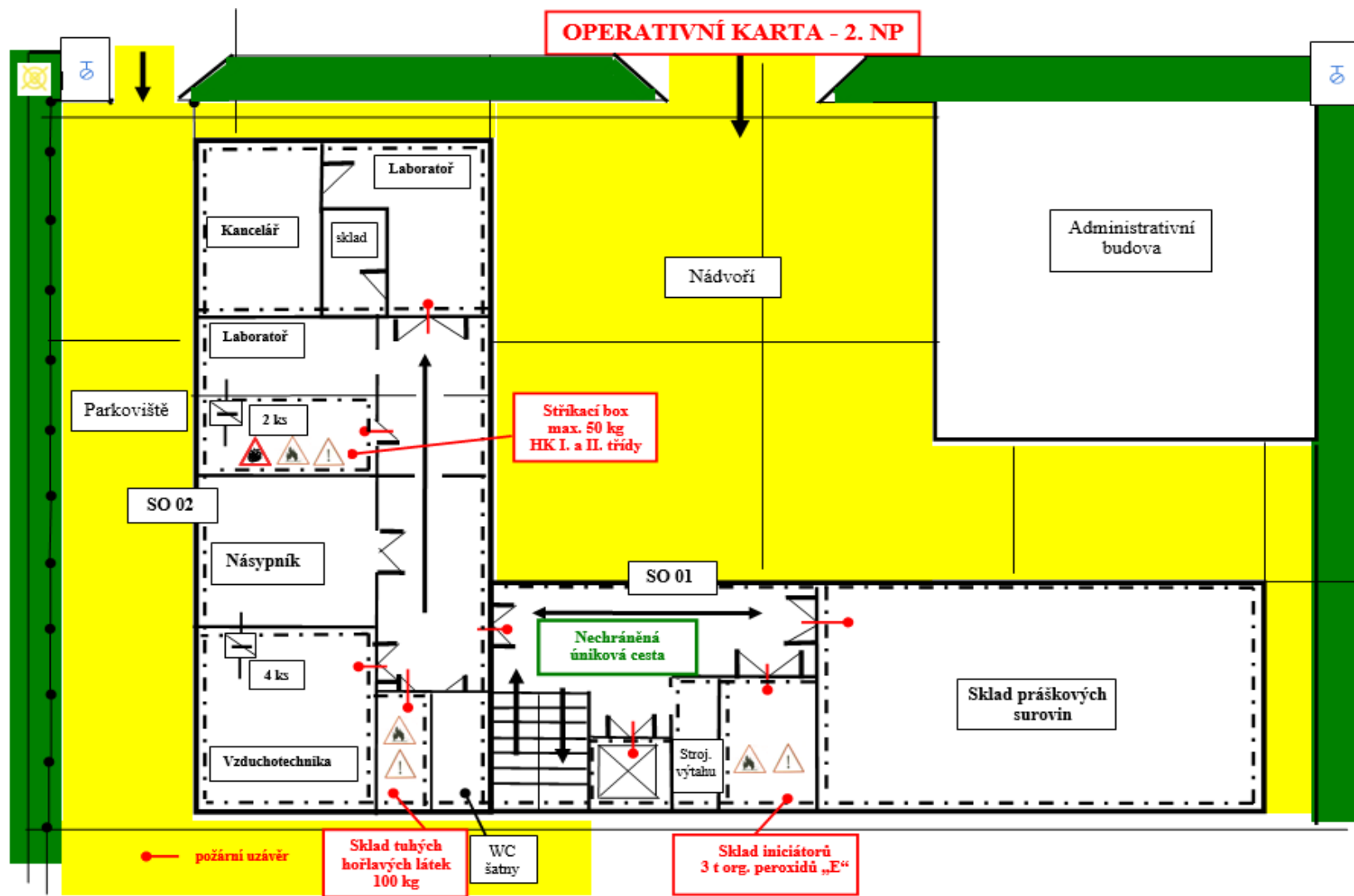
PŘÍLOHA P VIII: SCHÉMA METODY H&V INDEX



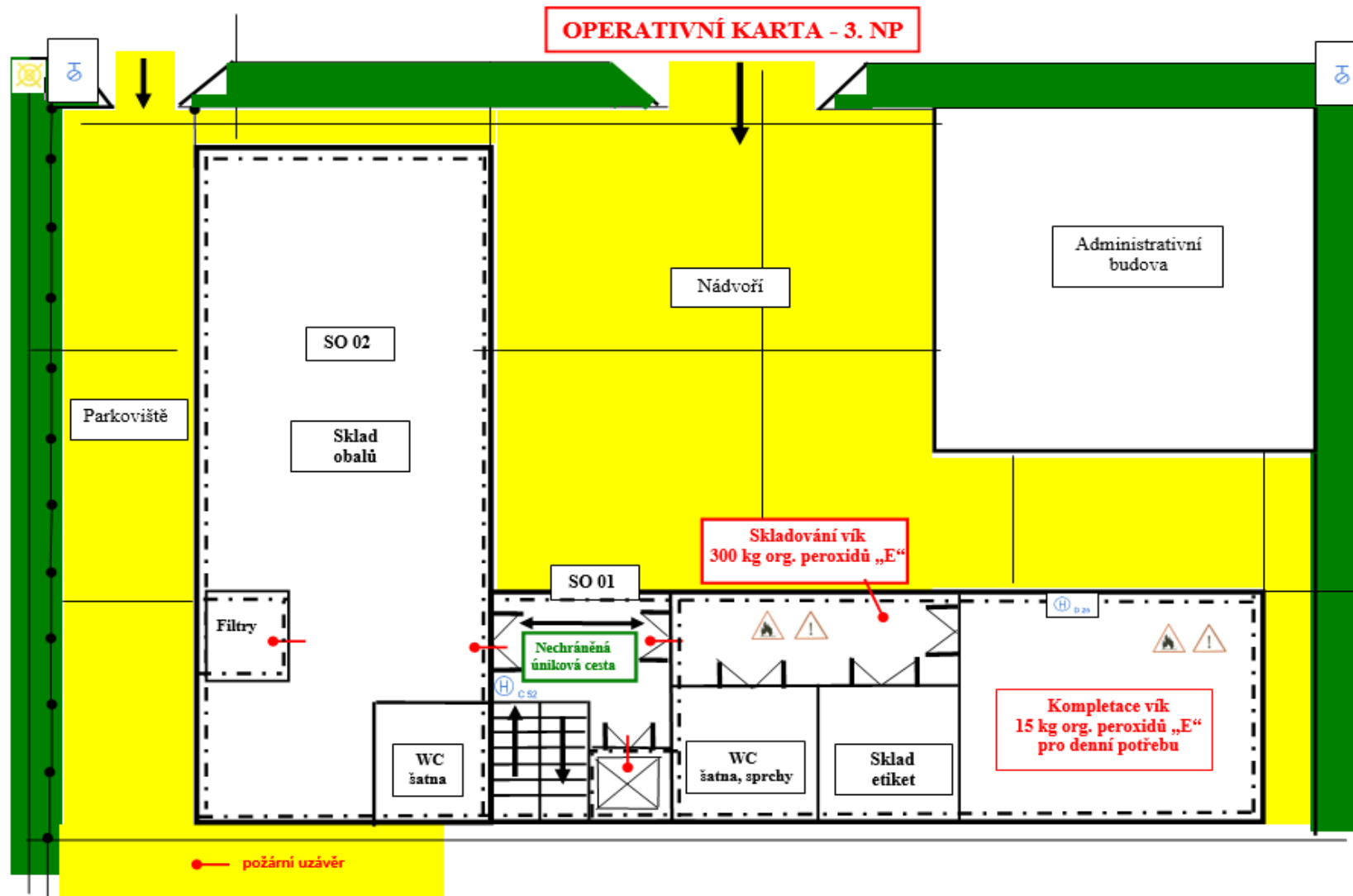
Graf 11 - Schéma metody H&V Index (Stuchlá, 2005)



Obr. 17 - Operativní karta - 1. nadzemní podlaží (interní dokumentace podniku)

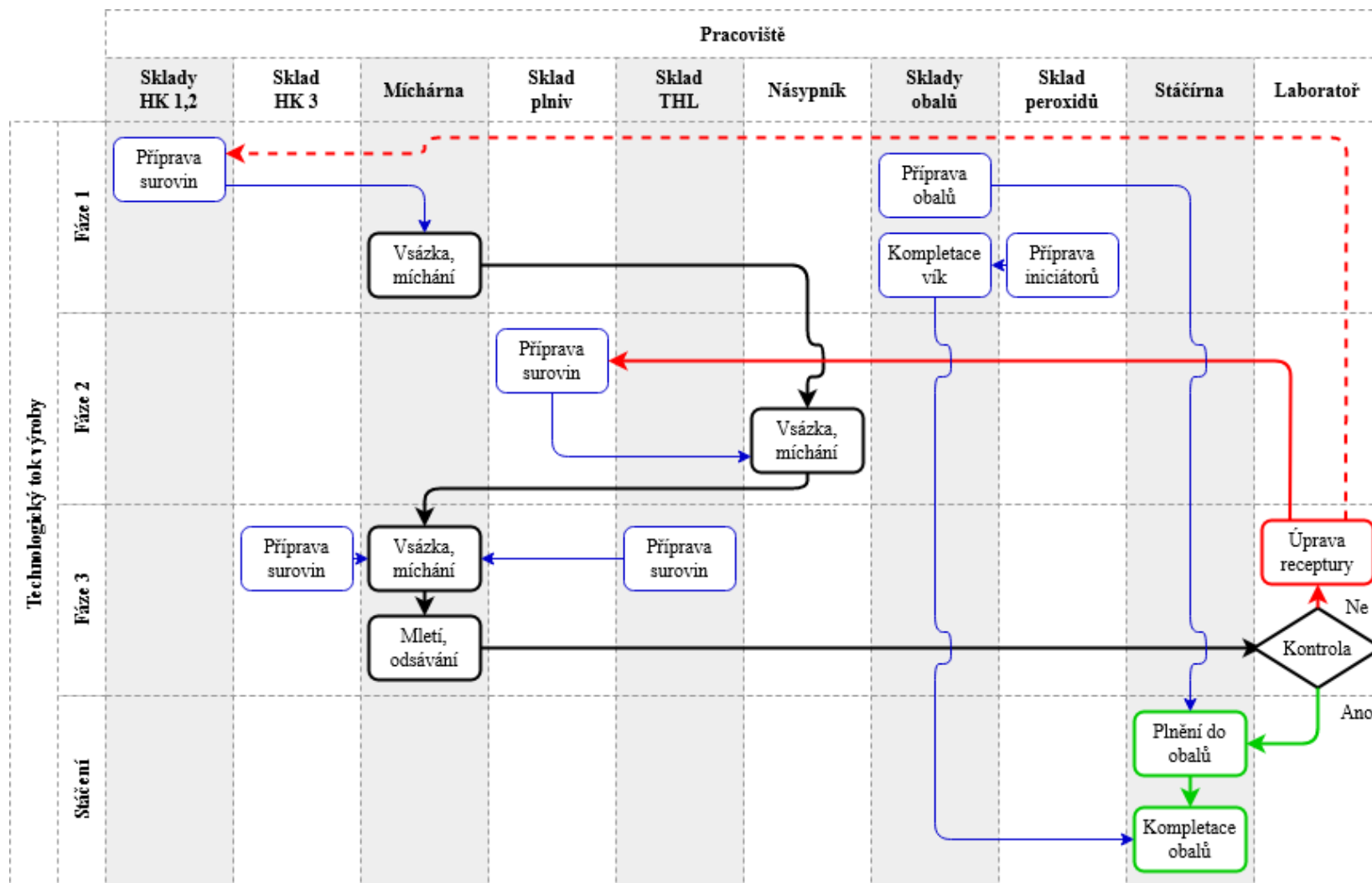


Obr. 18 - Operativní karta - 2. nadzemní podlaží (interní dokumentace podniku)



