

Analýza rizik a havarijní plánování v podniku Barum Continental spol. s.r.o.

Risk analysis and emergency planning at Barum Continental spol
s.r.o.

Bc. Petr Veselý

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

*** nescannované zadání str. 1 ***

*** nescannované zadání str. 2 ***

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá legislativními požadavky na analýzy rizik v průmyslových podnicích, zpracovává jejich metody. Jako podporu analýz a havarijních plánů zpracovává přehled metod na modelování dopadů havárií. Na praktickém případě aplikuje vybrané analýzy s podporu modelu dopadů rozsáhlého požáru ve skladu pneumatik pomocí software Terex.

Klíčová slova: průmyslové havárie, legislativa, analýza rizik, havarijní plánování, modelování požáru, modelování zplodin hoření, Terex.

ABSTRACT

This thesis deals with the legislative requirements for risk analysis in industry, processes their methods. As a supporting of analysis and emergency plan dealing out an overview of methods to model the impact of accidents. The practical part applying the selected analysis model to support large-scale effects of fire in the tire store software by Terex.

Keywords: industrial accidents, legislation, risk analysis, emergency planning, fire modeling, combustion modeling, Terex ..

Poděkování, motto

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Martinu Hromadovi, za jeho podporu, rady, ochotu a čas věnovaný konzultacím. Ing. et. Ing. Eriku Královi za věcné připomínky k práci, vedení diplomové práce a vstřícný přístup.

Ing. Zdeňku Valasovi. z firmy Barum Continental spol s.r.o. za ochotu k diskuzi o práci, děkuji za nabídku se tímto tématem zabývat a za poskytnutí podkladů.

Bronislavu Sehnalovi za věcné připomínky k požární ochraně ve společnosti. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Janu Pavlíčkovi za možnost vypracovat práci pro společnost BACO.

Děkuji také Ing. Dušanu Fojtů za pomoc s přepočtem fyzikálních veličin.

Rovněž patří můj dík rodině za podporu při studiu a tvorbu potřebného zázemí.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ROZSÁHLÉ PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE V MINULOSTI	11
1.1 BHOPAL (INDIE) 1984.....	11
1.2 ENSCHEDE (NIZOZEMÍ) 2000.....	11
1.3 FLIXBOROUGH (VELKÁ BRITÁNIE) 1974.....	12
1.4 UHERSKÝ BROD 2007	13
2 LEGISLATIVA OŠETŘUJÍCÍ PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE	14
2.1 SVĚT A EVROPA.....	16
2.2 ČESKÁ REPUBLIKA.....	16
2.2.1 Závažné průmyslové havárie způsobené vybranými chemickými látkami a chemickými přípravky	17
2.2.1.1 Zákon 59/2006 o prevenci závažných havárií způsobených vybranými chemickými látkami a chemickými přípravky	18
2.2.2 Požární ochrana	23
2.2.2.1 Zákon 133/1985 Sb. O požární ochraně	23
2.2.2.2 Dělení provozovaných činností podle míry nebezpečí.	23
2.2.3 Krizové řízení.....	30
2.2.3.1 Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému.	30
2.2.3.2 Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a jeho novela 430/2010.....	33
2.2.4 Přeprava nebezpečných látek.	35
2.2.5 Skladování pneumatik	35
3 METODY HODNOCENÍ A ŘÍZENÍ RIZIKA	36
3.1 ZÁKLADNÍ POJMY	37
3.1.1 Názvosloví.....	38
3.2 PŘEHLED ZÁKLADNÍCH METOD ANALÝZY RIZIK.....	42
3.2.1 Popis jednotlivých metod	46
3.2.2 ETA Event Tree Analysis (analýza stromu událostí - kvantitativní)	46
3.2.3 FTA Fault Tree Analysis (analýza stromu poruch - kvantitativní)	49
3.2.4 Index požáru a výbuchu (Dow's Fire and Explosion Index)	51
3.3 SYSTEMATICKÉ METODY IDENTIFIKACE	55
3.3.1 Metoda HAZOP (Hazard and operability study).....	55
II PRAKTICKÁ ČÁST	58
4 BARUM CONTINENTAL S.R.O.	59
4.1 TECHNOLOGIE VÝROBY PNEUMATIK.....	59
4.2 TECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY SKLADU SO180.....	60
4.2.1 Stručný popis výroby.....	60
4.2.2 Požárně technická charakteristika surovin	60
4.2.3 Požární začlenění objektu	61

4.2.4	Technické prostředky požární ochrany ve skladu SO180	62
4.3	ORGANIZAČNÍ OPATŘENÍ OCHRANY SKLADU	63
4.3.1	Analýza možností vzniku požáru v SO180	64
4.3.1.1	Bezpečnostní prohlídka. Safety review	64
4.3.1.2	FTA Fault Tree Analysis (analýza stromu poruch).....	65
4.3.1.3	ETA Event Tree Analysis (analýza stromu událostí).....	66
4.4	POŽÁRNÍ RIZIKA	67
4.4.1	Zplodiny z hoření pneumatik	68
4.4.2	Experiment hoření pneumatik	70
5	MODELOVÁNÍ POŽÁRU A ZPLODIN HOŘENÍ	76
5.1	POŽÁRNÍ ODOLNOST STAVEB	76
5.1.1	Modely požáru.....	77
5.1.2	Zkušenost z praxe hašení pneumatik.....	78
5.1.3	Modely šíření plynu v atmosféře, modely rozptylu.....	78
5.1.3.1	Model rozptylu těžkého plynu	82
5.2	MODELOVÁNÍ POŽÁRU SO 180.....	83
5.2.1	Softwarové nástroje toxických dopadů	83
5.2.2	Terex	83
5.2.2.1	Převod údajů pro TEREX	84
5.2.2.2	Klimatická situace.....	85
6	MODEL V TEREXU	88
6.1	HOŘENÍ JEDNOHO POŽÁRNÍHO ÚSEKU.....	88
6.2	ROZSÁHLÝ POŽÁR	91
6.3	EXTRÉMNÍ SITUACE	93
7	DOPADY HAVÁRIE	95
7.1	DOPADY NA PODNIK	95
7.1.1	Doporučená zlepšení	95
7.2	DOPADY NA OKOLÍ	96
	ZÁVĚR	98
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	99
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	99
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	102
	SEZNAM OBRÁZKŮ	103
	SEZNAM TABULEK.....	105

ÚVOD

Průmyslové havárie provázejí lidstvo již od průmyslové revoluce. Lidé používají a snaží se spoutat stále větší množství energií (pára, ropné produkty, energie štěpení jader) a s rozvojem nejrůznějších odvětví průmyslu: chemického, farmaceutického, výroby a zpracování plastů, výroby umělých hnojiv se používají také stále nebezpečnější látky (dioxiny, karcinogeny, toxiny), které mohou svými toxickými, výbušnými a hořlavými vlastnostmi ohrozit zdraví lidí, zvířat a vážně poškodit životní prostředí. Vypadá to, že tento trend bude dále narůstat. Vývojem a aplikací nových technologií roste i náročnost technologických podmínek a zvyšují se také nároky na člověka samotného. Spolu se vzrůstající produkcí energií a nebezpečných chemických látek, dochází k znečištění životního prostředí a narůstá také riziko závažné průmyslové havárie. Riziko je v tomto kontextu chápáno jako součin pravděpodobnosti vzniku závažné havárie a jejich následků. Je proto nutné působit stále vyšší tlak na vedoucí činitele průmyslu, směřující k zabezpečení výrobních prostředků. A to nejen technickými prostředky, ale také prostředky organizačními.

