

**Univerzita Pardubice**  
**Fakulta ekonomicko-správní**

**Způsoby kvantifikace rizika**

**Bc. Filip Bojanovský**

**Diplomová práce**

**2009**

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní  
Ústav ekonomiky a managementu  
Akademický rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Filip BOJANOVSKÝ**  
Studijní program: **N6208 Ekonomika a management**  
Studijní obor: **Ekonomika a management podniku**  
  
Název tématu: **Způsoby kvantifikace rizika**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Teorie rizika
2. Metody kvantifikace rizika
3. Popis konkrétního rizika v Pardubickém kraji
4. Verifikace údajů tohoto rizika dle vybrané kvantifikační metody
5. Návrhy na opatření

Rozsah grafických prací: -  
Rozsah pracovní zprávy: cca 50 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- 1.MOLAK, V. Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management. Cincinnati, Ohio, USA: CRC-Press, 1997. ISBN 1566701309
- 2.PROCHÁZKOVÁ, D. a ŘÍHA, J. Krizové řízení. Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2004. ISBN 80-86640-30-2.
- 3.ROUDNÝ, R. a LINHART, P. Krizový management III. – Teorie a praxe rizika. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2007. ISBN 80-7194-924-8.
- 4.SMEJKAL, V. a RAIS, K. Řízení rizik. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0198-7.
- 5.TICHÝ, M. Ovládání rizika. Praha: C. H. Beck, 2006. ISBN 80-7179-415-5.

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Petr Linhart, CSc.  
Ústav ekonomiky a managementu

Datum zadání diplomové práce: 26. června 2008

Termín odevzdání diplomové práce: 1. května 2009



doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.  
děkanka

L.S.



Ing. Marcela Kožená, Ph.D.  
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 11. července 2008

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 30. dubna 2009

Filip Bojanovský

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi byli nápomocni při psaní této práce, zvláště pak vedoucímu mé diplomové práce doc. RNDr. Petru Linhartovi, Csc., za cenné rady a připomínky. Dále děkuji pracovníkům odboru ochrany obyvatelstva a krizového řízení HZS Pardubického kraje, jmenovitě Ing. Josefu Nentvichovi a paní Mgr. Pokorné, kteří mi poskytli nezbytné materiály pro vyhotovení mé práce.

## **ANOTACE**

Obsahem teoretické části diplomové práce je popis teorie rizika a vymezení základních pojmů z oblasti krizového řízení. V praktické části se práce zabývá popisem metod vhodných pro kvantifikaci rizika a pomocí vybrané metody jsou identifikovány hlavní zdroje rizik konkrétního podniku v Pardubickém kraji. Součástí práce jsou i návrhy na příslušná opatření.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

riziko, analýza rizika, krizové řízení, analytické metody, SFERA

## **TITLE**

Methods of quantifying the risk

## **ANNOTATION**

The theoretical part of the thesis contains description of the theory of risk and definition of elementary notions from the area of crisis management. My thesis deals with description of methods suitable for risk quantification in its practical part and by means of chosen method main sources of risk of a particular company in Pardubice Region are identified. Proposals of relevant precautions are included in my thesis, too.

## **KEYWORDS**

risk, risk analysis, crisis management, analysis methods, SFERA

# Obsah

<b>Úvod .....</b>	<b>12</b>
<b>1 Teorie rizika.....</b>	<b>14</b>
1.1 Vymezení základních pojmů.....	14
1.1.1 Krizové řízení .....	14
1.1.2 Riziko.....	16
1.1.3 Analýza rizik.....	18
1.1.4 Mimořádná událost .....	20
<b>2 Analytické metody kvantifikace rizika .....</b>	<b>24</b>
2.1 Klasifikace analytických metod.....	24
2.2 Safety audit .....	25
2.3 Checklist.....	26
2.4 Metoda What – If.....	26
2.5 Metoda PHA .....	27
2.6 Metoda HAZOP .....	28
2.7 Metoda ETA.....	29
2.8 Metoda FTA.....	30
2.9 Metoda FMEA .....	31
2.10 Metoda FMECA.....	32
2.11 Metoda HRA .....	32
2.12 Metoda SFERA .....	33
2.13 Metoda výběru .....	34
2.14 Metoda IAEA-TECDOC-727 .....	35
2.15 Metoda DOW's Fire and Explosion Index .....	36
2.16 Metoda DOW's Chemical Exposure Index .....	37

<b>3</b>	<b>Výběr a popis konkrétního rizikového podniku v Pardubickém kraji.</b>	<b>39</b>
3.1	Hlavní demografické údaje o Pardubickém kraji.....	39
3.2	Zdroje rizik v Pardubickém kraji .....	40
3.3	Analýza rizik konkrétní přečerpávací stanice LPG.....	42
3.3.1	Historie a předmět činnosti společnosti PRONTO GAS .....	43
3.3.2	Lokace přečerpávací stanice .....	44
3.3.3	Přehled nebezpečných látek v objektu.....	46
3.4	Charakteristika rizik vycházejících z analýzy rizik .....	51
<b>4</b>	<b>Verifikace údajů dle vybrané kvantifikační metody .....</b>	<b>53</b>
4.1	Výběr vhodné metody .....	53
4.2	Postup při zpracování metodou SFERA .....	53
4.2.1	Okno „Matice“ .....	54
4.2.2	Okno „Vztahy“ .....	55
4.2.3	Okno „Průvodce zadáním dat“ .....	56
4.2.4	Okno „Hodnoty prvků“ .....	57
4.2.5	Okno „Výsledky“ .....	59
4.3	Vyhodnocení výsledků získaných metodou SFERA .....	60
4.4	Srovnání výsledků metody SFERA s údaji v HPPK .....	63
4.5	Negativa metody SFERA.....	64
<b>5</b>	<b>Návrhy na opatření .....</b>	<b>66</b>
5.1	Návrh pro společnost PRONTO GAS .....	66
5.2	Návrh pro IZS PK .....	66
	<b>Závěr .....</b>	<b>68</b>
	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>70</b>
	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>73</b>



# Seznamy

## Seznam zkratk

AQ	množství rozptýlené látky
BLE	zásah bleskem
BRS	bezpečnostní rada státu
CEI	index chemického ohrožení
CL	kontrolní seznam
ETA	analýza stromu událostí
EŠ	ekologické škody
F&E	požár a výbuch
FMECA	analýza možných vad a jejich důsledků
FMEA	analýza poruch a jejich dopadů
FTA	analýza stromu poruch
HAP	havárie na rozvodovém potrubí
HAZOP	analýza ohrožení a provozuschopnosti
HPPK	Havarijní plán Pardubického kraje
HRA	analýza lidské spolehlivosti
HZS	hasičský záchranný sbor
IAEA	Mezinárodní agentura pro atomovou energii
IZS	integrovaný záchranný systém
LET	pád letadla do objektu
LPG	zkapalněný ropný plyn
MPZ	mechanické poškození zásobníku
MU	mimořádná událost
PHA	předběžná analýza ohrožení

PAB.....	požár administrativní budovy
PB.....	propan-butan
PČP.....	požár čerpací stanice LPG
PK.....	Pardubický kraj
RR .....	relativní hodnocení
SA.....	bezpečnostní kontrola
SR.....	bezpečnostní revize
SFERA .....	System, Fenomén, Efekt, Riziko – Analýza
ŠM.....	škody na majetku
ŠMO .....	škody na majetku v okolí
TER .....	teroristický útok
UTL.....	únik a exploze hořlavých plynů při plnění tlakových lahví
UŽC.....	únik a exploze hořlavých plynů při přečerpávání z železniční cisterny
WI.....	metoda: co se stane, když
ZAP .....	záplavy
ZEM .....	zemětřesení
ZZO .....	ztráta na životech v okolí objektu
ZZZ .....	ztráta na životech zaměstnanců
ŽC.....	železniční cisterna

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Rovnice rizika.....	17
Obrázek 2: Kroky analýzy rizik .....	18
Obrázek 3: Členění mimořádných událostí.....	21
Obrázek 4: Klasifikace metod.....	25
Obrázek 5: Strom událostí úniku hořlavin .....	30
Obrázek 6: Schéma postupu stanovení CEI .....	38

Obrázek 7: Znak Pardubického kraje.....	39
Obrázek 8: Členění rizik v PK .....	41
Obrázek 9: Čerpací stanice LPG ve Vysokém Mýtě .....	43
Obrázek 10: Areál společnosti PRONTO GAS ve Vysokém Mýtě.....	44
Obrázek 11: Popis zkoumaného objekt (vlastní zpracování).....	45
Obrázek 12: Dopravní prostředek společnosti PRONTO GAS .....	47
Obrázek 13: Stacionární zásobníky LPG .....	48
Obrázek 14: Symbol pro skupinu extrémně hořlavých látek .....	50
Obrázek 15: Kontingenční tabulka.....	54
Obrázek 16: Vztahy prvku UŽC .....	55
Obrázek 17: Okno "Průvodce zadáním" .....	56
Obrázek 18: Přiřazení kritériálních vah .....	58
Obrázek 19: Výřez z okna "Hodnoty prvků" .....	58
Obrázek 20: Influenční strom prvku PČP .....	59
Obrázek 21: Influenční strom prvku UŽC .....	60

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1: Stupně nebezpečnosti F&E Indexu.....	37
Tabulka 2: Skladování propan-butanu .....	47
Tabulka 3:Vybrané vlastnosti nebezpečných látek.....	50
Tabulka 4: Typy rizik v objektu společnosti PRONTO GAS.....	51
Tabulka 5: Kritéria zranitelnosti .....	57
Tabulka 6: Pořadí typů rizik.....	62
Tabulka 7: Zdroje rizik podle HPPK .....	63

## **Seznam grafů**

Graf 1: Procentuální vliv prvků na celkový systém.....	61
Graf 2: Míra zranitelnosti prvků .....	62

# Úvod

Od počátku existence planety Země spoluvytváří živelné působení přírodních sil podmínky, které daly možnost vzniku živým organismům. Zároveň je nutno dodat, že jsou to ty samé přírodní síly ve formě přírodních katastrof, jenž v současném světě ztrpčují život nejen lidskému druhu, ale i mnoha jiným organismům.

Mnoho nových problémů vzniklo jako druhotný produkt vývoje lidstva a především díky vědeckotechnologickému pokroku dnešní společnosti. Právě tento pokrok evokuje zcela nové zdroje rizika, které je třeba stále sledovat a vyvíjet neustále dokonalejší a přesnější metody pro jejich kvantifikaci. Bez znalosti vývoje těchto trendů ve vědě a technice není možné zaručit přesné a kvalifikované rozhodování, které je nejlepším dostupným nástrojem pro zajištění bezpečnosti a rozvoje celého státu či jen konkrétního podniku.

S narůstajícím počtem mimořádných událostí by se také měla zvyšovat a zlepšovat prevence rizik, která zahrnuje důkladné seznámení se zdroji rizik a měla by predikovat scénáře, ke kterým by mohlo za určitých okolností dojít. Z tohoto důvodu bylo navrženo téma této diplomové práce, která by měla alespoň malou měrou přispět k lepšímu porozumění konkrétním zdrojům rizika v Pardubickém kraji.

Za nejkompexnější nástroj pro kvantifikaci rizik je všeobecně považována analýza rizik, jejíž součástí je výběr vhodné metody pro získání měřitelných ukazatelů. A právě touto cestou se ubírá i tato diplomová práce.

První kapitola se bude zabývat popisem základních pojmů z oblasti krizového řízení a ochrany obyvatelstva vůbec. Popis těchto stěžejních pojmů je důležitý zejména pro správné pochopení souvislostí v navazujících kapitolách a pro lepší orientaci v problematice daného tématu. V druhé kapitole budou představeny nejpoužívanější analytické metody pro kvantifikaci rizika. Těchto metod existuje několik desítek, proto výběr těch nejpodstatnějších nebude zcela jednoduchý, ale ještě důležitější bude výběr té, jež by měla být použita pro konečné posouzení zdrojů rizik v mnou vybraném podniku či lokalitě. Jak je patrné, první dvě kapitoly mé práce budou teoretického charakteru.

Třetí kapitola by měla obsahovat popisné části práce a to v tom smyslu, že bude vybrán nějaký rizikový podnik v Pardubickém kraji, kde existují reálné hrozby

pro vznik mimořádných událostí a tento podnik bude blíže představen. Výběr tohoto podniku bude proveden postupným konkretizováním obecného výčtu potenciálních rizikových společností v kraji. Ze stručné analýzy vybraného podniku budou získány vstupní údaje pro kvantifikační metodu, jež bude předmětem zkoumání kapitoly čtvrté. Prostřednictvím vybrané metody by měly být dosaženy jasně interpretovatelné závěry, z nichž bude možno vyvodit určitá doporučení a opatření, které by mohly být ku prospěchu především vybranému podniku ale i HZS.

Ze struktury práce a jednotlivého členění kapitol vyplynuly i hlavní cíle této diplomové práce, kterými jsou:

1. Teoretický popis problematiky spojené s kvantifikací rizika.
2. Seznámení s nejpoužívanějšími metodami pro kvantifikaci rizika.
3. Vytvoření návrhu na opatření, který vychází z výsledků analýzy rizik konkrétního podniku s využitím kvantifikační metody.

# 1 Teorie rizika

## 1.1 Vymezení základních pojmů

Pro seznámení s danou tématikou je velmi důležité správné vymezení a pochopení stěžejních pojmů, se kterými se budeme v této práci často setkávat.

### 1.1.1 Krizové řízení

Přesné vymezení pojmu můžeme nalézt v zákoně č. 240/2000 Sb, o krizovém řízení a o změně některých předpisů. Tento zákon vysvětluje krizové řízení jako: „souhrn řídicích činností, věcně příslušných orgánů zaměřených na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik, plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s řešením krizové situace.“

Pro srovnání uvádím další dvě definice. První z nich je přístupná na webových stránkách wikipedie, kde je uvedeno následující definice: „krizové řízení jsou postupy orgánu veřejné správy, podnikatelského subjektu nebo jiné organizace v případě krizové situace (krizová opatření).“<sup>1</sup>

Podle druhého zdroje, což je Terminologický slovník pojmů a definic NATO, je pojem krizové řízení definován jako „koordinovaná činnost prováděná za účelem utlumení krize, předejití její eskalace do ozbrojeného konfliktu a zastavení nepřátelství, které by mělo být jejím výsledkem.“<sup>2</sup>

V našich podmínkách je krizové řízení určeno především ke zpracování dokumentace připravenosti na řešení různých krizových situací. Krizová připravenost obsahuje kromě havarijní připravenosti i uskutečňování úkolů v sekci ochrany veřejného pořádku a bezpečnosti, dále zahrnuje eliminaci negativních dopadů ekonomických rizik jako např. nedostatek potravin, pitné vody či ropy, dále ohrožení finančních trhů, řešení epidemií spojených s ohrožením zdraví obyvatel, nákazy hospodářských zvířat atd. V těchto oblastech se navzájem střetávají působnosti mnoha vládních i soukromých oborů.

---

<sup>1</sup> [http://cs.wikipedia.org/wiki/Krizov%C3%A9\\_ř%C3%ADen%C3%AD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Krizov%C3%A9_ř%C3%ADen%C3%AD)

<sup>2</sup> Terminologický slovník pojmů a definic NATO, AAP- 6: 2004

Jak již bylo uvedeno v první definici, krizového řízení se vyznačuje těmito postupnými kroky:

- analýza a vyhodnocení všech rizik na území kraje,
- plánování postupů při likvidaci krizové situace na základě vyhodnocení a způsoby řešení rizik včetně určení sil a prostředků,
- organizování protikrizových opatření, nasazení potřebných sil a prostředků,
- realizace likvidace krizových situací, ochrany a záchrany lidských životů, zdraví a majetku a zajištění základních podmínek pro život,
- kontrola přípravy, organizace a realizace krizového řízení.<sup>3</sup>

Cíle krizového řízení na státní úrovni vyplývají z výše popsanych kroků a mezi stěžejní lze zařadit tyto:

- splnění mezinárodních závazků,
- garance důležitých veřejných služeb,
- ochrana populace, sociálně-ekonomického života, národního a kulturního dědictví,
- řízení kritických situací tak, aby nedošlo ke konfliktům,
- obnova území po kritické situaci,
- zajištění civilní i vojenské připravenosti,
- zajištění zdrojů pro přežití lidí a dodávek nezbytných komodit aj.

### ***Krizové plánování***

Krizové plánování představuje ucelený soubor postupů, metod a opatření, které věcně příslušné orgány užívají při přípravě na činnost v krizových situacích a k minimalizaci možných zdrojů krizových situací a jejich škodlivých následků. Podkladem pro krizové plánování jako takové jsou dokumenty, jež tvoří krizový plán.

### ***Krizová situace***

Je mimořádná událost, při níž je vyhlášen krizový stav, což je mimořádná situace, kdy je bezprostředně ohrožena svrchovanost a územní celistvost státu, jeho

---

<sup>3</sup> [www.kr-stredocesky.cz/portal/instituce/krizove-rizeni/](http://www.kr-stredocesky.cz/portal/instituce/krizove-rizeni/)

demokratické základy, chod hospodářství, systém státní správy a samosprávy, zdraví a život velkého počtu osob, majetek ve velkém rozsahu, kulturní statky, životní prostředí nebo plnění mezinárodních závazků, přičemž ohrožení nelze zabránit ani jeho následky odstranit obvyklou činností správních úřadů, orgánů územní samosprávy, ozbrojených sil, záchranných sborů, havarijních a jiných služeb.<sup>4</sup>

### ***Krizový plán***

Je soubor dokumentů obsahující popis a analýzu hrozeb a souhrn krizových opatření a postupů, které ministerstva, jiné správní úřady a orgány územní samosprávy zpracovávají k zajištění připravenosti na řešení krizových situací v dané působnosti dle zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů.

### **1.1.2 Riziko**

Jde o veličinu odvozenou od hrozby<sup>5</sup>, která je nehmotná, pravděpodobnostně kvantitativní a kvantifikovaná nejistotou, kde hrozbou myslíme libovolný subjekt, který může svou činností poškodit či zničit zájem jiného subjektu nebo je to jev či událost jako bezprostřední příčina poškození nebo zničení zájmu.<sup>6</sup>

„Riziko vyjadřuje míru budoucího ohrožení objektu, respektive aktiva hrozbami, které vede ke škodám“, jak uvádí Roudný a Linhart v publikaci *Krizový management III.* (2007, str. 10).

### ***Rovnice rizika***

Na rozdíl od hrozby lze u rizika, což je kvantitativní veličina, mluvit o velikosti či míře rizika. Z tohoto důvodu je potřeba disponovat patřičnými nástroji ke kvantifikaci rizika. Právě takovým nástrojem může být i rovnice rizika. Její tvar se mění podle toho, v jakých disciplínách a v jakých kategoriích rovnici zavádíme. V nejjednodušší podobě můžeme riziko kvantifikovat jako součin velikostí hrozby a předpokládané výše ztráty na ohrožené hodnotě. Nejobecnější tvar rovnice rizika můžeme vidět na obrázku 1, kde je hrozba nezávislá proměnná, která není přímo definována, ale musí souviset

---

<sup>4</sup> <http://www.hzsmsk.cz/index.php?a=cat.70>

<sup>5</sup> Podle Antušáka a Kopeckého (2002, str. 25) je hrozba libovolný subjekt „jenž svým působením (činností) může poškodit nebo zničit konkrétní chráněnou hodnotu nebo zájem jiného subjektu (tzv. hrozba intencionální) nebo jev či událost jako bezprostřední příčina poškození nebo zničení konkrétní chráněné hodnoty nebo zájmu (tj. tzv. hrozba neintencionální).