Obr. 19 - Operativní karta - 3. nadzemní podlaží (interní dokumentace podniku)

PŘÍLOHA P XII: TECHNOLOGICKÝ TOK VÝROBY



Obr. 20 - Technologický tok výroby (vlastní)

PŘÍLOHA P XIII: KLASIFIKACE PROSTŘEDÍ DLE PROTOKOLŮ O STANOVENÍ VNĚJŠÍCH VLIVŮ

Tab. 25 - Klasifikace prostředí (interní dokumentace, vlastní)

Pracoviště	Nebezpečí výbuchu		Nebezpečí požáru	
	Klasifikace	Rozsah	Klasifikace	Rozsah
Míchárna	BE3N2	zóna 0: uvnitř míchacího zařízení a míchacích nádob a uvnitř obalů s hořlavými kapalinami; zóna 1: do vzdálenosti 1,5 m od odnímatelných vík, hrdel a výpustných kohoutů nádob s hořlavými kapalinami a do vzdálenosti 0,5 m ve všech směrech od míchacího zařízení a míchacích nádob; zóna 2: zbytek celého pracoviště	-	-
Stáčírna	BE3N2	zóna 0: uvnitř výtlačného lisu a dávkovacího potrubí a uvnitř obalů se stočenými výrobky; zóna 1: do vzdálenosti 0,5 m ve všech směrech od stáčecího zařízení a pásového dopravníku s otevřeným výrobkem postupně po směru pohybu dopravníku až po zavíračku vík; zóna 2: do vzdálenosti 0,5 m ve všech směrech kolem zkompletovaného výrobku	BE2N1	zbytek prostoru
Balárna	-	-	BE2N1	celý prostor
Sklad HK 1	BE3N2	zóna 0: uvnitř obalů s hořlavými kapalinami; zóna 2: do 1,5 m od odkapávacího stojanu	BE2N3	zbytek prostoru
Sklad HK 2	BE3N2	zóna 0: uvnitř obalů s hořlavými kapalinami	BE2N3	zbytek prostoru
Sklad HK 3	BE3N2	zóna 0: uvnitř obalů s hořlavými kapalinami; zóna 1: do vzdálenosti 1,5 m od odnímatelných vík, hrdel a výpustných kohoutů nádob, od prostorů, ve kterých dochází k manipulaci s hořlavými kapalinami a od podlahy; zóna 2: zbytek celého pracoviště	-	-
Stáčírna HK	BE3N2	zóna 0: uvnitř obalů s hořlavými kapalinami; zóna 1: do vzdálenosti 1,5 m od odnímatelných vík, hrdel a výpustných kohoutů nádob, od prostorů, ve kterých dochází k manipulaci s hořlavými kapalinami a od podlahy; zóna 2: zbytek celého pracoviště	-	-
Stříkací box	BE3N2	zóna 0: uvnitř obalů s hořlavými kapalinami; zóna 1: uvnitř stříkacího boxu; zóna 2: do vzdálenosti 1,5 m v každém směru od stříkacího boxu	BE2N1	zbytek prostoru
Sklad iniciátorů	-	-	BE2N1	celý prostor
Sklad tuhých hořlavých látek	-	-	BE2N1	celý prostor
Kompletace vík	-	-	BE2N1	celý prostor
Mezisklad vík	-	-	BE2N1	celý prostor

PŘÍLOHA P XIV: PŘEHLED NEBEZPEČNÝCH LÁTEK V OBJEKTU

Tab. 26 - Přehled nebezpečných látek/směsí v objektu (bezpečnostní listy, vlastní)

Č.	Typ*	Sklad	Rozhodná klasifikace nebezpečí	Kategorie nebezpečnosti											Maximální umístěné množství [t]
				H1	H2	H3	P5a	P5c	P6b	E1	E2	O1	O3	JV	
1	KS	HK3	EUH014									x			0,02
2	KS	HK3	Flam. Liq. 3					x							0,025
3	KS	HK3	Flam. Liq. 3					x							0,185
4	KS	HK3	Org. Perox. D						x						0,005
5	KS	HK2	Flam. Liq. 3					x							0,9
6	KS	HK3	Aq. Chronic 2								x				0,017
6	KS	HK3	Flam. Liq. 3					x							0,017
7	KS	HK3	Aq. Chronic 2								x				0,017
7	KS	HK3	Flam. Liq. 3					x							0,017
8	KS	HK3	Flam. Liq. 3					x							0,025
9	KS	HK3	Flam. Liq. 3					x							0,005
10	KS	HK3	Aq. Chronic 2								x				0,18
10	KS	HK3	Flam. Liq. 3					x							0,18
11	KS	INIC	Org. Perox. D						x						0,15
12	KS	INIC	Org. Perox. D						x						0,03
13	TS	INIC	Org. Perox. E						x						0,5
14	KS	HK3	Flam. Liq. 3					x							0,007
15	KS	HK2	Flam. Liq. 3					x							1,8
16	KS	HK3	Flam. Liq. 3					x							0,19
17	KS	HK3	Aq. Chronic 2								x				0,09
18	KS	HK2	Flam. Liq. 2					x							0,36
19	PS	PRA	Aq. Acute 1							x					1
20	TS	INIC	Org. Perox. D						x						0,1
21	KS	HK3	Aq. Acute 1							x					0,18
22	KS	HK2	Flam. Liq. 3					x							0,9
23	KS	LAB	Acute Tox. 2		x										0,03
23	KS	LAB	Aq. Acute 1							x					0,03
24	KS	HK1	Flam. Liq. 3					x							11
25	KS	HK1	Flam. Liq. 3					x							3
26	KS	HK1	Flam. Liq. 3					x							11
27	PS	PRA	Aq. Chronic 2								x				1
28	KS	HK2	Flam. Liq. 3					x							0,72
29	KS	HK1	Flam. Liq. 3					x							20
30	KS	HK3	STOT SE 1			x									0,2
30	KS	HK3	Aq. Acute 1							x					0,2
31	KS	HK2	Flam. Liq. 3					x							0,1
32	KS	HK2	Flam. Liq. 3					x							0,23
33	KS	HK2	Flam. Liq. 3					x							2,7
34	TV	BAL	Org. Perox. E						x						0,08
35	KV	BAL	Flam. Liq. 3					x							2
36	KV	BAL	Flam. Liq. 3					x							0,5
37	KV	BAL	Flam. Liq. 3					x							0,5

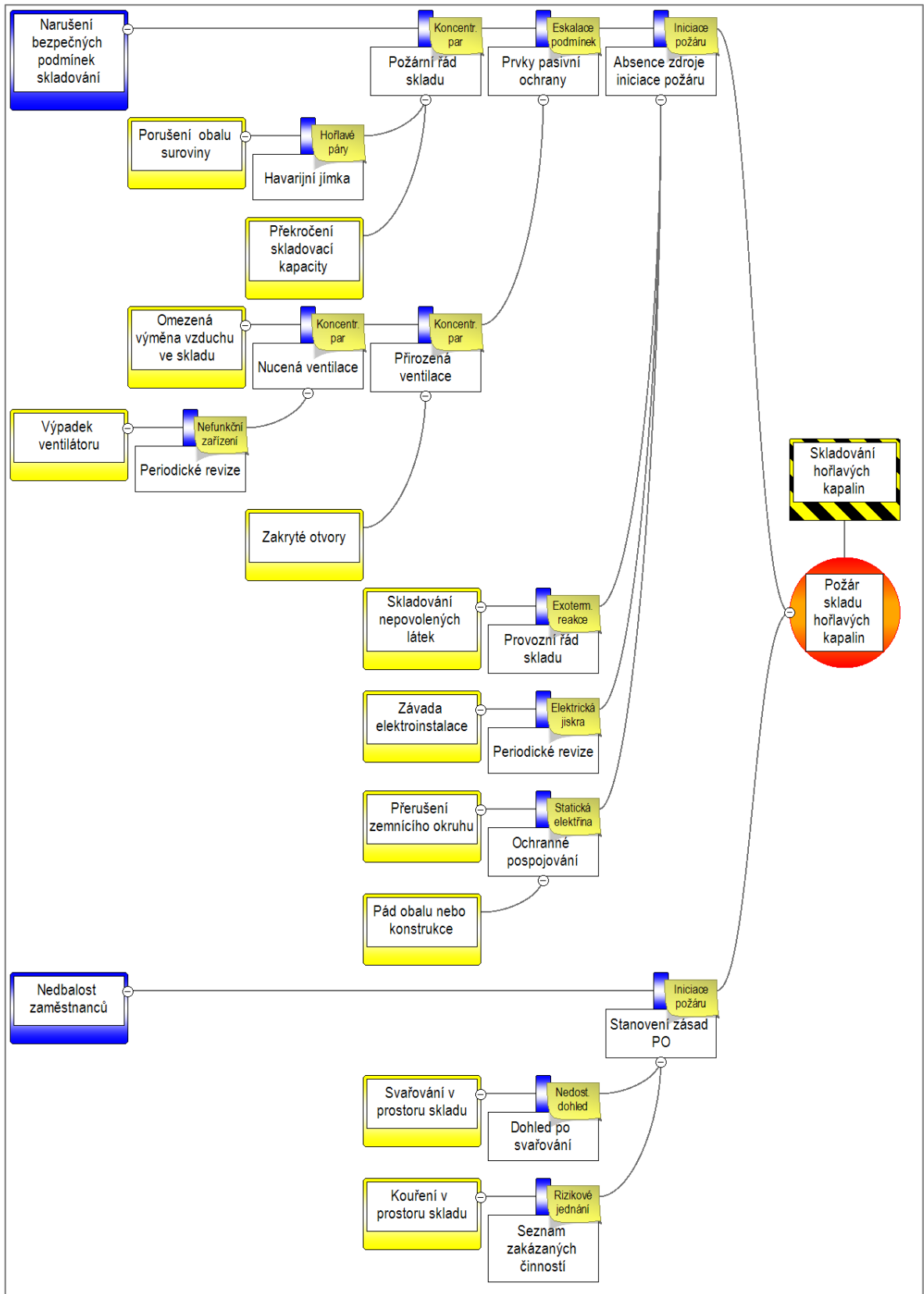
* KS – kapalná surovina, PS – prášková surovina, TS – tuhá surovina, TV – tuhý výrobek, KV – kapalný výrobek.