První průmyslové havárie byly spojeny s výbuchy parních kotlů, při kterých docházelo k rozsáhlým požárům přinášejícím lidské oběti, zranění, škody na majetku a v neposlední řadě také škody na životním prostředí. S rozvojem chemického průmyslu, který byl rychlejší než rozvoj technické a organizační bezpečnosti, docházelo k rozsáhlým únikům nebezpečných látek (Bhopal, Seveso). Tlak veřejnosti na Kapitány průmyslu, vyústil v řadu legislativních úprav. Tyto úpravy nařizovaly průmyslníkům dodržovat určitá bezpečnostní pravidla pod pohrůzkou finančních sankcí. Bezpečnostní průmysl začal mít pro továrníky a majitelé průmyslových korporací smysl a opodstatnění. Bezpečnostní inženýrství prodělalo ve svém vývoji několik pozorovatelných etap. Etapa okrajového zájmu o bezpečnost, etapa zvýšeného zájmu o bezpečnost a soudobá etapa ekonomicky přijatelné bezpečnosti. Na poli analýz rizik a modelování dopadů průmyslových havárií se stále vyvíjí a zdokonaluje řada prostředků, usnadňující novodobím krizovým manažerům práci a zrychlující jejich rozhodování. Podpora software prostředků bude nasazována stále masivněji a měla by zajistit bezpečnější budoucnost. Některé z metod a prostředků uvádím v práci a ostatní je možné nastudovat z odkazu v použité literatuře.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ROZSÁHLÉ PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE V MINULOSTI

1.1 Bhopal (Indie) 1984

Union Carbide postavila v Bhopálu velkou chemičku na výrobu jedovatých pesticidů. Např. na chlazení ušetřila denně asi 50 USD. Ze stejných důvodů měla vypnutý i systém výstrahy. Osudnou noc uniklo více než 40 t prudce jedovatého metylizokyanátu, dále unikl kyanovodík, tetrachlorethylén, chloroform, těžké kovy ad. Mnozí lidé se udusili v postelích, mnozí další na útěku v ulicích. Onu strašnou noc na následky havárie v Bhopálu zemřelo asi 8 000 lidí. Dalších 12 000 lidí na následky katastrofy zemřelo v uplynulých 26 letech. Na zdraví je postiženo dalších asi 500 000 lidí, dnes už tří generací. Union Carbide po té ukončila činnost v Bhopálu a areál své chemičky zamořený četnými jedy ponechala osudu. I když tehdy byla havarijní legislativa v počátcích, šlo o postup v USA nemyslitelný. Zbavit se odpovědnosti zkusila i fúzí s chemičkou Dow Chemicals, dnes druhou největší chemičkou na světě s majetkem 30 mld. USD.

1.2 Enschede (Nizozemí) 2000

Během slunečného sobotního odpoledne 13. května 2000 byl v 15 hodin na dispečink hasičů v nizozemském Enschede nahlášen požár na pozemku firmy S. E. Fireworks (továrna na výrobu zábavní pyrotechniky), v sousedství pivovaru Grolsch. Do 16 hodin následovalo několik výbuchů, které vlivem tlakové vlny a požáru, který vznikl také v sousedním pivovaru, zdevastovaly prostor o rozloze asi 5 čtverečních kilometrů. Mrak dýmu byl vidět na vzdálenost 60 kilometrů. Kvůli akutnímu nebezpečí výbuchu zásobníku amoniaku v pivovaru Grolsch bylo nutno vydat příkaz k okamžitému opuštění postiženého prostoru. Celkové počty obětí, zraněných a vyčíslené škody byly následující:

22 mrtvých (včetně 4 hasičů), přes 900 raněných (mnozí těžce), asi 500 zničených a neobyvatelných bytů asi 1 500 poškozených domů 60 zničených podniků 400 podnikatelů a umělců ztratilo existenci, 4 163 osob přišlo o majetek a mnoho lidí utrpělo psychické škody.

V místě neštěstí byl velký počet lehce raněných s řeznými ranami nebo odřeninami a pouze malý počet těžce raněných. Druhá a další ambulance byly po příjezdu raněnými obklopeny jako magnet a zahlceny žádostmi o pomoc. Vzhledem k velké rozloze místa neštěstí se lidé rozprchli na všechny strany. Ačkoli bylo určeno pět oficiálních záchranných míst, byli zranění vyhledáváni záchranáři a ošetřováni mimo oficiální stanoviště. Záchranáři byli v Enschede nuceni řešit hromadné neštěstí. Při likvidaci jeho následků s nizozemskou záchrannou službou a sbory spolupracovaly také německé záchranné služby a sbory, užívající odlišných záchranných systémů. Od poloviny 70. let funguje v Nizozemí promyšlený přístup k řešení katastrof - nejprve šlo o krizové plány, později o zákon o katastrofách (1985). Ten byl v roce 1987 rozšířen i o problematiku těžkých úrazů a následné péče po katastrofě (Wet Rampen En Zware Ongevallen - WRZO). Tento zákon spolu se zákonem o zdravotní pomoci při katastrofách (Wet Geeneskundige hulpverlening bij rampen) tvoří v Nizozemí základ krizového řízení a organizace péče o těžce poraněné.

1.3 Flixborough (Velká Británie) 1974

V praxi je nejznámější průmyslovou havárií s domino efektem havárie ve Flixborough (Velká Británie). K havárii došlo v roce 1974 v továrně na nylonová vlákna v důsledku nevhodně konstrukčně a materiálově řešeného potrubního obtoku reaktoru, odstaveného z důvodu netěsnosti. Toto obtokové potrubí prasklo a uniklo přibližně 30 tun cyklohexanu, následoval silný výbuch odpovídající výbuchu stejného množství TNT a velký požár. Následky: 28 smrtelných úrazů, 36 zraněných, zničený provoz, 1 821 domů a 167 dalších objektů bylo poškozeno, materiální škody byly vyhodnoceny na 140 miliónů dolarů.

Průmyslové podniky spadající pod dikci zákona o prevenci závažných havárií mají povinnost v rámci analýzy rizika hodnotit možnost vzniku domino efektu na vlastních zařízeních. Na rozsáhlejších územích je toto hodnocení v kompetenci krajských úřadů. Předmětem zájmů je posouzení účinků tlakové vlny, tepelné radiace a letících úlomků při průmyslové havárii na okolní objekty / zařízení s nebezpečnou chemickou látkou nebo chemickým přípravkem, které mohou iniciovat nebo rozvinout další sekundární

průmyslovou havárii (např. toxický únik z blízkého zásobníku, požár sousedního skladu tlakových láhví apod.). Proces lze ilustrovat následujícím obrázkem.

1.4 Uherský brod 2007

Největší požár ve Zlínském kraji za poslední desetiletí byl požár skladu starých pneumatik firmy Kovosteel v Uherském Brodě. Hořelo zde deset tisíc tun pneumatik na ploše 150 x 150 m. Zásahu se účastnilo na 300 hasičů a Armáda ČR. Zásah trval 72 hodin a bylo při něm spotřebováno 9 000 000 litrů vody a 6700 litrů pěnidla. Celková škoda dosáhla 30 000 000 korun.

Hlavními negativními vlivy na zásah byl relativně silný vítr 5 – 7 m/s a nedostatečné zásobování areálu požární vodou. Obydlená oblast nebyla přímo zasažena a to díky příznivému směru větru.