<sup>6</sup> SMEJKAL, V., RAIS, K. Řízení rizik. Praha: Grada, 2003. str.



se současnou činností zkoumaného subjektu. Zranitelností v tomto případě máme na mysli vnitřní míru ohrožení subjektu. Protiopatřeními jsou míněny procedury a nástroje, jež omezují zranitelnost hodnoty subjektu a hrozba představuje cenost zkoumaného objektu, což může být určité aktivum či chráněný zájem.<sup>7</sup>

$$\text{riziko} = \frac{\text{hrozba} \times \text{zranitelnost}}{\text{protiopatření}} \times \text{hodnota}$$

**Obrázek 1: Rovnice rizika<sup>8</sup>**

Další prameny uvádějí, že riziko je míra pravděpodobnosti škod a závažnost nepříznivých vlivů a skládá se ze tří neoddělitelných faktorů:

1. pravděpodobnost (p), že událost se vyskytne,
2. závažnost působení události (m),
3. důsledky události (c).

Konečná rovnice má pak tvar:  $R = p \cdot m \cdot c$ .

### ***Zdroje rizika***

Veverka (2003, str. 68) uvádí že: „Zdroje rizika jsou zřetelné prvky, jejichž destruktivní potenciál je viditelný a zřejmý.“

Mezi základní zdroje rizika patří pohromy, které se dělí následujícím způsobem na:

- přírodní pohromy - jsou to projevy planety Země vyskytující se během jejího vývoje, které mají dopad na zájmy lidské společnosti. Do této kategorie můžeme zařadit sucho, povodně, laviny, zemětřesení, požáry, vichřice, tornáda, tsunami, sopečné erupce atd.
- technologické (indukované) pohromy – jsou vyvolané neúmyslnou činností lidské společnosti. Za technologické pohromy lze považovat průmyslové

---

<sup>7</sup> ANTUŠÁK, E., KOPECKÝ, Z. Úvod do teorie krizového managementu I., str. 33

<sup>8</sup> Zdroj: upraveno autorem podle: ANTUŠÁK, E., KOPECKÝ, Z. Úvod do teorie krizového managementu I., str. 34

nehody a havárie, dopravní havárie a havárie při skladování nebezpečných materiálů, znečištění životního prostředí, indukovaná zemětřesení aj.

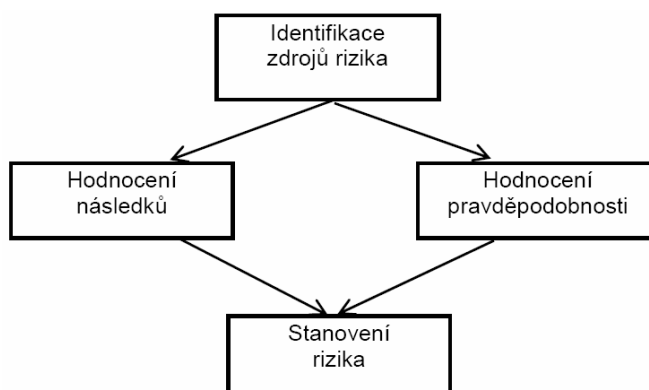
- pohromy přímo narušující rovnováhu lidské společnosti
- defekty v životním prostředí – nákazy zvířat a polních kultur
- defekty v lidské společnosti – války a mezinárodní konflikty, terorismus, narušení bezpečnosti a pořádku, narušení ekonomické stability, narušení územní a společenské stability, narušení informačních technologií aj.
- defekty v lidské populaci – epidemie a pandemie<sup>9</sup>

### 1.1.3 Analýza rizik

„Analýza rizik je ve své podstatě multikriteriálním hodnocením parametrů našeho okolí“, jak uvádí Stuchlá, K. v dokumentu Analýza rizik v havarijním plánování.

Analýza rizik bývá zpravidla prvním důležitým krokem v komplexním zabezpečení prevence pohrom a jejím cílem je zvládnutí popřípadě zmírnění dopadů zmíněných pohrom. Při analýze rizika je třeba dbát na pečlivý výběr vhodné metody.<sup>10</sup>

Na následujícím schématu můžeme vidět čtyři základní kroky analýzy rizik. Schéma bylo navrženo pro analýzu rizik závažných havárií, ale platí i obecně.



Obrázek 2: Kroky analýzy rizik<sup>11</sup>

<sup>9</sup> PROCHÁZKOVÁ, D., ŘÍHA, J. Krizové řízení. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky

<sup>10</sup> SMEJKAL, V., RAIS, K. Řízení rizik. Praha: Grada, 2003

<sup>11</sup> Zdroj: BARTLOVÁ, I., BALOG, K.: Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií, Ostrava: SPBI Spektrum 7, 1998

Analýza rizik většinou obsahuje právě čtyři procesy, které jsou lehce přiřaditelné ke čtyřem krokům z obrázku 1. Procesy jsou následně logicky řazeny v následujícím sledu:

1. identifikace rizik – deskripce vlastněných aktiv a vymezení posuzovaného subjektu,
2. stanovení hodnoty aktiv – určení hodnoty aktiv a jejich důležitost pro subjekt, ohodnocení možného dopadu jejich ztráty, změny či poškození na existenci či chování subjektu,
3. identifikace hrozeb a slabin – určení druhů událostí a akcí, které mohou ovlivnit negativně hodnotu aktiv, označení slabých stránek subjektu, které mohou umožnit působení hrozeb,
4. stanovení závažnosti a míry zranitelnosti – určení pravděpodobnosti výskytu hrozby a míry zranitelnosti subjektu vzhledem k dané hrozbě.<sup>12</sup>

Obecně lze metody analýzy rizik rozdělit na kvantitativní a kvalitativní metody.

#### *a) Kvantitativní analýza rizik*

Australské a novozélandské standardy pro řízení rizik z roku 2004<sup>13</sup> uvádí, že: „Kvantitativní analýza používá číselné hodnoty (spíše než popisné škály uplatňované v kvalitativních a semikvantitativních analýzách) pro následky i jejich pravděpodobnosti, které stanoví pomocí údajů získaných z různých zdrojů.“

Podle Tichého (2006, str. 151) je kvantifikace rizika částí analýzy rizika, kde se hodnotí a také popisují účinky možné realizace scénářů nebezpečí. Rizika lze kvantifikovat a poměřovat podle toho, jaké mohou způsobit škody nebo užitek.

Cíle kvantifikace lze vymezit do dvou činností, které slouží jako podklady pro management rizika.

- Odhad četností a závažnosti ztrát či přínosů pro projekt a
- seřazení rizik podle hodnot od nejvýznamnějších k méně významným.

Podle numerického popisu můžeme kvantifikace rozdělit na:

---

<sup>12</sup> SMEJKAL, V., RAIS, K. Řízení rizik. Praha: Grada, 2003

<sup>13</sup> Australian/New Zealand Standard 4360:2004 Risk Management, 2004

- absolutní kvantifikace – riziko se v tomto případě vyjadřuje pomocí hodnotové pravděpodobnosti ztráty vyjádřené v určitých jednotkách
- relativní kvantifikace – tímto druhem kvantifikace lze vyjádřit riziko jako poměrnou hodnotu, která se vztahuje k předem určené základně.

Při kvantifikaci rizika se v největší míře uplatňují analytické a empirické odhady:

- analytické odhady jsou to tehdy, pokud převládají pravděpodobnostní a matematicko-statistické analýzy,
- empirické odhady se uplatňují tehdy, když jsou postupy založeny na zkušenostech hodnotících subjektů.<sup>14</sup>

Jelikož je tato diplomová práce zaměřena přímo na kvantifikaci rizik, tak budou konkrétní kvantifikační metody detailně představeny v následující kapitole.

#### ***b) Kvalitativní analýza rizik***

Kvalitativní metody se vyznačují tím, že rizika jsou určena nějakým rozsahem či bodově ohodnocena např. od 1 do 10, nebo určena pravděpodobností  $<0; 1>$  nebo jsou popsána slovně. Úroveň rizika bývá velice často určována kvalifikovaným odhadem. Obecně jsou kvalitativní metody jednodušší a rychlejší, ale také se dá říct, že jsou mnohem více subjektivní. Největší problémy přináší oblast zvládnutí rizik. Zejména při posuzování přijatelnosti finančních nákladů nutných k eliminaci hrozby, která může být kvalitativní metodou charakterizována např. jako „kritická“, chybí jednoznačné finanční vyjádření. Tímto se kontrola efektivnosti nákladů velice znesnadňuje.<sup>15</sup>

### **1.1.4 Mimořádná událost**

#### ***Mimořádná událost (MU)***

„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.“<sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> TICHÝ, M., Ovládání rizika. 1. vyd. Praha: C. H. Beck, 2006

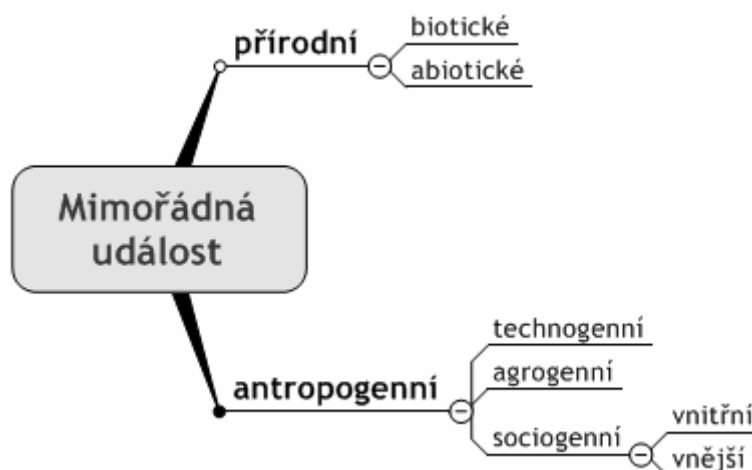
<sup>15</sup> <http://www.businessinfo.cz/cz/clanek/rizeni-rizik/postup-a-metody-analyzy-rizik/1001617/42741/>

<sup>16</sup> <http://www.hzsmsk.cz/index.php?a=cat.70>

Mimořádné události však nemusejí být pouze negativní (škodlivé), ale můžeme se setkat i s MU kladnými, jež se vyznačují určitým přínosem pro daný systém a tak zvyšují jeho úroveň. Negativní MU jsou pro systém ztrátou, a proto jsou jednou z hlavních činností krizového řízení. Zmíněný systém může být v těchto souvislostech představován skupinou lidí, jednotlivcem, krajem či státem.

### Členění MU

Pro členění mimořádných událostí se používá tříúrovňové třídění (podle usnesení BRS č. 295, 2002). Podle tohoto usnesení se MU rozdělují do dvou základních skupin na události přírodní a antropogenní, následuje dělení do pěti kategorií a tyto kategorie jsou dále specifikovány konkrétnějšími typy MU, jak nám ukazuje obrázek 3. Tento proces členění MU se provádí v souladu s faktory, které MU popisují. Jedná se o příčiny, následky, četnost, rychlost, druh záchranné činnosti aj.<sup>17</sup>



Obrázek 3: Členění mimořádných událostí<sup>18</sup>

### přírodní MU

- o *biotické* (živá) – do této skupiny patří např. epifylie (rozsáhlá nákaza rostlin), epizootie (rozsáhlá nákaza zvířat), epidemie (velká nákaza lidí), přemnožení přírodních škůdců, parazitů, živočišní a rostlinní vetřelci, přemnožení plevelů, rychlé vymírání druhů, genové a biologické manipulace, aj.

<sup>17</sup> VEVRKA I. Vybrané kapitoly krizového řízení pro záchranářství, str. 69

<sup>18</sup> Zdroj: zpracováno autorem podle: VEVRKA I. Vybrané kapitoly krizového řízení pro záchranářství, str. 67

- *abiotické* (neživá) – tato skupiny zahrnuje MU způsobené neživou přírodou a jsou to např. požáry způsobené přírodními vlivy, kosmické záření, radioaktivita přírodního prostředí, únik radonu, povodně a záplavy, dlouhodobá sucha, propad zemských dutin, zemětřesení, sopečná činnost, půdní eroze, sněhové kalamity, zemské sesuvy, globální změna klimatu, pád kosmických těles, aj.

### **antropogenní MU**

- *technogenní* – provozní havárie a havárie spojené s infrastrukturou jako jsou: radiační havárie velkého rozsahu, technologické havárie spojené s únikem nebezpečných látek, ropné havárie, rozsáhlé dopravní havárie v silniční, železniční, letecké, městské a vnitrozemské lodní dopravě, důlní neštěstí, technické a technologické a dopravní havárie (požáry, exploze, destrukce), ekologické havárie (smog, skleníkový efekt, ztenčování ozónové vrstvy, toxické a infekční odpady, likvidace ekologické rovnováhy, neodborné používání, aj.
- *agrogenní* – kam patří: eroze půdy, zhutňování půd z důvodů používání těžké mechanizace, nevhodné používání hnojiv a agrochemikálií, vysychání a znehodnocování vodních zdrojů, monokulturní zemědělská výroba, zhoršení kvality zemědělské produkce vlivem rostlinné i živočišné velkoprodukce, aj.
- *sociogenní* mimořádné události lze ještě dále rozčlenit na:
  - vnitřní – vnitrostátní společenské, sociální a ekonomické negativní jevy: narušení finančního a devizového hospodářství státu, narušení dodávek ropy, elektrické energie, plynu, tepla, potravin, pitné vody, léčiv a zdravotnického materiálu, narušení funkčnosti dopravních, informačních systémů a komunikačních vazeb, totální zhroucení ekonomiky státu, migrační vlny a rozsáhlá emigrace, rozvoj rasové, národnostní a náboženské nesnášenlivosti, hrozba teroristických akcí, vyvolávání stavu paniky, použití zbraní hromadného ničení jaderných, chemických a biologických, vliv přelidnění, aj.

- vnější – vojenské mimořádné události, do kterých lze řadit: násilné akce subjektů cizí moci spojené s použitím vojenských sil a prostředků na území, ke kterému jsou plněny spojenecké závazky nebo je poskytována mezinárodní humanitární pomoc, rozsáhlé ekologické havárie, přesahující hranice států, politický nátlak, přenos hospodářských krizí z důvodů propojení ekonomik.<sup>19</sup>

Mimořádné události lze rozlišovat i podle jiných kritérií, např.:

1. podle rychlosti vzniku MU na:

- skokové – vznik uvažujeme ve vteřinách a minutách,
- krátkodobé – hodiny,
- střednědobé – dny,
- dlouhodobé – měsíce a dny.

2. podle doby trvání na:

- krátkodobé,
- dlouhodobé.

3. podle velikosti zasaženého území na:

- lokální (místní) – událost nepřesahuje vymezené území obce,
- regionální (oblastní) – událost nepřesahuje hranice kraje,
- celostátní – postižené země dosahuje rozlohy celého státu,
- globální – mimořádné události mají dopady na území více států<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup> <http://www.hrdeckralove.org/dld/kr\4. Dělení MU a legislativa\Mimořádné události\Dělení MU.htm>

<sup>20</sup> ROUDNÝ, R., LINHART, P. Krizový management I. ochrana obyvatelstva, mimořádné události. 1.vyd.Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. 97

## 2 Analytické metody kvantifikace rizika

Analýza a hodnocení rizik jsou postupy, které slouží hlavně pro potřeby řízení, a tudíž vytváří podklady pro rozhodovací proces. Veškeré pracovní postupy musí respektovat určité požadavky, které zaručují přesné a kvalifikované rozhodování. To je na základě současných znalostí nejlepším nástrojem pro zajištění bezpečnosti a rozvoje státu či podniku. Zvláštní ochrana je věnována primárním zájmům státu, jako je ochrana životů a zdraví lidí, majetku, životního prostředí a kritické infrastruktury.

Hodnocení rizik je možno provést jen na základě konkrétních a pravdivých údajů o dané mimořádné události. Cílem tohoto hodnocení je zajistit rozhodování ve prospěch věci, proto musí být používán osvědčený soubor kritérií, který zaručuje objektivitu a nezájatost hodnocení. V mnoha případech jsou posuzované problémy komplexního rázu nebo mají mnoho nejistot a neurčitostí, což má za následek, že je třeba použít vícekritériální expertní metody.

Vzhledem k náročnosti a různorodosti vzniku MU na straně jedné a kvality a stejnorodosti dostupných dat na straně druhé, není možné vypracovat žádné všeobecné pokyny pro stanovení rizik. Pokaždé je třeba nejprve provést posouzení vstupních dat z hlediska konkrétního cíle analýzy a na základě tohoto posudku zvolit nejlepší postup.

Pro analýzu a hodnocení rizik je v současné době k dispozici mnoho metod, které doplňují moderní softwarové nástroje. Ty jsou obvykle založeny na fyzikálních modelech od těch nejjednodušších po složitější, které pochopitelně zaručují vyšší spolehlivost výsledků.<sup>21</sup>

### 2.1 Klasifikace analytických metod

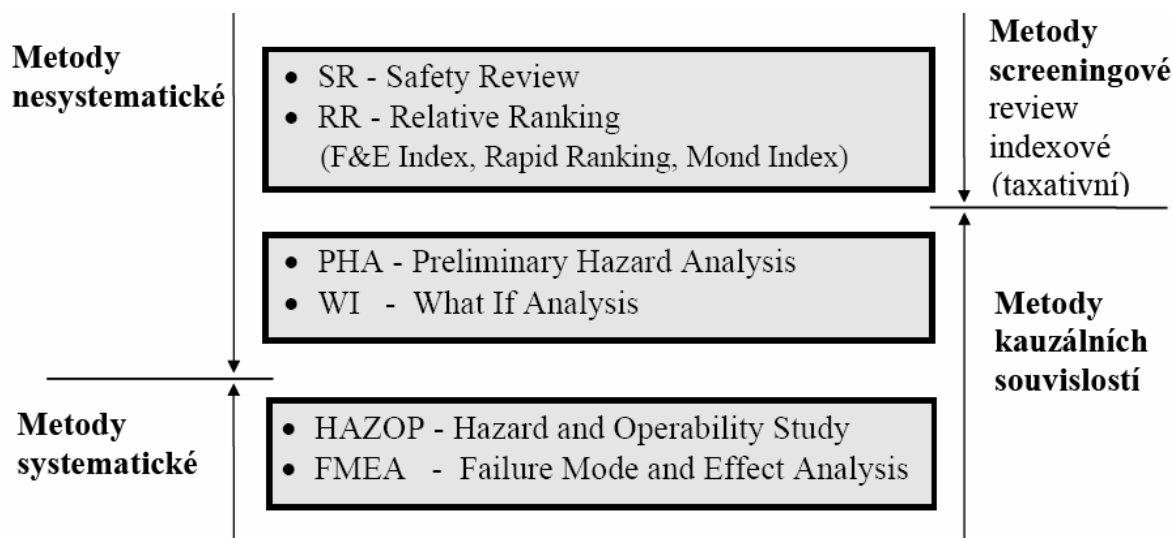
Veškeré metody, o nichž se v tomto textu zmiňují, využívají analytických postupů a jsou to nejpoužívanější metody z každodenní praxe. Metody, které kvantifikují riziko jsme v předešlé kapitole v rámci analýzy rizika rozčlenili na kvantitativní a kvalitativní, dále podle přístupu k řešení na metody induktivní a deduktivní. Toto základní dělení lze rozšířit díky dalším kritériím do příslušných skupin s tím, že nelze striktně vymezit hranice mezi jednotlivými skupinami. Takto nově vzniklé skupiny metod, jež

---

<sup>21</sup> <http://web.mvcr.cz/archiv2008/hasici/planovani/metodiky/mzprakp.pdf>, str. 2



kvantifikují možná rizika, nazýváme jako metody systematické, metody nesystematické, metody screeningové nebo metody kauzálních souvislostí. Je patrné, že se jedná především o metody kvantitativního charakteru. Pro lepší orientaci jsou některé z níže popisovaných metod uspořádány ve schématu, kde je jejich řazení naznačeno pomocí horizontálních čar.