PŘÍLOHA P XV: VSTUPNÍ ÚDAJE PRO VÝPOČET INDIKAČNÍHO ČÍSLA

Tab. 27 - Vstupní údaje pro výpočet indikačního čísla (vlastní)

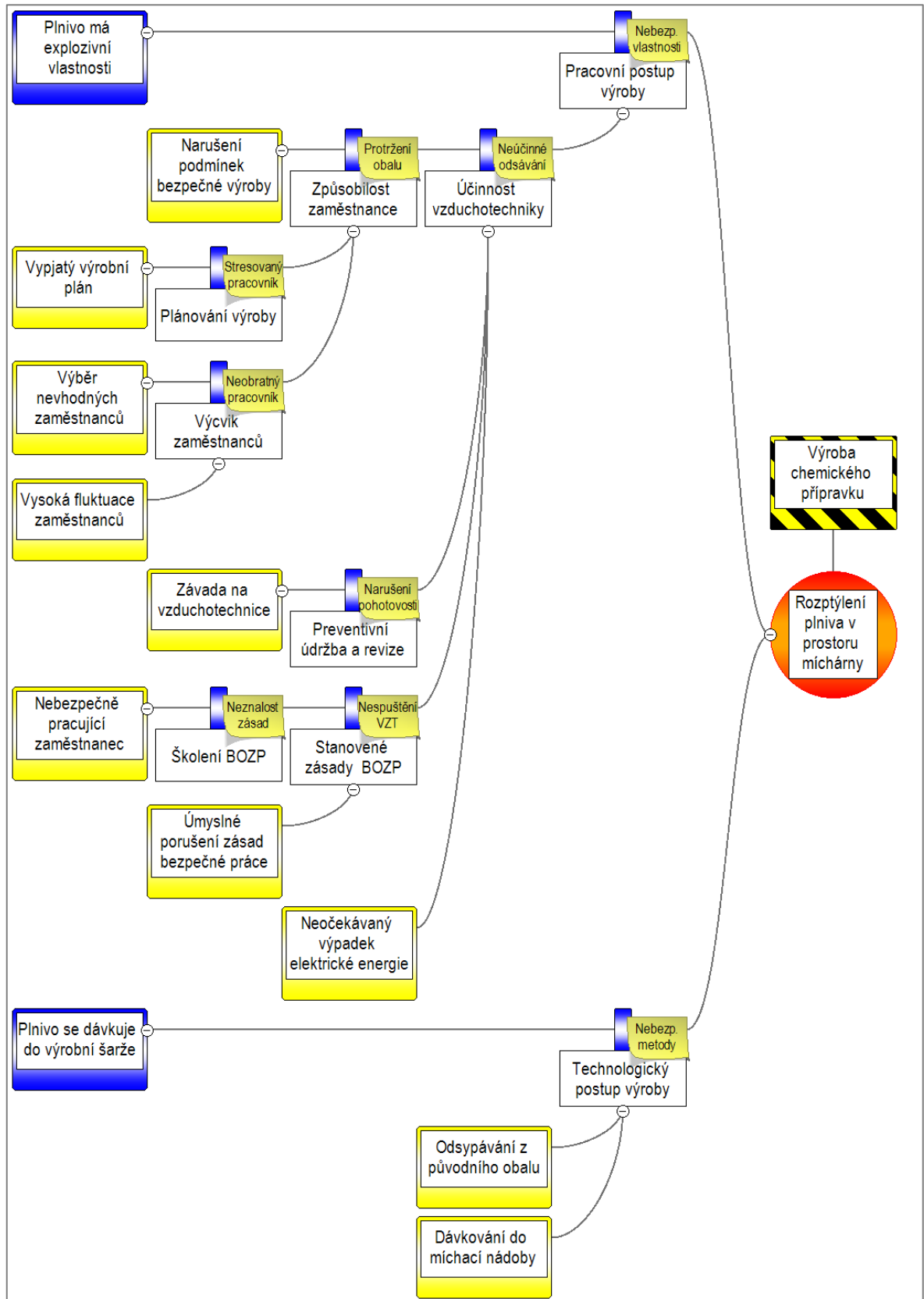
Jednotka/zařízení	Látka	Proces	Skupenství	Umístění	Množství látky [t]	Provozní teplota [°C]	Maximální provozní tlak	Jímka	Teplota vzplanutí [°C]	Bod varu [°C]	Tlak par [bar]
Sklad HK1	29	S	kapalné	uvnitř	16	okolí	atm.	ano	31	145	0,007
Sklad HK2	33	S	kapalné	uvnitř	20	okolí	atm.	ano	25	137	0,008
Sklad HK3	16	S	kapalné	uvnitř	7	okolí	atm.	ano	24	99	0,017
Sklad tuhých hořlavých látek	X	S	pevné, prášek	uvnitř	0,075	okolí	atm.	ne	-	-	-
Sklad iniciátorů	13	S	pevné, pasta	uvnitř	3	okolí	atm.	ne	-	-	-
Míchací kotel	35	P	kapalné	uvnitř	0,5	okolí	atm.	ano	24	110	0,015
IBC hořlavé kapaliny tř. II.	29	P	kapalné	vně	1	okolí	atm.	ne	31	145	0,007
Sud hořlavé kapaliny tř. I.	18	P	kapalné	vně	0,2	okolí	atm.	ne	-4	77	0,100
Balení tuhé hořlavé látky	X	P	pevné, prášek	uvnitř	0,002	okolí	atm.	ne	-	-	-

PŘÍLOHA P XVI: INICIAČNÍ UDÁLOST – JEDNOTKA Č. 1



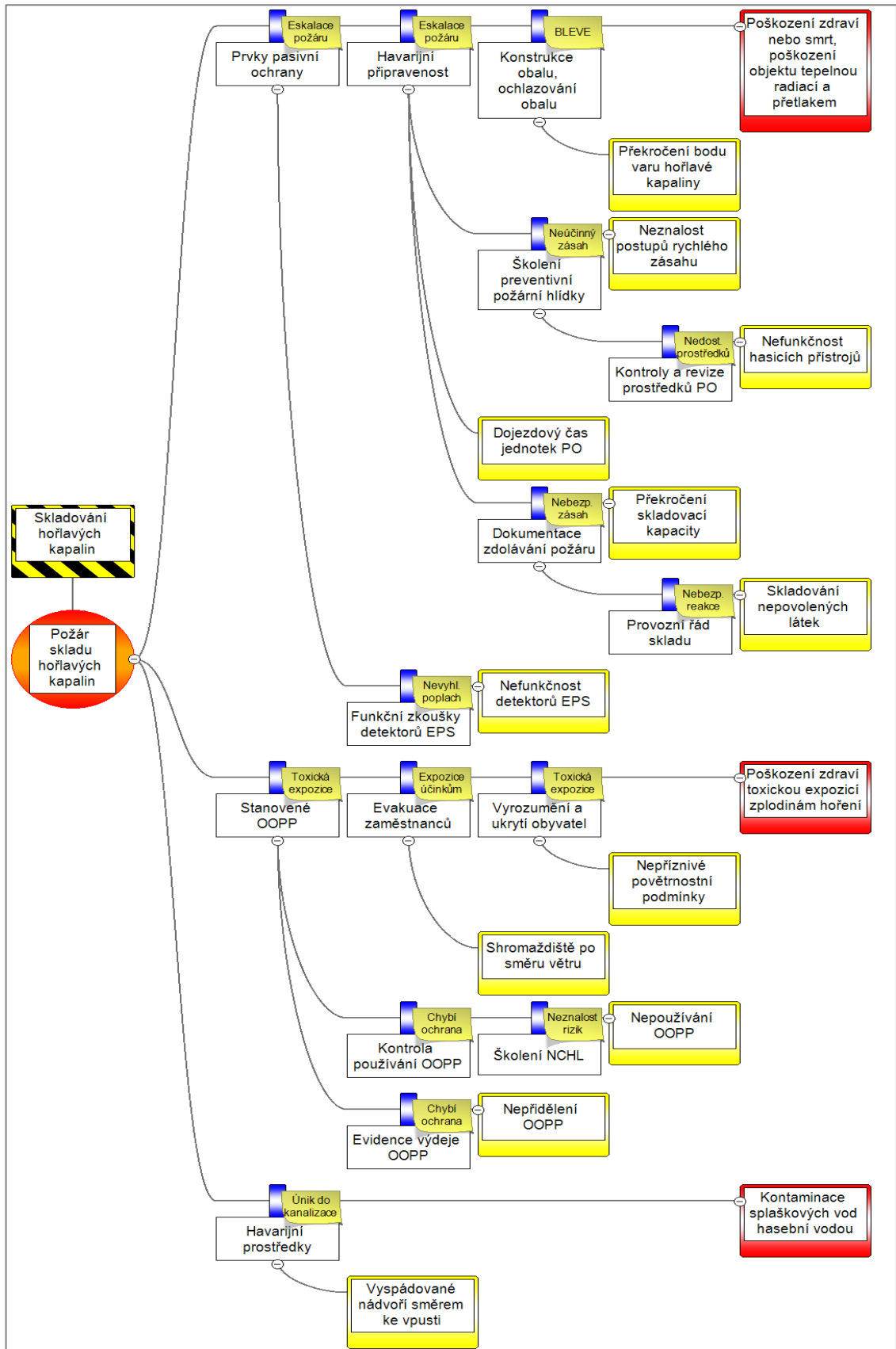
Graf 12 - Možné příčiny iniciační události pro jednotku č. 1 (vlastní)

PŘÍLOHA P XVIII: INICIAČNÍ UDÁLOST – JEDNOTKA Č. 3



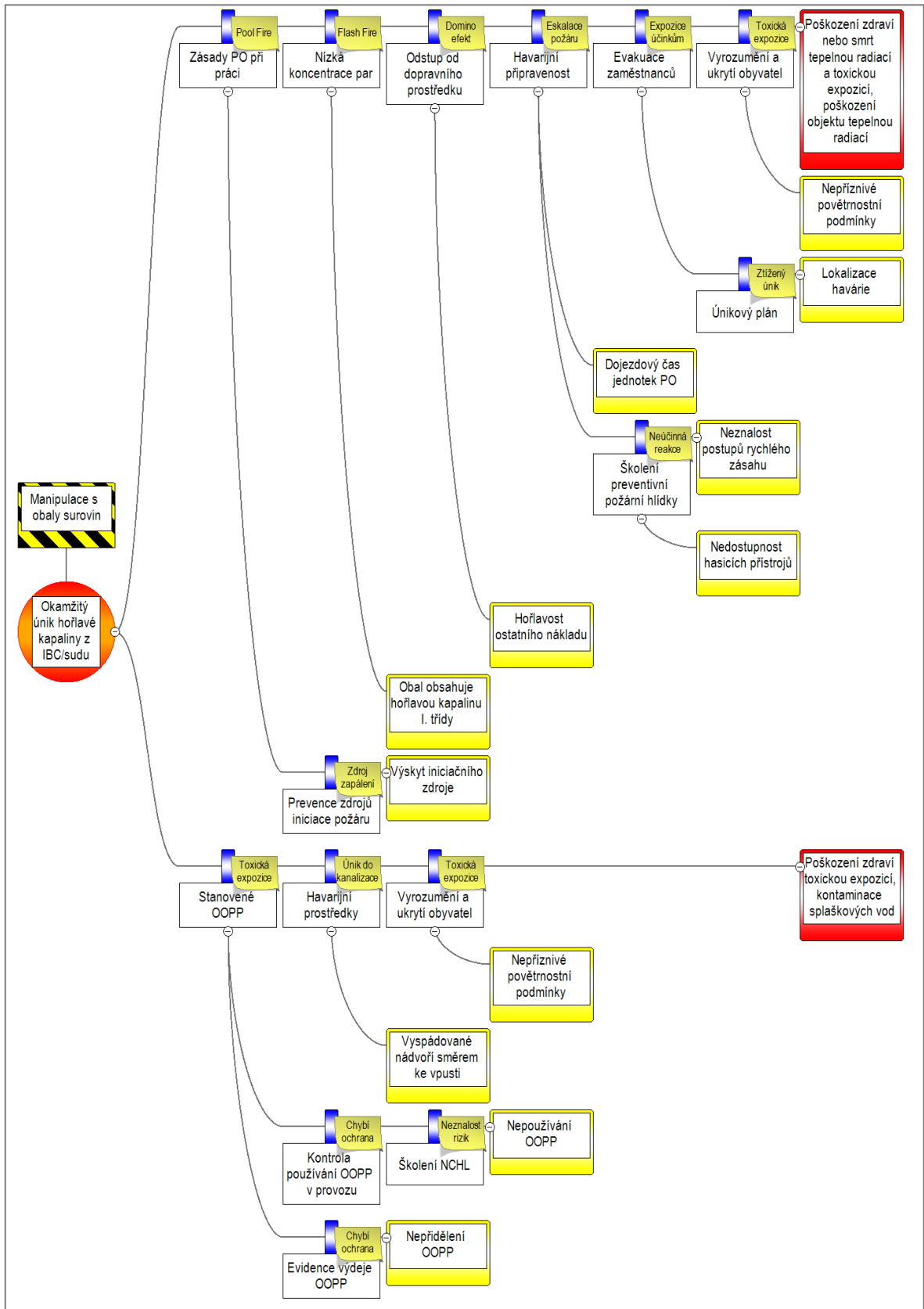
Graf 14 - Možné příčiny iniciační události pro jednotku č. 3 (vlastní)