2 LEGISLATIVA OŠETŘUJÍCÍ PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE

Popud k zavedení legislativy ošetřující závažné průmyslové havárie, přišel po havárii v italském Sevesu, kde v roce 1976 uniklo 20 kilogramů velmi toxického dioxinu. Událostí se spustil v tehdejší Evropském Společenství legislativní proces, který vyústil v sepsání tzv. **Seveso direktivy 82/501/EEC** a její novely **Seveso 96/82/EC** známé pod názvem **Seveso II**. Direktiva je zaměřena na prevenci rozsáhlých nehod zahrnujících nebezpečné látky. Byl to významný krok pro rozvoj aktivního přístupu k zajištění bezpečnosti při nakládání s nebezpečnými látkami. Během osmdesátých a devadesátých let se z prevence závažných havárií vyvinul samostatný vědní a technický obor.

Základní teze této směrnice:

- Nejlepší politikou je prevence možných nehod přímo u zdroje (technický pokrok je potřeba řídit s ohledem na nutnou ochranu životního prostředí)
- Požadavky na bezpečnost je třeba integrovat ve všech stádiích vzniku a technického života zařízení (vývoji, projekci, konstrukci, provozu, intenzifikaci i po ukončení životnosti, tj. při likvidaci)
- U nebezpečných průmyslových činností je potřeba věnovat pozornost ochraně veřejnosti a životního prostředí
- Provozovatel je povinen učinit veškerá opatření pro předcházení nehodám
- Provozovatel je povinen poskytnout kompetentním orgánům podrobné informace o látkách, procesu a zařízeních a o krocích směřujících ke snížení rizika a následků
- Všechny osoby mimo objekt musí být vhodným způsobem informovány o bezpečnostních opatřeních v případě závažné havárie
- Členské státy musejí předávat komisi ES informace o závažných nehodách, neomezuje se právo členských států přijímat opatření zajišťující vyšší stupeň ochrany člověka a životního prostředí
- Komise poskytne členským státům souhrnné informace o závažných nehodách,
- Členské státy musí sdělit ustanovení přijatá v rámci národní legislativy pro tuto oblast [16]

Časem se ukázalo, že řada bodů nebyla dostatečně řešena a situace si vyžádala přijetí nové, směrnice. Tato potřeba vyplynula zejména ze zkušeností získaných implementací direktivy

SEVESO I a dále z havárií, které se staly v období po jejím přijetí. Byla proto přijata nová směrnice 96/82/EC, která bývá označována jako direktiva SEVESO II

Směrnice SEVESO II přinesla tyto hlavní změny

- Rozsah působnosti byl rozšířen a zjednodušen – je odkazováno na přítomnost nebezpečných látek v podniku – množství překračující určité prahové hodnoty (SEVESO I poukazovala pouze buď na látky ve spojení s určitými průmyslovými činnostmi, nebo na oddělené skladování látek)
- Opakovaně stanovuje opatření, která musí přijmout provozovatelé podniků, aby předešli závažným haváriím a omezili jejich následky, a nově bylo zahrnuto ustanovení o „přístupu k prevenci závažných havárií“. (Záměrem je zdůraznit závazek provozovatelů podniků ve smyslu zavedení systémů řízení bezpečnosti jako nejdůležitějšího prvku k dosažení vysoké úrovně ochrany z hlediska prevence závažných havárií.)
- Zvýšený důraz na opatření pro minimalizaci dopadů závažných havárií na životní prostředí včetně havarijního plánování a územního plánování, identifikaci možných domino efektů, informování veřejnosti tam, kde je to přiměřené, včetně sousedních států. (viz „UN ECE's Convention on the Transboundary Effects of Industrial Accidents“ = Úmluva o účincích průmyslových havárií překračujících hranice států, také zvaná Helsinská úmluva, podepsána 17. 3. 1992)
- Podrobné stanovení povinností pověřených úřadů ve vztahu k hodnocení bezpečnostních zpráv (čl. 9.4) a zvláště ve vztahu k ustavení systému inspekcí nebo jiných kontrolních opatření, která jsou definovaná podrobně v článku 18 směrnice
- Další právní úpravou, kterou si vyžádaly okolnosti, byla směrnice č. 2003/105/ES. Ta upravila směrnici SEVESO II tak, že zahrnula do oblasti řešené direktivou SEVESO II také těžební činnosti, skladování odpadů, a také rozšířila tuto směrnici o nové poznatky z toxikologie karcinogenních látek. Potřeba zakomponovat tyto úpravy do společné evropské legislativy vyplynuly zejména ze zkušeností, které odhalily havárie v Aznalcollár (Španělsko, 1998), v Baia Mare (Rumunsko, 1999), v Enschede (Holandsko, 2000), či v Toulouse (Francie, 2001) [16]

2.1 Svět a Evropa

- Direktiva 82/501/EEC – SEVESO „On the major-accident hazards of certain industrial activities“
- Novelizovaná direktiva 96/82/EC - SEVESO II „On the control of major-accident hazards involving dangerous substances“
- OSHA 1910.119 - „Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals“
„Primární pozornost je potřeba věnovat nebezpečným látkám, jejich seznam je průběžně doplňován.“
- EN 30011 -1,2,3 Guide to quality systems auditing, Auditing, Qualification criteria for auditors, Monitoring an audit programme
„Složité procesy je potřeba prověřovat z hlediska bezpečnosti, při jakékoli změně v procesu, je zapotřebí prověřit celek.“
- European Standard prEN 1050 : „Safety of Machinery - Principles for Risk Assessment“
- EN 60204-1 : 1992 Safety of Machinery Electrical equipment of machines- General requirements.

2.2 Česká republika

V následujících řádcích uvádím výběr z legislativy platné v České republice, týkající se závažných průmyslových havárií a to hlavně vzhledem k právnickým osobám a podnikajícím fyzickým osobám. Jedná se o krácené znění zákona, nebo jeho plnou citaci. Jednotlivé zákony jsem rozdělil do **pěti oddílů**.

- **Závažné průmyslové havárie způsobené vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky**
- **Požární ochrana**
- **Krizové řízení**
- **Přeprava nebezpečných látek**
- **Skladování pneumatik**

2.2.1 Závažné průmyslové havárie způsobené vybranými chemickými látkami a chemickými přípravky

Před vstupem České republiky do EU u nás existoval v podstatě jediný předpis, který danou problematiku řešil. Tímto předpisem byla instrukce ministerstva obrany CO-51-5 z roku 1981, která jako jediná stanovovala povinnosti na úseku havarijní připravenosti. Ačkoli se jednalo o instrukci určenou pro složky civilní ochrany, aplikována byla i na průmyslové podniky. Obsahovala celkem dvanáct hlavních průmyslových toxických látek uvedených v tomto pořadí: chlor, amoniak, kyanovodík, formaldehyd, fosgen, sirovodík, sirouhlík, oxid siřičitý, fluorovodík, chlorovodík, chlorid fosforitý, nitrozní plyny. Pomůcka obsahovala mimo jiné požadavky na havarijní plán objektu, kde byla specifikována obecná a grafická část plánu, poplachové směrnice, plán vyrozumění a spojení a plán havarijních prací.

V polovině 90 let 20. století, tedy dlouho před vstupem ČR do EU, však byl zahájen proces přibližování národní legislativy s právem Evropského společenství, který pro oblast prevence závažných havárií. [17]

- **Převzetím Seveso direktivy 82/501/EEC** u nás vzniká **zákon č. 353/1999 Sb.** o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky
- Od 1. června 2006 vstoupil v platnost nový **zákon o prevenci závažných havárií (zákon č. 59/2006 Sb.)**, který zahrnuje aktuální změny z příslušné legislativy EU (č. 2003/105/ES) a ruší tím platnost zákona č. 353/1999 Sb.