Obrázek 4: Klasifikace metod<sup>22</sup>

## 2.2 Safety audit

### (bezpečnostní kontrola)

V literatuře je tato metoda známá také pod názvem Safety Review, což znamená prověření bezpečnosti. Popisovaná metoda se snaží nalézt možné události nebo provozní problémy, které se mohou ve sledovaném systému vyskytnout. Prakticky se realizuje prostřednictvím inspekčních pochůzek ve zkoumaném prostředí nebo posuzováním výkresů u staveb. Safety audit (SA) identifikuje nebezpečné podmínky a provozní postupy, podle kterých jsou navrženy ochranná opatření. SA lze zařadit do skupiny metod pro předběžné posouzení ohrožení (PHA). S jejím využitím se můžeme setkat při posuzování průmyslových problémů a technologií a dále např. v peněžním sektoru.<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Zdroj: <http://www.math.slu.cz/studmat/AnalyzaRizik/AnalyzaRizik-1.pdf>

<sup>23</sup> PROCHÁZKOVÁ, D., ŘÍHA, J. Krizové řízení. str. 52

## 2.3 Checklist

### (kontrolní seznam)

Kontrolní seznam (CL) je založen na průběžné kontrole plnění stanovených podmínek a opatření. Při tvorbě kontrolních otázek využívá analytik informace s příslušných norem a předpisů. Metodu kontrolního seznamu lze použít v libovolné fázi života procesu. Často se využívá při projektování jako kontrola souladu se stanovenými podmínkami.

CL může mít různé druhy struktur od nejjednoduššího seznamu po velice rozsáhlý formulář, který zahrnuje relativní charakteristiky zkoumaného souboru. Je potřeba zmínit, že analýza kontrolního seznamu je proměnlivá metoda, kde se získaný typ ohodnocení může velmi rychle měnit. CL se může kombinovat i s jinými metodami např. s metodou What-if, kterou si představíme v následující podkapitole..

## 2.4 Metoda What – If

### (metoda Co se stane, když)

Tato metoda je založena na technice brainstormingu, kdy zkušený a dobře obeznámený tým identifikuje havarijní situace na základě kladení otázek typu: „Co se stane, když ... .“ Všechny podobné brainstormingové metody často využívají počítačové programy, které umožňují přehledné zaznamenávání toku myšlenek. Klasickým příkladem je program Mind Manager, jenž je dostupný volně ke stažení na několika internetových serverech.

Metoda What – If (WI) má za cíl odhadnout následky vzniklého stavu nebo situace a navrhnout příslušná opatření či doporučení. Metoda WI je v praxi relativně oblíbená, neboť neklade vysoké nároky na čas. Je však nutno počítat s tím, že nižší časová náročnost studie má kořeny v intuitivním, méně systematickém postupu. Tato metoda je velmi efektivní a účinná, pokud má pracovní tým provozní zkušenosti a současně aplikační zkušenosti s touto metodou. V opačném případě může být výsledek studie sporný.

WI se mnohdy používá v průmyslových oblastech a lze ji aplikovat v téměř každém stádiu života procesu. V nejjednodušší formě má tato metoda podobu seznamu otázek a odpovědí o šetřeném procesu.

## 2.5 Metoda PHA

**(Preliminary Hazard Analysis = předběžná analýza ohrožení)**

Metoda PHA, která je též nazývána jako kvantifikace zdrojů rizik, byla vyvinuta pro hodnocení bezpečnosti v armádě Spojených států amerických. Jedná se o postup na vyhledávání nebezpečných stavů či nouzových situací, jejich příčin a dopadů, které jsou pak zařazeny do kategorií dle stanovených kritérií. PHA představuje soubor různých technik, vhodných pro posouzení rizika, mezi nimiž se nejčastěji můžeme setkat s metodami: What - If; What - If / Checklist; HAZOP; FMEA; FTA; s kombinacemi těchto metod nebo s jejich alternativami.<sup>24</sup>

V průmyslu se můžeme setkat s metodou PHA především ve fázi návrhu projektu zařízení. PHA se však může aplikovat i na stávající zařízení, kde představuje nástroj pro první část komplexní studie bezpečnosti s pozdějším využitím některé z podrobnějších metod. Metoda PHA umožňuje poměrně nenáročným způsobem identifikovat ohrožení před samotnou výstavbou zařízení a tím minimalizovat náklady na případné změny. Její výhodou je včasné seznámení všech pracovníků s možnými druhy nebezpečí procesu a kontrola bezpečnosti od počátku života zařízení.

Samotná metoda využívá kombinace charakteristik procesu a typových situací ohrožení. Jako seznam zdrojů rizika jsou uvažovány především tyto charakteristiky procesu:

- suroviny, meziprodukty, produkty a jejich reaktivita,
- vybavení procesu a jeho uspořádání,
- provozní činnosti a údržba,
- provozní prostředí,
- vazby mezi prvky systému.

Mezi typové situace ohrožení jsou pak řazeny: požár, exploze, toxicita, koroze, záření, hluk, vibrace, zabití elektrickým proudem, mechanická porucha a další zvláštní druhy ohrožení.

---

<sup>24</sup> PROCHÁZKOVÁ, D., ŘÍHA, J. Krizové řízení. str. 55

Po identifikaci nebezpečí se vyhodnocují možné příčiny a následky nehod a výsledkem je zařazení události do jedné ze čtyř následujících kategorií nebezpečí:

- zanedbatelné,
- obvyklé,
- závažné,
- katastrofické nebezpečí.

Takto zvolená klasifikace může dále sloužit pro určení priorit při snižování ohrožení. Výsledky studie se mohou zapisovat do přehledné tabulky, která obsahuje identifikovaná nebezpečí, příčiny a následky nehod, kategorii nebezpečí a doporučené opatření. Studii může provést pouze jeden analytik, ale v tomto případě platí, čím více bude členů týmu, tím lepší a průkaznější budou i výsledky.<sup>25</sup>

## 2.6 Metoda HAZOP

**(HAZard and OPerability study = analýza ohrožení a provozuschopnosti)**

V původní práci autor metody charakterizuje HAZOP jako spojení dvou základních postupů. Jako první uvádí studii provozuschopnosti (Operability Study), která představuje identifikaci scénářů potenciálního rizika. Na tuto studii navazuje Hazard Analysis, což je část, kde dochází k vyhodnocení rizika. Skutečným cílem analýzy je však praktické řešení složité identifikační úlohy.

Při využití této analýzy musíme vzít v úvahu, že se jedná o týmovou expertní multioborovou metodu, kterou je možno použít během nebo po projektové fázi procesu. Jednou z výhod metody HAZOP je možnost jejího využití pro existující procesy. Na rozdíl od ostatních metod spočívá základní přínos metody HAZOP zejména v systematickém a metodicky propracovaném návodu prohlídek, při kterých se příčiny hledají pomocí otázky typu: „Co mohlo způsobit, že ...?“ a následky otázkou: „Co se stane , když ...?“. Je však zapotřebí, aby byly otázky formulovány systematicky na základě objektivních znalostí, k čemuž lze použít metodu What - If. Podporu při formulaci těchto dotazů představuje seznam tzv. klíčových slov (guide words).

---

<sup>25</sup> BERNATÍK, A. Prevence závažných havárií I. str. 26

Připojením klíčového slova k řádné funkci zařízení se generují prakticky všechny odchylky, které mohou třeba jen teoreticky nastat.

V praxi je metoda řešena experty, kteří pracují na společném zasedání formou brainstormingu. Pracovním nástrojem pro expertní tým jsou především tabulkové seznamy. Identifikované nebezpečné stavy jsou formulovány v závěrečném doporučení, které by mělo směřovat ke zlepšení procesu.

Postup analýzy zahrnuje tyto kroky:

1. odhalení příčin,
2. odhad možných následků,
3. návrhy opatření,
4. ocenění.<sup>26</sup>

## 2.7 Metoda ETA

**(Ebeny Tree Analysis = analýza stromu událostí)**

Metoda ETA je grafickým a statistickým vyjádřením možných výsledků havárie, které vyplývají z iniciačních událostí. ETA je řazena mezi induktivní metody, které provádějí analýzu od příčin k důsledkům. Jejím výsledkem bývají havarijní sekvence, což je řada poruch a chyb vedoucích k havárii ve zkoumaném systému. Havarijní sekvence jsou takové události, které mohou být převedeny např. do modelu stromu poruch (FTA) a následně kvantitativně hodnoceny.

Tato metoda je vhodná pro analýzu komplexního procesu, který disponuje několika druhy bezpečnostních systémů. Dosažené výsledky mohou být použity k doporučení pro snížení pravděpodobnosti nebo následků potenciálních poruch. ETA se nezabývá dopodrobna příčinami nežádoucích událostí, ale spíše zvažuje jejich další rozvoj. Lze říci, že ETA poskytuje informace o hodnotách pravděpodobností u možných výsledných událostí.<sup>27</sup>

---

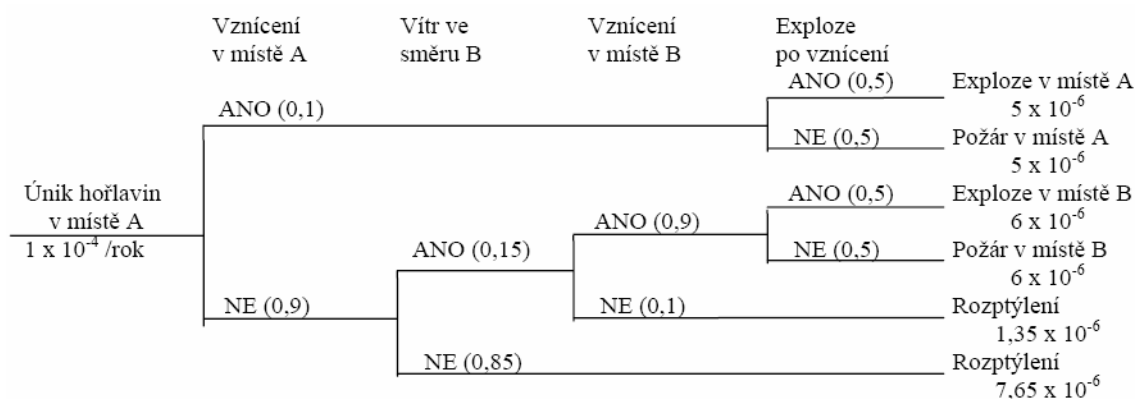
<sup>26</sup> <http://www.math.slu.cz/studmat/AnalyzaRizik/AnalyzaRizik-1.pdf>, str. 38

<sup>27</sup> BERNATÍK, A. Prevence závažných havárií I., str. 29

Tvorba stromu událostí zahrnuje obvykle následující kroky:

1. identifikace iniciační události,
2. identifikace bezpečnostních funkcí,
3. konstrukce stromů událostí,
4. popis koncových stavů.<sup>28</sup>

Pro příklad stromu událostí, který nám ukazuje Obrázek 5, byla stanovena pravděpodobnost úniku hořlaviny LPG. Následné větvení pravděpodobnosti je provedeno pro imaginární případ. Aby bylo možno uvažovat konkrétní situaci, je třeba vzít v úvahu místní podmínky a vlastnosti látky. Výsledné pravděpodobnosti mimořádných událostí jsou dány součinem pravděpodobností na jednotlivých větvích.



Obrázek 5: Strom událostí úniku hořlaviny<sup>29</sup>

## 2.8 Metoda FTA

**(Fault Tree Analysis = analýza stromu poruch)**

FTA je graficko-analytická či graficko-statistická metoda a na rozdíl od metody ETA postupuje od vrcholové události k jejím příčinám a vyhledává základní události, kterým je možné přiřadit pravděpodobnost. Analýza stromu poruch se zaměřuje na hledání poruch u rozsáhlých technologických nebo ekonomických systémů prostřednictvím rozvětveného grafu, který musí splňovat dohodnutou symboliku a

<sup>28</sup> ROUDNÝ, R., LINHART, P. Krizový management III. Teorie a praxe rizika, str. 150

<sup>29</sup> Zdroj: BERNATÍK, A. Prevence závažných havárií I., str. 29

popis. Tato metoda se nehodí pro rané fáze projektování, protože je velmi náročná na čas a náročnost se zvyšuje v závislosti na složitost zkoumaného systému.

Možné kroky postupu metody FTA jsou následující:

1. klasifikace počáteční události a její možné příčiny,
2. konstrukce stromu poruch,
3. určení a popis vzniku poruch u jednotlivých prvků,
4. určení dílčích pravděpodobností,
5. součet pravděpodobností poruch.

## 2.9 Metoda FMEA

**(Failure Mode and Effect Analysis = analýza poruch jejich dopadů)**

FMEA je významnou metodu pro identifikaci jednotlivých poruch používaná především u průmyslových zařízení. Hlavním cílem studie prováděné metodou FMEA je zjistit takové poruchy, jež mají značný vliv na bezpečnost a provozování systému. Metoda je snadno upotřebitelná při změnách a úpravách procesu. Při bezpečnostní studii se vychází z dokumentů funkčního schématu systému, pro které se používá různé označení podle oboru, kde se studie provádí. To může být např. technologické schéma či konstrukční výkresová dokumentace. FMEA se obvykle vykazuje v tabulkové formě s doporučením pro zlepšení bezpečnosti. Metodicky se však vychází spíše z jednotlivých složek systému než z jeho procesních parametrů.

Postup metody FMEA zahrnuje:

1. identifikaci každé poruchy u jednotlivých prvků, uvažování sekvence návazných událostí, hledání příčiny poruchy a odhad možných následků,
2. klasifikaci poruch podle závažných charakteristik, kam můžeme zařadit např. možnosti detekce, diagnostiky, výměny apod.

V praxi se používá postup studie, který je rozpracován do několika základních kroků, které jsou určovány těmito otázkami:

- Jaký je projev poruchy?
- Jaké jsou možné příčiny poruchy?
- Jak může být porucha objevena?

- Jak porucha ovlivní systém?
- Je tento stav přijatelný, co je potřeba udělat?<sup>30</sup>

## 2.10 Metoda FMECA

**(Failure Mode and Effect Criticality Analysis = analýza možných vad a jejich důsledků)**

FMECA patří mezi analytické metody, jež tvoří postupy, které mají za cíl klasifikaci poruch do určité stupnice jejich závažnosti. Postup při analýze zkoumaného systému je podobný jako u metody FMEA a sice jde o to, že jsou u každého prvku odhadnuty všechny možné druhy poruchových stavů. Tato metoda využívá induktivní postup, což představuje řešení odzodla nahoru. Součástí metody FMECA je i kontrola výsledných hodnot pomocí zpětné vazby, která sleduje bezporuchovost a bezpečnostní opatření systému.

## 2.11 Metoda HRA

**(Human Reliability Analysis = analýza lidské spolehlivosti)**

Analýza lidské spolehlivosti je postup, který posuzuje vliv lidského činitele na výskyt pohrom, nehod, havárií, útoků či některých jejich dopadů. Cílem metody HRA je identifikace a posouzení potenciální lidské chyby, jejich příčiny a následky. Metoda HRA ve své podstatě přísluší do konceptu předběžného posuzování PHA a je velmi často používána společně s jinými metodami jako např. s metodou FTA, která byla popsána již dříve. HRA využívá jak přístupy mikroergonomické, jež řeší vztah mezi člověkem a strojem, tak i přístupy makroergonomické, kde je posuzován vztah systému člověk versus technologie.

Analýza lidské spolehlivosti se zabývá dotazy na fyzikální charakter procesu, charakteristiku prostředí, na dovednosti, schopnosti a znalosti zaměstnanců. Získané výsledky jsou pak zveřejněny ve formě stromu chyb a úspěchů operátora. V této formě se jedná o výsledky kvalitativní, které však mohou být kvantifikovány. Studii obvykle provádí menší počet analytiků, kteří jsou obeznámeni s technikou interview. Samotné studie mohou být velice pracné, a proto vyžadují patřičné zkušenosti tazatelů.

---

<sup>30</sup> <http://www.math.slucz/studmat/AnalyzaRizik/AnalyzaRizik-1.pdf>, str. 74



## 2.12 Metoda SFERA

### (Systém, Fenomén, Efekt, Riziko – Analýza)

Tato metoda je koncipovaná do počítačového programu, který byl vyvinut speciálně pro analýzu rizika územních a havarijních plánů objektů. Program SFERA byl vyvíjen na pracovišti krizového řízení v Institutu ochrany obyvatelstva a před uvedením do praxe testován krizovými manažery na modelových příkladech.

SFERA se snaží myšlenkově co nejvíce přiblížit mechanismům myšlení krizových manažerů zejména při zvažování možných hrozeb ve zkoumaném systému. Důraz je kladen na rychlost a jednoduchost práce, stručnost interpretace a na přehlednost výstupů. Předností této metody je týmová práce a možnost ověření výstupů s ostatními analytickými metodami. Program SFERA je prvotně určen pro analytické účely a je proto využitelný ve veškerých případech, kdy můžeme zkoumaný systém označit prostřednictvím jeho chování a struktury. SFERU např. lze použít pro rychlé kriteriální rozhodování, kdy se zpravidla nepracuje s velkým množstvím prvků a kdy nelze přesně určit časový horizont řešitelnosti.

Program je možno využít v obecné rovině i k prostému uspořádání součástí technických systémů, u kterých potřebujeme sestavit strom souvislostí definovaných prvků. Od ostatních systémů se program SFERA odlišuje svou způsobilostí pro řešení problematiky cyklických vztahů uvnitř zkoumané struktury. Program může vyhledávat všechny varianty těchto cyklů v celé její struktuře.<sup>31</sup>

Samotný program je rozdělený do šesti samostatných částí v podobě oken, která na sebe věcně navazují při tvorbě analýzy. Jednotlivá okna zobrazují následující funkce:

1. Okno s názvem „Matic“ slouží pro vytvoření kontingenční tabulky.
2. Okno s názvem „Vztahy pro zobrazování“ zobrazuje bezprostřední souvislosti mezi jednotlivými elementy v kontingenční tabulce.
3. Okno s názvem „Průvodce zadáním dat“ je určeno pro vkládání dalších údajů k jednotlivým prvkům v kontingenční tabulce.

---

<sup>31</sup> ROUDNÝ, R., LINHART, P. Krizový management III. Teorie a praxe rizika

4. Okno s názvem „Hodnoty prvků“ slouží pro zadávání dalších parametrů k jednotlivým prvkům před konečným výpočtem.
5. Okno s názvem „Výsledky“ dává možnost pro zobrazení výstupů v grafické podobě či v influenčním stromu.
6. Okno s názvem „Soubory projektu“ je vhodné pro import několika projektů najednou.<sup>32</sup>

Program SFERA, jak ukazuje členění, umožňuje tvorbu kontingenční tabulky, kde lze třídit data v definovaných souvislostech pod diagonálu, formální editaci dat a jejich zápis do databáze analytických závěrů, návrh a zpracování hodnotových kritérií do výpočtů. Dále umožňuje výpočet zranitelností jednotlivých rizik s ohledem na časové parametry, export vypočítaných dat od aplikace Microsoft Excel, html stránek nebo do textového editoru Microsoft Word a zobrazení výsledků do vývojového stromu nebo orientačního grafu. Program SFERA se výborně hodí pro doplnění stávajících nástrojů používaných krizovými manažery a může tak přispět ke zkvalitnění jejich práce.

## **2.13 Metoda výběru**

**(podle CPR 18E - Purple Book)**

Kvantitativní hodnocení rizika se používá zejména pro stanovení rizik při provozování, transportu, manipulaci a skladování nebezpečných látek. Kvantitativně se riziko hodnotí v případech, kdy se nebezpečné látky nacházejí v určité lokalitě, kterou může být např. průmyslová oblast, a to v takovém množství, že by mohla ohrozit okolí. Kvantitativní hodnocení rizika je součástí bezpečnostní zprávy nebo bezpečnostního programu, ve kterých se názorně dokladuje riziko způsobené objektem a poskytuje příslušnému úřadu relevantní informace pro posouzení rizika a rozhodnutí o přijatelnosti rizika souvisejícího s rozvojem uvnitř nebo v okolí objektu.