PŘÍLOHA P XIX: SCÉNÁŘ ROVOJE HAVÁRIE - JEDNOTKA Č. 1



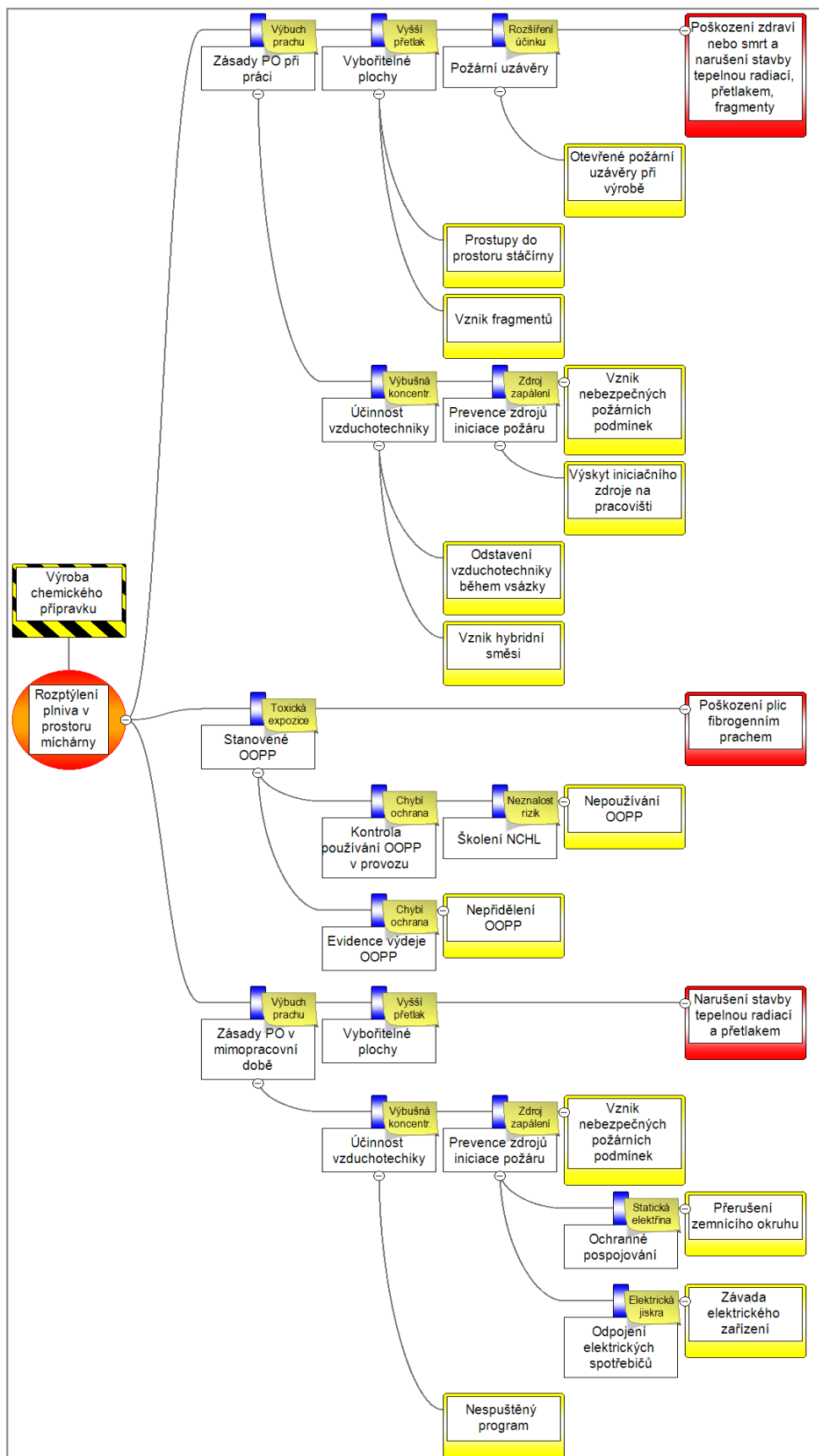
Graf 15 - Scénář možného rozvoje havárie pro jednotku č. 1 (vlastní)

PŘÍLOHA P XX: SCÉNÁŘ ROZVOJE HAVÁRIE – JEDNOTKA Č. 2



Graf 16 - Scénář možného rozvoje havárie pro jednotku č. 2 (vlastní)

PŘÍLOHA P XXI: SCÉNÁŘ ROZVOJE HAVÁRIE – JEDNOTKA Č. 3



Graf 17 – Scénář možného rozvoje havárie pro jednotku č. 3 (vlastní)

PŘÍLOHA P XXII: F&E INDEX – JEDNOTKA Č. 1

Tab. 28 - Formulář F&E Index pro jednotku č. 1 (vlastní; AICHE, 1994)

INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU - DOW'S FIRE & EXPLOSION INDEX			
Skladovací jednotka: Sklad hořlavých kapalin HK2		Látka v jednotce: č. 33	
Provozní stav: Skladování		$N_H = 2$	$N_F = 3$ $N_R = 2$
Materiálový faktor (MF)			24
1. Obecná procesní nebezpečí		Rozsah přírážky	Přírážka
Základní hodnota faktoru		1,00	1,00
A. Exotermické chemické reakce		0,30 - 1,25	0,50
B. Endotermické procesy		0,20 - 0,40	-
C. Manipulace a přeprava látek		0,25 - 1,05	0,85
D. Umístění jednotky v uzavř./vnitř. prostorách		0,25 - 0,90	-
E. Přístupnost k jednotce		0,20 - 0,35	-
F. Drenáž, zabezpečení proti přetečení		0,25 - 0,50	0,25
Faktor obecných nebezpečí (F₁)			2,60
2. Speciální procesní nebezpečí		Rozsah přírážky	Přírážka
Základní hodnota faktoru		1,00	1,00
A. Toxické látky		0,20 - 0,80	0,40
B. Podtlak (< 500 mm Hg)		0,50	-
C. Provoz uvnitř nebo blízko mezi hořlavosti			bez inertizace
	C1	Skladovací nádrže hořlavých kapalin	0,50 -
	C2	Neustálený proces nebo porucha inertizace	0,30 -
	C3	Provoz trvale v rozsahu hořlavosti	0,80 -
D. Exploze prachu		0,25 - 2,00	-
E. Přetlak			-
F. Nízká teplota		0,20 - 0,30	-
G. Množství hořlavé/nestabilní látky		m = 20000 kg H _c = 40,48 MJ/kg	
	G1	Kapaliny nebo plyny v procesu	-
	G2	Kapaliny nebo plyny v zásobníku	0,37
	G3	Pevné látky ve skladu, prach v procesu	-
H. Vliv koroze a eroze		0,10 - 0,75	0,10
I. Netěsnost spojů a ucpávek		0,10 - 1,50	-
J. Zařízení s otevřeným ohněm			-
K. Tepelné výměníky s horkým olejem		0,15 - 1,15	-
L. Rotační zařízení		0,50	-
Faktor speciálních nebezpečí (F₂)			1,87
Celkový faktor nebezpečnosti jednotky (F₃ = F₁ x F₂)			4,86
INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU (F&EI = MF x F₃)			116,69
Poloměr zasažené plochy (R = 0,256 x F&EI [m])			29,87

PŘÍLOHA P XXIII: F&E INDEX – JEDNOTKA Č. 2 (IBC)

Tab. 29 - Formulář F&E Index pro jednotku č. 2, IBC (vlastní; AICHE, 1994)

INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU - DOW'S FIRE & EXPLOSION INDEX			
Provozní jednotka: Kontejner IBC		Látka v jednotce: č. 29	
Provozní stav: Provoz		$N_H = 2$	$N_F = 3$
		$N_R = 2$	
Materiálový faktor (MF)			24
1. Obecná procesní nebezpečí		Rozsah přírážky	Přírážka
Základní hodnota faktoru		1,00	1,00
A. Exotermické chemické reakce		0,30 - 1,25	0,50
B. Endotermické procesy		0,20 - 0,40	-
C. Manipulace a přeprava látek		0,25 - 1,05	0,85
D. Umístění jednotky v uzavř./vnitř. prostorách		0,25 - 0,90	-
E. Přístupnost k jednotce		0,20 - 0,35	-
F. Drenáž, zabezpečení proti přetečení		0,25 - 0,50	0,50
Faktor obecných nebezpečí (F₁)			2,85
2. Speciální procesní nebezpečí		Rozsah přírážky	Přírážka
Základní hodnota faktoru		1,00	1,00
A. Toxické látky		0,20 - 0,80	0,40
B. Podtlak (< 500 mm Hg)		0,50	-
C. Provoz uvnitř nebo blízko mezi hořlavostí			bez inertizace
C1	Skladovací nádrže hořlavých kapalin	0,50	-
C2	Neustálený proces nebo porucha inertizace	0,30	-
C3	Provoz trvale v rozsahu hořlavosti	0,80	-
D. Exploze prachu		0,25 - 2,00	-
E. Přetlak			-
F. Nízká teplota		0,20 - 0,30	-
G. Množství hořlavé/nestabilní látky		$m = 1000 \text{ kg}$ $H_c = 40,48 \text{ MJ/kg}$	
G1	Kapaliny nebo plyny v procesu		-
G2	Kapaliny nebo plyny v zásobníku	$\Sigma_{BTU/lb} < 0,1 \times 10^9$	-
G3	Pevné látky ve skladu, prach v procesu		-
H. Vliv koroze a eroze		0,10 - 0,75	-
I. Netěsnost spojů a ucpávek		0,10 - 1,50	-
J. Zařízení s otevřeným ohněm			-
K. Tepelné výměníky s horkým olejem		0,15 - 1,15	-
L. Rotační zařízení		0,50	-
Faktor speciálních nebezpečí (F₂)			1,40
Celkový faktor nebezpečnosti jednotky (F₃ = F₁ x F₂)			3,99
INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU (F&EI = MF x F₃)			95,76
Poloměr zasažené plochy (R = 0,256 x F&EI [m])			24,51

PŘÍLOHA P XXIV: F&E INDEX – JEDNOTKA Č. 2 (SUD)

Tab. 30 - Formulář F&E Index pro jednotku č. 2, sud (vlastní; AICHE, 1994)

INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU - DOW'S FIRE & EXPLOSION INDEX			
Provozní jednotka: Kovový sud		Látka v jednotce: č. 18	
Provozní stav: Provoz		$N_H = 1$	$N_F = 3$ $N_R = 0$
Materiálový faktor (MF)			16
1. Obecná procesní nebezpečí		Rozsah přírážky	Přírážka
Základní hodnota faktoru		1,00	1,00
A. Exotermické chemické reakce		0,30 - 1,25	-
B. Endotermické procesy		0,20 - 0,40	-
C. Manipulace a přeprava látek		0,25 - 1,05	0,85
D. Umístění jednotky v uzavř./vnitř. prostorách		0,25 - 0,90	-
E. Přístupnost k jednotce		0,20 - 0,35	-
F. Drenáž, zabezpečení proti přetečení		0,25 - 0,50	0,50
Faktor obecných nebezpečí (F₁)			2,35
2. Speciální procesní nebezpečí		Rozsah přírážky	Přírážka
Základní hodnota faktoru		1,00	1,00
A. Toxické látky		0,20 - 0,80	0,20
B. Podtlak (< 500 mm Hg)		0,50	-
C. Provoz uvnitř nebo blízko mezi hořlavostí			bez inertizace
C1	Skladovací nádrže hořlavých kapalin	0,50	-
C2	Neustálený proces nebo porucha inertizace	0,30	-
C3	Provoz trvale v rozsahu hořlavosti	0,80	-
D. Exploze prachu		0,25 - 2,00	-
E. Přetlak			-
F. Nízká teplota		0,20 - 0,30	-
G. Množství hořlavé/nestabilní látky		m = 200 kg H _c = 23,50 MJ/kg	
G1	Kapaliny nebo plyny v procesu		-
G2	Kapaliny nebo plyny v zásobníku	$\Sigma_{BTU/lb} < 0,1 \times 10^9$	-
G3	Pevné látky ve skladu, prach v procesu		-
H. Vliv koroze a eroze		0,10 - 0,75	0,10
I. Netěsnost spojů a ucpávek		0,10 - 1,50	-
J. Zařízení s otevřeným ohněm			-
K. Tepelné výměníky s horkým olejem		0,15 - 1,15	-
L. Rotační zařízení		0,50	-
Faktor speciálních nebezpečí (F₂)			1,30
Celkový faktor nebezpečnosti jednotky (F₃ = F₁ x F₂)			3,06
INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU (F&EI = MF x F₃)			48,88
Poloměr zasažené plochy (R = 0,256 x F&EI [m])			12,51

PŘÍLOHA P XXV: F&E INDEX – JEDNOTKA Č. 3

Tab. 31 - Formulář F&E Index pro jednotku č. 3 (vlastní; AICHE, 1994)

INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU - DOW'S FIRE & EXPLOSION INDEX			
Provozní jednotka: Balení tuhé hořlavé látky		Látka v jednotce: X	
Provozní stav: Provoz		$K_{st} = 240$ bar.m.s^{-1}	$N_H = 1$
Materiálový faktor (MF)			21
1. Obecná procesní nebezpečí		Rozsah přírážky	Přírážka
Základní hodnota faktoru		1,00	1,00
A. Exotermické chemické reakce		0,30 - 1,25	-
B. Endotermické procesy		0,20 - 0,40	-
C. Manipulace a přeprava látek		0,25 - 1,05	0,65
D. Umístění jednotky v uzavř./vnitř. prostorách		0,25 - 0,90	0,50
E. Přístupnost k jednotce		0,20 - 0,35	-
F. Drenáž, zabezpečení proti přetečení		0,25 - 0,50	0,25
Faktor obecných nebezpečí (F₁)			2,40
2. Speciální procesní nebezpečí		Rozsah přírážky	Přírážka
Základní hodnota faktoru		1,00	1,00
A. Toxické látky		0,20 - 0,80	0,20
B. Podtlak (< 500 mm Hg)		0,50	-
C. Provoz uvnitř nebo blízko mezi hořlavostí			bez inertizace
	C1	Skladovací nádrže hořlavých kapalin	0,50
	C2	Neustálý proces nebo porucha inertizace	0,30
	C3	Provoz trvale v rozsahu hořlavosti	0,80
D. Exploze prachu		0,25 - 2,00	2,00
E. Přetlak			-
F. Nízká teplota		0,20 - 0,30	-
G. Množství hořlavé/nestabilní látky		$m = 2 \text{ kg}; \rho = 0,025 \text{ g.cm}^{-3}$	
	G1	Kapaliny nebo plyny v procesu	-
	G2	Kapaliny nebo plyny v zásobníku	-
	G3	Pevné látky ve skladu, prach v procesu	$\Sigma_m < 0,1 \times 10^6 \text{ lb}$
H. Vliv koroze a eroze		0,10 - 0,75	-
I. Netěsnost spojů a ucpávek		0,10 - 1,50	-
J. Zařízení s otevřeným ohněm			-
K. Tepelné výměníky s horkým olejem		0,15 - 1,15	-
L. Rotační zařízení		0,50	-
Faktor speciálních nebezpečí (F₂)			3,20
Celkový faktor nebezpečnosti jednotky (F₃ = F₁ x F₂)			7,68
INDEX POŽÁRU A VÝBUCHU (F&EI = MF x F₃)			161,28
Poloměr zasažené plochy (R = 0,256 x F&EI [m])			41,29

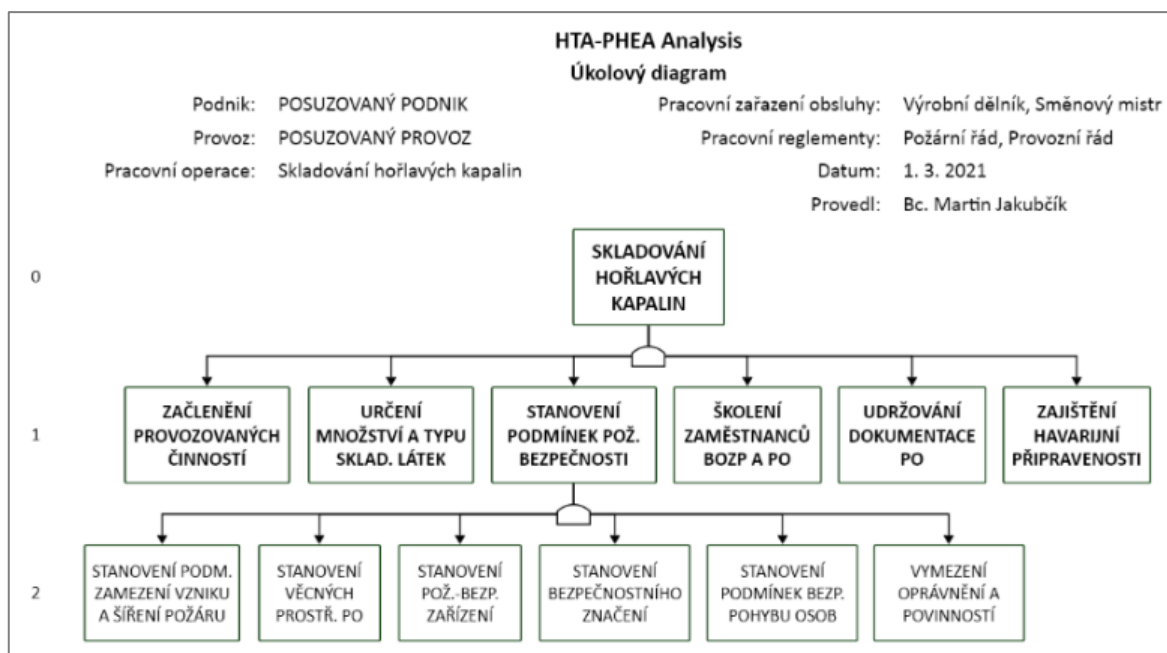
PŘÍLOHA P XXVI: PARAMETRY SOFTWAREVÉHO MODELU

Tab. 32 - Parametry softwarového modelování (vlastní; ALOHA)

Parametr	S _{(2,1)IBC}	S _{(2,1)SUD}
Číslo referenční látky	29	18
Molekulární hmotnost [g.mol ⁻¹]	104,15	88,11
Bod vzplanutí [°C]	31	-4
Bod varu [°C]	144,4	76,4
Tenze par při 20°C [atm]	0,0043	0,074
Koncentrace nasycení v okolí [%]	0,44	7,57
Rychlost větru ve výšce 3 m [m.s ⁻¹]	5	5
Drsnost povrchu	město	město
Materiál povrchu	beton	beton
Oblačnost	5/10	5/10
Třída stability počasí	D	D
Teplota vzduchu [°C]	15	15
Teplota povrchu [°C]	15	15
Relativní vlhkost vzduchu [%]	50	50
Výskyt inverze	ne	ne
Tvar obalu	svislý válec	svislý válec
Objem obalu [l]	1000	220
Plnění obalu [%]	100	100
Množství látky v obalu [kg]	909	199
Průměr únikového otvoru [cm]	10	10
Umístění únikového otvoru na obalu	vespod	vespod
Limitovaný průměr louže [m]	10	10
Skutečný průměr louže [m]	>10	6,9
Rychlost úniku látky [kg.min ⁻¹]	332	109
Doba hoření [min]	3	2
Max. délka plamene [m]	15	9
Hranice zóny tepelné radiace 10 kW.m ⁻² [m]	28	14
Hranice zóny tepelné radiace 5 kW.m ⁻² [m]	35	17
Hranice zóny tepelné radiace 2 kW.m ⁻² [m]	50	23
DNEL pro akutní účinky [mg.m ⁻³]	289	1468
Hranice zóny akutních toxických účinků [m]	-	<10
DNEL pro chronické účinky [mg.m ⁻³]	85	734
Hranice zóny chronických toxických účinků [m]	<10	16
Doba odparu látky [min]	>60	41

PŘÍLOHA P XXVII: HTA – JEDNOTKA Č. 1

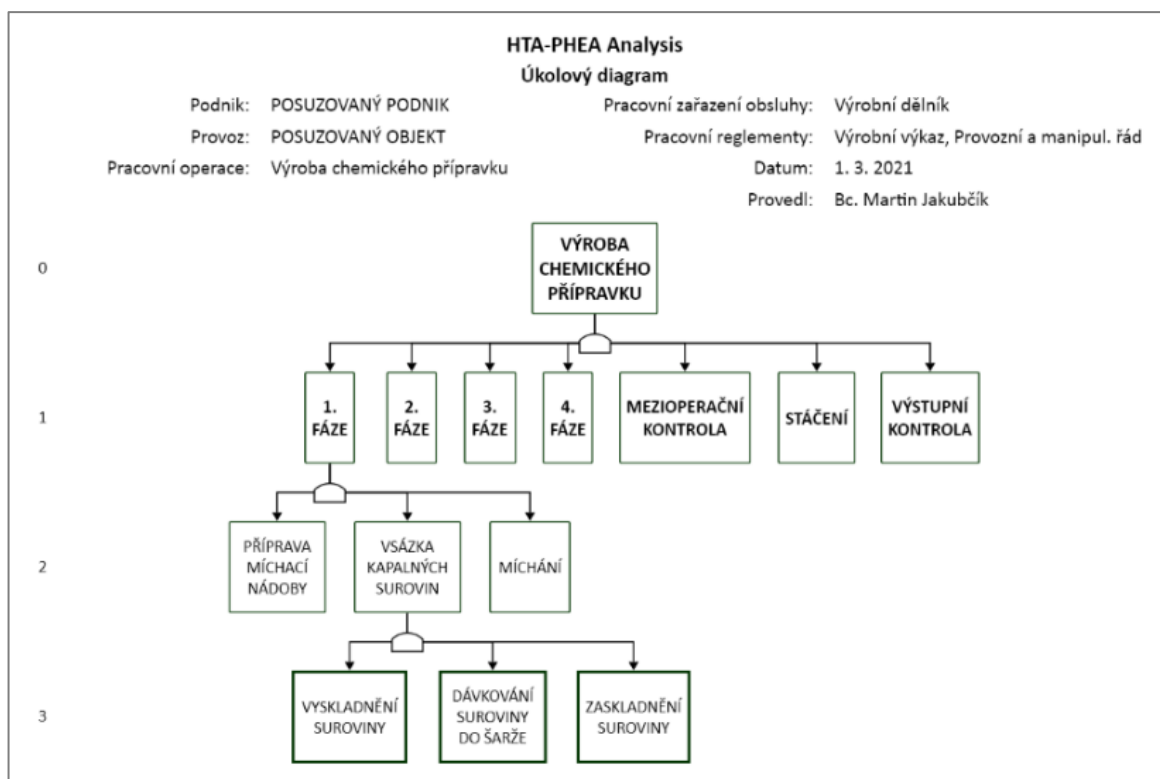
Tab. 33 – HTA: Stanovení podmínek požární bezp. skladu (vlastní; HTA-PHEA 1.1)