K zákonu č. 59/2006 Sb. platí od 1. 6. 2006 tři novelizované prováděcí předpisy:

- Nařízení vlády č. 254/2006 Sb., *o kontrole nebezpečných látek*
- Vyhláška č. 255/2006 Sb., *o rozsahu a způsobu zpracování hlášení o závažné havárii a konečné zprávy o vzniku a dopadech závažné havárie*
- Vyhláška č. 256/2006 Sb., *o podrobnostech systému prevence závažných havárií*
- Vyhláška č. 8/2000 MŽP *zásady hodnocení rizik závažné havárie*
- Dalším ze základních zákonů, týkajících se prevence závažných rizik je **zákoník práce (zákon č. 262/2006 sb.)** „
- zákon ČNR č. 244/1992 Sb. "*O posuzování vlivu na životní prostředí*", který upravuje posuzování vlivů připravovaných staveb na životní prostředí

- Zákon č. **93/2004 Sb.**, kterým se mění zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí). **Ten ošetřuje hodnocení rizik havárií již v projekční části výstavby.**
- Zákon č. **76/2002 Sb.**, o integrované prevenci a omezování znečišťování (IPPC), Zastřešuje ochranu životního prostředí. U nás se týká asi 1000 podniků
- Zákon č. **254/2001 Sb.**, o vodách (**vodní zákon**), ve znění zákona č. 20/2004 Sb. (únik hasební vody do okolních vod)
- **ZÁKON č. 17/1992 Sb. o životním prostředí- základní zásady ochrany ŽP**

2.2.1.1 Zákon 59/2006 o prevenci závažných havárií způsobených vybranými chemickými látkami a chemickými přípravky

Podmínky zařazení objektu nebo zařízení do skupiny A nebo skupiny B

Obecná ustanovení

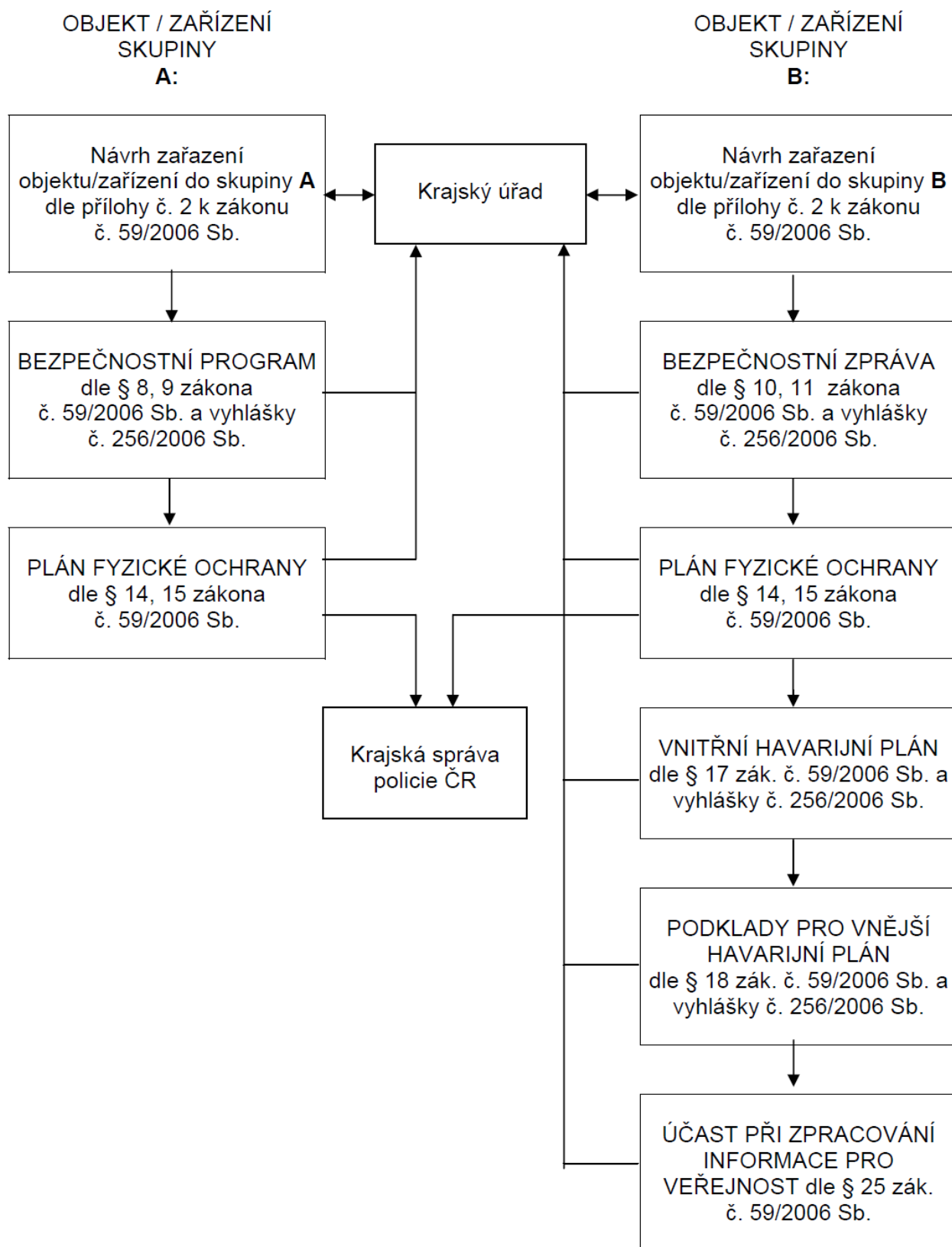
- Právnícká osoba, nebo podnikající fyzická osoba je **povinna zpracovat seznam všech nebezpečných látek umístěných v objektu**
- Navrhnout zařazení do dané skupiny. O návrhu rozhoduje krajský úřad
- Podmínkou pro zařazení objektu do jedné ze skupin: (A, B), je dosažení jistého množství skladované nebezpečné látky, či součtu hmotností více nebezpečných látek. Seznam látek a jejich limitní množství je uvedeno v příloze zákona
- Nespadá-li do výše uvedených skupin, ale na jejím území jsou alespoň 2% z limitních hodnot uvedených v příloze zákona. Je nucená skutečnost protokolárně zaznamenat a kopii zaslat krajskému úřadu
- Provozovatel ve **skupině A** je povinen zpracovat
 - Bezpečnostní program
 - Zásady prevence závažné havárie
 - Strukturu a systém řízení bezpečnosti zajišťující ochranu zdraví a životů lidí, hospodářských zvířat, životního prostředí a majetku.

- Provozovatel zasílá bezpečnostní program krajskému úřadu ke schválení. Krajský úřad jej posílá na ministerstvo životního prostředí ke schválení, dotčeným orgánům veřejné správy a dotčeným obcím. Krajský úřad na základě vyjádření ministerstva, orgánů a obcí schválí bezpečnostní program
- Provozovatel je povinen se chovat v souladu s bezpečnostním programem a seznámit s ním své zaměstnance
- Provozovatel ve **skupině B** je povinen zpracovat
 - Bezpečnostní zprávu, vnitřní havarijní plán a podklady pro vnější havarijní plán
 - Provozovatel zasílá bezpečnostní zprávu krajskému úřadu ke schválení. Krajský úřad ji posílá na ministerstvo životního prostředí ke schválení, dotčeným orgánům veřejné správy a dotčeným obcím. Krajský úřad na základě vyjádření ministerstva, orgánů a obcí schválí bezpečnostní zprávu
- Pro zpracování **bezpečnostního programu a bezpečnostní zprávy**, je provozovatel povinen provést **analýzu a hodnocení rizik závažné havárie**.