### ***Omezení metody výběru***

- Tato metoda je doporučována pro objekty, které předkládají bezpečnostní zprávu nebo bezpečnostní program,

---

<sup>32</sup> KOVÁŘÍK, F., KUPKA, R. SFERA 2006 – Příručka uživatele. str. 5

- metoda výběru je všeobecná, proto by měla být považována pouze za metodický návod,
- mohou být opomenuta některá zařízení, jako např.:
  - plnicí a stáčecí zařízení,
  - potrubí propojující jednotky,
  - meziprodukty v procesu,
  - zplodiny vzniklé při hoření nebo spalování,
  - reakční produkty vzniklé při neřízených reakcích (produkty bočních a vedlejších reakcí).<sup>33</sup>

## 2.14 Metoda IAEA-TECDOC-727

### (klasifikace a prioritizace zdrojů společenského rizika)

Jedná se o screeningovou metodu, která byla publikována mezinárodní organizací pro atomovou energii v roce 1993 a revidovaná v roce 1996. Metoda je založena na modelu 46 typových průmyslových havárií, kdy je riziko pro obyvatelstvo vyjádřeno relací počtu smrtelných případů a frekvencí mimořádných událostí.

#### *Hlavní přednosti metody:*

- umožňuje jednoduché hodnocení následků a frekvence potenciálních havárií, čímž umožňuje stanovit společenské riziko,
- umožňuje klasifikovat nebezpečí z různých zdrojů rizika:
  - fixních (skladovací zásobníky, tanky, nádrže, plynojemy, sklady tlakových lahví),
  - mobilních (přeprava v automobilových cisternách, železničních cisternách, po vodní cestě),
  - produktovodů (přeprava plynů a kapalin potrubím),
- doplňuje hodnocení následků havárií o pravděpodobnostní hledisko na základě historických údajů z minulých havárií,

---

<sup>33</sup> BERNATÍK, A. Prevence závažných havárií I. str. 33

- zaujímá jednotný postup pro klasifikaci a prioritizaci zdrojů společenského rizika,
- umožňuje začlenění nebezpečné činnosti ve sledované oblasti na základě kategorizace následků a pravděpodobnosti výskytu velké havárie. Díky kategorizaci následků můžeme přibližně zjistit počet smrtelných zranění při havárii průmyslového zařízení nebo při přepravě nebezpečných látek.

Odhad rizika a stanovení priorit zdrojů rizika je možno realizovat postupem zahrnujícím následující kroky:

1. Klasifikace typu činnosti a zařízení.
2. Odhad následků.
3. Stanovení pravděpodobností.
4. Odhad společenského rizika.
5. Stanovení priorit.<sup>34</sup>

## 2.15 Metoda DOW's Fire and Explosion Index

### ("Index požáru a výbuchu")

Tato metoda vypovídá o relativní míře rizika ztrát posuzované jednotky nebo zařízení z hlediska možného požáru a výbuchu. Původně sloužil F&E Index při výběru metody pro ochranu před požáry. V širším pojetí představuje metodu pro relativní klasifikaci nebezpečnosti klíčových jednotek a zařízení. I když má F&E Index vedoucí postavení mezi indexovými metodami v chemickém průmyslu, nyní poskytuje klíčové informace, které umožňují vyhodnotit celkové riziko požáru a výbuchu.

Cílem studie této metody je:

- 1. Kvantifikovat** reálně očekávané škody, které mohou být způsobeny následkem požáru, exploze a chemické reaktivity.
- 2. Identifikovat** zařízení, která by mohla přispívat ke vzniku a rozšiřování havárie.
- 3. Prezentovat** zjištěné F&E riziko managementu.<sup>35</sup>

---

<sup>34</sup> <http://www.math.slu.cz/studmat/AnalyzaRizik/AnalyzaRizik-1.pdf>

<sup>35</sup> BERNATÍK, A. Prevence závažných havárií I. str. 46

Procesní nebezpečí, která přispívají k velikosti ztrát a zvyšují pravděpodobnosti ztrát, se kvantifikují a zahrnují do výpočtu formou přírážek. Každou přírážku ale není možné aplikovat v posuzované situaci, někdy je nutno použití přírážky přizpůsobit. Přírodním zdrojem informací mohou být konzultace se specialisty z oboru, čímž lze dojít k zjištění tzv. „prevence ztrát“. Při oceňování nebezpečnosti jednotky je nutno používat logiku zdravého rozumu a správné posuzování v průběhu vlastního výpočtu i při interpretaci výsledků. V následující tabulce jsou uvedeny stupně nebezpečnosti.

**Tabulka 1: Stupně nebezpečnosti F&E Indexu<sup>36</sup>**

<b>PÁSMO F&amp;E INDEXU</b>	<b>STUPEŇ NEBEZPEČNOSTI</b>
1 – 60	Nepatrný
61 - 96	Mírný
97 - 127	Střední
128 - 158	Závažný
159 a vyšší	Kritický

## 2.16 Metoda DOW's Chemical Exposure Index

Index chemického ohrožení (CEI) je relativně snadná metoda pro kvantitativní posouzení potencionálního ohrožení lidského zdraví v blízkosti chemických provozů, kde existuje reálná možnost úniku nebezpečné chemické látky. Obecně je velmi obtížné stanovit absolutní míru rizika, proto metoda CEI umožňuje vzájemné relativní porovnání různých zdrojů rizika. Nelze však rozhodnout o tom, zda-li provoz je či není bezpečný. CEI je možné použít pro zařízení určená pro skladování nebo zpracování toxických látek jak pro nové projekty, tak i pro fungující zařízení.

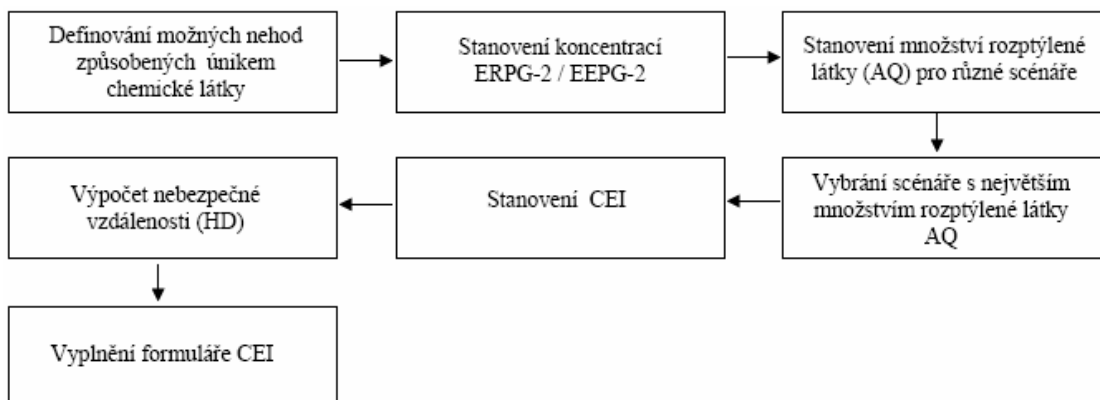
CEI se používá především k těmto třem účelům:

- pro úvodní analýzy, což jsou studie procesního nebezpečí (zjištění zdrojů rizika), pro tuto část je zažité též označení screening,
- pro prověrku všech jednotek, u kterých je potřebné navrhnout doporučení pro eliminaci, redukci a zmírnění následků úniku,
- pro účely havarijního plánování.<sup>37</sup>

<sup>36</sup> Zdroj: upraveno autorem podle: BERNATÍK, A. Prevence závažných havárií I. str. 47

<sup>37</sup> BERNATÍK, A. Prevence závažných havárií I. str. 53

Postup výpočtu CEI Indexu chemického ohrožení je uveden na následujícím schématu:



Obrázek 6: Schéma postupu stanovení CEI<sup>38</sup>

Pokud je hodnota CEI větší než hodnota 200, jednotka vyžaduje další přesnější posouzení nebezpečnosti.

---

<sup>38</sup> Zdroj: zpracováno autorem podle: <http://www.math.slu.cz/studmat/AnalyzaRizik/AnalyzaRizik-1.pdf>, str. 56

# 3 Výběr a popis konkrétního rizikového podniku v Pardubickém kraji

## 3.1 Hlavní demografické údaje o Pardubickém kraji

Pardubický kraj má rozlohu 4519 km<sup>2</sup> a žije v něm přibližně 505 tisíc obyvatel. Hustota osídlení je 112 obyvatel na 1 km<sup>2</sup>. V kraji je 451 obcí, z toho 15 obcí s rozšířenou působností a 26 obcí s pověřeným obecním úřadem. Z celkového počtu obcí je 34 měst. Sídlním městem kraje je statutární město Pardubice s téměř 90ti tisíci obyvateli.



Obrázek 7: Znak Pardubického kraje<sup>39</sup>

V Pardubickém kraji se koncentruje průmysl, ze kterého vyčnívá především strojírenství, chemický průmysl, ale i komerční a veřejné služby. Významný je i zemědělský sektor zejména proto, že zemědělská půda zaujímá asi 61 % a lesy 29 % z celkové rozlohy kraje. Velkou výhodou kraje je dostavba evropského železničního koridoru, jenž tento region protíná. Využít je možno i vodní a letecké dopravy.

Pardubický kraj také nabízí návštěvníkům ke zhlédnutí poměrně velké množství přírodních zajímavostí, architektonických památek a pamětihodností. Mezi ně patří např. Chráněná krajinná oblast Železné hory, Chráněná krajinná oblast Žďárské vrchy, Chráněná krajinná oblast Orlické hory, oblast Polabí či masív Králického Sněžníku, což je třetí nejvyšší hora ČR. Nejdelší řekou v kraji je Chrudimka, na které také můžeme nalézt největší vodní plochu kraje, jíž je Sečská přehrada.

---

<sup>39</sup> Zdroj: <http://www.pardubickykraj.cz/index.asp?thema=2670&category=>

## 3.2 Zdroje rizik v Pardubickém kraji

Mezi nejvýznamnější rizikové faktory v kraji patří doprava a průmysl. Na území Pardubického kraje se nachází více než 3600 km silnic a přibližně 500 km železnic, kde je nejvýznamnějším železničním uzlem stanice Česká Třebová. V Pardubickém kraji je situována také řada letišť, z nichž je nejvýznamnější mezinárodní letiště v Pardubicích. K dopravě slouží rovněž řeka Labe, i když v omezené míře. Co se týká průmyslu, je produkce v Pardubickém kraji zaměřena zejména na odvětví chemického, textilního, elektrotechnického, dřevozpracujícího a strojírenského průmyslu, dále na energetiku a stavebnictví. K nejvýznamnějším průmyslovým podnikům patří např. Synthesia, a. s., Paramo Pardubice a. s., International Power Opatovice, a. s., ETA a. s., či Poličské strojírný a. s.

Z hlediska ochrany osob před následky požárů a jiných mimořádných událostí nelze opomenout objekty s vysokou koncentrací osob. V Pardubickém kraji se nachází řada velkých nákupních center a několik desítek bytových domů a administrativních budov s deseti a více nadzemními podlažími. Územím Pardubického kraje prochází odbočka ropovodu Družba v délce cca 22 km. V kraji lze nalézt několik významných vodních děl sloužících jako zásobárny pitné vody, jako protipovodňové záchytné nádrže či jako rekreační oblasti.

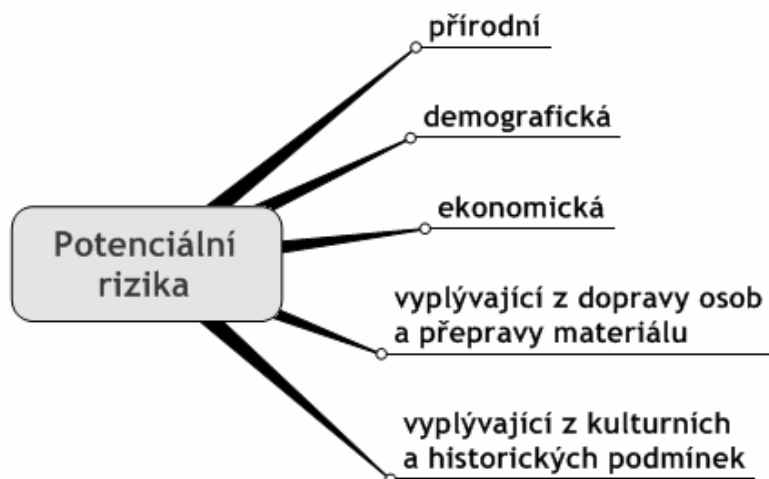
Pardubický kraj, s ohledem na svou polohu, počet obyvatel, infrastrukturu a další faktory, rovněž disponuje poměrně širokou základnou zdrojů rizik. Mezi potenciální rizika, která mohou v kraji vyvolat různé krizové stavy, řadíme šest základních druhů, jak je vidět na obrázku 8.<sup>40</sup>

- Rizika přírodní - do této kategorie lze řadit plošné požáry, přívalové a dlouhotrvající deště. Aktuální jsou zejména povodně, které mohou nastat převážně v okolí řek Labe, Chrudimka, Tichá a Divoká Orlice, Svitava, Svratka a jejich přítoků.

---

40 Koncepce ochrany přírody Pardubického kraje, květen 2004. str. 44





Obrázek 8: Členění rizik v PK<sup>41</sup>

- Rizika demografická, kam patří teroristické akce a sabotáže, dále úmyslné šíření poplašných zpráv, migrace, rizika vyplývající ze sociálního postavení obyvatelstva a hustoty osídlení, což se dotýká především větších měst, jako jsou Pardubice, Chrudim, Česká Třebová nebo Svitavy.
- Rizika vyplývající z dopravy osob a přepravy materiálu obsahují rizika determinovaná automobilovou, železniční, lodní a leteckou dopravou. Tato rizika se týkají především hlavních silničních tahů a evropského železničního koridoru v kraji.
- Ekonomická rizika jsou pokaždé vztažena ke konkrétnímu subjektu (území, podnik). Tyto rizika lze vnímat ze dvou perspektiv, jednak jako původce rizika pro své okolí a jeho obyvatelstvo, nebo z pohledu existence rizika pro samotného provozovatele daného subjektu.
- Rizika vyplývající z kulturních a historických podmínek jsou zejména rizika spojená s požáry a haváriemi v kulturních a historických objektech, jejichž hodnota je neobyčejně vysoká. Zmíněné objekty se většinou nacházejí v historických jádrech měst a obcí a tudíž nejsou odolné vůči požárům a jiným pohromám.

<sup>41</sup> Zdroj: upraveno autorem podle: Koncepce ochrany přírody Pardubického kraje, 2004. str. 44

- Zvláštní rizika se ve většině případů pojí s existencí a provozem pozemních staveb, výškových budov, skládek nebezpečného odpadu, čističek a větších sportovních či nákupních středisek, jichž je větší koncentrace opět ve větších městech.

V současné době je v kraji na 15 provozovatelů, kteří jsou dle zákona č. 59/2006 o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky, zařazeni do skupiny „A“ nebo skupiny „B“. Pod rizikovější skupinu „A“ spadají 4 subjekty, mezi nimiž je právě objekt firmy PRONTO GAS, která se specializuje na aktivity související s manipulacemi s vysoce hořlavými látkami. Právě objekt této společnosti jsem si vybral pro podrobnější analýzu rizik, při které bude použita vhodná kvantifikační metoda.

### **3.3 Analýza rizik konkrétní přečerpávací stanice LPG**

Zaměřím-li se obecněji na mnou vybranou problematiku spojenou s čerpáním propan-butanu, lze konstatovat, že čerpací stanice s LPG je možno najít téměř všude. V celém Pardubickém kraji se jejich počet už delší dobu pohybuje kolem čísla 48. Vycházím z údajů zveřejněných na webových stránkách [www.lpg.cz](http://www.lpg.cz), kde lze nalézt kompletní seznam čerpacích stanic propan-butanu nejen v Pardubickém kraji, ale pro celou Českou republiku. Tento seznam však není s určitostí konečný, nýbrž zahrnuje pouze ty čerpací stanice, které se na zmíněné webové stránce přidávají. Ale na druhou stranu, kdo by tak dobrovolně neučinil, když se jedná o neplacenou reklamu.

Když se však soustředím pouze na přečerpávací stanice LPG v Pardubickém kraji, lze identifikovat pouze jedinou. Zmíněná stanice se nachází v okrajové části Vysokého Mýta a v jejím areálu dochází k přečerpávání nebezpečných látek ze železničních cisteren, což je mnohem rizikovější proces, než čerpání LPG do osobních automobilů na některé z běžných čerpacích stanic. Především z tohoto důvodu jsem se zaměřil na konkrétní riziko spojené s firmou PRONTO GAS spol. s r. o. (dále jen PRONTO GAS), která soustřeďuje většinu svých podnikatelských aktivit právě ve Vysokém Mýtě.

Podle údajů z Krizového plánu Pardubického kraje může v areálu přečerpávací stanice dojít zejména k mimořádným událostem jako je požár či exploze. Právě díky tomuto vymezení je postup chování při MU ošetřen především v zákoně č.239/ 2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění

pozdějších předpisů, dále ve vyhlášce MV ČR ze dne 5. září 2001 č.328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému, ve znění pozdějších předpisů a ve vyhlášce MŽP č.450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků.

### 3.3.1 Historie a předmět činnosti společnosti PRONTO GAS

Vznik společnosti PRONTO GAS, spol. s r.o. se datuje do roku 1999, kdy také vybudovala velkokapacitní sklad a plnárnu PB lahví ve Vysokém Mýtě. V roce 2005 do společnosti kapitálově vstoupila Italská společnost LAMPOGAS s. p. a., která se postarala o dynamický rozvoj této firmy. PRONTO GAS nyní disponuje vlastním skladem i vlastními autocisternami pro rozvoz plynu ke konečným odběratelům. Díky výbornému postavení společnosti LAMPOGAS na italském trhu je zásobování skladu ve Vysokém Mýtě plynem zabezpečováno dodávkami z italské rafinérie Trecate.



Obrázek 9: Čerpací stanice LPG ve Vysokém Mýtě<sup>42</sup>

V současné době pracují v zkoumaném objektu 3 zaměstnanci, kteří zajišťují přečerpávání LPG do zásobníků a současně obstarávají plnění a prodej propanbutanových lahví i provoz čerpací stanice.

---

<sup>42</sup> Zdroj: [http://www.prontogas.cz/Vysoke\\_myto.html](http://www.prontogas.cz/Vysoke_myto.html)

PRONTO GAS zajišťuje dodávky propanu a propan-butanu po celé České republice zejména pro:

- čerpací stanice LPG,
- plnárny propan-butanových lahví,
- vnitropodnikové čerpací stanice,
- vytápění průmyslových objektů, hotelů, rodinných domků apod.<sup>43</sup>

### 3.3.2 Lokace přečerpávací stanice

Přečerpávací stanice LPG společnosti PRONTO GAS se nachází v západní části Vysokého Mýta v Hradecké ulici. Logicky je k areálu společnosti přivedena železniční trať, která je odnoží z trasy Choceň – Vysoké Mýto, i místní asfaltová komunikace. Právě po železniční trati jsou dopravovány cisterny s LPG na železničních vlečkách.

V bezprostřední blízkosti objektu se nachází areál firmy Recyclink na severozápadě a podniku Oseva, který je situován jižním směrem. Severním směrem od areálu společnosti PRONTO GAS protéká řeka Loučná, která je však v dostatečné vzdálenosti, tudíž ani při stoleté povodni nehrozí zaplavení zkoumaného objektu.



