Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

ANALÝZA RIZIK V HAVARIJNÍM PLÁNOVÁNÍ

Bakalářská práce

Autor: Aleš Vlček, ochrana obyvatelstva
Vedoucí práce: Doc. Ing. Jaromír Novák CSc.
Olomouc 2017

Jméno a příjmení autora: Aleš Vlček

Název bakalářské práce: Analýza rizik v havarijním plánování

Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. Jaromír Novák CSc.

Rok obhajoby bakalářské práce: 2017

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá metodami analýzy rizik. Na základě vyhodnocení běžně používaných metod jsou podle zvolených kritérií vybrány tři metody analýzy rizik – Analýza expertních odhadů, Metoda IAEA-TECDOC 727 a Multikriteriální analýza rizik. Tyto metody jsou podrobně popsány a každá z nich je aplikována na příkladovou studii zimního stadionu. Výsledkem této práce je doporučení a metodický návod pro pracovníky státní správy v sektoru krizového managementu a havarijního plánování.

Klíčová slova: Analýza rizik, metody analýzy rizik, havarijní plánování, analýza expertních odhadů, IAEA-TECDOC 727, multikriteriální analýza

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

Author`s first name and surname: Vlček Aleš

Title of the master thesis: Risk Analysis in the Emergency Planning

Department: Palacky University, Faculty of Physical Culture

Supervisor: Doc. Ing. Jaromír Novák CSc.

The year of presentation: 2017

Abstract:

This bachelor thesis deals with methods of risk analysis. Based on the evaluation of commonly used methods, there are three methods of risk analysis, selected according to chosen criteria – Analysis of expert estimates, Method IAEA TECDOC-727 and Multi-criteria risk analysis. These methods are described in detail and each of them is applied to a case study of an ice rink. The result of this work is a recommendation and methodical guidance for civil servants in the sector of crisis management and emergency planning.

Keywords: Risk analysis, methods of risk analysis, emergency planning, Analysis of expert estimates, Method IAEA TECDOC-727, Multi-criteria risk analysis.

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně pod vedením Doc. Ing. Jaromír Novák CSc., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne ……

Děkuji Doc. Ing. Jaromíru Novákovi CSc. a pracovníkům Hasičského záchranného sboru v Olomouci za cenné rady, které mi poskytli při zpracování bakalářské práce.

Obsah

1 Úvod: 8

2 Cíl práce 9

3 Základní pojmy 10

4 Analýza rizik 11

4.1 Obecné informace o analýze rizik. 11

4.2 Rozdělení metod k analýze rizik 13

5 Charakteristika doporučených metod k provedení analýzy rizik. 15

5.1 Metody kvalitativní 15

5.1.1 Indexové metody (RR) 15

5.1.2 Analýza SWOT 15

5.1.3 Revize bezpečnosti (SR) 15

5.1.4 Kontrolní seznam (CL) 15

5.1.5 Předběžná analýza nebezpečí (PHA) 16

5.1.6 Analýza „Co se stane, když…“ (WI) 16

5.1.7 Analýza What if v kombinaci s Kontrolním seznamem (WI-CL) 16

5.1.8 Analýza nebezpečnosti a provozovatelnosti (HAZOP) 17

5.1.9 Analýza příčin a následků poruch (FMEA) 17

5.2 Kvantitativní 17

5.2.1 Analýza stromem poruch (FTA) 17

5.2.2 Analýza stromem událostí (ETA) 18

5.2.3 Mapování rizik 18

5.3 Zásady výběru vhodné metody 18

6 Rozbor vybraných metod k provedení analýzy rizik 21

6.1 Analýza expertních odhadů 21

6.1.1 Příklad: 26

6.2 Metoda IAEA – TECDOC 727 30
6.2.1 Příklad: 34
6.3 Multikriteriální analýza rizik 38
6.3.1 Příklad: 48
7 Vyhodnocení metod. 51
8 Závěr 53
9 Referenční seznam 55
10 Přílohy 57

1 Úvod:

Od počátku své existence je lidská společnost vystavena působením celé řady nebezpečí. Současný civilizační vývoj sebou přináší, mimo bezesporu pozitivních jevů, řadu negativ a rizik. Především rozvoj demokracie, moderních technologií, informatiky a celkově postupující globalizace sebou nesou enormní riziko v oblasti bezpečnosti. Z hlediska mimořádných událostí bylo lidstvo nejdříve ohrožováno pouze a zejména přírodními mimořádnými událostmi, jako např. povodněmi, zemětřesením, vulkanickou činností, extrémními meteorologickými jevy (větrné smršť, sněhové kalamity, extrémní sucho a jiné). S pozdějším rozvojem průmyslové výroby (např. chemický průmysl), dopravy a dalších civilizačních aktivit začínají vznikat také mimořádné události antropogenního charakteru, případně mimořádné události, které jsou kombinací výše uvedených rizik nebo mohou vzniknout jako domino efekt.

V současné době má každá moderní společnost nastaven systém na přípravu a řešení nejrůznějších mimořádných událostí a to zejména tím, že má přijatý soubor právních, technických, organizačních, finančních, vzdělávacích a dalších opatření vedoucích k minimalizaci vzniku mimořádných událostí a v případě jejich vzniku k překonání jejich následků.

Předpokladem úspěchu a efektivity tohoto systému je zejména to, že o možných rizicích, které se nachází v našem okolí, víme dříve, než dojde k negativním projevům těchto zdrojů rizik. Základním prostředkem, jak docílit znalosti daného území, objektů, technologií a dalších, je v začátku přípravy provedení komplexní analýzy rizik včetně vyhodnocení výstupů a následné přijetí opatření vedoucí ke snížení či eliminaci možného vzniku rizika. K samotnému provedení analýzy rizik existuje celá řada nejrůznějších metod a postupů, které se velmi liší svojí obtížností a požadavky na zpracovatele.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V kapitole čtyři teoretické části se zabývám vysvětlením pojmu analýza rizik a jejímu využití. Uvádím zde i základní rozdělení metod analýzy rizik. Kapitola pět je věnována charakteristice základních metod a zásadám vhodného výběru metody na danou oblast. V praktické části práce kapitola pět jsem vybral ze základního seznamu tři metody, které splňovali má zadaná kritéria. Tyto metody jsem v kapitole šest podrobněji rozebral a každou metodou jsem zpracoval příkladovou studii na zařízení zimního stadiónu. Vyhodnocení metod a závěru jsou věnovány kapitoly sedm a osm. V přílohách jsou umístěny tabulky potřebné k aplikaci metod na vybraný druh zařízení.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je doporučení metod k provedení analýzy rizik v rámci krizového řízení ve státní správě např. u krajských úřadů, hasičských záchranných sborů, obcí s rozšířenou působností a dalších dotčených orgánů krizového řízení z pohledu jejich dostupnosti, finanční nenáročnosti a personálním požadavkům. Za tímto účelem jsou v teoretické části práce uvedeny obecné informace o analýze rizik, zásady potřebné k provedení analýzy rizik a seznámení s jednotlivými metodami, které se v praxi běžně využívají. Na základě vyhodnocení jednotlivých metod jsou v praktické části podrobněji rozebrány vybrané metody, které naplňují stanovený cíl bakalářské práce. Součástí rozboru vybraných metod je také modelový příklad jejich použití.

3 Základní pojmy

Zdroj rizika je vlastnost nebezpečné látky nebo fyzická či fyzikální situace vyvolávající možnost vzniku závažné havárie (zákon 224/2015 Sb).

Riziko je pravděpodobnost vzniku nežádoucího specifického účinku, ke kterému dojde během určité doby nebo za určitých okolností (zákon 224/2015 Sb).

Závažná havárie je 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 (zákon 224/2015 Sb).

Analýza a hodnocení rizik je systematickou aplikací metod identifikace a hodnocení nebezpečí, podmínek či příčin vzniku havárie s odpovídajícím vyhodnocením možných dopadů. Jako taková představuje velmi širokou oblast, zahrnující analýzu finančních investic, analýzu průběhu poškození zdraví, oblast pojištění a také zajištění bezpečnosti (Bartlová & Balog, 2007, 22).

Havarijní plánování (HP) je souhrn opatření, vytvářející havarijní připravenost regionu (oblasti, okresu, obce) nebo subjektu k řešení mimořádných událostí vzniklých v důsledku technických a technologických havárií, ale i v důsledku působení přírodních živlů a následnému vzniku těchto havárií (Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2017).

Mimořádná událost (MU) podle zákona 239/2000 je „škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací“.

Krizová situace podle zákona 239/2000 Sb. je mimořádná událost, v jejímž důsledku se vyhlašuje stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu nebo válečný stav. Jsou při ní ohroženy důležité hodnoty, zájmy či statky státu a jeho občanů a hrozící nebezpečí nelze odvrátit a způsobené škody odstranit běžnou činností orgánů veřejné moci, ozbrojených sil a ozbrojených bezpečnostních sborů, záchranných sborů, havarijních a jiných služeb a právnických a fyzických osob.

4 Analýza rizik

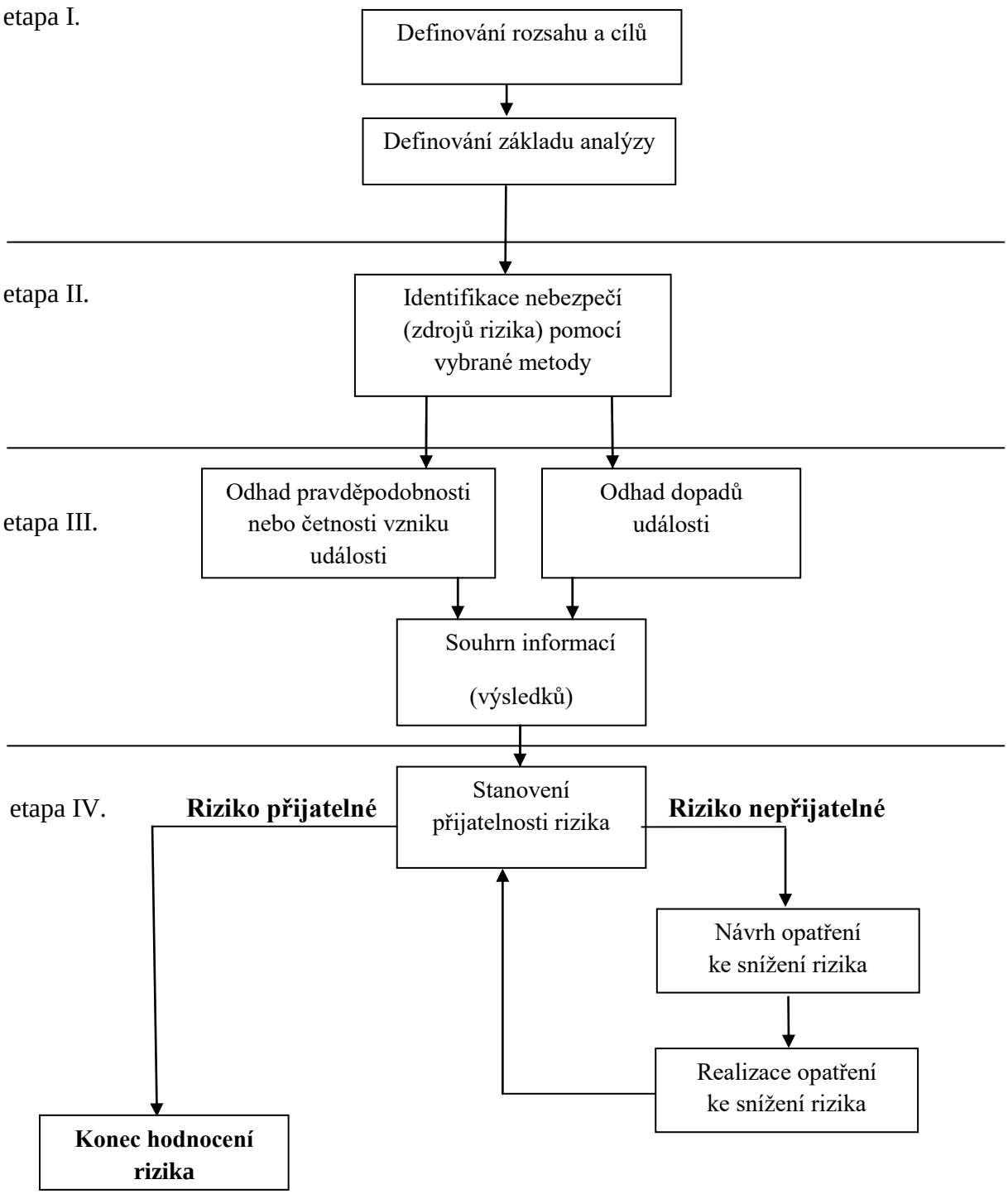
4.1 Obecné informace o analýze rizik.

Analýza rizik je součástí procesu posuzování rizik, jehož cílem je identifikace, analýza a hodnocení rizik. Proces posuzování rizik je uplatňován prostřednictvím managementu rizik.

Úkolem identifikace nebezpečí je vyhledání, rozpoznání a popis rizik. Zahrnuje nejen hledání zdrojů rizik a událostí, příčin a následků, ale i údaje z minulých období, teoretické rozbory a názory odborníků. Formy identifikace mohou být metody brainstormingu, check listy, pomocné seznamy, předběžná analýza nebezpečí (PHA), delphi, studie nebezpečí a provozuschopnosti (HAZOP), stromy příčin a následků (ETA, FTA), what if a další. Zvolení identifikační metody závisí na cíli a vhodnosti pro daná rizika. Účelem identifikace rizik je vyhodnotit důležité zdroje rizik a důkladněji je rozebrat (Blažková et al., 2015).

Analýza rizik obsahuje proces pochopení charakteru rizika, stanovení druhu rizika a dále se zabývá odhadem rizika. Riziko se skládá z částí, které jsou stejné pro všechny zdroje nebezpečí. Jsou to frekvence a pravděpodobnost výskytu dále expozice a následky působení rizika. Analýza rizika dodává podklady pro hodnocení rizika a pro rozhodnutí o snížení nebo odstranění rizika. Zvažuje příčiny a zdroje rizika. Analýza rizik se provádí do různé úrovně, která závisí na rizicích, účelu a dostupných informacích. Analýza může být kvalitativní, semikvantitativní nebo kvantitativní, nebo může být jejich kombinací. Následky a jejich možnost výskytu mohou být stanoveny pomocí modelování nebo pomocí sledu událostí nebo extrapolací z experimentálních studií nebo z dostupných údajů. Jsou vyjadřovány číselnou hodnotou nebo deskriptorem pro specifikování následků a možnosti jejich výskytu pro různý čas, místa, skupiny nebo situace. Metody analýzy rizik mohou být vybírány a různě kombinovány podle potřeby požadovaného výstupu. Některé metody se používají na analýzu následků, jiné k odhadu pravděpodobnosti a jiné k hodnocení úrovně rizika. K nejužívanějším metodám patří např. metody posuzování environmentálních rizik, analýzy scénářů, indexy rizika, FN křivky, modely (Blažková et al., 2015).

Výsledkem metod analýzy rizik je vyjádření velikosti rizika. Před vyhodnocením rizika musí být stanoveny hranice přijatelnosti rizika. Účelem hodnocení je posouzení přiměřenosti ztrát vzniklých mimořádnou událostí a pravděpodobností vzniku mimořádné události. Hodnocená oblast, provoz nebo zařízení mohou spadat do oblasti přijatelného nebo nepřijatelného rizika. V druhém případě je potřeba provést podrobnější analýzu a na základě výsledků přijmout opatření, která povedou ke snížení rizika na přijatelnou úroveň. Výsledky mohou být zpracovány graficky nebo formou matice.



Obrázek 1. Postup při analýze a hodnocení rizika pro zajištění bezpečnosti (Bartlová & Balog, 2007)

4.2 Rozdělení metod k analýze rizik

V současné době je pro identifikaci nebezpečí a rizik možno využít celou řadu různých metod a přístupů, které mají vždy své výhody i nevýhody. Vzhledem k této skutečnosti je velmi důležitý výběr vhodné metody a to zejména s ohledem na stanovené cíle a účel prováděné analýzy rizik. Volba vhodné metody je často závislá nejen na účelu prováděného hodnocení, ale také na finanční, materiální a personální náročnosti dané metody.