Analýza obsahuje:

1. Identifikace zdrojů nebezpečí
2. Určení možných scénářů událostí a jejich příčin, které mohou vyústit v mimořádnou událost
3. Odhad dopadů možných scénářů závažných havárií na zdraví a životy lidí, hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek
4. Odhad pravděpodobností scénářů závažných havárií
5. Stanovení míry rizika
6. Hodnocení přijatelnosti rizika vzniku závažných havárií

Ministerstvo životního prostředí stanoví způsob zpracování analýzy a hodnocení rizik závažné havárie. VYHLÁŠKA č. 256/2006 Sb.,



Obr. 1 dokumentace zpracovaná provozovatelem dle zákona 59/2006 Sb [1]

- Provozovatel je povinen sjednat pojištění odpovědnosti za škody vzniklé v důsledku závažné havárie
- Provozovatel objektu nebo zařízení, jež je zařazeno do skupiny A nebo skupiny B, je povinen zpracovat plán fyzické ochrany objektu nebo zařízení

Havarijní plánování.

- Provozovatel zařazený do skupiny B je povinen vypracovat vnitřní havarijní plán a poskytnout údaje k vypracování vnějšího havarijního plánu.
- **Vnitřní havarijní plán** obsahuje:
 - a. Jména, příjmení a funkční zařazení fyzických osob, které mají pověření provozovatele realizovat preventivní bezpečnostní opatření
 - b. Scénáře možných havárií, scénáře odezvy na možné havárie, scénáře řízení odezvy na možné havárie a matice odpovědnosti za jednotlivé fáze odezvy na možné havárie
 - c. Popis možných dopadů závažné havárie,
 - d. Popis činností nutných ke zmírnění dopadů závažné havárie,
 - e. Přehled ochranných zásahových prostředků, se kterými disponuje provozovatel
 - f. Způsob vyrozumění dotčených orgánů veřejné správy a varování osob,
 - g. Opatření pro výcvik a plán havarijních cvičení
 - h. Opatření k podpoře zmírnění dopadů závažné havárie mimo objekt a spolupráci se složkami integrovaného záchranného systému.
- **Vnější havarijní plán, podklady**
 - a. Identifikační údaje provozovatele
 - b. Jméno a příjmení fyzické osoby odpovědné za zpracování podkladů
 - c. Popis závažné havárie, která může vzniknout v objektu nebo zařízení a jejíž dopady se mohou projevit mimo objekt nebo zařízení provozovatele
 - d. Přehled možných dopadů závažné havárie na život a zdraví lidí, hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek, včetně způsobů účinné ochrany před těmito dopady

- e. Přehled preventivních bezpečnostních opatření vedoucích ke zmírnění dopadů závažné havárie
 - f. Seznam a popis technických prostředků využitelných při odstraňování následků závažné havárie, které jsou umístěny mimo objekt nebo zařízení provozovatele
 - g. Další nezbytné údaje vyžádané krajským úřadem, například podrobnější specifikaci technických prostředků na odstraňování dopadů závažné havárie, podrobnější plán únikových cest a evakuačních prostorů, a dále údaje vyžádané podle zvláštního právního předpisu
- Provozovatel je povinen zpracovat analýzu a hodnocení rizik nové budovy. A podat je krajskému úřadu
 - Provozovatel nesmí objekt užívat před nabití právní moci rozhodnutí krajského úřadu
 - Krajský úřad zajišťuje veřejné projednání návrhů bezpečnostního programu, bezpečnostní zprávy a vnějšího havarijního plánu a jejich aktualizace
 - Krajský úřad zpracovává a poskytuje informaci veřejnosti v zóně havarijního plánování o nebezpečí závažné havárie
 - Právnícká osoba nebo podnikající fyzická osoba, v jejímž objektu nebo zařízení došlo k závažné havárii, je povinna tuto skutečnost bezodkladně ohlásit příslušnému krajskému úřadu, dotčeným orgánům veřejné správy podle zvláštního právního předpisu a dotčeným obcím

Orgány státní správy

- a. Ministerstvo životního prostředí: je ústřední správní orgán úseku prevence závažných havárií.
- b. Ministerstvo vnitra: kontaktní místo, určení kraje, který zpracuje vnější havarijní plán, evidence.
- c. Český báňský úřad: kontrola správnosti zpracování bezpečnostního programu a zprávy.
- d. Česká inspekce životního prostředí: kontrola provozovatele

- e. Krajské úřady: evidence smluv o pojištění, schvaluje, eviduje návrhy na zařazení a bezpečnostní programy a zprávy, stanoví zónu havarijního plánování, zajišťuje zpracování vnějšího havarijního plánu, komunikace s ministerstvem, atd.
- f. Integrovaná Inspekce prevence závažných havárií: kontroly u provozovatelů po domluvě s Českou inspekcí životního prostředí. [3]

2.2.2 Požární ochrana

2.2.2.1 Zákon 133/1985 Sb. O požární ochraně

Účelem zákona je vytvořit podmínky pro účinnou ochranu života a zdraví občanů a majetku před požáry a pro poskytování pomoci při živelních pohromách a jiných mimořádných událostech stanovením povinností ministerstev a jiných správních úřadů, právnických a fyzických osob, postavení a působnosti orgánů státní správy a samosprávy na úseku požární ochrany, jakož i postavení a povinností jednotek požární ochrany. [2]

Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ukládá právnickým a fyzickým osobám vykonávajícím podnikatelskou činnost podle zvláštních předpisů (podnikajícím fyzickým osobám) **zabezpečovat plnění povinností**, vyplívající ze zákona o požární ochraně. A dalších předpisů týkajících se činnosti na poli požární ochrany. Tyto požadavky jsou součástí managementu a řízení podniku má uloženo neodkladně napravovat nedostatky.

Veškeré povinnosti jsou směřovány **k provozovateli činnosti**.

2.2.2.2 Dělení provozovaných činností podle míry nebezpečí.

Podle míry požární nebezpečnosti prováděné činnosti, se dělí požadavky na provozovatele těchto činností do třech kategorií.