Úkol:	Popis výkonu:
Stanovení podmínek požární bezpečnosti	Stanovení podmínek požární bezpečnosti k zamezení vzniku a šíření požáru ve skladu HK2, včetně vymezení oprávnění a povinností osob při zajišťování stanovených podmínek požární bezpečnosti, a to pro zahájení, průběh, přerušení a ukončení prováděných činností. Stanovení podmínek pro bezpečný pobyt a pohyb osob a způsob zabezpečení volných únikových cest. Určení rozsahu věcných prostředků požární ochrany, instalovaných požárně-bezpečnostních zařízení, včetně plánování kontrol a revizí. Určení výstražných a bezpečnostních značek v dotčeném prostoru.
Plán úkolu:	
1->2->3->4->5->6	
Operace:	
Akce 1: Stanovení podmínek zamezení vzniku a šíření požáru	
Akce 2: Stanovení věcných prostředků požární ochrany	
Akce 3: Stanovení požárně-bezpečnostních zařízení	Podmínka:
Akce 4: Stanovení bezpečnostního značení	Určení množství a typu skladovaných látek. Začlenění provozovaných činností ve skladu dle míry požárního nebezpečí.
Akce 5: Stanovení podmínek bezpečného pohybu osob	Problémy:
Akce 6: Vymezení oprávnění a povinností	Odborná erudice odborně způsobilých osob. Kvalita zpracované dokumentace požární ochrany. Úroveň povědomí zaměstnanců o požárním nebezpečí.
Zápis akcí:	Doporučení:
3: 1>2>3>4>5>6	Důsledná kontrola dodržování podmínek požární bezpečnosti během prováděných činností. Zabezpečení únikových cest a odstupových vzdáleností. Nepřekračování skladovací kapacity. Nenaskladňování nepovolených látek. Kontroly a revize věcných prostředků PO a požárně-bezpečnostních zařízení. Provádění nácviku havarijních zásahů a cvičných požárních poplachů.
Zpětná vazba splnění úkolu:	
Žádná mimořádná událost. Žádné sankce stran kontrolních orgánů státní správy.	

PŘÍLOHA P XXVIII: HTA – JEDNOTKA Č. 2

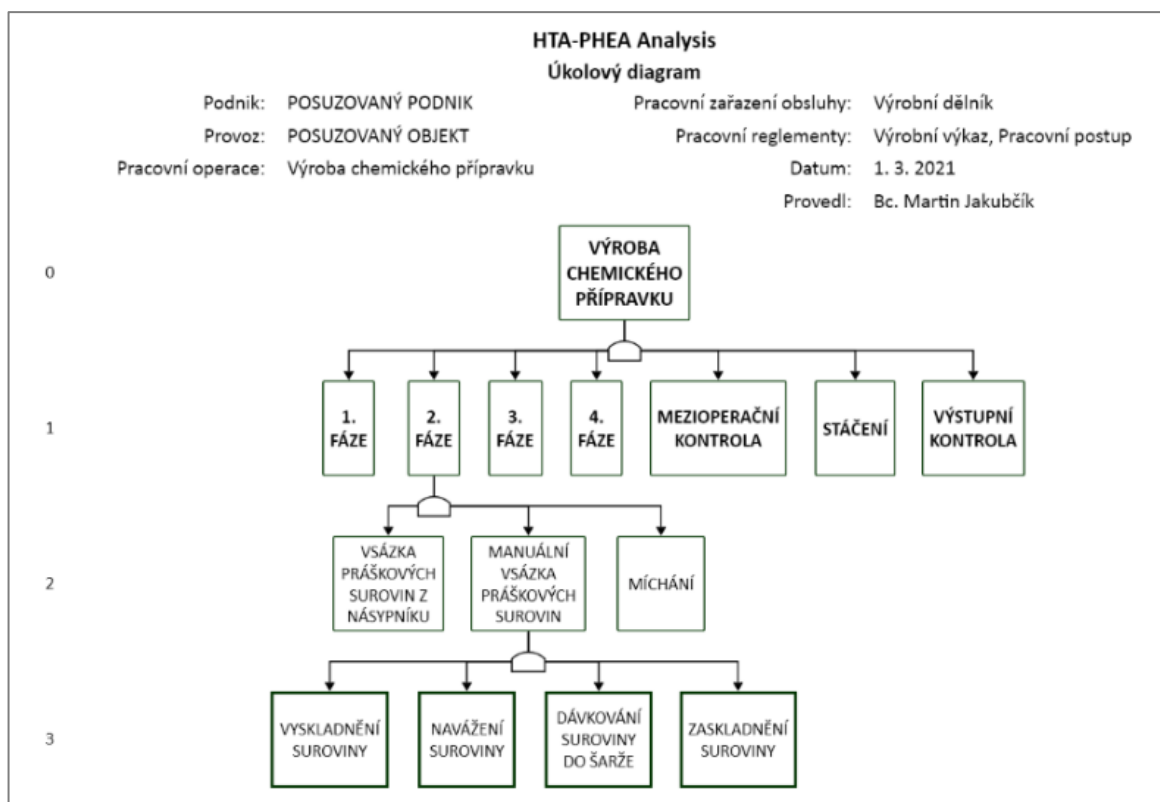
Tab. 34 - HTA: Vsázka kapalných surovin (vlastní; HTA-PHEA 1.1)



Subúkol:	Popis výkonu:
Vsázka kapalných surovin	Určený člen z dvojice výrobních dělníků míchací směny provede v rámci 1. výrobní fáze manuální vsázku kapalných surovin do vyráběné šarže v množství odpovídajícím receptuře na výrobním výkazu.
Plán subúkolu 1.2:	
1->2->3	
Operace:	Nařizování probíhá naléváním suroviny výpustným kohoutem přímo do míchací nádoby na můstkové váze.
Akce 1: Vyskladnění suroviny Akce 2: Dávkování suroviny do šarže Akce 3: Zaskladnění suroviny	Podmínka: Byla spuštěna výroba dle denního plánu. Je určena dvojice výrobních dělníků do míchací směny.
Zápis akcí:	Problémy:
1.2: 1>2>3	Během vyskladnění/zaskladnění je nezbytné přejíždět přes vyspádaný prostor nádvoří. Povětrnostní podmínky mohou komplikovat přepravu. Obaly mohou být opatřeny výpustnými kohouty. Na nádvoří může současně probíhat i jiný provoz (zásobování/expedice).
Zpětná vazba splnění subúkolu:	Doporučení:
Potvrzená vsázka ve výrobním výkazu. Přejít do další fáze v automatickém vážním systému.	Montovat výpustné kohouty na obaly až v prostoru výrobní haly, před zaskladněním obaly uzavírat původním uzávěrem. Vystříhat se jízdy po nakloněné rovině. Preventivně zajišťovat pohotovost motorového vozíku. Plánovat expedici mimo čas 1. výrobní fáze.

PŘÍLOHA P XXIX: HTA – JEDNOTKA Č. 3

Tab. 35 – HTA: Manuální vsázka práškových surovin (vlastní; HTA-PHEA 1.1)



Subúkol:	Popis výkonu:
Manuální vsázka práškových surovin	Určený člen z dvojice výrobních dělníků míchací směny provede v rámci 3. výrobní fáze manuální vsázku specifické práškové suroviny do vyráběné šarže v množství odpovídajícím receptuře na výrobním výkazu.
Plán subúkolu 2.2: 1->2->3->4	
Operace:	
Akce 1: Vyskladnění suroviny Akce 2: Navážení suroviny Akce 3: Dávkování suroviny do šarže Akce 4: Zaskladnění suroviny	Podmínka: Dle denního plánu probíhá výroba produktů s nízkou měrnou hmotností. Je určena dvojice výrobních dělníků do míchací směny.
Zápis akcí: 2.2: 1>2>3>4	Problémy: Sklad THL je se nachází na jiném podlaží výrobního objektu. Obal suroviny je nezbytně manuálně rozbít a obsah odsypávat. Surovina má extrémně nízkou měrnou hmotnost. Během vsázky musí být vypnuta nucená výměna vzduchu ve výrobní hale, aby nedošlo k rozvíření jemného prachu.
Zpětná vazba splnění subúkolu: Potvrzená vsázka ve výrobním výkazu. Přechod do další fáze v automatickém vážním systému.	Doporučení: Zvážit náhradu suroviny za méně nebezpečnou variantu. Zvážit změnu technologického/pracovního postupu. Zvážit možnost přemístění skladu THL.

PŘÍLOHA P XXX: PHEA – VSÁZKA KAPALNÝCH SUROVIN I.

Tab. 36 - PHEA: Vsázka kapalných surovin I. (vlastní; HTA-PHEA 1.1)

Vsázka kapalných surovin > Vyskladnění suroviny			
Chybový mód	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Dotčené faktory PIF		Následky chyby / selhání lidského činitele	
Chyba činností (akcí) A5	Špatně prostorově uspořádaná akce	Přeprava mimo stanovenou trasu	0,1
I.1 - Pracovní vytížení I.1 - Uvědomování si nebezpečí I.2 - Teplota prostředí II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu II.3 - Kompatibilita předpisů s provozními zkušenostmi II.4 - Havarijní výcvik a připravenost II.4 - Různé požadavky na bezpečnost provozu vs. požadavky na objem výroby		Pád obalu z lyžin vozíku a jeho poškození. Uražení výpustného kohoutu. Možný únik nebezpečné látky.	
Chyba činností (akcí) A6	Správná akce na špatném objektu	Vyskladnění nesprávné suroviny	0,01
I.1 - Pracovní vytížení II.3 - Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů III.1 - Komunikace mezi pracovníky IV.2 - Odolnost proti stresu IV.3 - Odpočinek po práci		Zbytečné převážení suroviny po nádvoří. Prodloužení výrobního času 1. fáze.	
Chyba činností (akcí) A7	Špatná akce na správném objektu	Nebezpečný způsob naložení obalu	0,008
I.1 - Pracovní vytížení I.1 - Uvědomování si nebezpečí I.2 - Osvětlení II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu II.4 - Různé požadavky na bezpečnost provozu vs. požadavky na objem výroby III.2 - Bezpečnostní požadavky a pravidla		Pád obalu a jeho poškození. Proražení obalu lyžinami motorového vozíku. Únik nebezpečné látky.	
Chyby ve výběru S2	Provedení špatného výběru	Surovina se nachází v jiném skladu HK	0,03
II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu II.3 - Obsahová stránka předpisů IV.2 - Odolnost proti stresu IV.3 - Odpočinek po práci		Zvýšený provoz na nádvoří, zbytečné přejíždění. Zvýšené riziko záměny suroviny. Prodlužování výrobního času 1. fáze.	

PŘÍLOHA P XXXII: PHEA – VSÁZKA KAPALNÝCH SUROVIN III.