Metody k provedení posouzení rizika lze v zásadě rozdělit na **kvantitativní, kvalitativní a semikvantitativní**. V ČR je uplatňován zejména **kvantitativní** přístup k analýze rizik, to znamená, že pro vyjádření následků a pravděpodobnosti využívá číselné hodnoty (Blažková et al., 2015). Dle mého názoru nám číselná hodnota neřekne přesné místo možného vzniku rizika a sním související následná opatření ke snížení nebo odstranění rizika. K tomu lze úspěšně využít spíše kvalitativních metod. Přesnost těchto metod, je ale velice závislá na kvalitě dostupných informací a odbornosti zpracovatelů.

a) Kvalitativní analýza

„Kvalitativní analýza užívá slovního (verbálního) vyjádření nebo popisných stupnic k popisu potencionálních následků a pravděpodobnosti nehodové události. Tento způsob může být při vhodné modifikaci užit pro různá rizika“ (Paleček et al., 2006, 45)

b) Kvantitativní analýza

Kvantitativní analýza využívá plně numerického vyjádření jak pro následky, tak pro pravděpodobnosti. Kvalita analýzy závisí na přesnosti a kompletnosti použitých dat a údajů. Následky mohou být odhadovány na základě modelů jednotlivých událostí nebo jejich skupin, nebo pomocí extrapolace z experimentálních studií nebo historických dat. Mohou být vyjádřeny v peněžních hodnotách nebo pomocí technických údajů či vyjádřeny popisně popsáním ztrát a četnosti údajů (Paleček et al., 2006, 46).

c) Semi-kvantitativní analýza

U semi-kvantitativní analýzy jsou pro vyjádření míry následků a pravděpodobností použity kvalitativní škály. Pro škálování jsou použity úrovně následků a pravděpodobností. Cílem je dosáhnout podrobnější priorizace rizik a možností jejich porovnání. Tímto způsobem vyjádřená míra rizika není na rozdíl od kvantitativní analýzy skutečnou hodnotou rizika. Někdy je vhodné uvažovat pravděpodobnost jako podmíněnou pravděpodobnost kombinující pravděpodobnost, že k uvažované události dojde a pravděpodobnosti, že dojde k uvažovanému následku (Paleček et al., 2006, 46).

Tabulka 1. Přehled nejvyužívanějších dílčích metod k provedení analýzy rizik (Bernatík, 2006)

Název metody (Anglický název metody)	**Zkratka**	**Druh metody**
Indexové metody (Relative ranking)	RR	Kvalitativní
Analýza SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)	SWOT	Kvalitativní
Revize bezpečnosti (Safety review)	SR	Kvalitativní
Kontrolní seznam (Checklist Analysis)	CL	Kvalitativní
Předběžná analýza ohrožení (Preliminary Hazard Analysis)	PHA	Kvalitativní
Analýza "Co se stane, když...." (What-If Analysis)	WI	Kvalitativní
"Co se stane, když" / kontrolní seznam (What-If / Checklist Analysis)	WI/CL	Kvalitativní
Analýza nebezpečnosti a provozovatelnosti (Hazard and Operability Analysis)	HAZOP	Kvalitativní
Analýza příčin a následků poruch (Failure Modes and Effects Analysis)	FMEA	Kvalitativní
IAEA - TECDOC 727	-	Kvantitativní
Analýza stromem událostí (Event Tree Analysis)	ETA	Kvantitativní
Analýza stromem poruch (Fault Tree Analysis)	FTA	Kvantitativní
Multikriteriální analýza rizika	-	Kvantitativní
Analýza vzniku mimořádných událostí v rámci havarijního plánování metodou expertních odhadů	K-Vant	Kvantitativní
Mapování rizik (Risk Mapping)	KV	Kvantitativní

5 Charakteristika doporučených metod k provedení analýzy rizik.

5.1 Metody kvalitativní

5.1.1 Indexové metody (RR)

Společným rysem této skupiny metod rychlého posuzování bezpečnosti procesu je využívání indexů pro oceňování nebezpečných vlastností procesu. Bezpečnost procesu se klasifikuje podle indexu pro toxicitu látek a indexu pro požár a výbuch do tří kategorií nebezpečnosti. Principem metod je bodové ohodnocování dílčích operací procesu a procesních podmínek na základě stanovených výpočtů. Indexové metody se používají nejčastěji ve fázi projektování zařízení, ale mohou být využívány v kterékoli fázi života zařízení. Často se jimi porovnávají různé varianty řešení projektu. Studie provádí jeden nebo více analytiků, časová náročnost závisí na velikosti a složitosti provozu, ale nepřesahuje 2 týdny (Bernatík, 2006, 24).

5.1.2 Analýza SWOT

Je komplexní metodou kvalitativního hodnocení. SWOT je zkratka složená z počátečních písmen anglických slov: strenghts (přednosti = silné stránky), weaknesses (nedostatky = slabé stránky), opportunities (příležitosti), threats (hrozby). Jádro metody tedy spočívá v klasifikaci a ohodnocení jednotlivých faktorů, které jsou rozděleny do čtyř základních skupin (tj. faktory vyjadřující silné nebo slabé vnitřní stránky subjektu a faktory vyjadřující příležitosti a hrozby jako vlastnosti vnějšího prostředí). Výstupem je pak chování společnosti/orgánu, která maximalizuje přednosti a příležitosti a minimalizuje své nedostatky a hrozby (Bernatík & Maléřová, 2010).

5.1.3 Revize bezpečnosti (SR)

Revize bezpečnosti je jedna z nejstarších metod, které se používají. Metoda se skládá z kontrolních prohlídek zařízení nebo analyzování projektové dokumentace ve fázi projektování, často se používá před spuštěním procesu. Metoda je závislá na spolupráci mezi analytikem a zaměstnanci. Revize bezpečnosti odhalí rizikové podmínky a provozní postupy, analytik na zjištěná rizika navrhne opatření, ověření správnosti opatření mohou být provedena následnými kontrolami. Výsledkem metody je kvalitativní popis možných rizik a návrh opatření ke snížení nebo odstranění rizika (Bernatík, 2006).

5.1.4 Kontrolní seznam (CL)

Analýza kontrolním seznamem je metoda, která je založena na důsledné kontrole předem stanovených podmínek a opatření. Seznamy kontrolních otázek jsou vytvořeny na

základě druhu zařízení jeho charakteristik, souvisejících činností, možnými následky poruchy části systému a vzniklých škod. Kontrolní seznamy mohou být jednoduché, ale i obsáhlé dokumenty záleží na složitosti a velikosti provozu nebo zařízení. Metoda může být použita ve fázi projektování tak i na stávající zařízení. Kontrolní seznam můžeme použít i s jinými metodami (Bernatík & Maléřová, 2010).

5.1.5 Předběžná analýza nebezpečí (PHA)

Metoda předběžné analýzy rizik se používá k rychlému získání informací o provozních nebezpečích. Výsledky mohou být použity k provedení detailnější analýzy. Metoda může být použita již v počátečním stádiu projektu, kdy jsou dostupné jen informace z projektové dokumentace a technologická schémata, ale použita může být i na technologie již používané. Metoda spočívá v kombinaci charakteristik procesu a typových situací ohrožení. Jako ohrožení můžeme považovat explozi, toxicitu, požár, mechanickou poruchu, záření, vibrace a jiné. Charakteristiky procesu mohou být suroviny, meziprodukty, vybavení procesu, provozní prostředí, údržba atd. Po analyzování rizika a vyhodnocení příčin a následků je riziko zařazeno do jedné ze čtyř skupin nebezpečí: zanedbatelné, obvyklé, závažné, katastrofické. Podle skupiny zařazení mohou být navržena opatření ke snížení rizika. Výsledky mohou být zpracovány v tabulkové podobě. Tabulka může obsahovat tyto položky: objekt, podmínky vzniku nebezpečí, kategorii závažnosti nebezpečí, příčinu, důsledek, opatření a pravděpodobnost výskytu události po aplikaci opatření (Bernatík, 2006).

5.1.6 Analýza „Co se stane, když…“ (WI)

Cílem zajištění bezpečnosti metodou What if Analysis je identifikace zdrojů rizika, nebezpečných stavů nebo určitých událostí, které mohou způsobit nežádoucí dopady (rizika). Pomocí charakteristických otázek, začínajících tradičním „Co se stane když…“ jsou zjišťovány příčiny havárií a navrhují se opatření pro zvýšení bezpečnosti. Může však být vznesena jakákoliv námitka týkající se bezpečnosti provozu a nemusí být vyjádřena jako otázka. Otázky se mohou týkat jakýchkoli zvláštních podmínek vztahujících se k procesu (činnosti) a nejen selhání komponent nebo odchylek od procesu. Kladení otázek závisí na zkušenostech a intuici týmu odborníků, který studii uskutečňuje (Bartlová & Balog, 2007, 47).

5.1.7 Analýza What if v kombinaci s Kontrolním seznamem (WI-CL)

Metoda identifikuje ohrožení pomocí předností obou metod, tvůrčího přístupu metody "Co se stane, když..." využívajícího brainstorming a systematického charakteru Kontrolního

seznamu. Tuto kombinaci obou metod lze použít v kterékoli fázi života procesu, nejčastěji je využívána jako první hodnocení procesu na méně podrobné úrovni. Hodnocení by měl provádět zkušený tým, který ale vyžaduje méně lidí než např. HAZOP. Kvalitativní výsledky tým obvykle zapisuje do tabulky s těmito položkami: potenciální havarijní situace, následky, ochranné prostředky, nápravné akce (Bernatík, 2006, 27).

5.1.8 Analýza nebezpečnosti a provozovatelnosti (HAZOP)

Metoda vyvinutá k identifikování a hodnocení nebezpečí v procesu a k identifikování operačních problémů. Používá se nejčastěji během nebo po projektové fázi procesu, úspěšně je využívána i na existující procesy. Interdisciplinární tým (5 - 7 lidí) využívá tvořivých, systematických kroků k odhalování odchylek od projektu, které mohou vést k nežádoucím následkům. K odhalování se využívá pevně stanovených slov (tzv. klíčových slov - méně, více, není, a také, část, jiný, opak, časný, zpožděný), které se kombinují s procesními parametry. Například klíčové slovo „Není“ v kombinaci s parametrem “Tok“ dává odchylku “Není tok“. Výsledky týmové diskuse se zapisují do tabulky, kde jednotlivé sloupce představují příčiny, následky a ochranné prostředky pro odchylky procesu. Nevýhodou této metody je její vysoká náročnost na čas a pracnost (Bernatík, 2006, 27).

5.1.9 Analýza příčin a následků poruch (FMEA)

Metoda sestavuje tabulku příčin poruch a jejich následků na systém nebo podnik. FMEA identifikuje jednoduché poruchy, které mohou významně přispívat k havárii, ale nehodí se na vyčerpávající seznam poruch. Je snadno použitelná při změnách a modifikacích procesu. Může být provedena jedním analytikem, ale měla by být zkontrolována jiným. Výsledkem je kvalitativní systematický seznam zařízení, jejich poruch a následků, s možností kvantifikace. Zahrnuje i odhad nejhorších případů následků. Obvykle je dokumentována v tabulkové formě s doporučením pro zlepšení bezpečnosti (Bernatík, 2006, 27).

5.2 Kvantitativní

5.2.1 Analýza stromem poruch (FTA)

Je deduktivní metoda, která vyhledává jednotlivé havárie nebo systémové poruchy a určuje příčiny těchto událostí. FTA je grafický model různých kombinací poruch zařízení a lidských chyb, které mohou vyústit v hlavní systémovou poruchu nazývanou „vrcholová událost“ Dobře se hodí i na rozsáhlé systémy, může stanovit úplný výčet minimálních poruch. Model je založen na Booleovské algebře (hradla „a", „nebo“ a jiné) při vyhledávání minimální poruchy vedoucí k vrcholové události, výsledkem jsou typy poruch a kvantitativně

přiřazené pravděpodobnosti poruch systémů, pokud známe pravděpodobnosti primárních příčin. Studii může provádět jeden nebo více analytiků, kteří mohou doporučit bezpečnostní zlepšení procesu. Metoda se nehodí pro rané fáze projektování, je náročná na čas a náročnost se zvyšuje v závislosti na složitosti systému (Bernatík, 2006, 28).

5.2.2 Analýza stromem událostí (ETA)

Metoda stromu událostí ETA (Event Tree Analysis) je graficko-statistická metoda. Názorné zobrazení systémového stromu událostí představuje rozvětvený graf s dohodnutou symbolikou a popisem. Znázorňuje všechny události, které se v posuzovaném sytému mohou vyskytnout. Podle toho jak počet událostí narůstá, výsledný graf se postupně rozvětvuje jako větve stromu (Bernatík & Maléřová, 2010, 28).

Analýza může být provedena jedním analytikem, ale 2 - 4 analytici jsou často preferování. Analytici mohou využít výsledky k doporučení pro snížení pravděpodobnosti a/nebo následků potenciálních poruch. Pro lepší orientaci je vhodné zdůraznit rozdíl mezi analýzou stromem poruch a stromem událostí. FTA postupuje od vrcholové události k jejím příčinám a vyhledává základní události, kterým je možné přiřadit pravděpodobnost. Naproti tomu ETA se nezabývá příčinami nežádoucí události, ale zvažuje další rozvoj události a tak poskytuje přehled o výši pravděpodobností možných výsledných událostí (Bernatík, 2006, 29).

5.2.3 Mapování rizik

Mapování rizik je proces, při kterém se identifikují území s různou úrovní rizika. Jedná se o zobrazení výsledků hodnocení rizik na speciálních mapách (mapy rizik). Mapa rizik vizualizuje úroveň očekávaných ztrát, které je možné předpokládat na určitém území. Mapa rizik umožňuje identifikovat složení a úroveň rizika pro každou část území analyzovaného územního celku (Krömer, Musial & Folwarczny, 2010).

5.3 Zásady výběru vhodné metody

Výběr vhodné metody je zásadní krok zajišťující úspěch analýzy rizik. Každá metoda má své specifické vlastnosti, které předurčují její použitelnost. V praxi volba typu metody závisí na mnoha faktorech. Hlavní roli hraje znalost metody a praktické zkušenosti s jejím použitím, dále cíl a typ analýzy, dostupnost informací potřebných k provedení analýzy, složitost a v neposlední řadě také náklady na analýzu a personální náročnost. V současné době je k dispozici mimo doporučených metod uvedených v části 4.2 a 5 také velmi mnoho softwarových produktů, jejichž výsledkem je hodnocení rizik. Softwarové produkty jsou

založeny na fyzikálních modelech jednodušších či složitějších, což pochopitelně předurčuje lepší či horší správnost a spolehlivost výsledků.

K hlavním faktorům, které již od začátku významně ovlivňují výběr vhodné metody, patří především stanovený cíl a typ analýzy, jinak řečeno stanovení požadovaného výsledku analýzy. Při nepřesném či příliš obecném zadání cíle ztrácí identifikace svůj účel.

K nejběžnějším cílům patří:

- vytvoření seznamu rizikových situací (událostí),
- návrh opatření vedoucích ke zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti zařízení,
- vyhodnocení možného ohrožení osob a majetku
- porovnání rizikovosti provozu za stávajícího a navrženého (projektovaného) stavu,
- posouzení bezpečnosti provozu.

K dalším důležitým faktorům ovlivňující výběr vhodné metody patří:

- znalost metody a praktické zkušenosti s jejím použitím,
- dostupnost informací potřebných k provedení analýzy,
- složitost a způsob provedení metody
- náklady na provedení analýzy
- personální náročnost.

Vzhledem k výše uvedeným informacím o množství doporučených metod a faktorům ovlivňující jejich výběr jsem si jako hlavní faktor, mimo cíle analýzy, zvolil finanční a personální náročnost a složitost jednotlivých metod. Tyhle faktory jsem zvolil na základě zkušeností pracovníků v oblasti krizového řízení orgánů státní správy a samosprávy (krajský úřad, obecní úřady obcí s rozšířenou působností a obcí, hasičský záchranný sbor a dalších správních úřadů působících v rámci Olomouckého kraje). Dle získaných informací není velmi často v možnostech jednotlivých pracovníků uvedených organizací zpracovat složitou a náročnou analýzu rizik pro svoji potřebu nebo z důvodu finanční náročnosti si nechat externě zpracovat analýzu rizik.

Analýzou a vyhodnocením informací o jednotlivých doporučených metodách uvedených v části 4.2 a 5 a v souladu se stanovenými faktory výběru metod se budu v další části bakalářské práce podrobně věnovat následujícím metodám:

- Analýza vzniku mimořádných událostí metodou expertních odhadů,
- Analýza IAEA – TECDOC 727,

- Analýza multikriteriální,

Zvolené metody, na základě vyhodnocení jednotlivých metod, splňují zvolené faktory o finanční a personální náročnosti a svojí „složitostí“ jsou vhodné k realizaci analýzy rizika pro pracovníky v uvedených organizacích.