Obrázek 10: Areál společnosti PRONTO GAS ve Vysokém Mýtě<sup>44</sup>

---

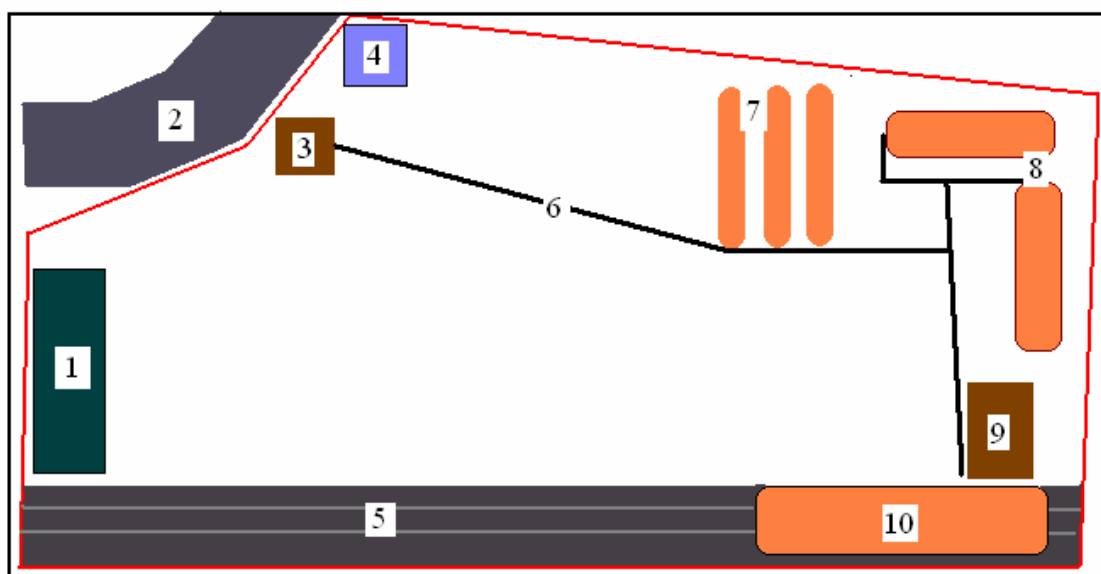
<sup>43</sup> <http://www.prontogas.cz>

<sup>44</sup> Zdroj: upraveno autorem podle: <http://www.mapy.cz>

V širším okolí se nachází ještě několik průmyslových provozoven, zařízení pro volnočasové aktivity i zástavba rodinných domků. Z hlediska počtu obyvatel v uvedených lokalitách stojí za zmínku především areál podniku Karosa, kde se běžně pohybuje kolem jednoho tisíce osob. Dalším objektem s poměrně vysokou koncentrací osob je areál koupaliště, který je však plně využíván zejména v letních měsících. Podle Havarijního plánu Pardubického kraje je v okruhu do vzdálenosti 400 metrů téměř 3000 potenciálně ohrožených osob. Do 200 metrů se jedná o zhruba 100 osob.

Oblast, kde se nachází areál společnosti, není v současné době ohrožena působením znatelných seizmických aktivit a nad touto oblastí nevedou ani žádné hlavní letecké koridory, což teoreticky vylučuje zahrnutí s tím spojených mimořádných událostí do potenciálního seznamu rizik, ale z hlediska dlouhodobého strategického plánování je třeba i s těmito zdroji rizik počítat.

Pro konkrétnější představu jsem vytvořil jednoduchý náčrt areálu, kde můžete vidět rozmístění jednotlivých budov, zásobníků a dalších významných objektů.



**Obrázek 11: Popis zkoumaného objekt (vlastní zpracování)**

**Legenda:**

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1 – administrativní budova  | 6 – rozvodové potrubí                           |
| 2 – příjezdová komunikace   | 7 – stacionární zásobníky (100 m <sup>3</sup> ) |
| 3 – čerpací stanice LPG     | 8 – stacionární zásobníky (15 m <sup>3</sup> )  |
| 4 – plnárna tlakových lahví | 9 – přečerpávací terminál LPG                   |
| 5 – kolejiště               | 10 – cisterna na železniční vlečce              |

### 3.3.3 Přehled nebezpečných látek v objektu

#### *Propan-Butan (LPG)*

##### Charakteristika

LPG představuje zkratku z anglického výrazu Liquefied Petroleum Gas, do češtiny přeloženo jako zkapalněný ropný plyn. LPG je směs uhlovodíkových plynů používaná jako palivo do spalovacích spotřebičů a vozidel. Novodobě jde o označení směsi topného plynu, známou jako propan-butan. Používá se jako palivo pro zážehové motory, a protože narušuje přírodní pryž, musí být všechna těsnění motorů vyrobena ze syntetických látek.<sup>45</sup>

Propan-butan je hořlavý, lehce vznětlivý, bezbarvý plyn těžší vzduchu, který je možno poměrně snadno převést do kapalného stavu ochlazením či stlačením. V čistém stavu je bez zápachu, ale obchodnímu produktu se přidává látka se silným zápachem. V kapalném stavu propan-butan zaujímá pouze 1/260 svého plynného objemu. Kapalný propan-butan se při úniku do ovzduší velmi rychle odpařuje za tvorby explozivní mlhy, která je těžší než vzduch. Nad vodní hladinou přechází do plynného tvaru a vytváří výbušné směsi. Při únicích, jenž vznikají při odpařování z kapalné fáze, se shromažďuje v prohlubních, výkopech, kanálech, sklepích a dalších spodních prostorech. Jeho spalováním se minimálně zatěžuje ovzduší, proto patří mezi jedno z nejekologičtějších paliv.

##### Doprava

LPG je do objektu firmy PRONTO GAS dopravován prostřednictvím železničních vleček s cisternami, z nichž je LPG přečerpáváno do stacionárních zásobníků pomocí potrubí a odtud je dále stáčeno do cisternových nákladních vozů (viz. obrázek 12) či tlakových lahví. Nutno dodat, že na toto potrubí je přímo napojena i čerpací stanice LPG pro osobní automobily.

---

<sup>45</sup> <http://cs.wikipedia.org/wiki/LPG>



Obrázek 12: Dopravní prostředek společnosti PRONTO GAS<sup>46</sup>

### Skladování

Nádrže pro skladování LPG v tomto objektu jsou nadzemní a svým provedením splňují požadavky evropského předpisu pro tlaková zařízení 97/23/EG a také jsou opatřeny označením CE. PRONTO GAS využívá válcové ležaté nádrže, jak je vidět na obrázku 13.

Tabulka 2: Skladování propan-butanu

TYP SKLADOVÁNÍ	OBJEM	HMOTNOST	POČET
stacionární zásobník	15,0 m <sup>3</sup>	6,9 t	3
stacionární zásobník	100 m <sup>3</sup>	45,7 t	2
železniční cisterna	95 m <sup>3</sup>	43,4 t	1
automobilní cisterna	17 m <sup>3</sup>	7,8 t	1
automobilní cisterna	24 m <sup>3</sup>	11 t	1
tlakové láhve	-	10 kg	60
tlakové láhve	-	33 kg	6
tlakové láhve	-	2 kg	100
celkové potrubí v areálu	-	400 kg	1

Zdroj: zpracováno autorem podle: Havarijní plán Pardubického kraje

Tato hořlavá látka je v největší míře skladována ve dvou stacionárních zásobnících s celkovým objemem 200 m<sup>3</sup>, tj. 91,4 t směsi, kam je přečerpávána z cisterny

<sup>46</sup> Zdroj: [http://www.prontogas.cz/distribuce\\_plynu.html](http://www.prontogas.cz/distribuce_plynu.html)

na železniční vlečce. Veškeré typy skladování společně s objemem, hmotností obsahované látky a počtem kusů v objektu můžeme vyčíst z tabulky 2.



**Obrázek 13: Stacionární zásobníky LPG<sup>47</sup>**

V Havarijním plánu Pardubického kraje jsou jako nejzávažnější zdroje rizika v objektu společnosti PRONTO GAS identifikovány dva větší stacionární zásobníky plynu a pak železniční cisterna.

#### Účinek na organismus

Propan-butan je nejedovatý, při větší koncentraci a delšímu vystavení se této látce vyvolává bolesti hlavy, malátnost, zvracení, lehké omámení. Při odpařování zkapalněného propan-butanu vyvíjený plyn vytěsňuje vzduch, což může způsobit udušení. Styk zkapalněného propan-butanu s kůží způsobuje omrzliny, při výbuchu a následném požáru pak popáleniny.

#### První pomoc

Postiženého bychom měli přenést na čerstvý vzduch, uložit ho do stabilizované polohy a uklidnit nebo při zástavě dechu okamžitě zavést umělé dýchání, uvolnit těsné součásti oděvu, sejmout potřísněný oděv, postižená místa pokrýt sterilním obvazem, omrzlá místa netřít. Nesmíme ho nechat prochládnout, a co nejdříve bychom měli přivolat lékařskou pomoc.

#### ***Propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)***

#### Charakteristika

---

<sup>47</sup> Zdroj: [http://www.prontogas.cz/danovy\\_sklad.html](http://www.prontogas.cz/danovy_sklad.html)



Propan je hořlavý, lehce vznětlivý a bezbarvý plyn těžší než vzduchu. V čistém stavu je bez zápachu. Nečistoty mohou snižovat čichový práh. Kapalný propan se při úniku do ovzduší velmi rychle odpařuje za tvorby explozivní mlhy těžší vzduchu. Nad vodní hladinou mohou přejít do plynného stavu a vytvářet výbušné směsi. Při únicích se shromažďuje v prohlubních, výkopech, kanálech, sklepích a dalších spodních prostorech.

#### Účinek na organismus

Při koncentraci větší než 2 – 10 % je jen málo jedovatý a při delším vystavení se propanu vyvolává bolesti hlavy, malátnost, zvracení, lehké omámení, což může vést k nebezpečí udušením se zvratky v bezvědomí. Při odpařování zkapalněného propanu vyvíjený plyn vytěsňuje vzduch, a tudíž může dojít k udušení. Styk zkapalněného propanu s kůží způsobuje omrzliny, při výbuchu a následném požáru popáleniny.

#### První pomoc

Postiženého přenést na čerstvý vzduch, uložit ho do stabilizované polohy a uklidnit. Při zástavě dechu okamžitě zavést umělé dýchání, uvolnit těsné součásti oděvu, sejmut potřísněný oděv, postižená místa pokrýt sterilním obvazem, omrzlá místa netřít. Nenechat prochladnout a včas přivolat lékařskou pomoc.

### **Butan (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)**

#### Charakteristika

Butan je extrémně hořlavý, lehce vznětlivý, bezbarvý plyn těžší než vzduch, v čistém stavu není cítit. V kapalném stavu se butan při úniku do ovzduší velmi rychle odpařuje za tvorby explozivní mlhy těžší vzduchu. Nad vodní hladinou zplynává a vytváří výbušné směsi. Při únicích se shromažďuje v prohlubních, výkopech, kanálech, sklepích a dalších spodních prostorech.

#### Účinek na organismus

Málo jedovatý, při koncentraci větší než 2 – 10 % objemových a při delší expozici vyvolává bolesti hlavy, malátnost, zvracení, lehké omámení. Při odpařování zkapalněného butanu vyvíjený plyn vytěsňuje vzduch a může tak dojít k nebezpečí udušení. Styk zkapalněného butanu s kůží způsobuje omrzliny, při výbuchu a následném požáru popáleniny.

#### První pomoc

Postiženého přeneseme na čerstvý vzduch, uložíme ho do stabilizované polohy a uklidníme. V případě zástavy dechu okamžitě zavedeme umělé dýchání, uvolníme těsné součásti oděvu, pak sejmeme potřísněný oděv a postižená místa pokryjeme sterilním obvazem, omrzlá místa v žádném případě netřeme. Postiženého nenecháme prochladnout a urgentně přivoláme lékařskou pomoc.

**Tabulka 3: Vybrané vlastnosti nebezpečných látek**

Název	Klasifikace nebezpečnosti*	Bod varu	Meze výbušnosti se vzduchem při 0,1 MPa		Tenze par (při 20°C)	Hustota kapaliny (při 20°C)	Relativní hustota par	Zápalná teplota
			horní	dolní				
<b>jednotka</b>	-	°C	obj. %		kPa	kg.m <sup>-3</sup>	-	°C
<b>Butan</b>	F+, R12	-0,5	8,41	1,86	210	578	2,091	475 až 550
<b>Propan</b>	F+, R12	-42,6	9,35	2,12	770	498	1,5	510 až 580
<b>Propanbutan 50% - 50%</b>	F+, R12	-21	8,8	2	490	538	1,5 - 2	490 až 565

Zdroj: upraveno autorem podle: [www.praha14.cz/info/kriz\\_rizeni/linde.pdf](http://www.praha14.cz/info/kriz_rizeni/linde.pdf)

\* Podle klasifikace nebezpečných látek uvedené v zákoně č. 157/1998 Sb. patří zmíněné látky do skupiny F+, což odpovídá označení „extrémně hořlavé látky“, jež jsou označovány symbolem znázorněným na následujícím obrázku.



**Obrázek 14: Symbol pro skupinu extrémně hořlavých látek<sup>48</sup>**

Skupina látek F+ je charakterizována na webových stránkách [www.labo.cz](http://www.labo.cz) takto: „v kapalném stavu mají bod vzplanutí nižší než 0°C a bod varu nižší než 35°C nebo které jsou v plynném stavu vznětlivé při styku se vzduchem za normální (pokojové) teploty a normálního (atmosférického) tlaku.“

<sup>48</sup> [http://www.labo.cz/mft/chemikalie\\_neb.htm](http://www.labo.cz/mft/chemikalie_neb.htm)

Látky uvedené v tabulce jsou také shodně klasifikovány podle R věty (Risk Phrases), které popisují charakter nebezpečnosti chemických látek. Propan, butan i LPG náleží pod označení R 12, což představuje označení „extrémně hořlavý“.

### 3.4 Charakteristika rizik vycházejících z analýzy rizik

Díky charakteru podnikatelské činnosti společnosti PRONTO GAS vzniká reálné nebezpečí úniku hořlavých a výbušných látek. S tímto spojené mimořádné události nám poslouží jako jedny z vstupních údajů pro vybranou kvantifikační metodu.

Tabulka 4: Typy rizik v objektu společnosti PRONTO GAS

		TYP RIZIKA	ZKRATKA	ČETNOST VÝSKYTU
vnitřní	1	požár čerpací stanice LPG	PČP	20 let
	2	požár administrativní budovy	PAB	50 let
	3	havárie na rozvodovém potrubí – únik plynu z potrubí	HAP	20 let
	4	únik a exploze hořlavých plynů při plnění tlakových lahví	UTL	20 let
	5	únik a exploze hořlavých plynů při přečerpávání z železniční cisterny	UŽC	70 let
	6	mechanické poškození zásobníku (cisterny)	MPZ	50 let
vnější	7	zemětřesení	ZEM	1000 let
	8	zásah bleskem	BLE	1000 let
	9	pád letadla do objektu	LET	1000 let
	10	teroristický útok	TER	500 let
	11	záplavy	ZAP	150 let

Zdroj: zpracováno autorem

Požár stejně tak jako exploze extrémně hořlavých látek může být počátečním stádiem pro rozvoj závažné havárie, která by mohla vést až ke vzniku domino efektu<sup>49</sup>. Tyto havárie často vedou k mnohonásobným smrtelným úrazům, dlouhodobému poškození životního prostředí, znečištění půdy, vody a vodních toků a významným

<sup>49</sup> Domino efekt představuje možnost zvýšení pravděpodobnosti vzniku nebo velikosti dopadů závažné havárie v důsledku vzájemné blízkosti objektů nebo zařízení nebo skupiny objektů nebo zařízení a umístění nebezpečných látek. Zdroj: Zákon č. 59/2006 Sb.

škodám na majetku. Při explozi hlavní nebezpečí tvoří tlaková vlna. Menším nebezpečím je rozlet primárních a sekundárních fragmentů.

Z důvodu přítomnosti vysoce hořlavých látek představuje zkoumaná přečerpávací stanice zvýšené nebezpečí vzniku požáru, které bývají velmi intenzivní. Požáry ohrožují okolí vlivem sálavého tepla a toxických zplodin způsobujících akutní otravy. Tyto požáry pak mají vážné následky na životní prostředí. Velmi nebezpečný je i požár cisteren při přepravě či jejich přečerpávání.

Úniky toxických plynů spadají do dvou kategorií, v první kategorii jsou lehké plyny (ty stoupají vzhůru) a do druhé kategorie řadíme těžké studené směsi zkapalněných plynů se vzduchem, které mohou být větrem zaneseny do obydlených oblastí. LPG spadá do druhé z kategorií a tudíž jeho únik představuje hrozbu pro širší okolí. S ohledem na to, že v dané lokalitě převládá západní směr větru, riziko, že by byla nebezpečná látka pomocí větru rozptýlena a tím ohrozila bezpečnost obyvatel, není tak významné, protože východním směrem se nenachází žádný objekt se zvýšenou koncentrací osob.

Výskyt vybraných vnějších přírodních rizik je v dané lokalitě velmi nepravděpodobný. Snad jen možnost zaplavení analyzovaného objektu díky nedaleké říčce Loučná můžeme zahrnout mezi rizikovější, ale aby byl vůbec areál zaplaven, musela by přijít více jak stoletá povodeň.

# 4 Verifikace údajů dle vybrané kvantifikační metody

## 4.1 Výběr vhodné metody

Volba vhodné metody pro kvantifikaci rizik v mnou vybraném objektu společnosti PRONTO GAS je jedním ze stěžejních bodů této práce. Vzhled k tomu, že aplikace drtivé většiny popisovaných metod je podmíněna týmovou prací skupiny fundovaných odborníků, musel jsem absolvovat mnohé konzultace, abych dostatečně zkoumané problematice porozuměl. Snažil jsem se vybrat takovou metodu, jenž nemá příliš komplikovanou strukturu, protože tuto práci zpracovávám samostatně a na pochopení složitějších postupů by byly nutné měsíce studia, kterých se mi bohužel nedostávalo.

Po nelehkém rozhodování jsem dal na radu svého vedoucího práce a vybral si metodu SFERA, kterou jsem zevrubně popsal již v kapitole 2.12. Mou práci tato metoda ulehčila především z toho důvodu, že se ve své podstatě jedná o počítačovou aplikaci, do které je třeba zadat vstupní hodnoty a mnou vybraná kritéria. To však nic nemění na to, že je třeba se s programem SFERA detailně seznámit, abychom mohli dosáhnout věrohodných výsledků. Špatným porozuměním a zacházením s tímto programem může dojít až ke zkreslení výsledných hodnot a celá práce by tudíž neměla smysl. Z tohoto důvodu jsem absolvoval konzultaci s osobou nejpovolnější a to přímo s jedním z autorů metody SFERA, panem Ing. Františkem Kovářikem, kterému bych tímto chtěl mnohokrát poděkovat za to, že mě s danou metodikou podrobně seznámil.