1. **Bez zvýšeného požárního nebezpečí**
2. **Se zvýšeným požárním nebezpečím** (§ 4 odst. 2 zákona o požární ochraně)
3. **S vysokým požárním nebezpečím** (§ 4 odst. 3 zákona o požární ochraně)

1. **Se zvýšeným požárním nebezpečím** (§ 4 odst. 2 zákona o požární ochraně)

Za provozované činnosti **se zvýšeným požárním nebezpečím** se považují činnosti

- a. Při nichž se vyskytují v jednom prostoru nebo požárním úseku nebezpečné látky a přípravky, které jsou klasifikovány jako oxidující, extrémně hořlavé, vysoce hořlavé a hořlavé, v celkovém množství převyšujícím 1 000 kg těchto látek a přípravků v pevném stavu nebo 250 litrů těchto látek a přípravků v kapalném stavu
- b. Při nichž se vyskytují hořlavé nebo hoření podporující plyny v zásobnících, případně v nádobách (sudech, lahvích nebo kartuších) se součtem vnitřních objemů těchto nádob převyšujícím 100 litrů umístěných v jednom prostoru nebo požárním úseku a v případě nádob na zkapalněné uhlovodíkové plyny s celkovým množstvím možných náplní převyšujícím 60 kg umístěných v jednom prostoru nebo požárním úseku
- c. U kterých se při výrobě nebo manipulaci vyskytuje hořlavý prach nebo páry hořlavých kapalin v ovzduší nebo v zařízení v takové míře, že nelze vyloučit vznik výbušné koncentrace nebo se hořlavý prach usazuje v souvislé vrstvě nejméně 1 mm
- d. Ve výrobních provozech, ve kterých se na pracovištích s nejméně třemi zaměstnanci vyskytuje nahodilé požární zatížení 15 kg/m² a vyšší,
- e. V prostorách, ve kterých se vyskytuje nahodilé požární zatížení 120 kg/m² a vyšší
- f. Při nichž se používá otevřený oheň nebo jiné zdroje zapálení v bezprostřední přítomnosti hořlavých látek v pevném, kapalném nebo plynném stavu, kromě lokálních spotřebičů a zdrojů tepla určených k vytápění, vaření a ohřevu vody
- g. V budovách o 7 a více nadzemních podlažích nebo o výšce větší než 22,5 m, kromě bytových domů
- h. Ve stavbách pro shromažďování většího počtu osob, ve stavbách pro obchod, ve stavbách ubytovacích zařízení a ve stavbách, které jsou na základě kolaudačního rozhodnutí určeny pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace

- i. V podzemních prostorách určených pro poskytování služeb nebo obchod s nahodilým požárním zatížením 15 kg/m² a vyšším, ve kterých se může současně vyskytovat 7 a více osob
- j. U kterých nejsou běžné podmínky pro zásah

2. S vysokým požárním nebezpečím (§ 4 odst. 3 zákona o požární ochraně)

- a. Při nichž se vyskytují nebezpečné látky a přípravky, které jsou klasifikovány jako oxidující, extrémně hořlavé, vysoce hořlavé a hořlavé, v celkovém množství větším než 5 000 tun
- b. Při nichž se vyrábějí nebo plní do zásobníků, cisteren nebo nádob hořlavé kapaliny nebo hořlavé plyny anebo hoření podporující plyny s roční produkcí 5 000 tun a vyšší
- c. V provozech, ve kterých se přečerpáváním a zvyšováním tlaku zabezpečuje přeprava nebezpečných látek a přípravků v kapalném nebo plynném stavu, které jsou klasifikovány jako extrémně hořlavé, vysoce hořlavé a hořlavé v potrubí o vnitřním průměru 0,8 m a větším
- d. V budovách o 15 a více nadzemních podlažích nebo o výšce větší než 45 m,
- e. V podzemních prostorách s nahodilým požárním zatížením 15 kg/m² a vyšším, ve kterých se může současně vyskytovat více než 200 osob

Požární nebezpečnost je definována pro jednotlivé činnosti dle zákona o požární ochraně. Jednotlivé činnosti jsou v zákonu uvedeny a ty, které nejsou uvedeny, spadají do oblastí bez zvýšeného požárního nebezpečí. Podle zařazení do jednotlivých oblastí jsou zákonem stanoveny povinnosti provozovatele a odbornou způsobilost osob, zabezpečujících jednotlivé požadavky zákona.

Každá právnická a podnikající fyzická osoba, by měla před zahájením své činnosti provést zařazení svých činností do jednotlivých skupin dle § 4 odst. 2, 3, 4 zákona 133/1985 Sb.

Povinnosti právnických osob a podnikajících fyzických osob §5

Právnické osoby a podnikající fyzické osoby jsou povinny:

- a. Obstarávat a zabezpečovat v potřebném množství a druzích požární techniku, věcné prostředky požární ochrany a požárně bezpečnostní zařízení se zřetelem na požární nebezpečí provozované činnosti a udržovat je v provozuschopném stavu
- b. Vytvářet podmínky pro hašení požárů a pro záchranné práce, zejména udržovat volné příjezdové komunikace a nástupní plochy pro požární techniku, únikové cesty
- c. Označovat pracoviště a ostatní místa příslušnými bezpečnostními značkami
- d. Pravidelně kontrolovat prostřednictvím odborně způsobilé osoby (§ 11 odst. 1), dodržování předpisů o požární ochraně a neprodleně odstraňovat zjištěné závady
- e. Umožnit orgánu státního požárního dozoru provedení kontroly plnění povinností na úseku požární ochrany, poskytovat mu požadované doklady, dokumentaci a informace vztahující se k zabezpečování požární ochrany

Právnícké osoby a podnikající fyzické osoby provozující činnosti se zvýšeným požárním nebezpečím a s vysokým požárním nebezpečím jsou dále povinny §6

- a. Stanovit organizaci zabezpečení požární ochrany s ohledem na požární nebezpečí provozované činnosti,
- b. Prokazatelným způsobem stanovit a dodržovat podmínky požární bezpečnosti provozovaných činností, případně technologických postupů a zařízení, nejsou-li podmínky provozování činností a zabezpečování údržby a oprav zařízení stanoveny zvláštním právním předpisem,
- c. Zajišťovat údržbu, kontroly a opravy technických a technologických zařízení způsobem a ve lhůtách stanovených podmínkami požární bezpečnosti nebo výrobcem zařízení,
- d. Stanovit z hlediska požární bezpečnosti požadavky na odbornou kvalifikaci osob pověřených obsluhou, kontrolou, údržbou a opravami technických a technologických zařízení.
- e. Mít k dispozici požárně technické charakteristiky vyráběných, používaných, zpracovávaných nebo skladovaných látek a materiálů potřebné ke stanovení preventivních opatření k ochraně života a zdraví osob a majetku.

Podmínky požární bezpečnosti provozovaných činností podle odstavce 1 písm. b) musí odpovídat stavu vědeckých a technických poznatků známých v době jejich stanovení.[2]

Právnícké osoby a podnikající fyzické osoby, které provozují činnosti s **vysokým požárním nebezpečím**, jsou dále povinny prostřednictvím odborně způsobilé osoby (§ 11 odst. 1) zabezpečit **posouzení požárního nebezpečí** z hlediska ohrožení osob, zvířat a majetku a plnění dalších povinností na úseku požární ochrany.

Posouzení požárního nebezpečí obsahuje

§ 29 vyhlášky č. 246/2001 Sb., o **stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru** (vyhláška o požární prevenci)

a) Zajištění a zhodnocení rozhodujících vlivů z hlediska možnosti vzniku a šíření požáru, vyjádření a posouzení rizik ohrožení osob, zvířat a majetku, zhodnocení možností provedení záchranných prací a účinné likvidace požáru včetně popisu jeho možných následků

b) Stanovení systému řízení požární ochrany se zaměřením na snížení pravděpodobnosti vzniku požáru, jeho šíření a ohrožení osob, zvířat a majetku

c) Návrhy na opatření včetně stanovení lhůt k jejich plnění

Právnícké osoby a podnikající fyzické osoby, které provozují činnosti s **vysokým požárním nebezpečím**, předkládají posouzení požárního nebezpečí ke **schválení orgánu státního požárního dozoru** před zahájením jimi provozované činnosti.

Způsob posuzování požárního nebezpečí činností s vysokým požárním nebezpečím.