V příkladech zpracovaných vybranými metodami jsem si vybral zařízení zimního stadiónu spadajícího množstvím nebezpečné látky podle zákona 224/2015 Sb. O prevenci závažných havárií způsobených chemickými látkami nebo chemickými směsmi do kategorie nezařazené. Objekty spadající do skupiny nezařazených jsou technologická zařízení ve kterých je obsah nebezpečných látek menší než jsou limity dané zákonem o prevenci závažných havárií. I nezařazené objekty mohou být rizikové např. zimní stadióny, pivovary, mlékárny, úpravny vod, čerpací stanice na propan-butan (LPG) jejich rizikovost spočívá v umístění. Většina těchto objektů je umístěna v obydlených oblastech nebo rušných částech měst. Nebezpečná látka, která se využívá v objektech zimních stadiónů na chlazení ledové plochy je amoniak. Tato toxická látka se používá především pro svoji nízkou cenu, velkou chladivost a nízkou energetickou náročnost. Jako další možná chladící média lze použít freóny R 134 a R 404. Z důvodu vysoké ceny a ekologické zátěže není jejich využití příliš rozšířeno. Jejich přímý negativní vliv na člověka je minimální, proto se jimi ve své práci nezabývám.

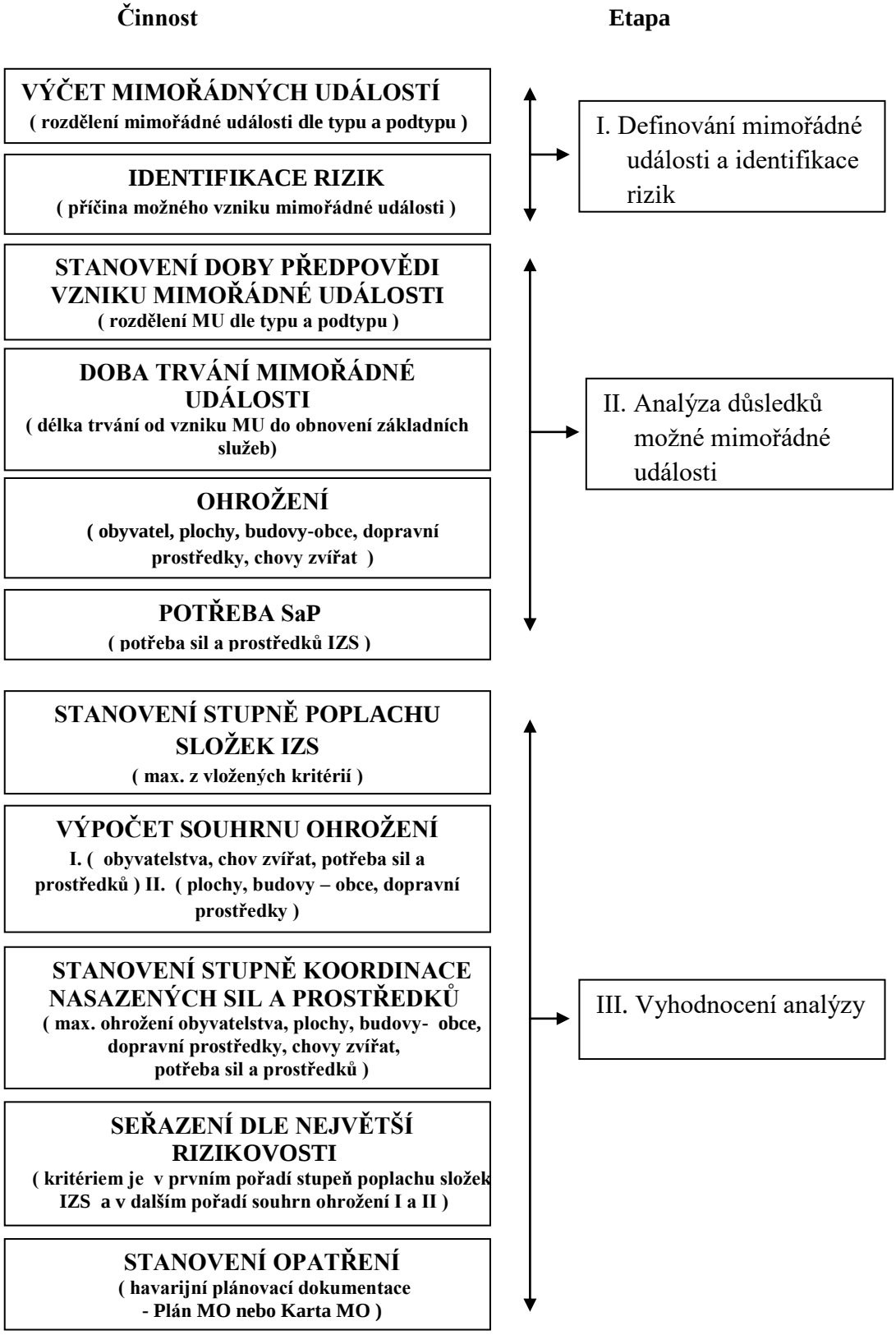
6 Rozbor vybraných metod k provedení analýzy rizik

6.1 Analýza expertních odhadů

Metoda expertního odhadu je komplexní metodou pro priorizaci územních rizik. Je vhodná pro identifikaci mimořádné události (MU) na území kraje pro účely havarijního plánování kraje (HPK). Jedná se o indexovou metodu, která stanovuje míru rizika na základě hodnocení předpokládané pravděpodobnosti výskytu MU, její predikce a doby trvání, ohrožení obyvatelstva, zasažené plochy, ohrožení budov, dopravních prostředků, chovů zvířat, včetně hodnocení potřeby nasazení sil a prostředků (SaP) pro zásah a způsobu koordinace zásahu. Jednotlivé hodnoty indexů korespondují se stupni poplachu. Výsledné míře rizika MU lze přidělit kategorii MU, která je rozděluje do režimu běžných a malých MU (stupeň poplachu I a II), havarijního plánování (stupeň poplachu III), krizového řízení (zvláštní stupeň poplachu) (Blažková et al., 2015).

Metoda Expertních odhadů se často používá u hasičského záchranného sboru (HZS), obce s rozšířenou působností (ORP) při zjišťování rizika objektů s nebezpečnými provozy na daném území, k sestavení žebříčku těchto objektů podle rizikovosti a stanovení stupně poplachu.

Metoda spočívá v provedení 3 základních etap s následujícími kroky (Obrázek 2).



Obrázek 2. Tři základní etapy metody expertních odhadů (Buček, Černý, & Janhuba, 2015).

Etapy

I. Definování mimořádné události a identifikace rizik

Cílem této etapy je odhalení rizik a vytvoření seznamu mimořádných událostí, které mohou vzniknout se zvýšenou pravděpodobností na daném území a mohou být příčinnou vyhlášení 3 nebo zvláštního stupně poplachu složek integrovaného záchranného systému (IZS). Proto byl vypracován seznam jednotlivých typů možných mimořádných událostí, který obsahuje základní informace o příčině vzniku a důsledku konkrétní mimořádné události. Jednotlivé druhy rizika vzniku mimořádné události, vycházejí z 23 typových krizových situací, které byly schváleny usnesením bezpečnostní radou státu (BRS) č.295/2002 a mohou se projevit na území ČR.

II. Analýza důsledků možné mimořádné události

V této etapě se provede ohodnocení důsledků možné mimořádné události číselným hodnocením dle časových kalkulací nebo kritérií.

Tabulka 2. Stanovení doby předpovědi vzniku mimořádné události (Buček et al., 2015)

1	méně než 1 hodina
2	1 hodina až 12 hodin
3	12 hodin až 1 den
4	více než 1 den

Tabulka 3. Doba trvání, odhadovaná délka trvání od vzniku mimořádné události do času obnovení základních služeb (Buček et al., 2015)

1	méně než 1 hodina
2	1 hodina až 12 hodin
3	12 hodin až 1 den
4	více než 1 den

Tabulka 4. Ohrožení obyvatelstva (Buček et al., 2015)

0	bez ohrožení
1	jednotlivé osoby
2	nejvýše 100 osob
3	100 až 1000 osob
4	více než 1000 osob

Tabulka 5. Ohrožení ploch (Buček et al., 2015)

0	řádově v m^2
1	do 500 m^2
2	do 10.000 m^2
3	do 1 km^2
4	více než 1 km^2

Tabulka 6. Ohrožení objektů a obcí (Buček et al., 2015)

0	bez objektů
1	jednotlivý objekt nebo část
2	více jak jeden objekt
3	část obce nebo areálu podniku
4	celé obce

Tabulka 7. Ohrožení dopravních prostředků (Buček et al., 2015)

0	bez účasti dopravních prostředků
1	jednotlivé prostředky osobní nebo nákladní dopravy
2	jednotlivé prostředky hromadné dopravy osob
3	železniční soupr., letecká a lodní přeprava, hromadné havárie v silniční dopravě

Tabulka 8. Ohrožení chovu zvířat (Buček et al., 2015)

0	bez ohrožení zvířat
1	jen jednotlivá zvířata
2	cenný chov zvířat
3	Několik chovů hospodářských zvířat

Tabulka 9. Potřeba sil a prostředků IZS (Buček et al., 2015)

1	základní složky IZS
2	základní a ostatní složky IZS kraje
3	základní a ostatní složky IZS i z jiných krajů
4	pomoc i dle §22 z. 239/2000 Sb., o IZS (ostatní pomoc) nebo zahraniční pomoc

Stanovení stupně koordinace nasazení sil a prostředků:

- je vypočítáno jako maximum z vložených kritérií (ohrožení obyvatelstva, plochy, budovy-obce, dopravní prostředky, chov zvířat) a z hlediska potřeby nasazení sil a prostředků.

Tabulka 10. Nutnost koordinace zasahujících složek (Buček et al., 2015)

1	bez nutnosti koordinace
2	koordinace velitelem zásahu
3	zřízení štábu velitele zásahu, rozdělení místa zásahu na sektory a úseky
4	strategická úroveň (MV, hejtman, starosta ORP)

III. Vyhodnocení analýzy

Seřazení dle největší rizikovosti. Provádí se sestupně v prvním pořadí dle stupně poplachu složek IZS, ve druhém pořadí dle souhrnu ohrožení I. a ve třetím pořadí dle souhrnu hrožení II. Jsou-li výše uvedená kritéria pro několik MU stejná, je nutné zvážit jako další kritérium časový rozsah MU.

Jednotlivé hodnoty indexů se shodují se stupni poplachu. Dle výsledků pak zařadíme mimořádnou událost jako běžnou, malou (stupeň poplachu I a II) nebo spadající do havarijního plánování (stupeň poplachu III), krizového řízení (zvláštní stupeň poplachu) (Blažková et al., 2015).

Podle vyhodnocení analýzy budou stanovena opatření v okolí identifikovaných rizik možného vzniku MU, vyžadující vyhlášení 3 nebo zvláštního stupně poplachu složek IZS musí být zpracována havarijní dokumentace (Plány mimořádných opatření, Karty mimořádných opatření nebo Povodňové plány).

Vzorce:

Souhrn ohrožení **I**

I = O+C+Z

O - ohrožení obyvatelstva vyjadřuje počet možných osob ohrožených mimořádnou událostí (MU)

C - ohrožení chovu zvířat vyjadřuje počet ohrožených zvířat MU

Z - potřeba sil a prostředků vyjadřuje druh a počet zasahujících jednotek při MU

Souhrn ohrožení **II**

II = S+B+D

S - ohrožení plochy vyjadřuje plochu ohroženého území MU

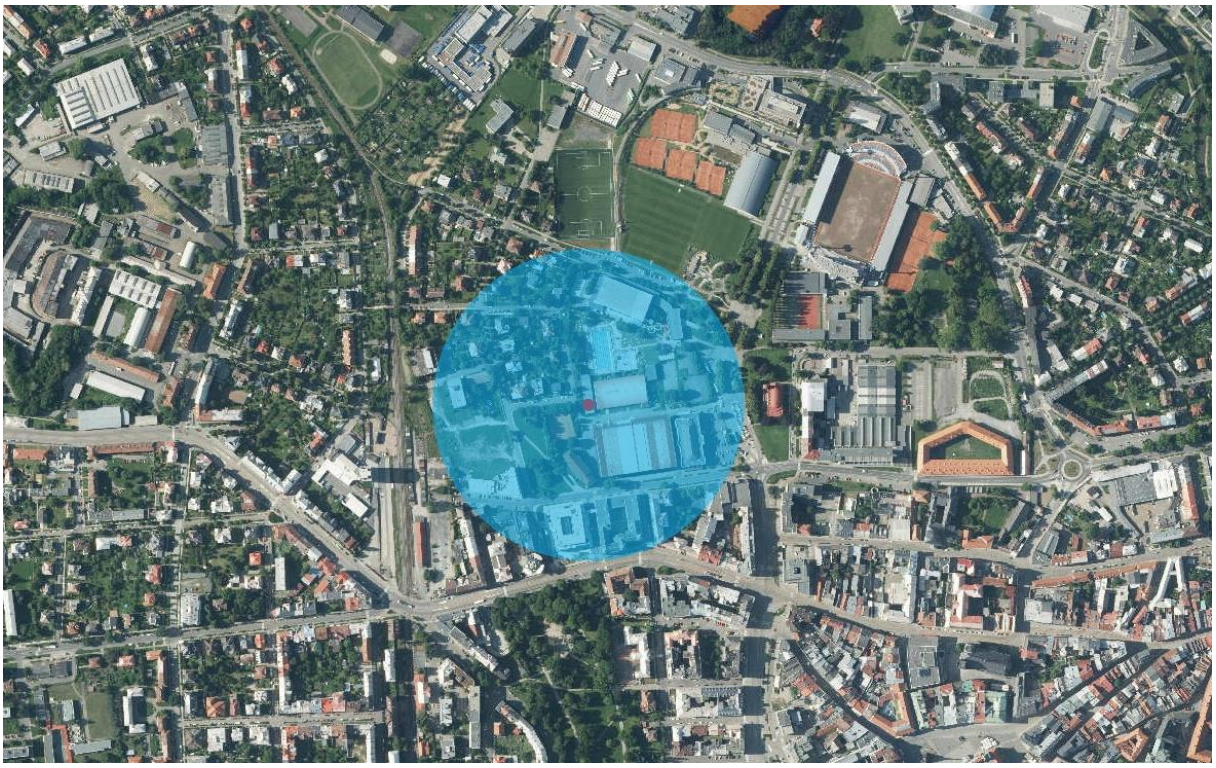
B - ohrožení budov a obcí vyjadřuje počet ohrožených budov MU

D - ohrožení dopravních prostředků vyjadřuje množství ohrožených dopravních prostředků MU

6.1.1 Příklad:

Expertní odhad

Příkladová studie metody analýzy rizik expertních odhadů na budovu zimního stadionu s technologií přímého chlazení. Množství amoniaku používaného k chlazení ledové plochy je 3,6 t. kapacita plně obsazeného stadiónu je 5500 osob. Velikost zasažené oblasti v okruhu 200 m. od zařízení je určena dle vyhlášky č. 226/2015 sb. o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktuře.



Obrázek 3. Situační mapa s vyznačenou dvousetmetrovou zónou ohrožení (Geografický informační systém, 2017)

Klasifikace rizik podle daných tabulek:

Časový rozsah mimořádné události:

- doba předpovědi vzniku mimořádné události méně než 1 hodina, referenční číslo **1**

určení hodnoty – vzhledem k umístění objektu, stálé službě v objektu

- doba trvání 1 hodina až 12 hodin, referenční číslo **2**

určení hodnoty – předpokládaná doba zásahu jednotek IZS při úniku amoniaku z technologie

Ohrožení:

- obyvatelstvo více než 1000 osob, referenční číslo **4**

určení hodnoty – kapacita stadiónu 5500 osob, objekt se nachází v hustě zastavěné části města

- plocha do 10.000 m^2 (1ha), referenční číslo **2**

určení hodnoty – z množství 3,6 t obsaženého v technologii by mohla být zasažena oblast o průměru cca. 200 m.

- budovy obce jednotlivý objekt nebo část, referenční číslo **1**

určení hodnoty – dle umístění objektu

- dopravní prostředky jednotlivé prostředky osobní nebo nákladní dopravy, tab. hodnota **1**

určení hodnoty – dle umístění objektu a provozu na komunikacích v blízkosti objektu

- chov zvířat jen jednotlivá zvířata, referenční číslo **1**

určení hodnoty – dle umístění objektu

Síly a prostředky – IZS:

- spotřeba sil a prostředků základní a ostatní složky IZS kraje, referenční číslo **2**

určení hodnoty - dle poplachového plánu kraje

- koordinace strategická úroveň, referenční číslo **4**

určení hodnoty – dle vyhlášky č. 328/2001 Sb.

Výpočet:

I = O+C+Z

I = 4+1+2

I = 7

Souhrn ohrožení I je 7

II = S+B+D

II = 2+1+1

II = 4

Souhrn ohrožení II je 4

Tabulka 11. Vyhodnocení rizik, vlastní výpočet

Typ mimořádné události	Stupeň poplachu IZS	Souhrn ohrožení		Časový rozsah MU		Největší rizikovost	Plánovaná opatření
		I.	II.	Doba předpovědi vzniku	Doba trvání		
Zimní stadion Olomouc (amoniak)	4	7	4	1	2	-	Plán MO

Stupeň poplachu předurčuje potřebu sil a prostředků pro záchranné a likvidační práce v závislosti na rozsahu a druhu mimořádné události a také na úrovni koordinace složek při společném zásahu (vyhláška 328/2001 Sb.). Hodnocený objekt musí splňovat pro daný stupeň poplachu určitá kritéria, která stanovuje vyhláška Ministerstva vnitra č. 328/2001 sb. o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému.