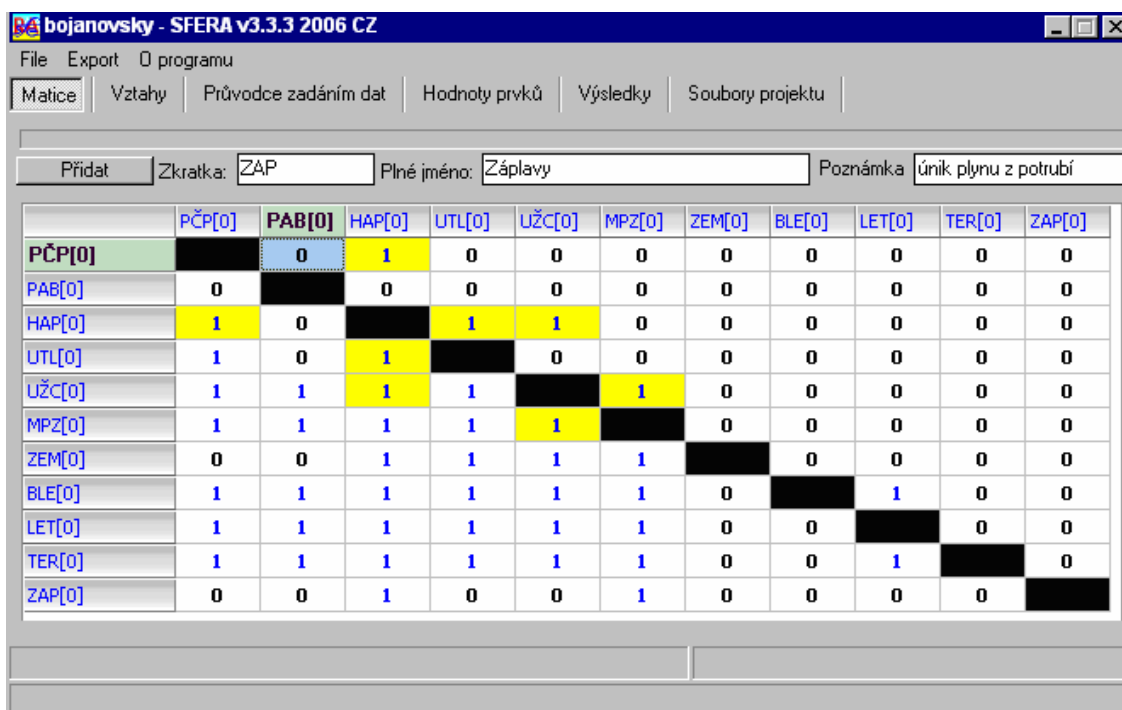
## 4.2 Postup při zpracování metodou SFERA

Jak už jsem popsal v obecné části, program SFERA je rozdělen do šesti samostatných oken, jenž na sebe navazují v logické posloupnosti samotného pracovního postupu. Nyní podrobně popíši, jak jsem postupoval při mé práci s programem pro zjištění zdrojů a vlivů rizik v objektu společnosti PRONTO GAS. Celý můj postup jsem doplnil pro větší přehlednost obrázky získanými prostřednictvím funkce „Print Screen“ přímo z obrazovky počítače.

## 4.2.1 Okno „Matice“

Jedním z nejobtížnějších úkolů, které je třeba zvládnout při práci s programem SFERA, je sběr kvalitních informací o zkoumaném podniku či územním celku. V mém případě jsem data a informace získal především z Havarijního plánu Pardubického kraje a jeho příloh, které mi byly poskytnuty v rámci konzultací na Krajském ředitelství Hasičského záchranného sboru v Pardubicích konkrétně na Úseku prevence a civilní nouzové připravenosti. Konečný výběr rizik je shrnut do tabulky s názvem Typy rizik.

Samotný postup zadávání dat do programu je velmi jednoduchý. Pro větší přehlednost jsem každému typu rizika, které dále nazývám prvky, přiřadil zkratku. Pak jsem jednoduše zadával jednotlivé zkratky do příkazového řádku a tak se prvky postupně načítají do kontingenční tabulky.



	PČP[0]	PAB[0]	HAP[0]	UTL[0]	UŽC[0]	MPZ[0]	ZEM[0]	BLE[0]	LET[0]	TER[0]	ZAP[0]
PČP[0]		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
PAB[0]	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
HAP[0]	1	0		1	1	0	0	0	0	0	0
UTL[0]	1	0	1		0	0	0	0	0	0	0
UŽC[0]	1	1	1	1		1	0	0	0	0	0
MPZ[0]	1	1	1	1	1		0	0	0	0	0
ZEM[0]	0	0	1	1	1	1		0	0	0	0
BLE[0]	1	1	1	1	1	1	0		1	0	0
LET[0]	1	1	1	1	1	1	0	0		0	0
TER[0]	1	1	1	1	1	1	0	0	1		0
ZAP[0]	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	

Obrázek 15: Kontingenční tabulka

V tomto kroku je také možné napsat do zvláštního řádku k vyplňovanému riziku i plné jméno a poznámku, jak je vidět na obrázku 15.

Poté, co jsem přidal do tabulky veškeré prvky, bylo třeba ohodnotit vzájemné vztahy mezi typy rizik a to tak, že jsem posoudil vliv jednotlivého prvku na jiný typ rizika v objektu. Zapisování těchto vlivů je velice jednoduché a funguje na bázi přiřazování jedniček a nul do kontingenční tabulky k příslušným rizikům. Jednička znamená, že daný typ rizika má vliv na jiný typ rizika a nula značí, že daný typ jiné riziko

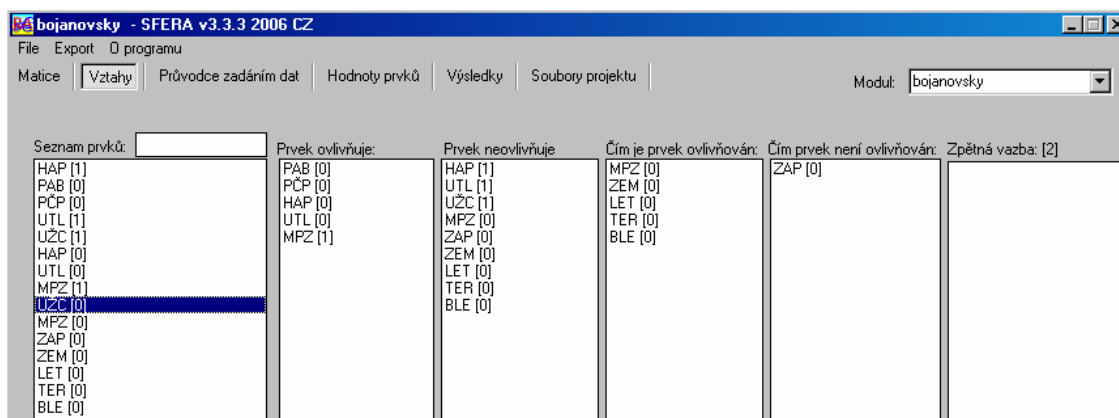
neovlivňuje. Tímto způsobem je nutné vyjádřit vztahy mezi všemi typy rizik v tabulce. Po vyplnění nastával čas použít příkaz „Přepočítat“, který nám pro přehlednost rozdělí ty rizika, jež se vzájemně ovlivňují. Na obrázku 15 jsou tyto prvky, které se vzájemně ovlivňují, znázorněny žlutou barvou.

## 4.2.2 Okno „Vztahy“

Druhé okno „Vztahy“ je přehlednějším vyjádřením kontingenční tabulky, ze kterého je jasně patrné:

- které další typy rizik zobrazený prvek ovlivňuje,
- které typy rizik neovlivňuje,
- čím je daný prvek ovlivňován a
- která rizika na něj vliv nemají.

Takto přehledně koncipované vztahy nám mohou dát mnoho cenných informací. Jako příklad si můžeme ukázat vztahy prvku UŽC, jež ovlivňuje jiných pět, kterými jsou požár administrativní budovy, požár čerpací stanice, havárie potrubí, únik a exploze hořlavých plynů při plnění tlakových lahví a mechanické poškození zásobníku. Sám je ovlivňován také pěti prvky, jejichž zkratky můžeme vidět ve čtvrtém sloupci.



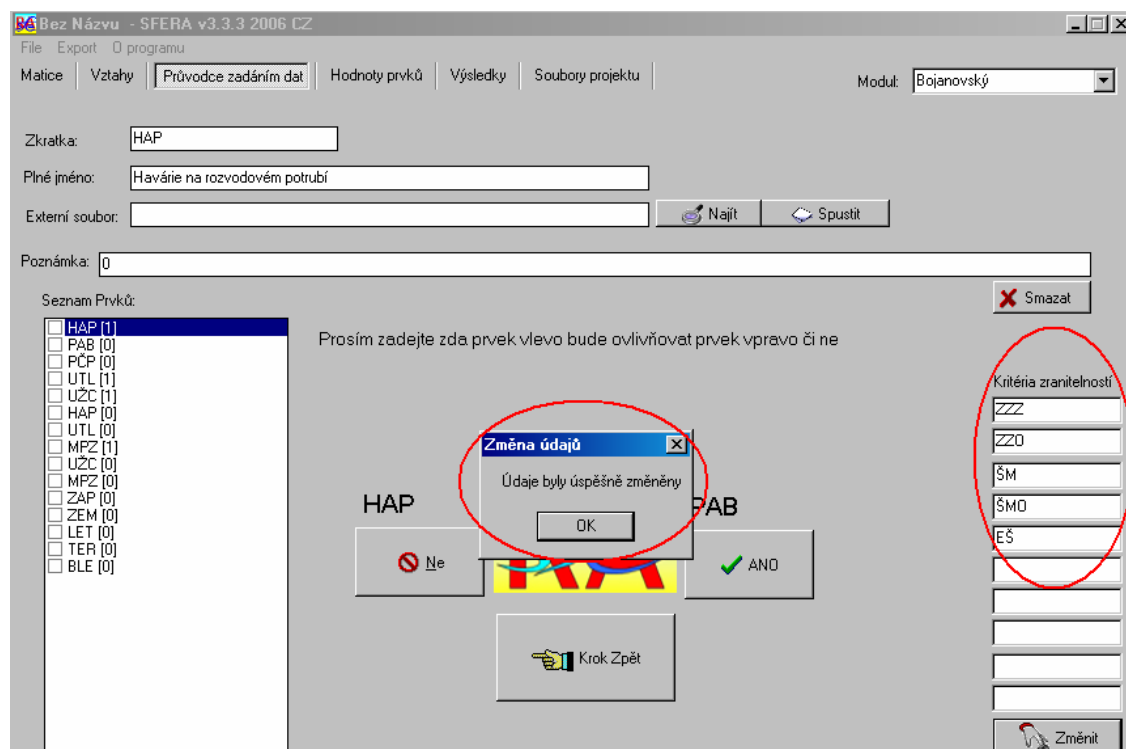
Obrázek 16: Vztahy prvku UŽC

Sám jsem tento modul využíval především k tomu, abych si ověřil, zda jsem vyplnil správně kontingenční tabulku, která je při větším počtu prvků nepřehledná. Při zjištění chybných souvislostí mezi prvky je možnost návratu do okna „Maticce“ a tam chybu vyhledat a opravit.

### 4.2.3 Okno „Průvodce zadáním dat“

Třetí okno slouží zejména pro vkládání dalších údajů k jednotlivým prvkům v kontingenční tabulce. Lze doplnit chybějící údaje, které nebyly vyplněny v okně Matice, tzn. Zkratka, Plné jméno a Poznámka nebo případně tyto již vyplněné údaje přepsat. Součástí tohoto okna je i možnost přidání externího souboru jako např. grafu či tabulky, této možnosti jsem však při své práci nevyužil.

Tato část programu ale skýtá i možnost úplného vymazání prvků z kontingenční tabulky, ale za důležitější funkci tohoto modulu považuji možnost korekce vztahů mezi jednotlivými prvky a to přehlednější formou než je zapisování jedniček a nul do tabulky. To je viditelné z obrázku 17 pod ukazatelem „Změn údajů“.



Obrázek 17: Okno "Průvodce zadáním"

Nejzásadnější funkcí třetího okna je zadávání kritérií zranitelnosti, jenž představují potenciální škody způsobené jednotlivými riziky. Těchto kritérií může být až deset. Tyto kritéria by měly být vzájemně porovnatelné, aby nedošlo k pozdějšímu zkreslení výsledků.



Pro hodnocení společnosti PRONTO GAS jsem vybral následujících pět kritérií:

Tabulka 5: Kritéria zranitelnosti

KRITÉRIUM ZRANITELNOSTI	ZKRATA	VÁHA KRITERIA
ztráta na životech zaměstnanců	ZZZ	20
ztráta na životech v okolí objektu	ZZO	40
škody na majetku	ŠM	15
škody na majetku v okolí	ŠMO	15
ekologické škody	EŠ	10

Zdroj: zpracováno autorem

V tabulce jsou dále zkratky kritérií a také váhy jednotlivých kritérií, o kterých se budu ještě zmiňovat v popisu následujícího modulu.

#### 4.2.4 Okno „Hodnoty prvků“

Tento modul slouží především pro zadávání dalších parametrů k jednotlivým prvkům před konečným výpočtem. Nejdříve bylo třeba zadat hodnoty do druhého sloupce, kam jsou vpisovány vstupní pravděpodobnosti. Ty jsem získal tak, že jsem udělal převrácenou hodnotu z potencionální četnosti ve dnech, kdy by mohl daný typ rizika nastat. Pro příklad jsem určil, že četnost rizika záplav je jedenkrát za 150 let, protože k zaplavení areálu společnosti PRONTO GAS, by mohlo dojít pouze při více jak stoleté vodě. A když následně vynásobím 150 let počtem dní v roce a z tohoto čísla vytvořím převrácenou hodnotu, dostanu vstupní pravděpodobnost 1,8252E-5. Jednotlivé pravděpodobnosti jsem však počítal nemusel, jelikož je k programu SFERA přiložena přehledná tabulka, kde jsou tyto pravděpodobnosti již vypočítané (viz. příloha A).

Další sloupec se vyplnil automaticky po zadání některé z předpřipravených hodnot, které „Vstupní (P)“ snižují. Je to z toho důvodu, jelikož autoři programu chtěli zahrnout i nepřímé působení rizik vůči systému. Tento sloupec není pro naše zkoumání nikterak důležitý, protože všechny hodnoty se vydělí stejnou hodnotou.

Dále jsem musel vyplnit již dříve zmíněné kritériální váhy v procentech ke kritériím zranitelnosti a to tak, aby součet vah byl roven 100. Díky kritériálním vahám můžeme určit naše priority v celkovém posuzování rizik v daném podniku. Jak jsem nastavil kritériální váhy, můžeme vyčíst z obrázku 18.

Upravuje se prvek: Zkratka: HAP, Plné jméno: Havárie na rozvodovém potrubí, Poznámka: únik plynu z potrubí								
0%	ZZZ	ZZO	ŠM	ŠMO	EŠ			
	20	40	15	15	10	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0

Obrázek 18: Přiřazení kritériálních vah

Největší důraz tedy přiřádám ztrátám na životech v okolí analyzovaného objektu, protože musíme brát v úvahu velký počet osob, které mohou být při havárii v objektu ohroženi na životě. Pak následuje kritérium ztráta na životech zaměstnanců s váhou 20, škodám na majetku společnosti PRONTO GAS a škodám na majetku v okolí areálu jsem přiřadil váhu 15 a nejmenší ocenění se dostalo ekologickým škodám. Z rozdělení kritériálních vah dávám jasně přednost ochrany lidských životů před majetkem a ekologií.

Následujícím krokem je zadávání hodnot možných zranitelností prvků, které se wpisuje v procentech pod jednotlivé kritériální váhy. Na obrázku 18, je naznačeno doplňování údajů pro prvek se zkratkou HAP, jak je patrné z horní části výřezu okna. Přiřazené procento se však určuje pouze z kritéria, pod které je vpisováno. Po doplnění těchto údajů jsem získal hodnoty zranitelnosti, které se zobrazily ve čtvrtém sloupci, jak můžeme vidět na obrázku 19. Následně jsem nechal program spočítat i následující sloupec. Tímto jsem dostal informaci o pořadí rizikovosti jednotlivých prvků a jejich procentuelní vliv na celý systém.

Jméno	Vstupní(P)	Koeficient(P)	Zranitelnost	Nová(P)	Váha pořadí	Pořadí	% Vliv
HAP[1]	1.3689E-4	1.37E-6	17.2	2.74E-6	4.71E-5	6	7.59 %
PAB[0]	5.4765E-5	5.48E-7	8.6	1.96E-6	1.69E-5	10	2.72 %
PČP[0]	1.3689E-4	1.37E-6	13.6	5.52E-6	7.51E-5	3	12.1 %
UTL[1]	1.3689E-4	1.37E-6	11.85	2.74E-6	3.25E-5	9	5.24 %
UŽC[1]	3.9108E-5	3.91E-7	73.5	1.76E-6	0.000129	1	20.8 %
HAP[0]	1.3689E-4	1.37E-6	17.2	4.36E-6	7.5E-5	4	12.1 %
UTL[0]	1.3689E-4	1.37E-6	11.85	2.81E-6	3.33E-5	8	5.37 %
MPZ[1]	9.1266E-5	9.13E-7	37.2	1.3E-6	4.84E-5	5	7.8 %
UŽC[0]	3.9108E-5	3.91E-7	73.5	1.44E-6	0.000106	2	17.1 %
MPZ[0]	9.1266E-5	9.13E-7	37.2	1.24E-6	4.61E-5	7	7.43 %
ZAP[0]	1.8252E-5	1.83E-7	12.75	1.83E-7	2.33E-6	13	0.376 %
ZEM[0]	2.7397E-6	2.74E-8	61.6	2.74E-8	1.69E-6	14	0.272 %
LET[0]	2.7397E-6	2.74E-8	31.2	1.1E-7	3.43E-6	11	0.553 %
TER[0]	5.4765E-6	5.48E-8	56	5.48E-8	3.07E-6	12	0.495 %
BLE[0]	2.7397E-6	2.74E-8	10	2.74E-8	2.74E-7	15	0.0442 %

Obrázek 19: Výřez z okna "Hodnoty prvků"

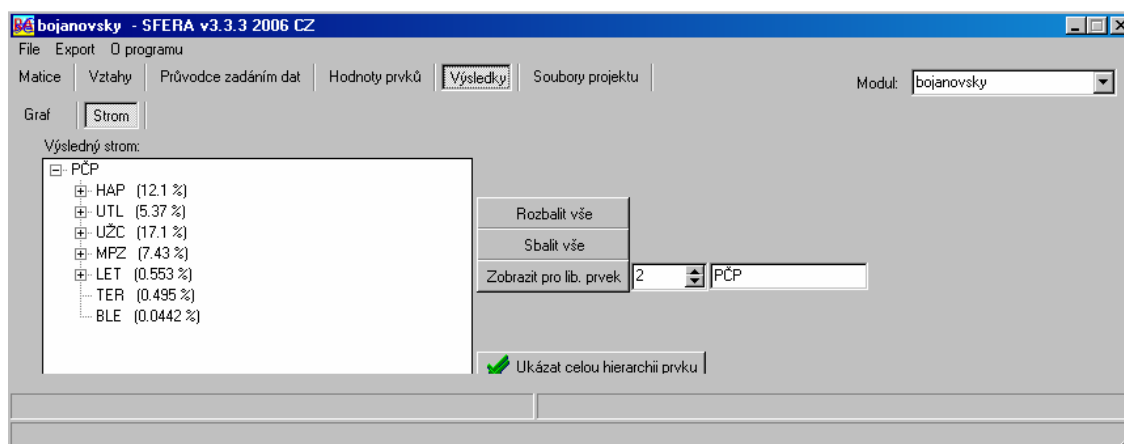
V tento moment jsem narazil na jeden z problémů programu SFERA. Dosažené hodnoty jsou rozděleny mezi všechny prvky a tzn., že je nutné dopočítat hodnoty pro prvky, které byly na počátku programem rozděleny kvůli vzájemnému ovlivňování.

Z takto získané tabulky již není problém vyjádřit hlavní zdroje rizika v daném podniku, ale program SFERA umožňuje tyto výstupy vyjádřit graficky, což je funkcí následujícího okna.

#### 4.2.5 Okno „Výsledky“

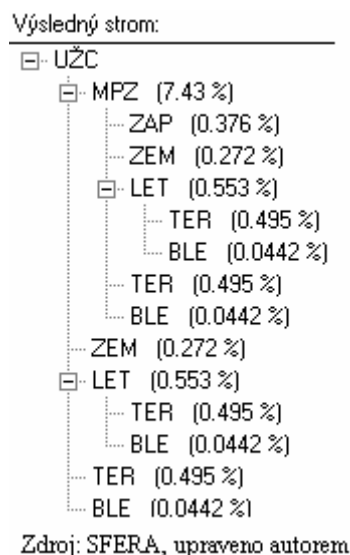
Jak již napovídá název, je tento modul vytvořen zejména pro zobrazení výstupů v grafické podobě či pomocí influenčního stromu.