Tab. 38 - PHEA: Vsázka kapalných surovin III. (vlastní; HTA-PHEA 1.1)

Vsázka kapalných surovin > Zaskladnění suroviny			
Chybový mód	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Dotčené faktory PIF		Následky chyby / selhání lidského činitele	
Chyba činností (akcí) A5	Špatně prostorově uspořádaná akce	Přeprava mimo stanovenou trasu	0,1
I.1 - Pracovní vytížení I.1 - Uvědomování si nebezpečí I.2 - Teplota prostředí II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu II.3 - Kompatibilita předpisů s provozními zkušenostmi II.4 - Havarijní výcvik a připravenost II.4 - Různé požadavky na bezpečnost provozu vs objem výroby		Pád obalu z lyžin vozíku a jeho poškození. Uražení výpustného kohoutu. Možný únik nebezpečné látky.	
Chyba činností (akcí) A7	Špatná akce na správném objektu	Nebezpečný způsob naložení obalu	0,008
I.1 - Pracovní vytížení I.1 - Uvědomování si nebezpečí I.2 - Osvětlení II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu II.4 - Různé požadavky na bezpečnost provozu vs. požadavky na objem výroby III.2 - Bezpečnostní požadavky a pravidla		Pád obalu a jeho poškození. Proražení obalu lyžinami motorového vozíku. Únik nebezpečné látky.	
Chyba činností (akcí) A7	Špatná akce na správném objektu	Zaskladnění do nesprávného skladu	0,02
I.1 - Pracovní vytížení II.1 - Značení a popisky II.3 - Kompatibilita předpisů s provozními zkušenostmi II.3 - Provádění aktualizace předpisů II.4 - Různé požadavky na bezpečnost provozu vs. požadavky na objem výroby		Vynucení opětovné manipulace s obalem na nádvoří. Možná příčina budoucí chyby při vyskladňování.	

Pozn.: Popis skupin v kategoriích PIF:

- I.1 – provádění procesů, I.2 – faktory pracovního prostředí, I.3 – časové dispozice,
- II.1 – vybavení a design, II.2 – design řídicího pultu, II.3 – pracovní vybavení a předpisy, II. 4 – výcvik,
- III.1 – týmová práce a komunikace, III.2 – politika managementu,
- IV.1 – zkušenosti a mentální dovednosti, IV.2 – osobnostní faktory, IV.3 – fyzická kondice a věk (HTA-PHEA 1.1).

PŘÍLOHA P XXXIII: PHEA – VSÁZKA PRÁŠKOVÝCH SUROVIN I.

Tab. 39 - PHEA: Vsázka práškových surovin I. (vlastní; HTA-PHEA 1.1)

Manuální vsázka práškových surovin > Vyskladnění suroviny			
Chybový mód	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Dotčené faktory PIF		Následky chyby / selhání lidského činitele	
Chyba činností (akcí) A2	Špatně načasovaná akce	Naskladnění suroviny v předstihu	0,03
I.1 - Pracovní vytížení I.1 - Uvědomování si nebezpečí II.4 - Různé požadavky na bezpečnost provozu vs. požadavky na objem výroby IV.2 - Odolnost proti stresu		Přítomnost suroviny zvyšuje požární riziko ve výrobním prostoru	
Chyba činností (akcí) A7	Špatná akce na správném objektu	Vyskladnění nesprávného počtu balení	0,01
I.1 - Pracovní vytížení II.3 - Jednoznačnost a srozumitelnost předpisů IV.3 - Odpočinek po práci		Doba nezbytné manipulace s obaly a čas výrobní fáze se prodlužuje.	
Manuální vsázka práškových surovin > Navážení suroviny			
Chyba činností (akcí) A7	Špatná akce na správném objektu	Dojde k protržení obalu suroviny	0,08
I.1 - Uvědomování si nebezpečí II.1 - Používání ochranných pracovních pomůcek II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka		Obsah balení bude zviřen do pracovního ovzduší. Může vzniknout výbušná prachovzdušná směs.	
Chyba činností (akcí) A7	Špatná akce na správném objektu	Dojde k úsypům suroviny mimo navažovací nádobu	0,15
I.1 - Uvědomování si nebezpečí II.1 - Používání ochranných pracovních pomůcek II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka IV.3 - Stav pohybového aparátu		Prach může být rozvířen v pracovním ovzduší. Může dojít k vytvoření výbušné prachovzdušné směsi.	

PŘÍLOHA P XXXIV: PHEA – VSÁZKA PRÁŠKOVÝCH SUROVIN II.

Tab. 40 - PHEA: Vsázka práškových surovin II. (vlastní; HTA-PHEA 1.1)

Manuální vsázka práškových surovin > Dávkování suroviny			
Chybový mód	Typ chyby	Relevantní chyba	HEP
Dotčené faktory PIF		Následky chyby / selhání lidského činitele	
Chyba činnosti (akcí) A7	Špatná akce na správném objektu	Dojde k převržení odvažovací nádoby	0,004
I.1 - Uvědomování si nebezpečí II.1 - Používání ochranných pracovních pomůcek II.1 - Umístění zařízení a přístup k němu II.4 - Havarijní výcvik a připravenost IV.1 - Praktické schopnosti a dovednosti pracovníka		Rozvíření kompletního obsahu odvažovací nádoby do pracovního ovzduší. Možnost vzniku výbušné prachovzdušné směsi. Nucená odstávka z důvodu úklidu pracoviště	
Chyba kontroly a ověřování C2	Nekompletní kontrola	Odvážená surovina nebyla do šarže nadávkována	0,002
I.1 - Pracovní vytížení II.3 - Kvalita kontrol a varování III.1 - Komunikace mezi pracovníky IV.3 - Odpočinek po práci IV.3 - Zdravotní stav		Přítomnost otevřené odvažovací nádoby zvyšuje požární riziko v prostoru výrobní haly.	
Manuální vsázka práškových surovin > Zaskladnění suroviny			
Chyba činnosti (akcí) A9	Akce nedokončena	Obal se zbytkem surovin nebyl zaskladněn ihned po ukončení výrobní fáze	0,01
I.1 - Pracovní vytížení I.1 - Uvědomování si nebezpečí II.3 - Obsahová stránka předpisů II.4 - Různé požadavky na bezpečnost provozu vs. požadavky na objem výroby III.1 - Jednoznačné zodpovědnosti		Přítomnost suroviny zvyšuje požární riziko ve výrobním prostoru	
Chyba činnosti (akcí) A7	Špatná akce na správném objektu	Obal se zbytkem suroviny nebyl vůbec zaskladněn	0,005
I.1 - Pracovní vytížení I.1 - Uvědomování si nebezpečí II.3 - Kvalita kontrol a varování III.1 - Komunikace mezi pracovníky		Přítomnost suroviny zvyšuje požární riziko ve výrobním prostoru	

Pozn.: Popis skupin v kategoriích PIF:

- I.1 – provádění procesů, I.2 – faktory pracovního prostředí, I.3 – časové dispozice,
- II.1 – vybavení a design, II.2 – design řídicího pultu, II.3 – pracovní vybavení a předpisy, II. 4 – výcvik,
- III.1 – týmová práce a komunikace, III.2 – politika managementu
- IV.1 – zkušenosti a mentální dovednosti, IV.2 – osobnostní faktory, IV.3 – fyzická kondice a věk (HTA-PHEA 1.1).

Tab. 41 - Logický rámec projektu (vlastní)

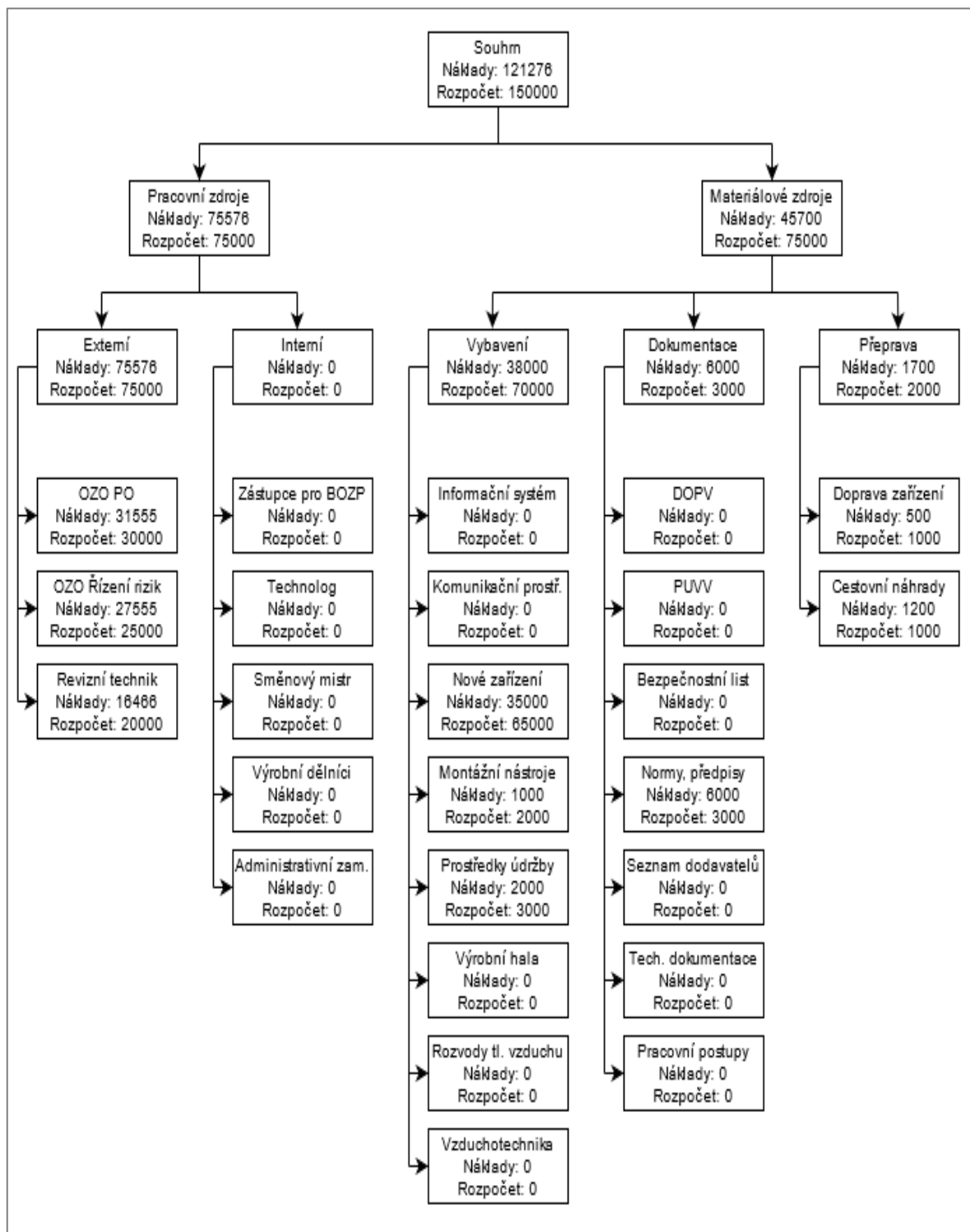
Snížení rizika výbuchu ve výrobní hale Nadřazený projekt: Analýza rizika závažné havárie Celkové odhadované náklady: 150 tis. Kč Deadline projektu: 3/2021			
Strom cílů	Objektivně ověřitelné ukazatele	Zdroje informací k ověření	Předpoklady/Rizika
Prevence vzniku závažné havárie	Snížení celkové míry rizika	Výstupy kvantitativní analýzy rizik	
Omezení vzniku výbušné prachovzdušné směsi	Snížení frekvence havárie	Dílčí kvantitativní analýza vybraného zdroje rizika závažné havárie	Komplexně zpracovaná analýza rizika Dodržování technologických postupů
1. Aktualizace dokumentace o ochraně před výbuchem 2. Stanovení rozsahu nebezpečných zón 3. Instalace dávkovače sypkých materiálů 4. Aktualizace pracovních a technologických postupů 5. Opětovné posouzení rizika výbuchu	Změny preventivních opatření Změny požadavků na instalovaná zařízení Nově instalovaná zařízení Změny prováděcí dokumentace Změny havarijních scénářů	Dokumentace o ochraně před výbuchem Protokol o určení vnějších vlivů Kupní smlouva Evidence výrobních strojů a zařízení Pracovní a technologické postupy Výsledky monitorování provozu Analýza rizika výbuchu	Dostatečnost a přiměřenost opatření Odborná způsobilost členů komise Provozní parametry zařízení Úroveň zpracování dokumentace Kvalita proškolení zaměstnanců Míra snížení rizika závažné havárie
1.1 Zapracování výbuchových parametrů suroviny 1.2 Stanovení míst úniků výbušné atmosféry 1.3 Zhodnocení spolehlivosti větrání 1.4 Zhodnocení iniciačních zdrojů 1.5 Návrh opatření pro vyloučení výb. atmosféry 2.1 Sestavení týmu 2.2 Zařazení prostor do zón s nebezp. výbuchu 2.3 Určení požadavků na instalovaná zařízení 3.1 Výběr vhodného typu zařízení 3.2 Výběr vhodného dodavatele zařízení 3.3 Nákup vhodného zařízení 3.4 Instalace vhodného zařízení 3.5 Stanovení zásad preventivní údržby 3.6 Ověření během zkušebního provozu 3.7 Zahájení trvalého provozu 4.1 Zapracování změn do dokumentace 4.2 Schválení a uvolnění dokumentace 4.3 Proškolení dotčených zaměstnanců 5.1 Kvantitativní analýza zdroje rizika 5.2 Vyhodnocení přijatelnosti rizika a dostatečnosti přijatých opatření	Prostředky/zdroje/vstupy: Externí pracovníci - OZO PO - OZO řízení rizik - Revizní technik elektro Interní zaměstnanci - Zástupce pro BOZP - Technolog, směnový mistr - Dělníci a adm. pracovníci Vybavení - Inf. systém a komunikační prostř. - Nově pořízená zařízení - Montážní nástroje a prostř. údržby - Prostředí výrobní haly - Rozvody tlakového vzduchu a VTZ Dokumentace - Interní dokumentace - Normy, předpisy a metodiky - Převážné náklady	Harmonogram: 1.1 6.1.-6.1.2021 1.2 7.1.-8.1.2021 1.3 11.1.-11.1.2021 1.4 12.1.-14.1.2021 1.5 15.1.-21.1.2021 2.1 19.1.-20.1.2021 2.2 21.1.-21.1.2021 2.3 22.1.-22.1.2021 3.1 25.1.-29.1.2021 3.2 1.2.-3.2.2021 3.3 4.2.-10.2.2021 3.4 16.2.-18.2.2021 3.5 11.2.-11.2.2021 3.6 19.2.-23.2.2021 3.7 25.2.-1.3.2021 4.1 12.2.-16.2.2021 4.2 17.2.-17.2.2021 4.3 18.2.-18.2.2021 5.1 24.2.-26.2.2021 5.2 1.3.-1.3.2021	Zajištění potřebných finančních zdrojů Aktivní zapojení vlastních zaměstnanců Výběr kvalitních dodavatelů služeb a zařízení Vytížení dotčených pracovníků Nezbytné vícepráce Připomínky projektového manažera a členů projektového týmu Stanoviska Hasičského záchranného sboru České republiky a Krajského úřadu Soulad záměru s Konceptí strategického rozvoje kraje
V rámci projektu není řešeno: Dopad změn pracovních a technologických postupů na produktivitu práce			Dohoda s dodavatelem suroviny o úpravě obsahu balení