Kategorie I. Posuzuje riziko z pohledu ohrožení obyvatelstva, chovu zvířat, potřeb nasazení sil a prostředků.

Kategorie II. Posuzuje riziko z pohledu ohrožení ploch, dopravních prostředků, budov a obcí.

Čím je výsledné číslo vyšší tím je riziko vyšší, maximální hodnota součtu je 11.

Tabulková hodnota největší rizikovost seřazuje všechny hodnocené objekty od největšího rizika po nejmenší.

Vyhodnocení příkladu:

Po zpracování všech dostupných informací, které jsem použil při aplikaci metody expertních odhadů na zařízení zimního stadiónu jsem objekt vyhodnotil jako rizikový a zařadil jej do čtvrtého stupně poplachu, protože splnil podmínku vyhlášky Ministerstva vnitra č. 328/2001 sb. § 24 bod 1 písmeno a. (ohroženo více jak 1000 osob). Z toho plynou následující podmínky.

Musí se zpracovat informace o zdroji rizika do karet obcí. Dále zpracovat havarijní plán dle charakteru daného rizika, vnější havarijní plán případně plán mimořádných opatření s obsahem dle stupně poplachu 3. Riziko se musí také promítnout prostřednictvím datové vrstvy do geografického informačního systému hasičského záchranného sboru (GIS HZS) a

plány následně zapracovat do plánovací dokumentace (výpisu z havarijního plánu) pro danou obec s rozšířenou působností.

Metoda expertních odhadů je z hlediska personálního i zpracováním nenáročná. Lze ji použít na základní zjištění rizika nejen oblastí, ale i technologií. Využití najde také při zpracování rizik v havarijním plánování.

Tabulka 12. Plánovaná opatření pro výsledné riziko podle stupně poplachu (Buček et al., 2015)

Stupeň poplachu IZS	Plánované opatření pro výsledné riziko	poznámka
4	-zpracovat informace o zdroji rizika do karet obcí -zpracovat havarijní plán dle charakteru daného rizika, případně Plán MO s obsahem dle stupně poplachu 3. -promítnout riziko prostřednictvím datové vrstvy do GIS HZS -plány se následně zapracují do plánovací dokumentace Výpisu z HP pro danou ORP.	
3	-zpracovat informace o zdroji rizika do karet obcí -zpracovat plán mimořádných opatření, který bude obsahovat: 1) kartu mimořádné události (obsah dle stupně poplachu 2. včetně mapy). 2) ohrožené objekty 3) zabezpečení evakuace 4) a další dle charakteru rizika Plán i s grafickým znázorněním se následně zapracuje do Plánovací dokumentace pro danou ORP.	
2	-zpracovat informace o zdroji rizika do karet obcí -individuálně posoudit riziko a zvážit zpracování karty mimořádné události s uvedením: -informace o riziku a rozsahu ohrožení, -kontaktní údaje na odpovědnou osobu, -informace o dostupnosti varování a vyrozumění -mapa se znázorněním rozsahu ohrožení (modelování ALOHA), evakuační trasy důležitých objektů (zdroje rizika, zdravotnictví, IZS, atd.) Karta i s grafickým znázorněním se následně zapracuje do plánovací dokumentace Výpisu z HP pro danou ORP.	
1	Zapracovat informace o zdroji rizika do karet obcí	Individuálně posoudit riziko a zvážit další opatření (např. jako pro 2. Stupeň poplachu složek IZS

6.2 Metoda IAEA – TECDOC 727

Metoda IAEA – TECDOC 727 slouží ke stanovení kvantitativního přehledu rizik. Využívá se na rozsáhlé průmyslové oblasti s velkým počtem zdrojů rizik, u kterých je potřeba provést předběžné hodnocení rizik. Její předností je nízká nákladnost, jednoduché hodnocení následků a vyhodnocení frekvence potencionálních havárií a s tím spojené stanovení společenského rizika. Metodou je možno zpracovávat nebezpečí rizik stabilních zařízení s nebezpečnými látkami dále je možné řešit rizika při přepravě po železnici, silnici a lodní přepravě. Metoda se zaměřuje jen na nejdůležitější hodnoty k odhadu pravděpodobnosti a následků havárií. Hodnoty, které využívá ke stanovení výsledků jsou např. množství a druh látky, zalidněnost oblasti, frekvence manipulace s látkou, bezpečnost provozu. Metoda počítá jen se 100% úmrtností v zasažené zóně vlivem účinku toxické látky nebo fyzikálního efektu, ale hodnotí se i zmírňující faktory, které závisí na druhu nebezpečné látky. Metoda má stanovené tři typy účinků nebezpečné látky. Kruhový, který vzniká při výbuchu, půlkruhový (oblak těžkého plynu) a protáhlý při disperzi plynu. Metoda počítá s maximální zasaženou oblastí do vzdálenosti 10 000 m. Látky rozděluje na kategorie výbušné, hořlavé, toxické. Metoda též bere v úvahu jestli je s látkou manipulováno např. doprava, technologické procesy nebo je jen skladována (IAEA, 1996).

Použití metody

Metody lze využít pro:

- stanovení předběžného všeobecně kvantitativního přehledu v souvislosti s různými riziky v rozsáhlé průmyslové oblasti, který je založen na koncepci (zdraví obyvatelstva) společenského rizika
- k priorizaci různých zdrojů rizika pro další podrobnější analýzy.

Metody nelze využít pro:

- hodnocení rizik jednotlivých zařízení, nebo jako základny pro řízení rizik
- rozhodnutí činěná v souvislosti se stacionárními nebezpečnými zařízeními, plánováním tras pro transport nebezpečných materiálů, pokud jsou to rozhodnutí o specifických situacích, které závisejí na rozporech s nezbytností provést detailnější analýzy.
- jakéhokoliv hodnocení bezpečnosti dílčího zařízení nebo činnosti a přijatelnosti jejich rizik
- srovnávání absolutních hodnot s kritérii nebo standardy přijatelnosti rizika (IAEA, 1996).

Metody a výsledky uvedené v manuálu mohou být použity výhradně na relativní základně. Absolutní hodnoty rizik nelze použít izolovaně (IAEA, 1996).

Etapy metody

Metoda se skládá z těchto etap:

I. klasifikace typů činností a inventářů
II. odhad následků
III. odhad pravděpodobností (stacionární zařízení, doprava)
IV. odhad společenského rizika
V. priorizace rizik

I. Klasifikace typů činností a inventářů

V rámci klasifikace je nejdříve potřeba určit si oblast analýzy rizika a hlavní obecné charakteristiky oblasti. V dalším kroku je nutné shromáždit základní informace o všech rizikových zařízeních, které pracují s nebezpečnými látkami nebo se v nich nebezpečné látky vyrábějí či skladují. Dále je potřeba získat informace o způsobech přepravy těchto nebezpečných látek do zařízení, manipulace s nimi a všech dopravních cestách po kterých se nebezpečné látky přepravují. U vybraných rizikových činností, které zvyšují společenské riziko se musí shromáždit podrobnější informace. Z těchto získaných informací se zpracuje seznam zvažovaných rizik a provede se jejich roztřídění. A v poslední řadě se aplikuje metoda na zvažovaná rizika.

II. Odhad následků závažných havárií pro člověka

Metoda je založena na odhadu následků (tj. počtu fatálních případů v určené oblasti), které mohou být způsobeny velkou havárií. Zhodnotit se musí všechny aktivity se zřetelem na ovlivněnou plochu, zalidnění v oblasti a hodnotu korekčních faktorů. Odhad následků havárie se počítá jako počet potencionálních obětí mezi lidmi, kteří žijí nebo pracují v okolí rizikového zařízení nebo v okolí silnic, železnic, vodních cest a v okolí potrubí, kterými jsou nebezpečné látky transportovány.

Rovnice pro výpočet úmrtí na událost:

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

$C_{a,s}$ - následky (počet smrtelných zranění/událost)
A - ovlivněná oblast (v hektarech, 1 ha = 10^4 m^2)

δ - hustota populace v zalidněné oblasti uvnitř ovlivněné oblasti (počet obyvatel / ha)

f_a - korekční faktor na distribuci lidí v ovlivněné zóně (část kruhu)

f_d - korekční faktor na distribuci lidí v ovlivněné zóně (vzdálenost)

f_m - korekční faktor zahrnující zmírnění následků

Pro výpočet stabilních zařízení se musí počítat všechny osoby pracující nebo žijící v zóně ohrožení. Totéž platí i pro dopravní trasy, navíc je třeba rozhodnout jestli není potřeba započítat i cestující v dopravě.

III. Odhad pravděpodobnosti výskytu velké havárie

Odhad pravděpodobnosti výskytu velké havárie můžeme vypočítat jak pro stacionární zařízení, tak i pro přepravu nebezpečných látek.

1. Stacionární zařízení.

Metoda je založena na odhadu opakování výskytu závažné havárie pro každou činnost, kterou analyzujeme na základě střední pravděpodobnosti (jde o absolutní hodnotu logaritmu četnosti závažných událostí při obvyklé činnosti) a aplikací několika pravděpodobnostních korekčních parametrů (IAEA, 1996). Metoda zahrnuje do korekčních faktorů operace s nebezpečnou látkou jako je počet cyklů nakládání a vykládání, druhy bezpečnostních zařízení, organizaci bezpečnosti v podniku a pravděpodobnostní parametr pro směr větru, který stanoví procentuální možnost šíření události k obydlené zóně.

Rovnice pro odhad pravděpodobnosti výskytu velké havárie pro stacionární zařízení:

$$N_{i,s} = N^*_{i,s} + n_l + n_f + n_o + n_p$$

$N^*_{i,s}$ - průměrné pravděpodobnostní číslo pro zařízení a látku;

n_l - korekční parametr pravděpodobnostního čísla pro četnost operací nakládání/vykládání;

n_f -korekční parametr pravděpodobnostního čísla pro bezpečnostní systém spojený s hořlavými látkami;

n_o - korekční parametr pravděpodobnostního čísla pro organizaci bezpečnosti;

n_p - korekční parametr pravděpodobnostního čísla pro směr větru k populační zóně.

2. Přeprava nebezpečných látek

Metoda odhadu pravděpodobnosti výskytu velké havárie při přepravě počítá se střední pravděpodobností pro každý druh nebezpečné látky nebo skupinu látek. Tato metoda bere v úvahu přepravu silniční, železniční, lodní nebo potrubní dálkovody. Korekční faktory, které

ovlivňují tuto metodu zahrnují vliv bezpečnostních podmínek přepravy, četnost dopravy přepravených nákladů za rok, směr větru a kategorii následků s ohledem na obydlené oblasti v zasažené zóně.

IV. Odhad společenského rizika

Odhad společenského rizika se hodnotí jak pro stacionární zařízení tak pro přepravu nebezpečných látek pomocí stupnice následků (počtu úmrtí) a stupnice pravděpodobnosti výskytu události. Tyto hodnoty se graficky vyjádří v matici, která přehledně zobrazí poměr mezi následky události a pravděpodobnosti vzniku události.

V. Stanovení priorit rizika

Předtím než začneme metodou zpracovávat určenou oblast musíme si stanovit hranice přijatelnosti rizika. Hodnoty se zakreslují do matice rizika kde se nám pak zobrazí. Zdroje rizika se pak dělí na skupinu přijatelných a skupinu nepřijatelných. Rizika, která nesplňují naše kritéria musí být analyzována v pořadí tak jak překračují stanovené hranice.

6.2.1 Příklad:

Odhad následků závažných havárií pro člověka

Ve strojovně zimního stadionu je zásobník s 3,6 t amoniaku. V případě havárie by mohla být zasažena oblast zastavěné části města a přilehlého areálu krytého a venkovního bazénu. Hodnota hustoty osob na 1 ha je 160 osob. Minimální vzdálenost od obydlených budov je 40 m. Ve sto metrovém okruhu od místa zařízení je 20% zastavěné plochy.

Obrázek 4. Situační mapa s vyznačenou stometrovou zónou ohrožení stanovená tabulkou č. 2 (viz. příloha č. 2), (Geografický informační systém, 2017)

Dodatek:	amoniak je toxický plyn, lehčí než vzduch,….
Tabulka 1. (viz. příloha č 2.)	chladící zařízení, kluziště referenční číslo 31
Tabulka 3a. (viz. příloha č 2.)	toxický plyn zkapalněný tlakem střední toxicita
Tabulka 3a. pokračování (viz. příloha č 2.)	množství látky 1-5 t. a referenční číslo 31 = kategorie účinku C II

Tabulka 4. (viz. příloha č 2.)	účinek kategorie C II odpovídá max. vzdálenosti účinku 100 m. Zasažená plocha 1,5 ha.

Protože nemám přesné údaje o počtu osob v zasažené oblasti použiji k vyhodnocení korekčních faktorů tabulky 5. a 6.

Tabulka 5. (viz. příloha č 2.)	populační hustota – městská oblast 160 osob na ha
Tabulka 6. (viz. příloha č 2.)	korekční faktor pro rozložení populace = 0,4 (zasažená plocha kategorie II; podíl plochy, kde jsou umístěna obydlí, je 20% kruhové plochy s poloměrem 100 m);
Tabulka 7. (viz. příloha č 2.)	korekční faktor pro zmírnění = 0,1 (toxický plyn, referenční číslo 31)

Výpočet podle rovnice:

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

$C_{a,s}$ = 1,5 ha x 160 osob x 0,4 x 0,1

$C_{a,s}$ = 9,6

Po vyhodnocení dostupných informací a srovnání s tabulkami jsem vypočítal odhad počtu úmrtí na událost 9,6 osob.

Odhad pravděpodobností vzniku závažných havárií pro stacionární zařízení

Příklad:

V zimním stadionu je zásobník s 3,6 t amoniaku. Látka je v zásobníku uvnitř strojovny. V případě havárie by mohla být zasažená oblast zastavěné části města a přilehlého areálu krytého a venkovního bazénu. Hodnota hustoty osob na 1 ha je 160 osob. Minimální vzdálenost od obydlených budov je 40 m. Ve sto metrovém okruhu od místa zařízení je 20% zastavěné plochy.

Vyhodnocení:

Dodatek:	amoniak je toxický plyn, lehčí než vzduch,….
Tabulka 1. (viz. příloha č 2.)	chladící zařízení, kluziště referenční číslo 31
Tabulka 3a. (viz. příloha č 2.)	množství látky 1-5 t. a referenční číslo 31 = kategorie účinku C II.
Tabulka 4. (viz. příloha č 2.)	účinek kategorie C II odpovídá max. vzdálenosti účinku 100 m. Zasažená plocha 1,5 ha.
Tabulka 8. (viz. příloha č 2.)	standartní pravděpodobnostní číslo pro toxický plyn ($N_{i,s}$) referenční číslo 31 a sklad je 6

Tabulka 9a. (viz. příloha č 2.)	frekvence manipulačních operací za rok parametr $n_l = 0,5$ (1-10 operací)
Tabulka 10. (viz. příloha č 2.)	Korekční parametr pravděpodobnostního čísla pro hořlaviny n_f – nezapočítán, protože zpracovávaná látka se bere jako toxický plyn
Tabulka 11. (viz. příloha č 2.)	Řízení bezpečnosti podniku korekční parametr $n_o = 0$ (průměrná úroveň řízení bezpečnosti)
Tabulka 12. (viz. příloha č 2.)	Směr větru vzhledem k populační části ohrožené zóny korekční parametr $n_p = 0,5$ (kategorie ohrožené zóny je II. a populační část je 20%)

Výpočet podle rovnice:

$N = N^*_{i,s} + n_l + n_f + n_o + n_p$

$N = 6 + 0,5 + 0 + 0,5$

$N = 7$

Po vyhodnocení četnosti události z tabulky 13. odpovídá 1 událost za 1.10^{-7} let.