Nejdříve si představíme výsledky v podobě stromu vlivů. V okně „Výsledky“ lze získat pro každý navolený prvek strom s procentuálními vlivy na celkový systém. Tuto interpretaci si můžeme ukázat na prvku se zkratkou PČP, jehož influenční strom je vidět na obrázku 20.



Obrázek 20: Influenční strom prvku PČP

Prvky v první větvi představují ty typy rizik, jenž přímo ovlivňují prvek PČP a tohle zobrazení je možné nalézt i v okně „Vztahy“ akorát s tím rozdílem, že zde vidíme i procentuální vliv, kterým jednotlivé prvky působí v rámci celého systému. V tomto případě je patrné, že na prvek PČP mají nejmarkantnější vliv prvky UŽC a HAP, protože jejich vliv na celkovou zranitelnost objektu a jeho okolí převyšuje ostatní prvky. Když jsem se rozhodnul pro zobrazení veškerých vlivů, dostal jsem tak rozsáhlý strom s veškerými vazbami, až se tato forma zobrazení stala nepřehlednou.



**Obrázek 21: Influenční strom prvku UŽC**

Z obrázku 21 je patrné, že na prvek UŽC má přímý vliv pět prvků a to MPZ, ZEM, LET, TER a BLE, ale na prvek MPZ má vliv zase další typ rizika, které tedy na prvek UŽC působí nepřímo. V praxi by to mohlo znamenat, že samotné záplavy na únik a explozi plynů při přečerpávání z železniční cisterny vliv nemají, ale díky tomu, že mohou způsobit mechanické poškození cisterny, které má přímý vliv na prvek UŽC,

je třeba brát i toto riziko v úvahu. Takto popsané události značí, že jde o tzv. domino efekt, jehož princip byl už v předchozím textu popsán.

Další možností zobrazení výsledků je použití automatického vygenerování grafu, ve kterém je možno nastavit, jaké hodnoty mají být porovnávány. Na výběr máme ze sedmi variant, které odpovídají sloupcům v modulu „Hodnoty prvků“.

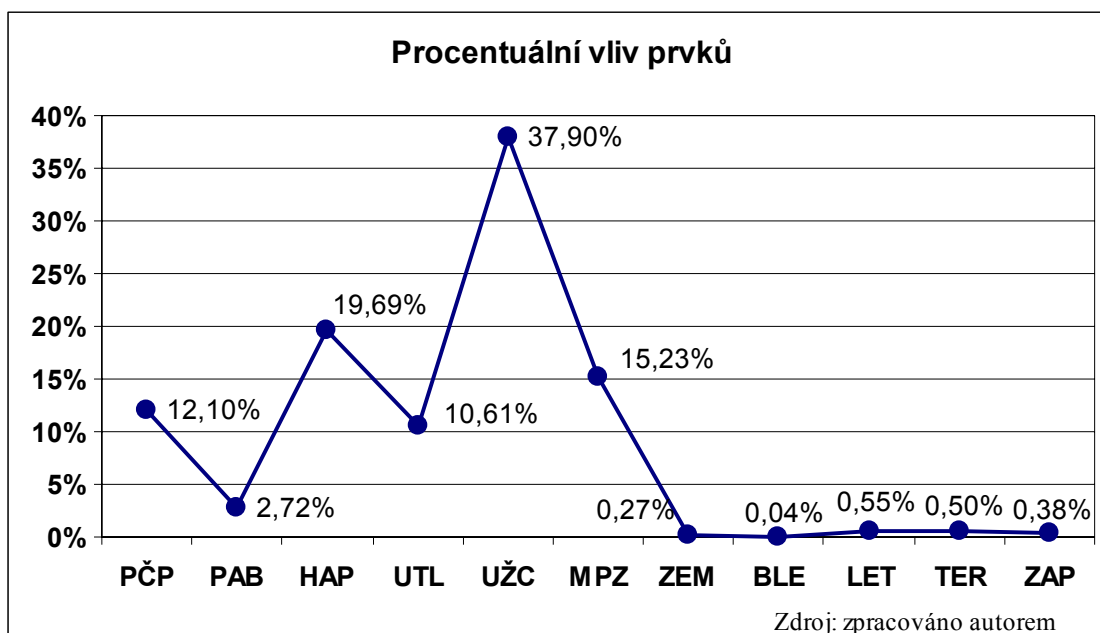
Grafické vyjádření výsledných hodnot a pořadí se mi jeví jako nejlepší možnost pro interpretaci výsledků, avšak při zobrazení grafu přímo v programu jsem narazil na další z nevyřešených komplikací. Problémem je to, že SFERA je zobrazována, kromě prvního modulu, jehož rozměry se dají korigovat, v rozměrově zafixovaném okně. V mém případě nebyl poslední prvek v grafu plně zobrazen, a proto jsem využil možnosti převést výsledná data do aplikace Microsoft Excel. Z exportovaných dat již nebyl problém vytvořit grafy vlastní.

### 4.3 Vyhodnocení výsledků získaných metodou SFERA

Jelikož bylo nutné sečíst výsledné hodnoty rozdělených prvků, nebylo vhodné použít grafy vygenerované přímo aplikací SFERA. Dalším důvodem, proč vytvořit grafy vlastní, byla již zmíněná nevhodná velikost okna při zobrazování grafů.

První graf, který jsem použil pro bližší zhodnocení výsledků, má název „Procentuální vliv prvků“ a je označen jako graf 1.

Samotný graf ukazuje, jaký vliv mají jednotlivé typy rizik na komplexně sledovaný systém, což je v našem případě areál společnosti PRONTO GAS a jeho okolí.

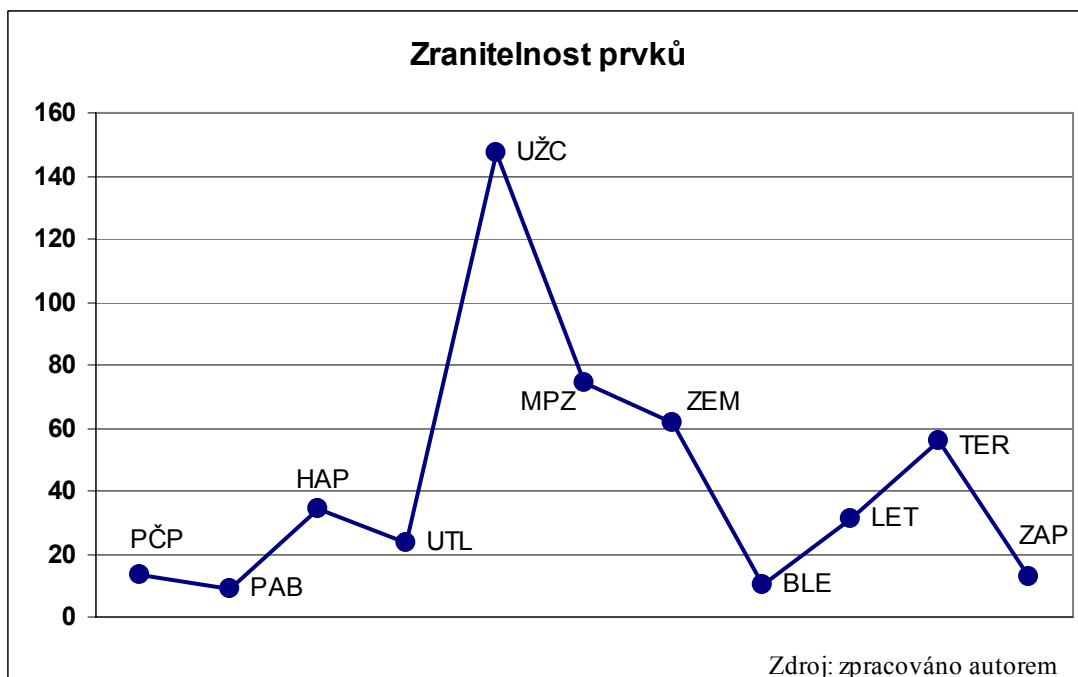


**Graf 1: Procentuální vliv prvků na celkový systém**

Z grafu 1 je zřetelně vidět, že největší vliv na analyzovaný systém má prvek s označením UŽC, což představuje riziko úniku a exploze plynů při přečerpávání z železniční cisterny. To, že má tento prvek tak vysoký vliv na celkový systém, značí, že kdyby opravdu únik nastal a posléze by došlo k explozi nahromaděného plynu, pravděpodobně by to zapříčinilo vznik dalších havárií v samotném areálu i blízkém okolí.

Zhruba poloviční hodnoty dosahuje prvek „havárie na rozvodovém potrubí“. Na pomyslném třetím místě se umístil typ rizika nazvaný jako „mechanické poškození zásobníku“. Tyto tři typy rizik mají na celkový systém vliv téměř 73 %, což značí, že zbylých osm zadaných prvků ovlivňuje systém pouze ze 27 %.

Druhý graf přehledně zobrazuje míru zranitelnosti jednotlivých prvků na daný systém. Výstupní data jsem opět získal z hodnot vypočtených programem SFERA, které jsem musel exportovat do aplikace Microsoft Exel.



**Graf 2: Míra zranitelnosti prvků**

Jak je z grafu patrné, nejvyšší zranitelnosti dosahuje prvek UŽC s hodnotou 147, následuje prvek MZP se 74,4 a dalších místech můžeme rizika se zkratkami ZEM a TER, která dosahují zranitelnosti kolem hodnoty 60. Když porovnáme výsledné pořadí obou grafů, dostaneme jasnou informaci, že největší hrozbu pro zkoumanou lokalitu představuje riziko úniku a exploze plynů při přečerpávání z železniční cisterny, o čemž se můžeme přesvědčit v tabulce 6. Další prvky mají v obou grafech již rozdílné umístění, proto nelze jen tak od pohledu říci, jakou pozici v pořadí rizikovosti pro zkoumanou lokalitu představují.

**Tabulka 6: Pořadí typů rizik**

POŘADÍ	ZKRATKA	TYP RIZIKA
1	UŽC	únik a exploze plynů při přečerpávání z železniční cisterny
2	HAP	havárie na rozvodovém potrubí
3	MPZ	mechanické poškození zásobníku (cisterny)
4	PČP	požár čerpací stanice LPG
5	UTL	únik a exploze hořlavých plynů při plnění tlakových lahví
6	PAB	požár administrativní budovy
7	LET	pád letadla do objektu
8	TER	teroristický útok
9	ZAP	záplavy
10	ZEM	zemětřesení
11	BLE	zásah bleskem

Zdroj: zpracováno autorem

Ve zmíněné tabulce jsou vybrané typy rizik seřazeny sestupně podle toho, jak velkou hrozbu pro analyzovanou oblast představují. Pořadí bylo vygenerováno programem SFERA s ohledem na komplexní posouzení všech zadaných parametrů. Je zajímavé, že všechny typy rizik, které mohou mít charakter přírodní mimořádné události, umístily na posledních místech, a tudíž neohrožují areál v takové míře, jako ostatní prvky.

Podle mého názoru je tento výsledek způsoben tím, že četnost jejich možného výskytu je velice malá. Daleko pravděpodobnější je únik a následná exploze plynu při přečerpávání do zásobníků, havárii potrubí, či při plnění a manipulaci s tlakovými lahvemi. Opomenout také nesmíme možnou havárii plynoucí z mechanického poškození stacionárních zásobníků a železniční cisterny.

#### 4.4 Srovnání výsledků metody SFERA s údaji v HPPK

Pro srovnání výsledků jsem si zvolil právě konečné pořadí zkoumaných typů rizik (tabulka 6) a výsledné zdroje rizik, které jsem jsou uvedeny v Havarijním plánu Pardubického kraje<sup>50</sup> a podle selektivní metody překračují akceptovatelné hodnoty. Experti pomocí zmíněné metody identifikovali na devatenáct zdrojů rizik. O takto vymezené zdroje rizik se jednalo celkem ve čtyřech případech, dva z nich patří do skupiny stacionárních a další dva do skupiny zdrojů rizik při manipulacích, jak je uvedeno v následující tabulce.

**Tabulka 7: Zdroje rizik podle HPPK**

POŘADÍ	SKUPINA	ZDROJ RIZIKA
1	stacionární	stacionární zásobníky LPG s objemem 100 m <sup>3</sup>
2	stacionární	železniční cisterna s LPG s objemem 95 m <sup>3</sup>
3	při manipulacích	dovozu a stáčení LPG na železniční vlečce
4	při manipulacích	stáčení PB do tlakových zásobníků

Zdroj: upraveno autorem podle: Havarijní plán Pardubického kraje

<sup>50</sup> dále bude označován zkratkou HPPK

Podle údajů uvedených v HPPK, jsou za nejrizikovější považovány stacionární zásobníky plynu. V komparaci s mými výsledky je tento zdroj rizika nejbližší přiřaditelný k prvku MPZ, jenž byl programem SFERA zařazen na celkově třetí pozici z hlediska jeho rizikovosti. Na druhém místě v tabulce můžeme nalézt cisternu umístěnou na železniční vlečce, která v mém zkoumání zaujala post první. Do dané tabulky bylo zařazeno ještě stáčení plynu do tlakových zásobníků. Tento zdroj lze přiřadit k mnou zvolenému parametru se zkratkou UTL, jenž byl vyhodnocen aplikací SFERA na pátém místě v celkovém pořadí typů rizik.

Pohledem na obě výsledné tabulky lze konstatovat, že se výsledky mé práce do jisté míry shodují s údaji vyhodnocenými experty v Havarijním plánu Pardubického kraje. Odlišné je především členění a vymezení prvků či zdrojů rizik a pak i to, že mezi identifikovatelnými zdroji rizik v HPPK nejsou zahrnuta žádné mimořádné události, které by mohly být způsobeny vnějšími vlivy. Předpokládám, že je tomu tak, kvůli malé pravděpodobnosti výskytu těchto mimořádných událostí.

## **4.5 Negativa metody SFERA**

Musím říci, že program SFERA je vcelku jednoduchým nástrojem pro kvantifikaci rizik území či podniků. Pokud se uživatel důkladně seznámí s přiloženou příručkou nebo mu bude práce s programem vysvětlena a navíc dosáhne potřebných znalostí z daného oboru, mělo by být zpracování potřebných dat jasnou a nekomplikovanou záležitostí. Druhým dechem chci však dodat, že program by potřeboval jistá vylepšení, aby se stalo jeho používání zcela bezproblémové. Na jisté nedostatky jsem byl již předem varován od samotného autora, ale při práci vyvstane mnoho neočekávaných komplikací, kvůli kterým jsem se musel obrnit trpělivostí.

První a zcela zásadní věcí, jenž jsem měl neustále na mysli, bylo průběžné ukládání vykonaných operací. Jednoduše řečeno, čas od času aplikace zamrzla a tak ji bylo nutné vypnout. Pokračovat jsem musel otevřením naposledy uložené části. Dalším nedořešeným problémem je nemožnost zvolení vlastní velikosti okna programu. Korekce rozměrů je přípustná pouze v prvním modulu, aby byla vidět celá kontingenční tabulka, a dále je pravděpodobně počítáno s tím, že zvolená velikost bude pro všechny uživatele dostačující, což musím vyvrátit svou osobní zkušeností.

Další věcí, na kterou je třeba si zvyknout, je nemožnost používání čárek při psaní čísel s desetinnými místy. Jde opravdu jen o zažitou záležitost, kterou si musíme zažít a



naučit se psát tečky. Z jiné oblasti vychází komplikované rozdělování prvků programem, což se zpočátku zdá jako dobré a potřebné, ale v okně „Hodnoty prvků“, kde jsou vypočítány a zobrazeny výsledné hodnoty, jsou výsledky ne zcela jasné, protože jsou prvky často rozděleny na dva díly. Abych dostal celkové hodnoty, musel jsem provést export dat do aplikace Microsoft Exel a tam postupně dílčí části prvků pro jednotlivé sloupce s výsledky sečíst.

## 5 Návrhy na opatření

Jednotlivé návrhy na příslušná opatření mi přišlo vhodné rozdělit do dvou úrovní. V první řadě bych rád zhodnotil možnosti, které vyplývají z dosažených výsledků, pro samotnou společnost, jež je provozovatelem zkoumaného objektu.

### 5.1 Návrh pro společnost PRONTO GAS

Podle výsledků mého zkoumání převládají na prvních místech v oblasti rizikovosti především havárie a úniky plynů při přečerpávání, což jsou antropogenní mimořádné události, tedy zapříčiněné činností člověka. Proto lze usuzovat, že při vzniku těchto rizikových situací je hlavní příčinou selhání lidského faktoru. Z tohoto důvodu bych navrhol společnosti, aby každého svého zaměstnance důkladně proškolila v oblasti bezpečnosti práce s akcentem na jím vykonávané činnosti. Také je jistě důležité pravidelně tyto znalosti zaměstnanců prověřovat. Za úvahu jistě stojí vybavení areálu senzorickými hlásiči pro případné včasné zaznamenání úniku nebezpečných plynů. Toto opatření bych zavedl, jelikož bezkonkurenčně nejvýznamnějším zdrojem rizika v daném areálu je možný únik a následná exploze vysoce hořlavých plynů při přečerpávání z železniční cisterny, buď do zásobníků či do tlakových lahví.

Jako vyplývá z dosažených výsledků, vnější typy rizik nemají takový potenciál, aby kvůli nim v současné době společnost vynakládala finanční prostředky na příslušná opatření.

### 5.2 Návrh pro IZS PK

Vytvořit nějaký návrh pro IZS Pardubického kraje je nelehký úkol zejména proto, že tamní pracovníci jsou experty ve svém oboru, kteří mají dlouholetou praxi jak při terénních zásazích tak při řízení krizových situací.

V kontextu na získané výsledky lze doporučit složkám IZS PK, aby se teoreticky i prakticky připravily na možný zásah při havárii související s únikem a explozí vysoce hořlavých plynů, se kterými je v areálu společnosti PRONTO GAS manipulováno. Právě tyto znalosti a dovednosti je třeba opakovaně prověřovat, jelikož k podobným typům havárií nedochází v běžném životě zdaleka tak často, aby je měli pracovníci IZS zcela zažité.

Dbát by se mělo určitě i na pravidelné kontroly dodržování předepsaných bezpečnostních pravidel v objektu a na kontrolu stavu materiálů na zásobnících, cisternách a rozvodovém potrubí, jelikož nemůžeme podceňovat riziko mechanického poškození zmíněných prvků, jak ukazuje pozice právě tohoto typu rizika v tabulce 6. Dále by mělo být pravidelně sledováno množství nebezpečných látek ve zkoumaném objektu, což přispívá k aktuálnosti dat, které jsou nejdůležitějším prvkem pro následné výpočty nutné k sestavení Operativní karty<sup>51</sup> pro příslušný objekt.

Největším přínosem pro obě strany by bylo navázání plnohodnotné spolupráce společnosti s IZS PK tak, aby v případě vzniku havárie mohly složky IZS reagovat co nejrychleji a aby ztráty na lidských životech i na majetku byly co možná nejmenší.

---

<sup>51</sup> Operativní karta společnosti PRONTO GAS je k dispozici v příloze B.

# Závěr

Tato práce, která má název Způsoby kvantifikace rizika, byla napsána tak, aby bylo na problém, jak lze kvantifikovat riziko, nahlédnuto z teoretického i praktického pohledu.

Na počátku práce byly vymezeny tři hlavní cíle. Prvním z nich spočívá v teoretickém popisu problematiky spojené se stěžejním tématem práce, což je kvantifikace rizika. Druhým cílem je seznámení čtenářů diplomové práce s nejpoužívanějšími metodami pro kvantifikaci rizika a poslední cíl je spojen s vytvořením návrhu na příslušná opatření. Tento cíl by měl vycházet z analýzy rizik zkoumaného podniku.