Tab. 42 - Opatření ke snížení projektových rizik (vlastní dle LACKO, 2001)

Č.	Hrozba	Scénář	P	D	R	Návrh na opatření	Snížení	R _N	Náklady	Zodpovídá	Hodnota příležitosti
1	Vytiženost OZO	Nezdáří se sestavit komisi v termínu	SP	SD	SHR	Rezervace termínů v dostatečném předstihu	P	NHR	0	Zástupce pro BOZP	Rozšíření seznamu dostupných OZO
2	Nedostatečnost podkladů	Nutnost doplnění podkladů	NP	SD	NHR				-		
3	Zařízení nebude skladem	Prodloužení dodací lhůty	SP	SD	SHR	Zpracování sankcí za opožděnou dodávku do kupní smlouvy	P	NHR	0	Ředitel nákupu	Zvýšení vyjednávací síly o kupní ceně
4	Nedodělky a vícepráce	Prodloužení doby instalace	NP	SD	NHR				-		
5	Vytiženost vlastních zaměstnanců	Opožděná aktualizace dokumentace	SP	SD	SHR	Přizpůsobení výrobního plánu	P	NHR	0	Plánovač	Uplatnění připraveného modelu výroby pro jiné typy instalací ve výrobě
6	Dlouhodobé onemocnění	Nezastupitelnost zaměstnanců	NP	VD	SHR	Zpracování schématu zastupitelnosti	D	NHR	0	Výrobní ředitel	Řešená zastupitelnost směnových mistrů v případě jejich absence
7	Nekompetentnost zaměstnanců	Prodloužení doby zaškolení	NP	SD	NHR				-		
8	Vysoké ceny inženýrských činností	Sazby budou o 20 % vyšší, než je rozpočtováno	NP	SD	NHR				-		
9	Vysoká cena zařízení	Cena bude vyšší, než stanoví rozpočet	SP	VD	VHR	Rozhodnutí o nespuštění projektu/navýšení rozpočtu na základě předběžného průzkumu trhu	P, D	NHR	v řádech desítek tisíc	Vrcholové vedení	Kompenzace ve formě vyšší důvěry veřejnosti a orgánů státní správy v bezpečný provoz
10	Požadavky vlastních zaměstnanců	Nárokování odměn za provedenou práci navíc	NP	MD	NHR				-		
11	Vynucení neplánovaných investic	Nutnost zásadní změny vybavení nebo prostředí	NP	VD	SHR	Přezkoumání detailů současného a plánovaného technologického toku	D	NHR	0	Technolog	Získání východisek pro jiné inovativní projekty
12	Nízká finanční rezerva projektu	Rezerva nedosáhne alespoň 15 % celk. nákladů	NP	VD	SHR	Navýšení finanční rezervy na 20 % hodnoty celkových nákladů projektu	D	NHR	24255	Finanční ředitel	Úspora v případě nevyužití rezervy
13	Aktivní zapojení zaměstnanců	Nízké pracovní nasazení a kvalita práce	NP	SD	NHR				-		
14	Nevalná odborná erudice	Nedostatečná a nepřiměřená dokumentace	NP	SD	NHR				-		
15	Nevyhovující parametry zařízení	Nemožnost zahájení trvalého provozu	NP	VD	SHR	Komplexní specifikace požadavků na zařízení	D	NHR	0	Komise	Vyšší úroveň dokumentace
16	Nedodržování technologických postupů	Nesnížení, příp. navýšení rizika havárie	SP	VD	VHR	Prezentace modelů havárií během periodických školení, dočasně zvýšený dohled po zahájení trvalého provozu	P, D	NHR	0	Směnoví mistři	Posun ve vnímání rizika řadovými zaměstnanci
17	Nedostatečné postupy údržby	Omezená pohotovost zařízení	NP	SD	NHR				-		

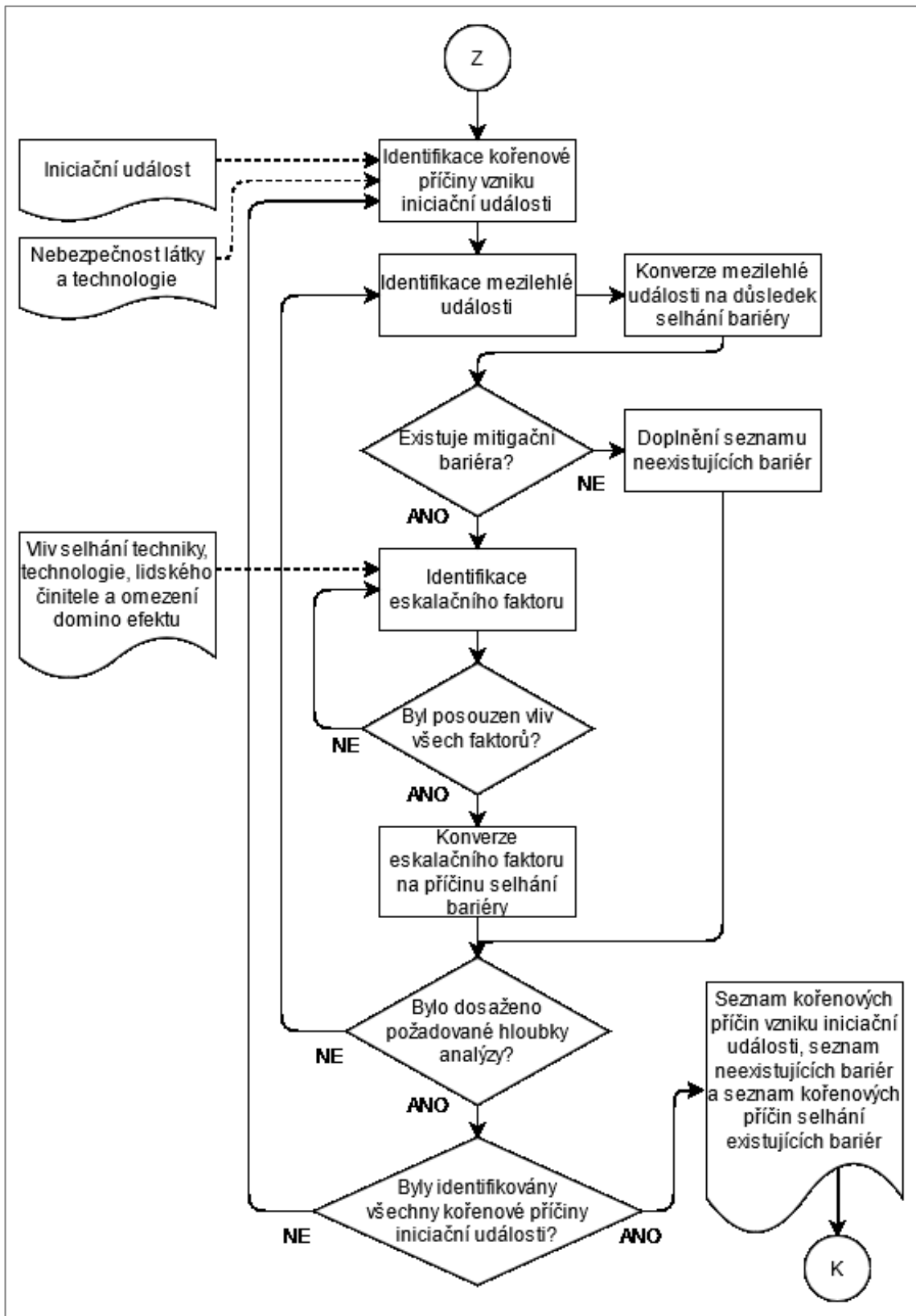
Pozn.: P - pravděpodobnost, D - dopad na projekt, R - původní hodnota rizika, R_N - nová hodnota rizika

PŘÍLOHA P XXXVIII: NÁKLADY A ROZPOČET PROJEKTU



Obr. 21 - Resource Breakdown Structure (vlastní; ProjectLibre)

PŘÍLOHA P XXXIX: POSTUP ANALÝZY KOŘENOVÝCH PŘÍČIN INICIAČNÍ UDÁLOSTI



Graf 19 - Analýza kořenových příčin iniciační události (vlastní)