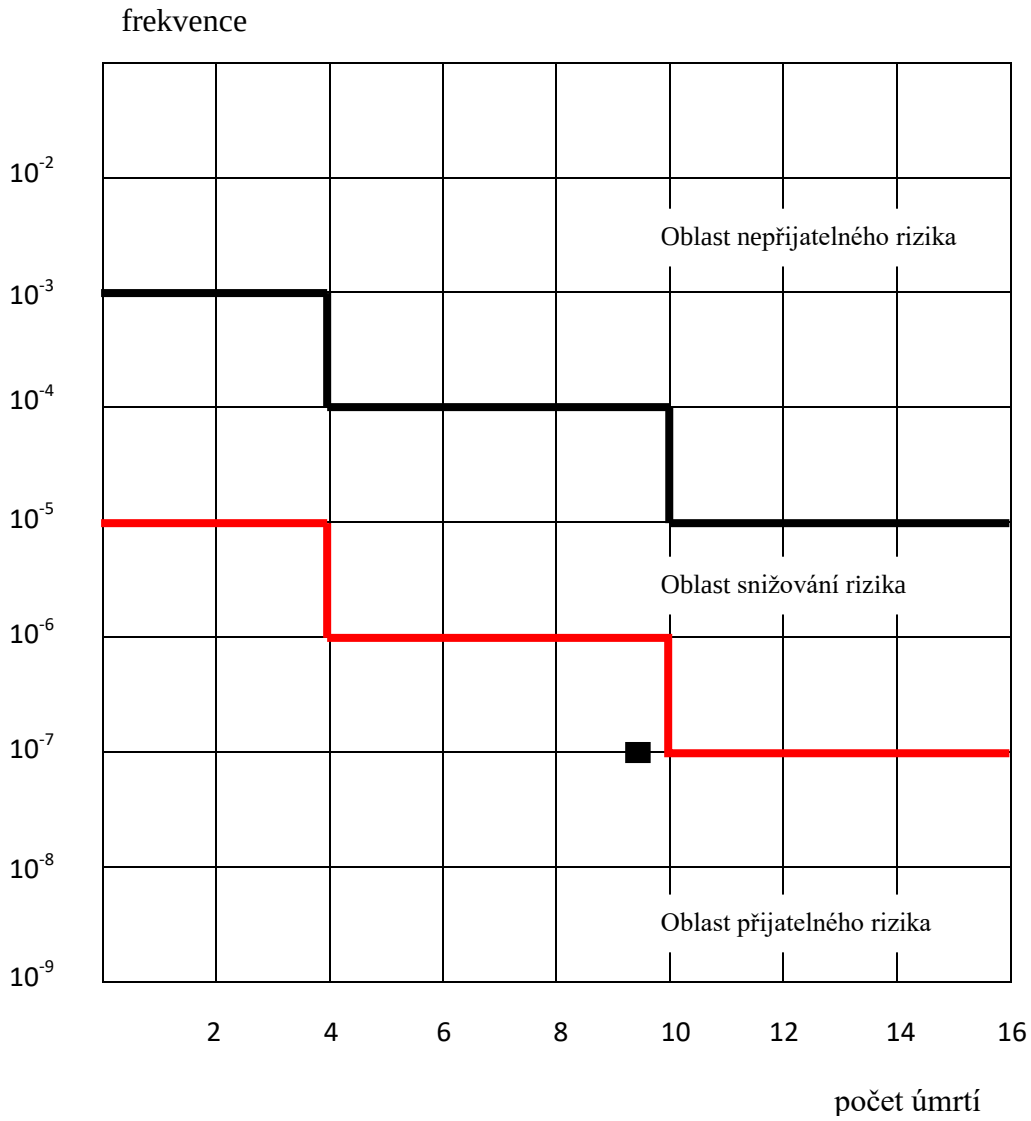
Odhad společenského rizika.

Zjištěné hodnoty:

Počet úmrtí 9,6 osob

Četnost události 1.10^{-7}

Vyhodnocení:



Obrázek 5. Matice (Bartlová & Pešák, 2003). Vyhodnocení vlastní

Po zpracování informací touto metodou na zařízení zimního stadionu a porovnání zjištěných hodnot s tabulkovými hodnotami jsem stanovil riziko jako přijatelné. Je to dáno velikostí zóny ohrožení, která je tabulkově stanovena menší oproti předcházející metodě a tím i snížení počtu osob zasažených událostí. Tuto metodu navrhuji jako vhodnou pro technologická zařízení a přepravu nebezpečných látek. Metoda je z těchto tří vybraných metod složitější po stránce přehlednosti, ale pořád spadá do metod nenáročných jak po stránce zpracování, tak po stránce personální.

6.3 Multikriteriální analýza rizik

Multikriteriální analýza rizik vychází z úkolu dle Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030 a jejím cílem je aplikovat postupy uplatněné v rámci celostátní analýzy do regionálních podmínek a nastavit tak jednotný přístup k provádění analytických činností v souvislosti s havarijním a krizovým plánováním. Metoda je zaměřena na proces posouzení rizik zahrnující identifikaci nebezpečí, analýzu rizik a hodnocení rizik u 72 typů naturogenních a antropogenních nebezpečí. Samotné typy nebezpečí jsou dále rozděleny na 21 nebezpečí s nízkým rizikem, 29 s rizikem středním a 22 s rizikem vysokým. Cílem metody je pak rozlišení rizik jako rizika nízká - přijatelná, se kterými nebude dále pracováno, rizika střední – podmínečně přijatelná, které se budou dále rozpracovávat v havarijních plánech a rizika vysoká – nepřijatelná, která budou řešena v krizovém plánu kraje a obcí s rozšířenou působností (ORP).

Stanovení záměru

Použitím metody analýzy rizik je možné stanovit nebezpečné zdroje na území, které analyzujeme. Zjištěná rizika daného území budou roztříděna dle jejich závažnosti a druhu nebezpečí. Podle stanovených nebezpečí bude v krizovém plánu kraje nebo obce s rozšířenou působností zpracován typový plán pro řešení krizové situace. Nebezpečí, která byla odhalena, se zapracují do dokumentace IZS (např. havarijní plán kraje).

Metoda se skládá z těchto etap:

I. Klasifikace události
II. Určení frekvence události
III. Určení následků události
IV. Vyhodnocení rizika v grafu

I. Klasifikace události.

Komise vybraných odborníků vybrala v rámci analýzy hrozeb jednotlivé typy nebezpečných událostí z kterých byl vytvořen seznam. Celkem bylo identifikováno 72 druhů nebezpečných událostí, které byly rozděleny do následujících skupin:

a) Naturogenní: abiotické, biotické, kosmické
b) Antropogenní: technogenní, sociogenní, ekonomické

Tyto události byly ještě rozděleny podle úrovně nebezpečí na:

- nízké nebezpečí, celkem 21 (viz. příloha 3, tab. č.1)
- střední nebezpečí, celkem 29 (viz. příloha 3. tab. č. 2.)

- vysoké nebezpečí, celkem 22 (viz. příloha 3. tab. č. 3.)

Ke zjištění velikosti rizika použijeme vztah:

R = F x N

F – frekvence, koeficient opakování konkrétního druhu události je hodnota, která pro určitý druh události stanoví odhadem, jak často se může daná událost opakovat. Odhad je určen na základě zkušeností z událostí, které se již v minulosti staly.

N – následky, jsou souhrnným vyjádřením nepříznivých účinků (dopadů) události či jevu schopného poškodit chráněné zájmy

R – úroveň rizika je hodnota, která vyjadřuje míru rizika hodnoceného objektu.

Kritéria

Tabulkové hodnoty koeficientů dopadu se stanovují expertním odhadem. Koeficienty jsou v rozsahu 0 až 10, hodnota 0 vyjadřuje neexistující nebo zanedbatelný dopad na hodnocenou část. Hodnoty ve stupnici 0-10 nemusí mít přiměřený posudek, ale i takové hodnoty jsou použitelné u mezních případů, kdy nelze přesně rozhodnout. Je jisté, že hlavním zájmem jsou životy a zdraví osob. Pro posudek různé závažnosti jednotlivých oblastí chráněných zájmů představovaných koeficientem dopadu jsou do výpočtu zahrnuty váhové veličiny. Váhové koeficienty jsou předepsané za využití fullerovy metody. Konečné vyjádření je uvedeno v tabulce č. 14.

II. frekvence události (F)

Tento koeficient se stanovuje odhadem na základě zkušeností a znalostí stejného typu události, které se staly a již v minulosti opakovaly. Hodnotové vyjádření koeficientů pro stanovení úrovně rizika je vyjádřeno v následující tabulce.

Tabulka 13. Časové údobí frekvence možného vzniku mimořádné události (Černý et al., 2015)

ČASOVÉ ÚDOBÍ FREKVENCE MOŽNÉHO VZNIKU MU	$F_{ČR}$
1 x za 1000 let a více	1
1 x za více století	2
1 x za několik málo století (cca 2-4 století)	3
1 x za cca 100 let	4
1 x za více desetiletí (cca 4-9 desetiletí = cca 2-3 generace)	5
1 x za několik málo desetiletí (cca 2-3 desetiletí = cca 1 generace)	6
1 x za více let (cca 5-10 let)	7
1 x za několik málo let (cca 2-4 roky)	8
1 x za více měsíců až 1 rok (cca 7 až 12 měsíců)	9
1 x za několik měsíců (cca 1-6 měsíců a častěji)	10

III. následky události (N)

Následky se vypočítají podle rovnice:

$N = (K_O \times VK_O) + (K_{ŽP} \times VK_{ŽP}) + (K_E \times VK_E) + (K_S \times VK_S)$

K_O – koeficient dopadu na životy a zdraví osob

$K_{ŽP}$ – koeficient dopadu na životní prostředí

K_E – koeficient ekonomických dopadů

K_S – koeficient společenských dopadů

Dílčí váhové koeficienty dopadů ($VK_{O,}$ $VK_{ŽP}$, VK_E, VK_S) pro určení následků:

Tabulka 14. Dílčí váhové koeficienty dopadů pro určení následků (Černý et al., 2015)

CHRÁNĚNÝ ZÁJEM	VÁHOVÝ KOEFICIENT	
	označení	hodnota
životy a zdraví osob	VK_O	0,4
životní prostředí	$VK_{ŽP}$	0,2
ekonomika (majetek)	VK_E	0,2
společenská stabilita	VK_S	0,2

Koeficient dopadu na životy a zdraví (K_O)

Koeficient dopadu na životy a zdraví osob je složen ze dvou hodnot. První hodnota vyjadřuje smrtelné dopady (K_{O1}) a druhá hodnota vyjadřuje ohrožené osoby (K_{O2}) pro které je potřeba provést nezbytná opatření např. záchranné práce, evakuace, zdravotnické ošetření apod.

Výpočet koeficientu na životy a zdraví osob:

$K_O = (K_{O1} + K_{O2})/2$

Dílčí koeficient smrtelných dopadů (K_{O1})

Hodnoty pro stanovení koeficientu smrtelných dopadů se u této metody posuzovaly podle zákona o zdravotních službách kde je definice mimořádné události s hromadným úmrtím. Podle §87 bodu 1 tohoto zákona je“ mimořádná událost s hromadným úmrtím událost, při níž zemře zpravidla více než 10 osob“ (zákon 272/2011 Sb.). Tento počet je stanoven pro tuto metodu na rozhraní úrovně 3 a 4.

Tabulka 15. Smrtelné dopady (K_{O1}), (Černý et al., 2015)

SMRTELNÉ DOPADY	K_{O1}
bez úmrtí	0
1 - 2 mrtvých	1
3 - 5 mrtvých	2
6 - 10 mrtvých	3
11 - 15 mrtvých	4
16 - 20 mrtvých	5
21 - 30 mrtvých	6
31 - 50 mrtvých	7
51 - 70 mrtvých	8
71 - 100 mrtvých	9
> 100 mrtvých	10

Tabulka 16. Dílčí koeficient ohrožení osob (K_{O2}), (Černý et al., 2015)

OHROŽENÍ OSOB	**K_{O2}**
Bez ohrožení osob	0
1 - 10 ohrožených osob	1
11 - 20 ohrožených osob	2
21 - 50 ohrožených osob	3
51 - 100 ohrožených osob	4
101 - 500 ohrožených osob	5
501 - 1 000 ohrožených osob	6
1 001 - 5 000 ohrožených osob	7
5 001 - 50 000 ohrožených osob	8
50 001 - 100 000 ohrožených osob	9
> 100 000 ohrožených osob	10

Koeficient dopadu na životní prostředí ($K_{ŽP}$)

Koeficient dopadu na životní prostředí se bere jako maximální zjištěná hodnota pro jednotlivé složky environmentu vyjadřuje dopad mimořádné události např. na ochranná pásma vodních zdrojů, vodní toky, vodárenské nádrže, chráněná přírodní území.

Tabulka 17. Poškození a ohrožení životního prostředí ($K_{ŽP}$), (Černý et al., 2015)

POŠKOZENÍ A OHROŽENÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	$K_{ŽP}$
Bez poškození a ohrožení	0
velmi malé poškození a ohrožení, *např.* - *ostatní biotické prostředí [3] do 0,1 ha* - *vodní toky v délce do 100 m*	1
malé poškození a ohrožení, *např.:* - *ostatní biotické prostředí 0,1 ha - 1 ha* - *vodní toky v délce 100 m - 2 km* - *vodní plochy (mimo vodárenských nádrží) do 1 ha*	2-3
střední poškození a ohrožení, *např.:* - *ostatní biotické prostředí 1 - 3 ha* - *vodní toky v délce 2 - 5 km* - *vodní plochy (mimo vodárenských nádrží) více než 1 ha* - *chráněné oblasti přirozené akumulace vod*	4-5
velké poškození a ohrožení, *např.:* - *ostatní biotické prostředí 3 - 100 ha* - *vodní toky v délce 5 - 10 km* - *ochranná pásma vodních zdrojů[4] včetně ochranných pásem vodárenských nádrží* - *zvláště chráněná území přírody[1] a NATURA 2000[2] o rozloze do 0,5 ha*	6-8
velmi velké poškození a ohrožení, *např.:* - *ostatní biotické území větší než 100 ha* - *vodní toky (mimo významné vodní toky) v délce více než 10 km* - *vodárenské nádrže* - *zvláště chráněná území přírody a NATURA 2000 o rozloze větší než 0,5 ha*	9-10

Vysvětlivky:

Uvedené příklady jsou informativní a slouží k orientaci při odpovídajícím odhadu hodnoty koeficientu.

[1] **Zvláště chráněná území přírody** jsou území chráněná v souladu se zákonem o ochraně přírody a krajiny. Jedná se o kategorie: národní parky, chráněné krajinné oblasti, národní přírodní rezervace, národní přírodní památka, přírodní rezervace a přírodní památka.

[2] **Natura 2000** jsou území stanovená v souladu se zákonem o ochraně přírody a krajiny. Jedná se např. o evropsky významné lokality, ptačí oblasti, místa rozmnožování nebo odpočinku druhů vyžadujících přísnou ochranu.

[3] **Ostatní biotické prostředí** je soubor flory a fauny na určitém území včetně vazeb mezi těmito organismy tvořící terestrické a akvatické ekosystémy mimo kategorie uvedené výše. Jedná se např. o louky, lesy, pole, sady.

[4] **Ochranná pásma vodních zdrojů** (též pásma hygienické ochrany) - stanovuje vodohospodářský úřad k ochraně vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti zdrojů

podzemních nebo povrchových vod využívaných nebo využitelných pro zásobování pitnou vodou (Černý et al., 2015).

Koeficient ekonomických dopadů (K_E)

Tabulka č. 6 určuje koeficient přímých ekonomických škod způsobených mimořádnou událostí. Do těchto škod se zahrnují náklady na obnovu území, náklady na zásah, škála bere v úvahu výšku rozpočtů samosprávných celků.

Tabulka 18. Přímé škody a náklady (K_E), (Černý et al., 2015)

PŘÍMÉ ŠKODY A NÁKLADY	K_E
do 0,5 mil. Kč	1
0,5 - 1 mil. Kč	2
1 - 5 mil. Kč	3
5 - 10 mil. Kč	4
10 - 100 mil. Kč	5
100 - 500 mil. Kč	6
500 mil. - 1 mld. Kč	7
1 mld. - 10 mld. Kč	8
10 mld. - 100 mld. Kč	9
více než 100 mld. Kč	10

Koeficient společenských dopadů (K_S)

Koeficient společenských dopadů vyjadřuje přechodné omezení pro obyvatelstvo při mimořádné události (např. omezení v dopravě, výpadky v dodávce energií, vody, plynu, telekomunikačních sítí). Koeficient (K_S) se skládá ze tří dílčích koeficientů (K_{S1}, K_{S2}, K_{S3}) a všechny tři jsou započteny do výsledné hodnoty stejnou vahou.

$$K_S = (K_{S1} + K_{S2} + K_{S3})/3$$

K_{S1} – dílčí koeficient omezení osob

K_{S2} – dílčí koeficient časového období předpokládané doby trvání omezujícího stavu

K_{S3} – dílčí koeficient omezení společnosti

Tabulka 19. Dílčí koeficient omezení osob (K_{S1}), (Černý et al., 2015)

OMEZENÍ OSOB	K_{S1}
bez omezení	0
do 100 omezených osob	1
101 - 500 omezených osob	2
501 - 1000 omezených osob	3
1001 - 5000 omezených osob	4
5001 - 10 000 omezených osob	5
10 001 - 25 000 omezených osob	6
25 000 - 50 000 omezených osob	7
50 001 - 100 000 omezených osob	8
100 001 - 500 000 omezených osob	9
> 500 000 omezených osob	10

Dílčí koeficient předpokládané doby trvání omezujícího stavu (K_{S2})

Délka omezujícího stavu je doba, po kterou probíhají záchranné a likvidační práce při MU a provádění základních obnovovacích prací pro znovuobnovení základních služeb. Základními službami je míněno (obnova dodávek energií, zprovoznění silnic a mostů, apod.). V některých případech může být doba omezujícího stavu dobou krizového stavu, jestliže byl vyhlášen. Trvání omezujícího stavu se nesmí brát jako doba pro kompletní obnovení území.