V první zcela teoretické části se práce zabývá popisem základních pojmů z oblasti krizového managementu tak, aby byli čtenáři seznámeni se stěžejními pojmy. Blíže je specifikována analýza rizika, jelikož se jedná o hlavní nástroj pro kvantifikaci rizik, který je v této práci použit. První z cílů byl tudíž splněn hned v úvodní kapitole.

Celá druhá kapitola je zasvěcena výčtu a popisu nejznámějších analytických metod vhodných pro kvantifikaci rizika. V úvodu této kapitoly je nastíněna klasifikace příslušných metod a dále je každá z nich přesněji popsána z hlediska jejich použitelnosti, předností, záporů a také její náročnosti pro uživatele. Tímto byl splněn i druhý z určených cílů práce.

Třetí část práce obsahuje obecnější představení Pardubického kraje a dále jsou zde rozdělena potencionální rizika v kraji do šesti základních skupin. Stěžejním bodem kapitoly je však výběr konkrétního podniku, kde lze kvantifikovat zdroje rizika, aby bylo možné prakticky využít teoretické znalosti. Pro tyto účely byla vybrána společnost PRONTO GAS, jež má provozovnu ve Vysokém Mýtě. Následně zde byla provedena stručná analýza vybraného objektu.

Čtvrtá kapitola navazuje na výsledky kapitoly předchozí, v tom smyslu, že jsou zde použity výsledné zdroje rizik, které byly zjištěny analýzou daného podniku. Tyto údaje posloužily jako vstupní parametry pro samotný výpočet pomocí vybrané analytické metody SFERA. Tato metoda byla zvolena vzhledem k jejím přednostem, jako je jednoduchost a použitelnost pro zkoumání systému, kde není příliš mnoho vstupních prvků.

Metoda SFERA, která funguje ve formě počítačové aplikace, se velmi osvědčila navzdory tomu, že bylo třeba důkladné seznámení s postupem práce na zmíněném programu. Dosažené výsledky jsou v této kapitole interpretovány s pomocí grafických výstupů, kde je jasně patrné, jaké zdroje rizik představují pro zkoumaný systém největší hrozbu. Je zde provedeno i krátké srovnání s největšími zdroji rizika v příslušném podniku, které byly vyhodnoceny v Havarijním plánu Pardubického kraje.

V poslední kapitole jsou sepsány návrhy na opatření, které vycházejí právě z výsledků kapitoly čtvrté. Tato kapitola se dá pojmut jako shrnutí celkově dosažených výsledků, což bylo i náplní posledního stanoveného cíle této diplomové práce.

# Seznam použité literatury

## Literatura

- [1] Australian and New Zealand Standard 4360:2004 Risk Management, Standards Australia International Ltd a Standards New Zealand, 2004, ISBN 0 7337 5904 1.
- [2] ANTUŠÁK, E., KOPECKÝ, Z. Úvod do teorie krizového managementu I. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, Oeconomica, 2002. 96 str.  
ISBN 80-245-0340-9.
- [3] BARTLOVÁ, I., BALOG, K. Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií, Ostrava: SPBI Spektrum 7, 1998, ISBN: 80-86111-07-05.
- [4] BERNATÍK, A., Prevence závažných havárií I. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2006. 86 str.  
ISBN: 80-86634-89-2.
- [5] Committee for the Prevention of Disasters: Guidelines for Quantitative Risk Assessment (Pyrole Book CPR 18E), The Hague, 1999. ISBN 90 12 8796 1.
- [6] KOVÁŘÍK, F., KUPKA, R. SFERA 2006 – Příručka uživatele. 1.vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2006.  
ISBN 80-86634-87-6.
- [7] PROCHÁZKOVÁ, D., ŘÍHA, J. Krizové řízení. Praha: MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2004. 249 str.  
ISBN 80-86640-30-2.
- [8] ROUDNÝ, R., LINHART, P. Krizový management I. ochrana obyvatelstva, mimořádné události. 1.vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. 97 str.  
ISBN 80-7194-674-5.
- [9] ROUDNÝ, R., LINHART, P. Krizový management III. Teorie a praxe rizika. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2007. 174 str. ISBN 80-7194-924-8.
- [10] SMEJKAL, V., RAIS, K. Řízení rizik. Praha: Grada, 2003. 272 str.  
ISBN 80-247-0198-7.

- [11] TICHÝ, M., Ovládání rizika. 1. vyd. Praha: C. H. Beck, 2006.  
ISBN 80-7179-415-5.
- [12] VEVERKA, I., Vybrané kapitoly krizového řízení pro záchranářství. 1. vyd. Praha: Vydavatelství PA ČR, 2003. 175 str. ISBN 80-7251-126-2.

### **Internet**

- [13] Hasičský záchranný sbor Moravskoslezského kraje - Mimořádná událost, krizová situace  
URL: <<http://www.hzsmsk.cz/index.php?a=cat.70>> [cit. 6.3. 2009].
- [14] BABINEC, F., Management rizika  
URL: <<http://www.math.slu.cz/studmat/AnalyzaRizik/AnalyzaRizik-1.pdf>>  
[cit. 16.3. 2009].
- [15] SOUDNÁ, K., Analýza rizik v havarijním plánování  
URL: <[www.hzsmsk.cz/sklad/kraoo/publikace/IOO\\_Analyza\\_rizika\\_HP.doc](http://www.hzsmsk.cz/sklad/kraoo/publikace/IOO_Analyza_rizika_HP.doc)>  
[cit. 21.3. 2009].
- [16] Postup a metody analýzy rizik  
URL:<<http://www.businessinfo.cz/cz/clanek/rizeni-rizik/postup-a-metody-analyzy-rizik/1001617/42741/>> [cit. 22.3. 2009].
- [17] Roční zpráva o stavu požární ochrany v kraji a o činnosti a hospodaření HZS Pardubického kraje 2005  
URL: <<https://www.pardubickykraj.cz/viewDocument.asp?document=5150>>  
[cit. 26.3. 2009].
- [18] Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky  
URL: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2006/sb025-06.pdf>>  
[cit. 27.3. 2009].
- [19] Označování a zacházení s nebezpečnými chemikáliemi  
URL: <[http://www.labo.cz/mft/chemikalie\\_neb.htm](http://www.labo.cz/mft/chemikalie_neb.htm)> [cit. 27.3. 2009].

- [20] PRONTOGAS spol. s. r. o.  
URL: <<http://www.prontogas.cz/>> [cit. 30.3. 2009].
- [21] Čerpací stanice LPG  
URL: <[http://www.lpg.cz/cerpaci\\_st/cerpacky2007.php/](http://www.lpg.cz/cerpaci_st/cerpacky2007.php/)> [cit. 30.3. 2009].
- [22] Středočeský kraj: Krizové řízení  
URL: <<http://www.kr-stredocesky.cz/portal/instituce/krizove-rizeni/>>  
[cit. 3.4. 2009].
- [23] CHUDOBA, J., Hodnocení přesnosti výsledků z metody FMECA  
URL: <<http://www.statspol.cz/request/request2006/prezentace/chudoba.pdf>>  
[cit. 5.4. 2009].
- [24] Pardubický kraj  
URL: <<http://www.pardubickykraj.cz/index.asp?thema=2670&category=>>>  
[cit. 9.4. 2009].
- [25] Přehled metodik pro analýzu rizik, MVCR Generální ředitelství HZS ČR 2004  
URL: <<http://web.mvcr.cz/archiv2008/hasici/planovani/metodiky/mzprakp.pdf>>  
[cit. 13.4. 2009].

### **Ostatní**

- [26] Usnesení BRS č. 295 ze dne 14. května 2002
- [27] Havarijní plán Pardubického kraje



# Seznam příloh

## Příloha A

1 den	1	0,99999999	5 let	1 826	5,4765E-04	50.000 let	18 262 000	5,4765E-08
2 dny	2	5,0000E-01	7 let	2 557	3,9108E-04	70.000 let	25 268 000	3,9108E-08
3 dny	3	3,3300E-01	10 let	3 650	2,7397E-04	100.000 let	36 625 000	2,7397E-08
4 dny	4	2,5000E-01	20 let	7 305	1,3689E-04	150.000 let	54 788 000	1,8252E-08
5 dní	5	2,0000E-01	30 let	10 957	9,1266E-05	200.000 let	73 050 000	1,3689E-08
6 dní	6	1,6667E-01	50 let	18 262	5,4765E-05	500.000 let	182 620 000	5,4765E-09
Týden	7	1,4285E-01	70 let	25 268	3,9108E-05	700.000 let	252 680 000	3,9108E-09
10 dní	10	1,0000E-01	100 let	36 625	2,7397E-05	1mil. let	366 250 000	2,7397E-09
14 dní	14	7,1430E-02	150 let	54 788	1,8252E-05	1,5 mil let	547 880 000	1,8252E-09
3 týdny	21	4,7610E-02	200 let	73 050	1,3689E-05	2 mil let	730 500 000	1,3689E-09
4 týdny	28	3,5710E-02	300 let	109 570	9,1266E-06	3 mil let	1 095 700 000	9,1266E-09
2 měs.	61	1,6393E-02	500 let	182 620	5,4765E-06	5 mil let	1 826 200 000	5,4765E-10
¼ roku	91	1,0989E-02	700 let	252 680	3,9108E-06	7 mil let	2 526 800 000	3,9108E-10
5 měs.	152	6,5789E-03	1.000 let	366 250	2,7397E-06	10 mil let	3 662 500 000	2,7397E-10
½ roku	183	5,4645E-03	1.500 let	547 880	1,8252E-06	15 mil let	5 478 800 000	1,8252E-10
7 měs.	212	4,7170E-03	2.000 let	730 500	1,3689E-06	20 mil let	7 305 000 000	1,3689E-10
8 měs.	243	4,1152E-03	3.000 let	1 095 700	9,1266E-06	30 mil let	10 957 000 000	9,1266E-10
9 měs.	273	3,6630E-03	5.000 let	1 826 200	5,4765E-07	50 mil let	18 262 000 000	5,4765E-11
10 měs.	303	3,3003E-03	7.000 let	2 526 800	3,9108E-07	70 mil let	25 268 000 000	3,9108E-11
11 měs.	334	2,9940E-03	10.000 let	3 662 500	2,7397E-07	100 mil let	36 625 000 000	2,7397E-11
Rok	365	2,7397E-03	15.000 let	5 478 800	1,8252E-07	150 mil let	54 788 000 000	1,8252E-11
rok a ½	548	1,8248E-03	20.000 let	7 305 000	1,3689E-07	200 mil let	73 050 000 000	1,3689E-11
2 roky	730	1,3699E-03	30.000 let	0 957 000	9,1266E-07			

## Příloha B

### Havarijní plán Pardubického kraje

#### A2-4-VM Technologické havárie – požáry, exploze a destrukce (operativní karta)

Zdroj ohrožení		Adresa objektu		Vlastník	Statutární zástupce
Havárie - požár, exploze, destrukce		PRONTO GAS spol. s.r.o. Hradecká 173, Vysoké Mýto		PRONTO GAS spol. s.r.o.	Ing. Pavel Kumecký
Spojení		Do objektu 777 284 078		Kontaktní osoba Ing. Pavel Kumecký	
Ohrožující látka	Množství	Účinek		Další údaje: Zkapalněný extrémně hořlavý bezbarvý plyn	
Propan-Butan	115 t	Rozsáhlý požár provázející exploze, destrukce zařízení			
Rozsah ohrožení	Zaměstnanci	Obyvatelstvo	Zóna ohrožení	Jiné důsledky	
	4	3000	400 m 50 ha	Davový šok skupiny lidí vyvolaný strachem před možným ohrožením života, chaotické neracionální chování	

Ohrožené subjekty	Název objektu	Adresa	Počet osob ve špičce	Časový interval špičky	Spojení
Tyršova veřejná plovárna	Tyršova veřejná plovárna	U Plovárny 328, Vysoké Mýto	1 700	Směnný provoz	737 820 579 465 420 498
Část areálu KAROSA a.s.	KAROSA a.s.	Dobrovského 74/II, Vysoké Mýto	300	Směnný provoz	465 451 111
V okolí ohrožena především obytná zástavba (rodinné domky)					

Opatření		Provádí
<ul style="list-style-type: none"> <li>výjezd jednotek požární ochrany a složek IZS</li> <li>zjištění rozsahu, potřebných sil a prostředků, zajištění týlu</li> <li>svolání Krizového štábu HZS Pardubického kraje</li> <li>svolání Krizového štábu určené obce Vysoké Mýto – příslušného orgánu krizového řízení</li> <li>svolání Krizového štábu Pardubického kraje - příslušného orgánu krizového řízení</li> </ul>		KOPIS HZS Pk velitel zásahu řídicí důstojník starosta určené obce Vysoké Mýto (řídicí důstojník) hejtman kraje
<b>Uzavírka komunikací:</b>	Nutná uzavěra komunikací v okolí ČS LPG, popř. odklon dopravy na silnici I. tř. č. 35	Policie ČR Městská policie
<b>Informování obyvatelstva:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>využití vozidel s hlasovou signalizací</li> <li>regionálními médii</li> </ul>	Krizový štáb určené obce Vysoké Mýto, (tiskový mluvčí) HZS Pk Policie ČR Městská policie



<b>Varování</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aktivace JSVV – Vysoké Mýto, budova MěÚ - spuštění signálu „Všeobecná výstraha“ pro varování obyvatelstva</li> </ul>	<p>KOPIS HZS Pk (v případě hrozby z prodlení z času)</p> <p>Krizový štáb určené obce Vysoké Mýto</p>
<b>Evakuace</b>	<p>Evakuace osob z přilehlých objektů a ulic v zóně ohrožení 400 m</p>	<p>Policie ČR</p> <p>Městská policie</p> <p>Jednotky požární ochrany</p> <p>Krizový štáb určené obce Vysoké Mýto</p>
<b>Spolupracující složky IZS:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• první pomoc postiženým, převoz do nemocnice, zajištění zdravotní péče (traumatologický plán)</li> <li>• zajištění objektů proti rabování, zajištění pořádku a bezpečnosti</li> </ul>	<p>Územní střediska zdravotnické záchranné služby</p> <p>Policie ČR</p> <p>Městská policie</p>
<b>Ostatní složky:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• odpojení elektrické energie</li> <li>• odpojení rozvodů plynu</li> <li>• odstranění následků požáru, destrukce</li> <li>• odvoz zemřelých osob</li> <li>• posouzení stupně poškození budov a stanovení opatření k zajištění bezpečného provozu</li> </ul>	<p>Východočeská energetika a.s.</p> <p>Východočeská plynárenská a.s.</p> <p>firma PRONTO GAS, havarijní služby</p> <p>pohřební služba</p> <p>statik</p>

# Operativní karta " Technologické havárie - požáry, exploze, destrukce"

## PRONTO GAS spol. s r. o., Vysoké Mýto



### Legenda:

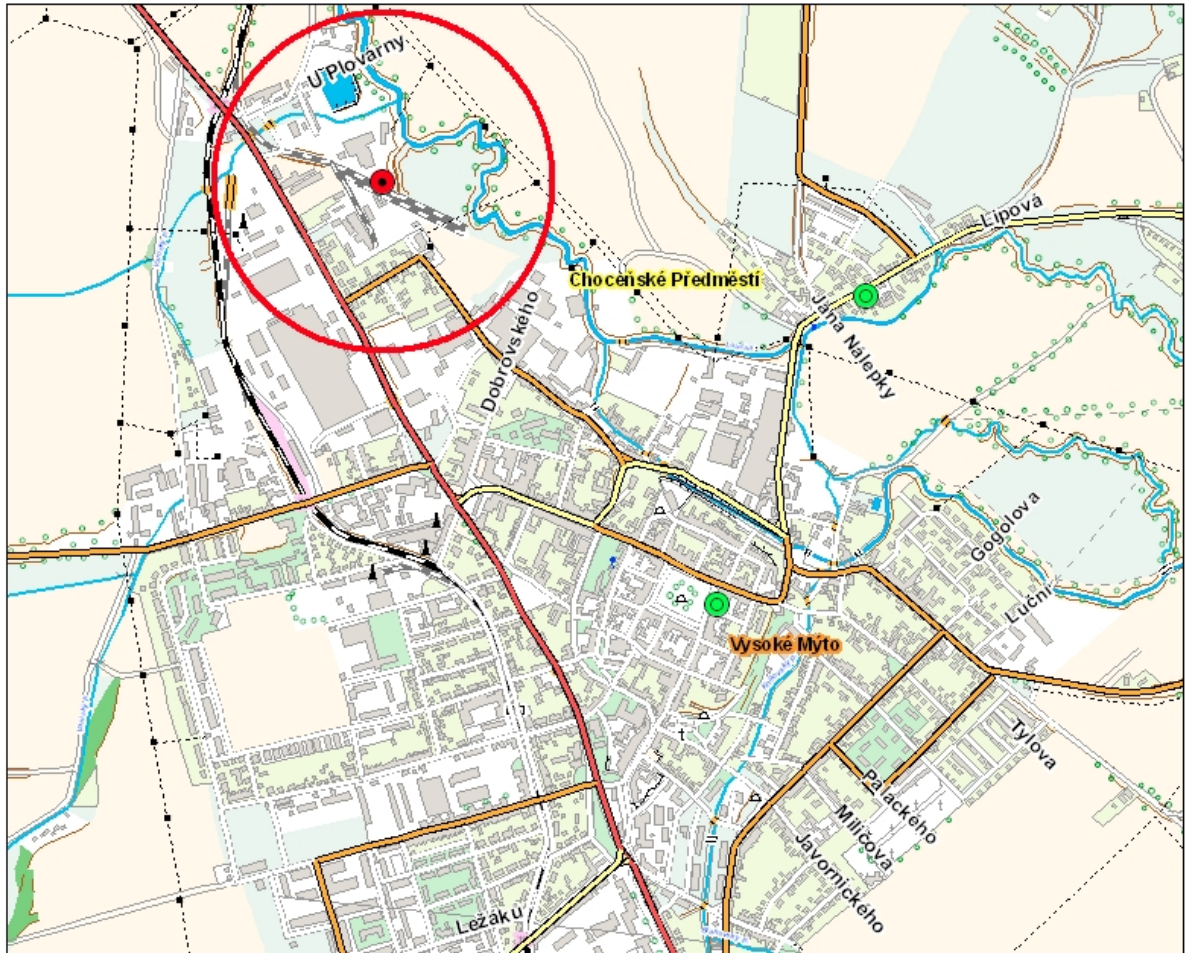
-  Ohrožující objekt
-  Zóna ohrožení








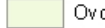

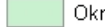

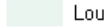





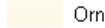

Zpracoval:  
por. Petr Kroulík  
HZS Pardubického kraje, červen, 2008  
Územní odbor Ústí nad Orlicí  
Použitý software: ArcGIS 9.2  
Použitá data: ZABAGE D@ČU.ZK Praha  
©GE ODIS Brno, spol. s r. o.  
Souřadnicový systém: WGS1984-UTM

# Operativní karta " Technologické havárie - požáry, exploze, destrukce"

## PRONTO GAS spol. s r. o., Vysoké Mýto



### Legenda:

- |   |   |
|---|---|
|  Ohrožující objekt   |  Železniční trať                     |
|  Zóna ohrožení       |  Budova - blok budov                 |
|  Rotační siréna      |  Ovocný sad, zahrada                 |
|  Elektronická siréna |  Okrasná zahrada, park               |
|  Silnice 1. tř.      |  Louka, pastvina                     |
|  Silnice 2. tř.      |  Lesní půda s křovinatým porostem    |
|  Silnice 3. tř.      |  Lesní půda se stromy                |
|  Vodní tok           |  Orná půda a ostatní neurčená plocha |
|  Vodní plocha        |   |



Zpracoval:  
por. Petr Kroulík  
HZS Pardubického kraje, červen, 2008  
Územní odbor Ústí nad Orlicí  
Použitý software: ArcGIS 9.2  
Použitá data: ZABAGE DČÚZK Praha  
©GE ODIS Bmo, spol. s r. o.  
Souřadnicový systém: WGS1984-UTM