- Při posuzování se postupuje obdobně jako u určování podmínek požární bezpečnosti při činnostech se zvýšeným požárním nebezpečím (**§ 15 odst. 1 až 3 vyhláška MV č. 246/2001 Sb.**)

- Zjištění a zhodnocení rozhodujících vlivů z hlediska možnosti vzniku a šíření požáru, vyjádření a posouzení zdrojů rizik, zhodnocení možnosti provedení záchranných prací a účinné likvidace požáru, včetně možných následků obsahuje (§ 16 odst. 3 a 4 vyhláška MV č. 246/2001 Sb.)
 - a. **Popis základních charakteristik požární bezpečnosti staveb a technologií** (§ 15 odst. 2 písm. c) vyhláška MV č. 246/2001 Sb.) zjištění množství látek a jejich druhů, požárně bezpečnostní zařízení, zařízení pro detekci a signalizaci technologických stavů; porovnání zjištěných skutečností se stavem žádoucím podle příslušné dokumentace (např. příslušné technologické předpisy, ověřená projektová dokumentace, normativní požadavky, návody výrobce)
 - b. **Zjištění a zhodnocení možných zdrojů zapálení**, výčet použitých látek k ochraně života a zdraví osob a majetku
 - c. **Posouzení možnosti ochrany osob a zvířat**, z hlediska možné evakuace a záchrany
 - d. **Vnější zdroje ohrožení a rizik**
 - e. **Zhodnocení možnosti rychlé a účinné likvidace případného požáru**, evakuace osob, zvířat, materiálu a provedení záchranných prací vlastními silami, vyjádření potřeb přesahující tento rámec obsahuje stanovení míst, kde lze předpokládat vznik požáru a jeho šíření, určení nejsložitější varianty požáru, posouzení provozuschopnosti a účinnosti instalovaných požárně bezpečnostních zařízení a organizačních schopností pro včasné zjištění požáru, jeho ohlášení a vyhlášení požárního poplachu, určení počtu a druhu hasících přístrojů a porovnání se stávajícím stavem stanovení časových a prostorových parametrů nejsložitější varianty požáru, potřebných sil a technických prostředků a hasebních látek pro nejsložitější varianty požáru, stanovení podmínek pro jejich připravenost
 - f. **Popis možných následků požáru**, následky porušením stavební konstrukce, zařízení tepelnými účinky a toxickými zplodinami hoření, poškození komunikací, sdělovacích a jiných technických prostředků. [6]

Při stanovení **systemu požární ochrany** se navrhuji organizační a technická řešení mimořádných situací se zaměřením na snížení pravděpodobnosti vzniku požáru ohrožení osob, zvířat a majetku.

System požární ochrany

- System přípravy na řešení závažných havárií a system řízení při jejich vzniku
- Organizační struktura systemu řízení
- Materiální a technické vybavení
- Zřízení jednotky požární ochrany

Odborné posouzení obsahuje

- Údaj o firmě
- Určení provozovaných činností
- Údaje o zpracovateli

V případě, kdy je právnické osobě, nebo podnikající fyzické osobě provozující činnost s vysokým požárním nebezpečím současně jiným zvláštním předpisem (např. zákon 59/2006 Sb., ve znění pozdějších předpisů) předepsáno zpracovat zvláštních dokumentů („Bezpečnostní program prevence závažné havárie“ pro objekty zařazené ve skupině A a „Bezpečnostní zpráva“ pro objekt skupiny B) a tyto obsahují i hodnocení požárního nebezpečí včetně stanovení příslušných opatření odpovídající § 6a o PO a rozsahem vyhláška MV č. 246/2001 Sb., považuje se toto hodnocení za posouzení požárního nebezpečí podle zákona o PO.

Opatření posouzení požárního nebezpečí

- **Organizačního charakteru**, např. stanovení organizační struktury pro plnění povinností požární ochrany, zvláštní požadavky na školení zaměstnanců a odbornou přípravu zaměstnanců zařazených do preventivních požárních hlídek, způsobilost zaměstnanců k obsluze, údržbě požárně bezpečnostních a technických zařízení

- **Technického charakteru**, např. kontroly a provádění údržby technických a technologických objektů, stanovení technologických parametrů, které nelze překročit (teplota, tlak, atd.), zajištění spojovacích prostředků, vybavení ohlašoven požáru, značení, vybavení požární technikou, zajištění volných únikových cest, příjezdových komunikací a nástupních ploch požární techniky, přístup k hlavním uzávěrům vody, elektrického proudu, páry, popř. jiných produktovodů
- **Způsob manipulace s hořlavými a nebezpečnými látkami**
- **Zřízení požární jednotky**
- **Vytvoření vlastního systému přípravy na řešení závažných havárií a systému řízení při jejich vzniku.** [6]

Odborná způsobilost §11

Plnění povinností podle § 6 odst. 1, § 16 odst. 1 mohou zabezpečovat pouze odborně způsobilé osoby, není-li dále stanoveno jinak. Odborně způsobilými osobami se rozumí znalci a znalecké ústavy v základním oboru požární ochrany zapsaní v seznamu znalců a znaleckých ústavů vedených krajskými soudy, fyzické osoby, které jsou absolventy škol požární ochrany nebo absolventy vysokoškolského studia, jehož součástí je ověřovací program pro odbornou způsobilost na úseku požární ochrany schválený ministerstvem, který odpovídá požadavkům uvedeným v odstavci 4, nebo fyzické osoby, které složily zkoušku odborné způsobilosti před komisí ustavenou ministerstvem. Za odborně způsobilé osoby se považují též příslušníci Hasičského záchranného sboru České republiky (dále jen "hasičský záchranný sbor") vykonávající funkce stanovené prováděcím předpisem k zákonu o hasičském záchranném sboru. Plnění povinností vyplývajících z § 5, 6, 16 mohou zabezpečovat technici požární ochrany. Odborná způsobilost k výkonu funkce technika požární ochrany se získává složením zkoušky odborné způsobilosti před komisí ustavenou ministerstvem.[2]

2.2.3 Krizové řízení

2.2.3.1 Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému.

Tento zákon vymezuje integrovaný záchranný systém, stanoví složky integrovaného záchranného systému a jejich působnost, pokud tak nestanoví zvláštní právní předpis,

působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků, práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na mimořádné události a při záchranných a likvidačních pracích a při ochraně obyvatelstva před a po dobu vyhlášení stavu nebezpečí, nouzového stavu, stavu ohrožení státu a válečného stavu (dále jen "krizové stavy") [5]

Postavení a úkoly ministerstev.