Tabulka 20. Dílčí koeficient předpokládané doby trvání omezujícího stavu (K_{S2}), (Černý et al., 2015)

ČASOVÉ OBDOBÍ PŘEDPOKLÁDANÉ DOBY TRVÁNÍ OMEZUJÍCÍHO STAVU	K_{S2}
bez omezujícího stavu	0
několik hodin (až půl dne)	1
až 1 den	2
několik málo dnů (cca 2 - 3 dny)	3
více dnů (cca 4 dny až 1 týden)	4
několik týdnů (až 1 měsíc)	5
více měsíců (do půl roku)	6
až 1 rok	7
více let (až 5 let)	8
mnoho let (až 25 let)	9
více než čtvrtstoletí (více než jedna generace)	10

Tabulka 21. Dílčí koeficient omezení společnosti (K_{S3}), (Černý et al., 2015)

OMEZENÍ SPOLEČNOSTI	**K_{S3}**
bez omezení	0
velmi malé bez pociťovaných výrazných dopadů; z pohledu obyvatelstva nedojde k významnějším omezením v poskytování veřejných služeb; jsou dotčeny jen jednotlivé osoby	1
malé dojde k minimálnímu omezení poskytování veřejných služeb; lehké znepokojení veřejnosti	2-3
střední částečné omezení poskytování některých veřejných služeb, např. dopravní obslužnost (výpadky v hromadné dopravě); omezení dostupnosti základních komodit (např. ropa, energie, potraviny, voda); výpadky telekomunikačních a informačních systémů; narušení pocitu bezpečí občanů	4-5
závažné významné omezení poskytování některých veřejných služeb; možné páchání trestné činnosti (např. rabování); možné regionální občanské nepokoje	6-7
velmi závažné velmi významné omezení poskytování veřejných služeb; páchání rozsáhlé trestné činnosti, velké občanské nepokoje; prudký nárůst nezaměstnanosti	8-9
extrémní výrazné omezení základních lidských práv (např. právo nedotknutelnosti osoby, jejího soukromí, právo vlastnit majetek a nedotknutelnosti obydlí, svoboda pohybu a pobytu)	10

IV. Vyhodnocení rizika

Metoda může být zpracována na počítači nebo manuálně, výsledek metody je zobrazen nebo zanesen v grafu rizik. Výsledná hodnota zobrazená v grafu je součástí registru nebezpečí a je sním přímo provázaná.

V grafu jsou vyznačeny dvě křivky, které vyznačují limitní úrovně rizik:

- spodní limitní hodnota úrovně rizika R10
- horní limitní hodnota úrovně rizika R30

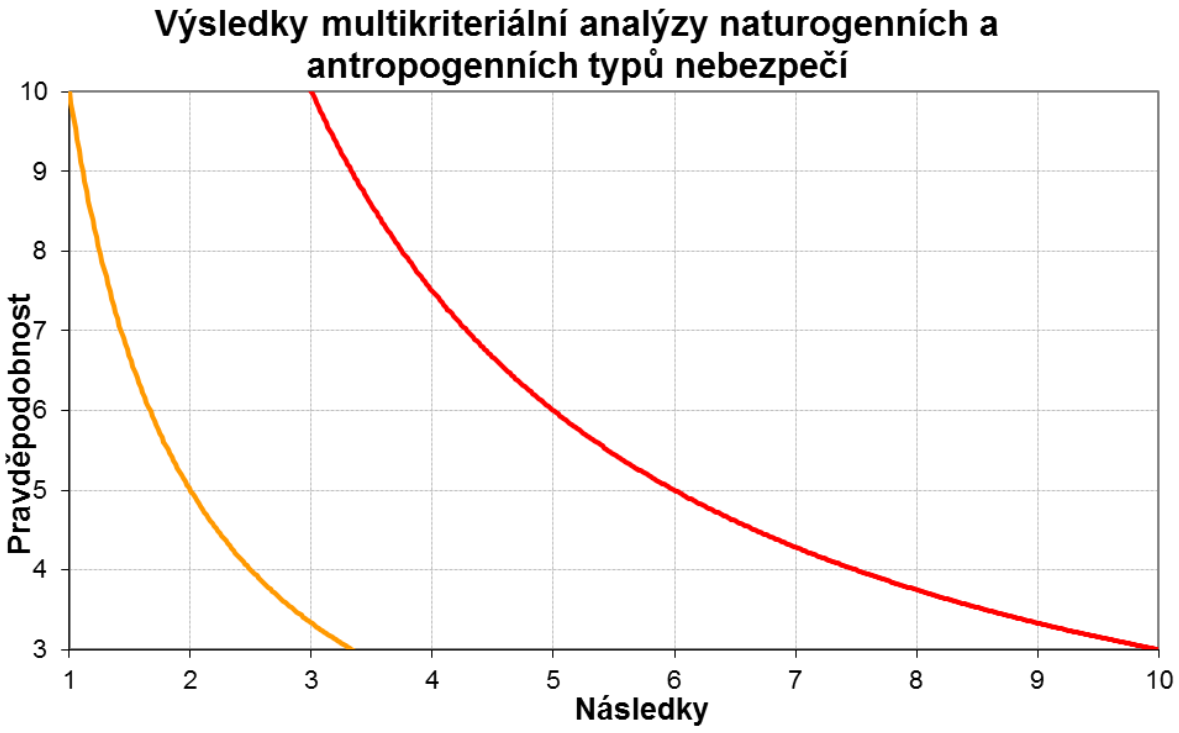
Na základě stanovených limitních hodnot jsou rizika rozdělena do tří základních kategorií:

- **přijatelné riziko**, úroveň rizika 0 – 10. U toho to druhu rizika se nepředpokládá přijímání mimořádných opatření. V této úrovni se jedná o situace, které jsou zvládnutelné běžnou činností složek integrovaného záchranného systému

- **podmínečně přijatelné riziko,** úroveň 11 – 30. V této úrovni rizika se přijímá opatření vedoucí ke snížení rizika na přijatelnou úroveň nebo jeho odstranění. U této úrovně rizika se již počítá s přípravou na řešení mimořádných událostí a spadá do havarijního plánování a oblasti typových činností.

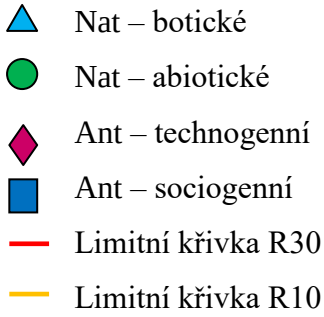
- **nepřijatelné riziko,** úroveň vyšší než 30. V této úrovni rizika je nutné přijmout opatření k eliminaci rizika. U této úrovně rizika se počítá s přípravou na řešení krizových událostí a spadá do krizového plánování.

Výsledkem vyhodnocení metody je rozdělení rizik hodnoceného území do tří kategorií dle míry jejich závažnosti. Na základě výsledků mohou být rizika, která nesplňují daná kritéria analyzována podrobnějšími metodami a zjištěná rizika snížena nebo eliminována.



Obrázek 6. (Černý et al., 2015)

Vysvětlivky:



6.3.1 Příklad:

V zimním stadionu je zásobník s 3,6 t. amoniaku. Látka je v zásobníku uvnitř strojovny. V případě havárie by mohla být zasažená oblast zastavěné části města a přilehlého areálu krytého a venkovního bazénu. Minimální vzdálenost od obydlených budov je 40 m. Zasažená oblast podle vyhlášky 226/2015 Sb. by byla přibližně 150 m.

R = F x N

F – frekvence opakování události

Tab.č. 13 1 x za několik málo desetiletí (cca 2-3 desetiletí = cca 1 generace), **referenční číslo 6**

N – následky události

$N = (K_O \times VK_O) + (K_{ŽP} \times VK_{ŽP}) + (K_E \times VK_E) + (K_S \times VK_S)$

K_O - koeficient dopadu na životy a zdraví

$K_O = (K_{O1} + K_{O2})/2$

Tab. č. 15 smrtelné dopady (K_{O1}), 6-10 mrtvých, **referenční číslo 3**

Tab. č. 16 ohrožení osob (K_{O2}), 101 - 500 ohrožených osob, **referenční číslo 5**

$K_O = 3 + 5/2$

$K_O = 4$

$KŽ_P$ - koeficient dopadu na životní prostředí

Tab. č. 17 velmi malé poškození a ohrožení, **referenční číslo 1**

K_E - koeficient ekonomických dopadů

Tab. č. 18 přímé náklady 0,5 - 1 mil. Kč, **referenční číslo 2**

K_S - koeficient společenských dopadů

$K_S = (K_{S1} + K_{S2} + K_{S3})/3$

Tab. č. 19 omezení osob (K_{S1}), 101 - 500 omezených osob, **referenční číslo 2**

Tab. č. 20 předpokládaná doba trvání omezujícího stavu (K_{S2}), až 1 den, **referenční číslo 2**

Tab. č. 21 omezení společnosti (K_{S3}), malé, **referenční číslo 3**

$K_S = 2 + 2 + 3/3$

$K_S = 2,3$

Váhové koeficienty

Tabulka 22. Váhové koeficienty (Černý et al., 2015)

CHRÁNĚNÝ ZÁJEM	VÁHOVÝ KOEFICIENT	
	označení	hodnota
životy a zdraví osob	VK_O	0,4
životní prostředí	$VK_{ŽP}$	0,2
ekonomika (majetek)	VK_E	0,2
společenská stabilita	VK_S	0,2

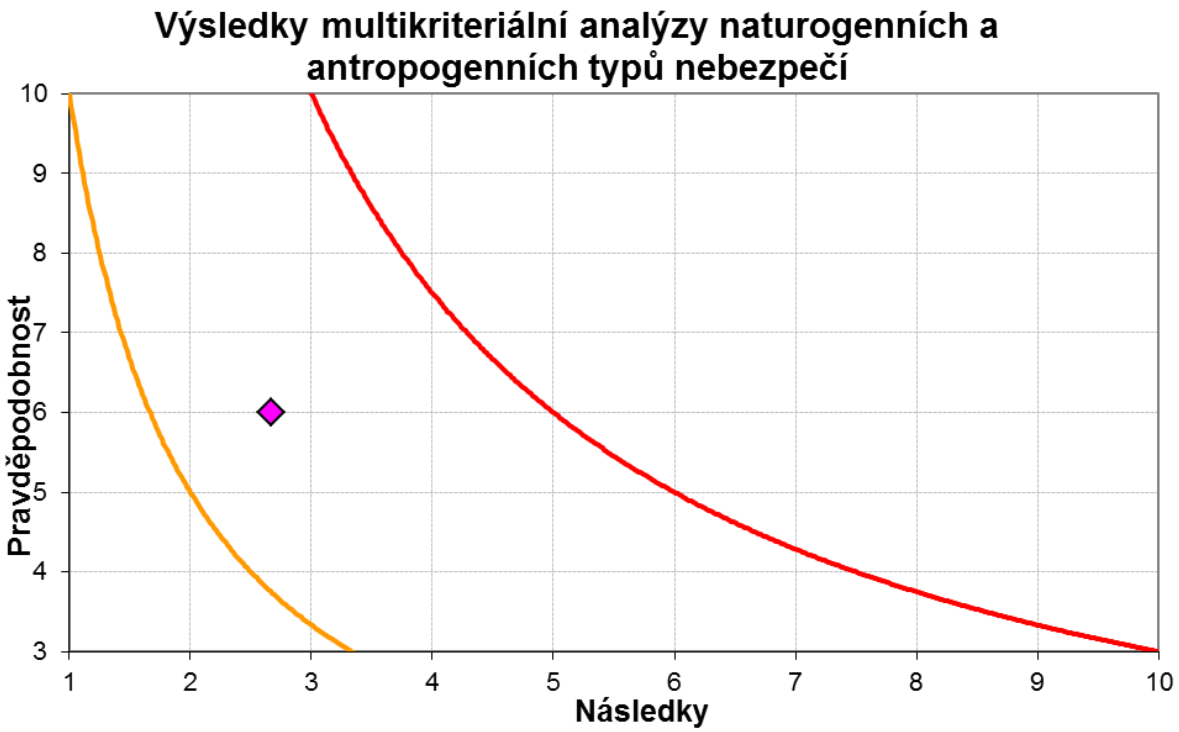
N = (4 x 0,4) + (1 x 0,2) + (2 x 0,2) + (2,3 x 0,2)

N = 2,66

F = 6

R = 6 x 2,66

R = 15,96



Obrázek 7. (Černý et al., 2015). Výsledek příkladu vlastní výpočet

Vysvětlivky:

- Nat – botické
- Nat – abiotické
- Ant – technogenní
- Ant – sociogenní
- Limitní křivka R30
- Limitní křivka R10

Vyhodnocení příkladu:

Po aplikaci metody na zařízení zimního stadionu a spočítání všech hodnot jsem dospěl k závěru, že objekt spadá do kategorie podmíněného přijatelného rizika úrovně 11 – 30. V této úrovni rizika se přijímá opatření vedoucí ke snížení rizika na přijatelnou úroveň nebo jeho odstranění. U této úrovně rizika se již počítá s přípravou na řešení mimořádných událostí a objekt náleží do havarijního plánování a oblasti typových činností (dokumentace IZS). Tato metoda splňuje kritéria, která jsem si zadal. Její zpracování není náročné a zahrnuje velký přehled mimořádných událostí ve kterých je obsažena např. i událost pádu umělého kosmického zařízení.

7 Vyhodnocení metod.

Metody, které jsem ve své práci vybral k provedení analýzy rizik v rámci krizového řízení ve státní správě, náleží do skupiny kvantitativních metod. Na základě poznatků získaných z aplikací těchto metod na vybraném zdroji rizika lze konstatovat, že tyto metody jsou založeny na principu základního rozpoznání rizika v dané oblasti a vytvoření seznamů rizikových oblastí, podniků nebo zařízení. Identifikovaná rizika jsou v seznamech řazena podle zjištěných hodnot ve většině případů od nejrizikovějších po ty nejméně riziková. Podle výše daného rizika se pak oblasti, objekty nebo zařízení dále zařazují a jsou rozpracovány v rámci havarijního plánování. V případě, je-li potřeba dané riziko blíže analyzovat je, dle mého názoru, vhodné použít složitější metody, které dané riziko konkretizují a analyzují podrobněji. Tyto metody již spadají většinou do kategorie kvalitativních a jsou náročné jak po stránce časového zpracování, personální tak i finanční. Vše se odvíjí také od velikosti a složitosti analyzované oblasti nebo zařízení. Výsledky a výstupy těchto metod jsou většinou slovního charakteru a obsahují i možné návrhy na snížení či odstranění zjištěných rizik. U vybraných metod je potřeba také uvést, že výsledky analýzy jsou nejen velice závislé na množství a pravdivosti informací, ale také na hodnotícím odborníkovi či komisi, což potvrzuje zhodnocení výstupu v teoretické části této práce.

Všechny tři vybrané metody splňují dané požadavky, které jsem si stanovil, tedy časovou, personální a finanční nenáročnost a lze je využít v rámci havarijního plánování. Metody využívají koeficientů, které se určují dle konkrétních tabulek dané metody. Výstupem zpracování koeficientů je graf nebo číselná hodnota, podle které se určuje, zda je riziko přijatelné, nepřijatelné či podmíněně přijatelné. V posledním případě je potřeba riziko snížit bezpečnostními opatřeními.

Metodu expertních odhadů lze použít na určení širokého spektra rizik od přírodních až po rizika technologická. Metoda používaná v Olomouckém kraji pracuje se škálováním koeficientů 0-3, 0-4 a 1-4. Výběr jednotlivých hodnot je závislý na dostupných informacích a zkušenostech odborníků, kteří analýzu zpracovávají. Velikost zasažené oblasti se určuje podle vyhlášky č. 226/2015 sb. Výsledkem metody je seznam rizik, která jsou zařazena do určitého stupně poplachu.

Metoda TECDOC 727 je zaměřena především na technologická zařízení a přepravu nebezpečných látek. Tato metoda hodnotí možné následky havárií a odhaduje pravděpodobnosti vzniku havárie. Oblast zasažená havárií je stanovena tabulkově, což ovlivní i počet zasažených osob. Výsledkem metody je odhad společenského rizika, který je

znázorněn v grafu, na jehož základě se stanovuje seznam rizik, u kterých je pak provedena podrobnější analýza.

Multikriteriální metoda, použitá v mé práci, je v rámci havarijního plánování novou metodou a vychází z úkolů dle Koncepce ochrany obyvatelstva. Události jsou tříděny dle druhu vzniku na události přírodní (botické, abiotické) a události antropogenní (technogenní, sociogenní). Z informací získaných aplikací metody mohu říct, že metoda používá škálování 1 až 10 a zpracovává hodnoty následků nebezpečí a četnost opakování. Výsledkem metody je graf, který je rozdělen na tři úrovně rizika: přijatelné, podmíněně přijatelné a nepřijatelné. Podle zařazení se pak odvíjí následná opatření jako např. zpracování typového plánu pro řešení krizové situace nebo zapracování rizika do havarijního plánu.

Typový příklad zimního stadionu, který jsem si vybral pro srovnání zvolených analytických metod byl dle metody expertních odhadů a multikriteriální metody zařazen do podmíněně přijatelného rizika a čtvrtého stupně poplachu. Navržená opatření jsou pro obě metody stejného charakteru. Metoda TECDOC 727 pak objekt zimního stadionu zahrnula do přijatelného rizika. Tento rozdíl vyhodnocení rizika spočívá zejména v odlišném stanovení velikosti zóny ohrožení a tím i snížení počtu osob zasažených havárií.

8 Závěr

V bakalářské práci jsem se věnoval oblasti analýzy rizik a jejím cílem je poskytnout souhrnné informace o možnostech využití různých metod k provedení analýzy rizika a doporučit, dle stanovených požadavků, vhodné metody využitelné v rámci krizového řízení ve státní správě a samosprávě např. obcemi s rozšířenou působností, hasičskými záchrannými sbory a krajskými úřady. Vzhledem ke skutečnosti, že výše uvedené organizace, které se analýzou rizik zabývají a zpracovávají různé havarijní plány a jiné plánovací dokumentace jsou často limitovány svými prostředky a zdroji, jsem si stanovil požadavek pro výběr vhodných metod jejich dostupnost, finanční nenáročnost a personální požadavky. Samotnou práci jsem rozdělil na teoretickou a praktickou část.

V úvodu teoretické části jsem uvedl základní a obecné informace o analýze rizik, způsob rozdělení metod a v přehledu pak běžně používané metody v praxi. Následující rozbor patnácti metod k analýze rizik potvrdil, že jednotlivé metody mají velmi rozdílné požadavky na zpracování. Každá metoda je různě závislá na faktoru finančním (např. jedná-li se o softwarové řešení metody), materiálním a personálním. Na druhou stranu lze konstatovat, že se všechny jednotlivé metody z velké části shodují na potřebě relevantních a kvalitních informací o analyzovaném procesu, území či technologii. Pro úspěšné provedení analýzy rizik je nezbytný předpoklad, aby analytik nebo skupina odborníků, kteří pracují s vybranou metodou by měli nejen znát dokonale zvolenou metodu, ale musí se také orientovat v daném území, technologii nebo zařízení, které hodnotí a spolupracovat s odborníky a zaměstnanci. Z teoretické části bakalářské práce vyplývá, že metod vhodných k analýze rizik je celá řada, a to jak starších, tak i novějších, reagujících na aktuální požadavky a potřeby v rámci krizového řízení.

Na základě vyhodnocení rozboru jednotlivých metod jsem si pro další část bakalářské práce vybral tři metody, které splňují stanovené požadavky. Jsou to: „Analýza vzniku mimořádných událostí metodou expertních odhadů“, „Metoda IAEA – TECDOC 727“ a „Multikriteriální analýza“. Tyto metody jsem následně podrobně rozpracoval a s cílem celkového srovnání jsem každou metodu aplikoval na příkladovou studii objektu zimního stadionu v Olomouci. Zařízení zimního stadionu v Olomouci jsem si zvolil s ohledem na množství nebezpečné látky v něm umístěné, které se podle zákona o prevenci závažných havárií řadí do kategorie podlimitní zařízení. Nicméně, i když množství nebezpečné látky není tak velké jako u jiných zařízení nakládající s nebezpečnou chemickou látkou, je právě zimní stadion v Olomouci svým umístěním v centru města a s ohledem na velké množství osob

pohybujících se na stadionu a jeho okolí velmi rizikovým zařízením. Podrobné informace a způsob provádění vybraných metod jsem uvedl v části 6. bakalářské práce a lze konstatovat, že výsledky u metody Analýza vzniku mimořádných událostí metodou expertních odhadů a Multikriteriální analýza jsou až na nepatrné rozdíly shodné. U metody IAEA – TECDOC 727 byl rozdíl ve výsledku způsoben menší zónou ohrožení. U všech tří vybraných metod je potřeba uvést, že výsledky analýzy jsou velice závislé na množství a pravdivosti informací, ale také na hodnotícím odborníkovi nebo komisi, což nám potvrzuje zhodnocení výstupu z teoretické části.

Závěrem lze říci, že tato bakalářská práce by v praxi mohla sloužit jako doporučení a návod pro pracovníky krizového řízení u krajských úřadů, hasičských záchranných sborů, obcí s rozšířenou působností a dalších dotčených orgánů krizového řízení, kteří budou muset v rámci své činnosti analyzovat rizika na určitém území, případně objektu nebo jiný zdroj rizik. Informace v teoretické části poskytují základní vstupní znalosti do oblasti analýzy rizika a jejich znalost je předpokladem úspěšné aplikace některé z doporučených metod.

9 Referenční seznam

Bartlová, I., & Balog, K. (2007). *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií I.* (2nd ed). Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství.

Bartlová, I., & Pešák, M. (2003). *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II.* Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství.

Bernatík, A. (2006). *Prevence závažných havárií I.* Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství.

Bernatík, A., & Maléřová, L. (2010). *Analýza rizik území.* Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství.

Blažková, K., Buček, D., Dittrich, D., Dittrichová, Z., Hrubá, A., Koleňák, I., Lukeš, M., Menšíková, D., Musílek, J., Peichlová, M., Rosinová, M., Šiman, J., & Tilcerová, E. (2015). *Ochrana obyvatelstva a krizové řízení* [Hasičský záchranný sbor skripta]. Praha: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR.

Černý, J., Krömer, A., Paulus, F., & Petr, J. (2015). *Analýza hrozeb pro Českou republiku* [Závěrečná zpráva]. Praha: Hasičský záchranný sbor ČR.

International atomic energy agency (1996). *Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in proces and related industries.*[Manual IAEA-TECDOC 727]. Vienna: IAEA Austria.

Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. (2017). *Havarijní plánování.* Retrieved 16.2. 2017 from the World Wide Web: http://www.hzscr.cz/clanek/menu-krizove-rizeni-a-cnp-krizove-a-havarijni-planovani-krizove-a-havarijni-planovani.aspx

Geografický informační systém. (2017). [Computer software]. Praha: Hasičský záchranný sbor ČR.

Krömer, A., Musial, P., & Folwarczny, L. (2010). *Mapování rizik.* Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství.

Paleček, M., Bumba, J., Sluka, V., & Hájková, M. (2006) *Prevence rizik* [Vysokoškolské skripta]. Praha: Vysoká škola ekonomická, Fakulta podnikohospodářská.

Sbírka zákonů ČR (2000). *O integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů* [zákon 239/2000 Sb.]. Praha: Author.

Sbírka zákonů ČR (2001). *O některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému* [vyhláška 328/2001 Sb.]. Praha: Author.

Sbírka zákonů ČR (2011). *O zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování* [zákon 272/2011 Sb.]. Praha: Author.

Sbírka zákonů ČR (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* [zákon 224/2015 Sb.]. Praha: Author.

Sbírka zákonů ČR (2015). *O zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktuře* [vyhláška 226/2015 Sb.]. Praha: Author.

10 Přílohy

Příloha 1.	Zkratky
Příloha 2.	Přehled tabulek metody TECDOC 727
Příloha 3.	Přehled tabulek metody multikriteriální analýza

Příloha 1. Zkratky

Zkratky	Anglické výrazy	České výrazy
BRS		Bezpečnostní rada státu
CL	Checklist Analysis	Kontrolní seznam
ČR		Česká republika
ETA	Event Tree Analysis	Analýza stromem událostí
FMA	Failure Modes and Effects Analysis	Analýza příčin a následků poruch
FTA	Fault Tree Analysis	Analýza stromem poruch
GIS	Geographic information system	Geografický informační systém
Ha		Hektar
HAZOP	Hazard and Operability Analysis	Analýza nebezpečnosti a provozovatelnosti
HP		Havarijní plán
HPK		Havarijní plánování kraje
HZS		Hasičský záchranný sbor
IZS		Integrovaný záchranný systém
K-Vant		Analýza vzniku mimořádných událostí v rámci havarijního plánování metodou expertních odhadů
KV	Risk Mapping	Mapování rizik
LPG	Liquefied Petroleum Gas	Propan-butan
MO		Mimořádná opatření
MU		Mimořádná událost
MV		Ministerstvo vnitra
OL		Olomouc
ORP		Obec s rozšířenou působností
PHA	Preliminary Hazard Analysis	Předběžná analýza ohrožení
RR	Relative ranking	Indexové metody
SaP		Síly a prostředky
SR	Safety review	Revize bezpečnosti
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats	SWOT
WI	What-If Analysis	Analýza "Co se stane, když...."

Příloha 2. Přehled tabulek metody TECDOC 727

Tabulka 1. Kontrolní seznam (IAEA, 1996)

Činnost		Nejdůležitější látky	Ref. číslo tab. 4
Skladování paliv	Čerpací stanice	Benzín	6
	Stanoviště vozidel	Benzín a LPG	7
	Skladiště polotovarů	Benzín	6
		LPG	7, 9
	Hlavní sklady	Nafta	1, 3
		Benzín	4, 6
		LPG	7, 9, 10, 11
		Zemní plyn	10, 11
	Sklad ocelových lahví	Různé plyny	13
Výroba a skladování paliv	Rafinérie	LPG propan	7, 9
	Alkylační proces	Fluorovodík	31
	Krakování ropy	Butylen	7, 9
		Etylen	12
		Ethylenoxid	30
		Propylen	7, 9
		vinylchlorid	7, 9
Doprava paliv	Produktovody	LPG, propan	8
		Zemní plyn	12
		Benzín	5
		Nafta	2
	Vodní doprava (vnitrozemské vodní linky)	LPG (stlačené)	9
		LPG (podchlazené)	11
		Benzín	6
		Nafta	3
	Železniční a silniční doprava	LPG	7
		Benzín	6
		Nafta	4
Rozsáhlá chladící zařízení	Jatky, mlékárny, pivovary, výroba margarínu, zmrzlin, čokolády, sklady masa, ryb, ovoce, květin, kluziště	Amoniak	31
	Cukrovarnictví		31

Tabulka 1. Pokračování (IAEA, 1996)

Činnost		Nejdůležitější látky	Ref. číslo tab. 4
Potraviny a pochutiny	Mlýny	Oxid siřičitý	32
	Extrakce olejů a tuků	Methylbromid	1, 3
	Drožďárny, lihovary	Hexan	4, 6
	Průmysl kakaa	Hořlavé kapaliny	1, 3
		Hexan	
Specifické základní produkty	Kožedělný průmysl	Akroleinové kyseliny	18, 21
	Dřevařský průmysl	Formaldehyd	32
		Ethylenoxid	30
		Epichlorhydrin	16, 17
	Gumárenský průmysl	Styren	4, 6
		Akrylonitril	18, 21
	Textilní průmysl	Ethylenoxid	30
		Formaldehyd	32
		Alkyfenoly	
Hutnictví, elektronický průmysl	Vysoké pece	Oxid uhelnatý	31
		Amoniak	31
	Povrchové úpravy	Arsenovodík	34
Specifické chemikálie	Hnojiva	Amoniak	31, 36
		Hořlavé produkty	43
	Kyselina sírová	Oxidy síry	45
	Syntetické pryskyřice	Ethylenoxid	30
		Chlór	32
		Akrylonitril	18, 21
		Fosgen	33
		Formaldehyd	32
	Plasty/Syntetické látky	Vinylchlorid	7, 9
		Akrylonitril	18, 21
		Chlór	32
		Hořlavé produkty	46
	Barvy/Pigmenty	Fosforovodík	33
		Rozpouštědla	4, 6
		Hořlavé produkty	46

Tabulka 1. Pokračování (IAEA, 1996)

Činnost		Nejdůležitější látky	Ref. číslo tab. 4
Potraviny a pochutiny	Mlýny	Oxid siřičitý	32
	Extrakce olejů a tuků	Methylbromid	1, 3
	Drožďárny, lihovary	Hexan	4, 6
	Průmysl kakaa	Hořlavé kapaliny	1, 3
		Hexan	
Specifické základní produkty	Kožedělný průmysl	Akroleinové kyseliny	18, 21
	Dřevařský průmysl	Formaldehyd	32
		Ethylenoxid	30
		Epichlorhydrin	16, 17
	Gumárenský průmysl	Styren	4, 6
		Akrylonitril	18, 21
	Textilní průmysl	Ethylenoxid	30
		Formaldehyd	32
		Alkyfenoly	
Hutnictví, elektronický průmysl	Vysoké pece	Oxid uhelnatý	31
		Amoniak	31
	Povrchové úpravy	Arsenovodík	34
Specifické chemikálie	Hnojiva	Amoniak	31, 36
		Hořlavé produkty	43
	Kyselina sírová	Oxidy síry	45
	Syntetické pryskyřice	Ethylenoxid	30
		Chlór	32
		Akrylonitril	18, 21
		Fosgen	33
		Formaldehyd	32
	Plasty/Syntetické látky	Vinylchlorid	7, 9
		Akrylonitril	18, 21
		Chlór	32
		Hořlavé produkty	46
	Barvy/Pigmenty	Fosforovodík	33
		Rozpouštědla	4, 6
		Hořlavé produkty	46

Tabulka 1. Pokračování (IAEA, 1996)

Činnost		Nejdůležitější látky	Ref. číslo tab. 4
Doprava	Produktovody	Chlór	41
		Amoniak	40
		Ethylenoxid	40
		Chlorovodík	41, 42
	Silnice a železnice (seřaďovací nádraží)	Hořlavé plyny[b]: 23, 236, 239	7
		Hořlavé kapaliny[b]: 33, 336, 338, 339, 333 x 338, x 323 x 423, 446 539	6
		Vysoce toxické plyny[b]: 26, 265, 266	32
		Středně toxické plyny[b]: 236, 268, 286	31
	Vodní doprava	Toxické kapaliny[b]: 336, 66, 663	19
		Výbušniny[b]: 1.1, 1.5	14
		Hořlavé plyny[b]: 23, 236, 239	9[c], 11[d]
		Hořlavé kapaliny[b]: 33, 336, 338 X 323, x 423 446, 539	6
		Vysoce toxické plyny[b]: 26, 265, 266	32[c], 37[d]
		Středně toxické plyny[b]: 236, 268, 286	31[c], 36[d]
		Toxické kapaliny[b,e]: 336, 66, 663	20

Vysvětlivky:

[a] viz Příloha I pro specifická referenční čísla

[b] mezinárodní klasifikační kódy pro dopravu (také v tabulce 3)

[c] stlačené

[d] podchlazené

[e] nerozpustné, měrná hmotnost > 1 kg/dm^3

Tabulka 2a. Kritéria výběru relevantních průmyslových činností (IAEA, 1996)

a) Kritéria vzdálenosti od populačních zón (první obydlí)

Průmyslová činnost		Vzdálenost (m)
Stacionární zařízení	Hořlavé a /nebo výbušné látky zvláštní zřetel na: - benzínové stanice (čerpací) - stanice zkapalněných uhlovodíkových plynů (LPG) - potrubí s hořlavými látkami - sklady tl. Lahví (25-100 kg) Toxické látky zvláštní zřetel na: - chladící stanice - sklady pesticidů určených k prodeji	<1 000 <50 <100 <50 <100 <10 000 <100 <50
Doprava	LPG: - železnice/silnice - vodní cesta Pohonné hmoty: - železnice/silnice - vodní cesta Ropa: - železnice/silnice - vodní cesta toxické látky: - železnice/silnice - vodní cesta	 <200 <500 <50 <200 <25 <100 <3 000 <3 000

Poznámka: hodnoty jsou vztaženy k maximálním možným množstvím (a k max. toxicitě látek), které existují v běžné průmyslové praxi.

Tabulka 3a. Klasifikace látek dle kategorií účinku (IAEA, 1996)

Referenční číslo	Typ látky	Popis látky	Aktivita
1	Hořlavá kapalina	Tlak par < 0,3 bar při 20°C	- sklad se zapuštěnými zásobníky
2[a]			- potrubí
3			- ostatní
4			- sklad se zapuštěnými
5[a]		Tlak par ≥ 0,3 bar při	- potrubí
6		20°C	- ostatní
7	Hořlavý plyn	Zkapalněný tlakem	- nadzemní sklad železniční/silniční
8[a]			- potrubí
9			- ostatní
10		Zkapalněný chladem	- sklad se zapuštěnými zásobníky
11			- ostatní
12[a]		Pod tlakem	- potrubí
13			- sklad tlak. Lahví do 100 kg
14	Výbušniny	V celku (zapříčiňují jednotlivé exploze)	
15		V baleních (např. munice)	
16	Toxická kapalina	Nízká toxicita	- sklad zapuštěné zásobníky
17			- ostatní
18		Střední toxicita	- sklad zapuštěné zásobníky
19			- železnice/silnice přeprava
20			- vodní cesty
21			- ostatní
22		Vysoká toxicita	- sklad zapuštěné zásobníky
23			- železnice/silnice přeprava

24			- vodní cesty
25			- ostatní
26		Velmi vysoká toxicita	- sklad zapuštěné zásobníky
27			- železnice/silnice přeprava
28			- vodní cesty
29			- ostatní
	Toxický plyn	Zkapalněný tlakem :	
30		- nízká toxicita	
31		- střední toxicita	
32		- vysoká toxicita	
33		- velmi vysoká toxicita	
34		- extrémní toxicita	
		Zkapalněný chlazením:	
35		- nízká toxicita	
36		- střední toxicita	
37		- vysoká toxicita	
38		- velmi vysoká toxicita	
39		- extrémní toxicita	
		V potrubí:	
40[a]		- střední toxicita	
41[a]		- vysoká toxicita	
		Pod tlakem > 25 bar:	
42[a]		- vysoká toxicita	
		Hoření toxických produktů	
43			Z pesticidů
44			Z hnojiv (s dusíkem)
45			Z kyseliny sírové
46			Z plastů (s chlórem)

Vysvětlivky: Symbol [a] značí kategorie pro potrubí (viz. tabulka 4b.)

Pak mohou být látky klasifikovány podle množství v události (tabulka 4a pokračování).

Tabulka 3a. pokračování (IAEA, 1996)

Referenční číslo	Množství (t)								
	0,2-1	1-5	5-10	10-50	50-200	200-1000	1000-5000	5000-10000	>10000
1	-	-	-	-	-	A I	B I	B I	C I
2[a]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	A I	B I	C I	D II	X	X
4	-	-	-	-	-	B I	C II	C II	D II
5[a]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	B II	C II	D II	E II	X	X
7	-	A I	B I	C I	D I	E I	X	X	X
8[a]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	B II	C III	C III	D III	E III	X	X	X
10	-	-	-	-	-	B I	C II	C II	D II
11	-	-	-	B II	C II	D II	E II	X	X
12[a]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	C III	C II	C I	C I	X	X	X
14	A I	B I	B I	C I	C I	D I	X	X	X
15	B III	B III	C III	C I	C I	D I	X	X	X
16	-	-	-	-	-	A II	A II	B II	C III
17	-	-	-	A III	A II	B II	C II	C II	C II
18	-	-	-	A III	B III	D III	E III	F II	F III
19	-	A II	C III	D III	X	X	X	X	X
20	-	B II	D III	E III	F III	G III	X	X	X
21	-	B II	C III	D III	E III	F III	F III	X	X
22	-	-	A II	B III	C III	E III	F III	G III	G III
23	B II	C II	D III	E III	X	X	X	X	X
24	C II	D II	E III	F III	G III	H III	X	X	X
25	B II	C II	D III	E III	F III	G III	G III	X	X
26	A II	B II	C III	E III	F III	G III	G III	H III	H III
27	C II	D III	E III	F III	X	X	X	X	X
28	D III	E III	F III	G III	H III	H III	X	X	X
29	C III	D III	E III	F III	G III	H III	H III	X	X
30	A II	B II	B II	C III	C III	D III	D III	D III	E III
31	B II	C II	C II	D III	E III	F III	F III	G III	H III
32	C II	D III	E III	E III	F III	F III	G III	X	X
33	D III	E III	F III	G III	G III	G III	X	X	X
34	E III	F III	G III	H III	H III	X	X	X	X
35	-	-	-	A II	A II	B II	B II	B II	C II
36	-	A II	B II	C II	D III	D III	D III	E III	F III

37	B II	C II	D III	E III	E III	E III	F III	G III	X
38	D III	E III	F III	F III	G III	G III	X	X	X
39	E III	F III	G III	H III	H III	X	X	X	X
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	-	-	-	B II	D III	E III	E III	X	X
44	-	A II	A II	C III	E III	F III	F III	X	X
45	-	-	B II	A II	C III	D III	D III	X	X
46	-	-	-	A II	C III	D III	D III	X	X

Vysvětlivky: Symbol X znamená kombinaci látka/množství v praxi nereálné – se zanedbatelným účinkem

Tabulka 3b. Klasifikace kategorie účinku látek v potrubních systémech (IAEA, 1996)

Referenční číslo	Typ látky	Popis látky	Průměr (m^2)	Kategorie
2	Hořlavá kapalina	Tlak par <0,3 bar, při 20° C	> 0,2	A I
5		Tlak par ≥0,3 bar, při 20° C	0,2-0,4 > 0,4	A I B II
8	Hořlavý plyn	Zkapalněný tlakem	< 0,1 0,1- 0,2 > 0,2	C I D I E I
12		Pod tlakem	0,2-1 > 1	A I B I
40	Toxický plyn	Středně toxický	< 0,1 0,1-0,2	E III F III
41		Vysoce toxický	< 0,1 0,1-0,2	F III G III
42		Tlak >25 bar Vysoce toxický	< 0,02 0,02-0,04 0,04-0,1	D III E III F III

Tabulka 4. Kategorie účinku: maximální vzdálenost a zasažená plocha (IAEA, 1996)

Kategorie účinné vzdálenosti (m)		Kategorie zasažené plochy (ha)*		
		I	II	III
A	0-25	0,2	0,1	0,02
B	25-50	0,8	0,4	0,1
C	50-100	3	1,5	0,3
D	10-200	12	6	1
E	200-500	80	40	8
F	500-1000	-	-	30
G	1000-3000	-	-	300
H	3000-10000	-	-	1000

Vysvětlivky: * 1 ha = 10^4 m^2

Poznámky: Písmena A - H představují kategorie účinné vzdálenosti, římské číslice I - III představují kategorie zasažené plochy v klesajícím pořadí, kde

I. odpovídá kruhové ploše a vzdálenost jejímu poloměru (případ detonace nebo exploze)

II. platí pro plochu polokruhu (oblak těžkého hořlavého plynu, který může být zapálen a/nebo oblak vzniklý odparem velké louže)

III. je asi 1/10 plochy kruhu (rozptylem prodloužený mrak), kategorie účinku lze nalézt pro kombinaci vzdálenosti a plochy

Tabulka 5. Populační hustota (IAEA, 1996)

Popis plochy (oblasti)	Hustota (osob/ha)
zemědělská oblast, rozptýlená zástavba	5
jednotlivá obydlí	10
vesnice, klidná obytná zóna	20
obytná zóna	40
rušná obytná zóna	80
městská oblast, obchodní centra, centra měst	160

Tabulka 6. Korekční faktor f_A v souvislosti s umístěním populačních zón v okruhu, jehož rádius představuje maximální dosah účinku (IAEA, 1996)

Kategorie plochy účinku	Část populační zóny (%) kruhové plochy				
	100%	50%	20%	10%	5%
I	1	0,5	0,2	0,1	0,05
II	1	1	0,4	0,2	0,1
III	1	1	1	1	1

Tabulka 7. Korekční faktor (f_m) pro zmírňující (charakter jednotlivých skupin látek), (IAEA, 1996)

Látky (referenční čísla)	Faktor
Hořlaviny (1-12)	1
Hořlaviny (13)	0,1
Výbušniny (14, 15)	1
Toxická kapalina (16-29, 43-46)	0,05
Toxický plyn (30-34, 40-42)	0,1
Toxický plyn (35-39)	0,05

Poznámky: Tento korekční faktor kalkuluje možné akce zmírňující následky, jako např. evakuaci a ukrytí lidí atd. Akce tohoto typu významně závisí na druhu nežádoucí události a přítomných nebezpečných látkách. Úspěšnost akce je ovlivněna druhem a trváním účinku (např. časová perioda mezi událostí a okamžikem, kdy nastane určitý účinek)

Tabulka 8. Průměrné pravděpodobnostní číslo ($N^*_{I,S}$) pro stacionární zařízení (IAEA, 1996)

Látky (referenční čísla)	Aktivity	
	Skladování	Výrobní zařízení
Hořlavá kapalina (1-3)	8	7
Hořlavá kapalina (4-6)	7	6
Hořlavý plyn (7)	6	5
Hořlavý plyn (9)	7	6
Hořlavý plyn (10, 11)	6	-
Hořlavý plyn (13)	4	-
Výbušnina (14, 15)	7	6
Toxická kapalin (19-29)	5	4
Toxický plyn (30-34)	6	5
Toxický plyn (35-39)	6	-
Toxický plyn (42)	5	4
Produkt spalování (43-46)	3	-

Tabulka 9a. Korekční parametr pravděpodobnostního čísla (n_l) pro frekvenci manipulačních operací (např. vykládky a nakládky) v předmětném zařízení nebo v souvislosti s ním (IAEA, 1996)

Frekvence manipulačních operací (např. nakládky a vykládky [a] za rok)	Parametr
1-10	+0,5
10-50	0
50-200	-1
200-500	-1,5
500-2000	-2

Vysvětlivky: [a] Pro všechny aktivity s výjimkou potrubí a skladování tlakových lahví (referenční číslo 13) při výpočtu následků je důležité uvědomit si množství nebezpečného materiálu ve vykládaných anebo nakládaných tancích lodí, železničních anebo silničních zařízení, železničních anebo silničních cisteren, pro lodě je též důležité vzít v úvahu možnost srážky v přístavu (viz. tabulka 10b)

Tento parametr bere v úvahu četnost manipulačních operací (nakládky/vykládky) nebezpečné látky v podniku.

Tabulka 10. Korekční parametr pravděpodobnostního čísla (n_f) pro hořlaviny (IAEA, 1996)

Látka (referenční číslo)	Bezpečnostní opatření (počet tlakových lahví)	Parametr
Hořlavý plyn (7, 13)	sprinkler systém	+0,5
Hořlavý plyn (10)	dvojité omezení (přepážka)	+1
Hořlavý plyn (13)	požární stěna	+1
	sprinkler systém	+0,5
	5-50 tlak. lahví ve skladu	+1
	50-500 tlak. lahví ve skladu	0
	>500 tlak. lahví ve skladu	-1

Tabulka 11. Korekční faktor pravděpodobnostního čísla (n_o) pro řízení bezpečnosti v podniku (IAEA, 1996)

Nadprůměrná úroveň řízení bezpečnosti (s ohledem na zkušenosti z podniků)	+0,5
Průměrná úroveň řízení bezpečnosti	0
Podprůměrná úroveň řízení bezpečnosti	-0,5
Velice nízká až zanedbatelná úroveň řízení bezpečnosti	-1
Řízení bezpečnosti v podniku neexistuje	-1,5

Tabulka 12. Korekční parametr pravděpodobnostního čísla (n_p) pro směr větru vzhledem k populační části ohrožené zóny (IAEA, 1996)

Kategorie ohrožené zóny	Populační část (%) ohrožené zóny				
	100%	50%	20%	10%	5%
I	0	0	0	0	0
II	0	+0,5	+0,5	+0,5	+0,5
III	0	+0,5	+0,5	+1	+1,5

Tabulka 13. Konverze pravděpodobnostního čísla (N) na četnost (P, událost/rok)[*] (IAEA, 1996)

N	P	N	P	N	P
0	1.10^{0}	5	1.10^{-5}	10	1.10^{-10}
0,5	3.10^{-1}	5,5	3.10^{-6}	10,5	3.10^{-11}
1	1.10^{-1}	6	1.10^{-6}	11	1.10^{-11}
1,5	3.10^{-2}	6,5	3.10^{-7}	11,5	3.10^{-12}
2	1.10^{-2}	7	1.10^{-7}	12	1.10^{-12}
2,5	3.10^{-3}	7,5	3.10^{-8}	12,5	3.10^{-13}
3	1.10^{-3}	8	1.10^{-8}	13	1.10^{-13}
3,5	3.10^{-4}	8,5	3.10^{-9}	13,5	3.10^{-14}
4	1.10^{-4}	9	1.10^{-9}	14	1.10^{-14}
4,5	3.10^{-5}	9,5	3.10^{-10}	14,5	3.10^{-15}

Vysvětlivky: [*]N je absolutní hodnota logaritmu P (N=abs ($\log_{10}$ P))

Příloha 3. Seznam vybraných mimořádných událostí multikriteriální analýzy

Tabulka 1. (Černý et al., 2015)

Kód	Nízké nebezpečí
N-A-05	krupobití
N-A-08	sněhová lavina
N-A-09	tsunami
N-A-11	sopečná erupce
N-A-14	půdní eroze a jiné agrogenní události
N-A-15	geomagnetické anomálie
N-A-16	propad zemských dutin
N-A-23	mlhy
N-K-01	impakt mimozemského tělesa
N-K-02	sluneční erupce
N-K-03	extrémní kosmické záření
N-K-04	meteorické deště
N-K-05	pád umělého kosmického zařízení
N-K-06	solární bouře
A-T-02	únik biologických agens a toxinů při přepravě
A-T-03	únik radioaktivní látky při přepravě
A-T-05	únik biologických agens a toxinů ze stacionárního zařízení
A-T-13	závažná nehoda ve vnitrozemské vodní dopravě
A-T-14	havárie v podzemních stavbách
A-T-25	nekontrolovaný výstup důlních plynů na zemský povrch
A-T-26	důlní neštěstí
A-T-27	důlní otřes s vlivem na stabilitu povrchových staveb
A-T-28	průval odkališť a zamoření vodotečí škodlivými látkami-vliv na ostatní státy

Tabulka 2. (Černý et al., 2015)

Kód	Střední nebezpečí
N-A-04	sněhová kalamita
N-A-06	náledí a ledovka
N-A-07	námraza
N-A-10	zemětřesení
N-A-12	svahová nestabilita
N-A-18	tornádo
N-A-19	výskyt extrémně nízké teploty
N-A-20	atmosférické výboje
N-A-22	dlouhodobá inverzní situace
N-A-24	požár v přírodě
A-T-01	únik nebezpečné chemické látky při přepravě
A-T-07	požár v tunelu
A-T-08	požár v zástavbě a v průmyslu
A-T-09	výbuch v zástavbě a v průmyslu
A-T-10	závažná nehoda v silniční dopravě
A-T-11	závažná nehoda v letecké dopravě
A-T-12	závažná nehoda v drážní dopravě
A-T-15	havárie v metru
A-T-16	narušení dodávek tepla velkého rozsahu
A-T-23	narušení funkčnosti poštovních služeb
A-T-24	propad starých důlních děl
A-T-29	erupce plynu a vody při poškození sondy na zásobníku plynu a při vrtání na plyn a ropu
A-T-30	nález nevybuchlé munice
A-T-31	výbuch ve skladu výbušnin, trhavin, munice, střeliva
A-S-01	narušení dodávek léčiv a zdravotnického materiálu
A-S-05	zhroucení sociálního systému

Tabulka 3. (Černý et al., 2015)

Kód	Vysoké nebezpečí
N-A-01	přirozená povodeň
N-A-02	přívalová povodeň
N-A-03	vydatné srážky
N-A-13	extrémní dlouhodobé sucho
N-A-17	extrémní vítr
N-A-21	výskyt extrémně vysoké teploty
N-B-01	epidemie - hromadné nákazy osob
N-B-02	epizootie - hromadné nákazy zvířat
N-B-03	epifytie - hromadné nákazy polních kultur
A-T-04	únik nebezpečné chemické látky ze stacionárního zařízení
A-T-06	radiační havárie
A-T-17	narušení dodávek plynu velkého rozsahu
A-T-18	narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu
A-T-19	narušení dodávek ropy a ropných produktů velkého rozsahu
A-T-20	narušení dodávek pitné vody velkého rozsahu
A-T-21	narušení bezpečnosti informací kritické informační infrastruktury
A-T-22	narušení funkčnosti významných systémů elektronických komunikací
A-T-32	narušení dodávek potravin velkého rozsahu
A-T-33	zvláštní povodeň
A-S-02	migrační vlny velkého rozsahu
A-S-03	narušování zákonnosti velkého rozsahu
A-E-01	narušení finančního a devizového hospodářství státu velkého rozsahu