Ministerstva a jiné ústřední správní úřady (dále jen "ministerstvo") při přípravě na mimořádné události, při provádění záchranných a likvidačních prací a při ochraně obyvatelstva v oboru své působnosti

- a) **Vedou přehled možných zdrojů rizik, provádějí analýzy ohrožení a v rámci prevence** podle zvláštních právních předpisů sjednávají nápravu skutečností a stavů, které by mohly způsobit vznik mimořádné situace
- b) Rozhodují o činnostech k provádění záchranných a likvidačních prací a ke zmírnění jejich následků, pokud zvláštní právní předpis nestanoví jinak
- c) Organizují okamžité opravy nezbytných veřejných zařízení pro ochranu obyvatelstva

Práva a povinnosti právnických a fyzických osob při mimořádných událostech

Pokud krajský úřad zahrne **do havarijního plánu** kraje nebo vnějšího havarijního plánu konkrétní právnickou osobu nebo podnikající fyzickou osobu, **je tato povinna**

- a) Bezplatně poskytnout a aktualizovat požadované podklady
- b) Zajistit vůči svým zaměstnancům dotčeným předpokládanou mimořádnou událostí opatření uvedená v § 24 odst. 1 písm. b) tohoto zákona

Právnické osoby a podnikající fyzické osoby jsou v souvislosti se záchrannými a likvidačními pracemi a s jejich přípravou **povinny**

- a) Poskytnout osobní nebo věcnou pomoc na přímou výzvu velitele zásahu (§ 19) nebo starosty obce (§ 16) nebo prostřednictvím operačního a informačního střediska integrovaného záchranného systému
- b) Strpět vstup osob provádějících záchranné nebo likvidační práce na pozemky a do staveb a použití nezbytné techniky, provedení terénních úprav, budování ochranných

staveb, vyklizení pozemku a odstranění staveb, jejich částí a porostů, pokud jsou vlastníky nebo uživateli nemovitostí

c) Strpět umístění zařízení systému varování a vyrozumění na nemovitostech, které mají ve vlastnictví, a umožnit k nim přístup hasičskému záchrannému sboru kraje nebo jím zmocněným osobám za účelem používání, kontroly, údržby a oprav

Dojde-li k mimořádné události

Pokud dojde k mimořádné události v souvislosti s provozem technických zařízení a budov, při nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a při jejich přepravě nebo při nakládání s nebezpečnými odpady (dále jen "havárie"), je právnická nebo podnikající fyzická osoba, která je vlastníkem, správcem nebo uživatelem uvedených zařízení, budov, látek nebo odpadů, povinna

a) Podílet se na přípravě záchranných a likvidačních prací a na zpracování havarijního plánu kraje nebo vnějšího havarijního plánu tím, že **poskytne** na vyžádání **hasičskému záchrannému sboru kraje**, pokud zvláštní právní předpis nestanoví jinak, **informace o:**

1. **Zdrojích rizik**
2. **Pravděpodobných následcích havárií a možných způsobech jejich likvidace**
3. **Možných účincích na obyvatele a životní prostředí**
4. **Opatřeních připravených ve své působnosti pro zajištění nezbytných sil a prostředků k provedení záchranných a likvidačních prací ve svém objektu nebo zařízení**

Vůči svým zaměstnancům zajistit

1. Informování o hrozících mimořádných událostech a plánovaných opatřeních
2. Varování, evakuaci, popřípadě ukrytí
3. Organizování záchranných prací
4. Organizování přípravy k sebeochraně a vzájemné pomoci

2.2.3.2 Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a jeho novela 430/2010.

V novele zákona se hovoří mimo jiné o ochraně kritické infrastruktury a vymezení povinností provozovatelů zařízení zařazených do kritické infrastruktury. Dále dochází k rozšíření povinností ministerstev zdravotnictví, průmyslu a obchodu, České národní banky a dalších.

Kritická infrastruktura : prvek kritické infrastruktury nebo systém prvků kritické infrastruktury, narušení jehož funkce by mělo závažný dopad na bezpečnost státu, zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva, zdraví osob nebo ekonomiku státu. [12]

evropskou kritickou infrastrukturou kritická infrastruktura na území České republiky, jejíž narušení by mělo závažný dopad i na další členský stát Evropské unie.[12]

Tento zákon stanoví působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků a práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na krizové situace, které nesouvisejí se zajišťováním obrany České republiky před vnějším napadením, a při jejich řešení a při ochraně kritické infrastruktury a odpovědnost za porušení těchto povinností Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje určování a ochranu evropské kritické infrastruktury.[4]

Stav nebezpečí

Stav nebezpečí, se jako bezodkladné opáření může vyhlásit, jsou-li v případě živelní pohromy, ekologické, **nebo průmyslové havárie**, nehody nebo jiného nebezpečí ohroženy životy, zdraví, majetek, životní prostředí, pokud nedosahuje intenzita ohrožení značného rozsahu, a není možné nebezpečí odvrátit běžnou činností správních úřadů a složek integrovaného záchranného systému.

Ministerstva a jiné správní úřady

Správní úřady

- a. Zpracují plán, který obsahuje souhrn krizových opatření a postupů k řešení krizových situací, krizový plán schvaluje ministr, nebo vedoucí správního úřadu

- b. **Vedou přehled možných rizik, provádějí analýzy ohrožení** a v rámci prevence podle zvláštních právních předpisů odstraňují nedostatky, které by mohly vést ke vzniku krizové situace

Hejtman

- Řídí a připravuje přípravná opatření, činnost k řešení krizových situací a činnost ke zmírnění jejich následků. Prováděné úředními správními úřady, obcemi, právníckými a fyzickými osobami

Hasičský záchranný sbor kraje

- a. Zabezpečuje zpracování krizového plánu kraje, který schvaluje hejtman
- b. Je oprávněn za účelem přípravy na krizové situace vyžadovat a **shromažďovat údaje o**
 - **Předmětu a rozsahu činnosti právnických a podnikajících fyzických osob** v oblasti výroby a služeb, výrobních programech a výrobních kapacitách, rozsah a zásob surovin, polotovarů a hotových výrobků, počtech zaměstnanců a jejich kvalifikaci
 - **Počet zaměstnanců ve výrobních provozech** a počet osob bydlících v místě předpokládané evakuace
 - **Množství, složení a umístění vyráběných, používaných nebo skladovaných nebezpečných látek**
 - **Množství zadržované vody ve vodních nádržích**
 - **Uspořádání vnitřních prostorů** výrobních objektů, popř. jiných objektů důležitých pro řešení krizových situací, vodovodech, kanalizací, produktovodů a energetických sítí
- c. Ukládá obcím, které určí, povinnost rozpracovat vybrané úkoly krizového plánu kraje

Právnícké osoby a podnikající fyzické osoby

- a. Na výzvu příslušného orgánu krizového řízení jsou **právnícké osoby a podnikající fyzické osoby povinny při přípravě na krizové situace podílet se na zpracování**

krizových plánů. Jde-li o osoby zajišťující povinnosti vyplývající z **krizového plánu**, jsou tyto osoby povinny zpracovat plán **krizové připravenosti**

- b. **Je-li osoba zahrnuta v krizovém plánu, musí bezplatně poskytnout a aktualizovat požadované podklady** dle §15 odst. 3 a další související údaje
- c. Jsou povinny poskytnout věcné prostředky k řešení krizové situace

2.2.4 Přeprava nebezpečných látek.

- a. Vyhláška MZV č. **64/1987** Sb., o Evropské dohodě o mezinárodní silniční dopravě nebezpečných věcí. (ADR)
- b. Řád o mezinárodní železniční přepravě nebezpečných věcí. (RID)

2.2.5 Skladování pneumatik

- a. Skladování pneumatik se řídí především normou **ČSN 73 0845 – Požární bezpečnost staveb – Sklady.** Stanoví specifické požadavky na požární bezpečnost staveb určených ke skladování hořlavých materiálů
- b. Dále to je především **ČSN 73 08 – Požární bezpečnost staveb**

3 METODY HODNOCENÍ A ŘÍZENÍ RIZIKA

Management řízení rizik a předcházení ztrátám „Loss Prevention“ je dnes už zavedený pojem známý ve větších společnostech a stala se součástí bezpečnostní politiky podniku. Cílem je najít rovnováhu mezi vynakládanými prostředky na prevenci a ochranu subjektu před mimořádnou událostí a mírou rizika pro subjekt akceptovatelnou. Jedná se o tzv. Ekonomicky přijatelnou bezpečnost

Pro správné pochopení problému je zapotřebí definovat základní názvosloví a pojmy užívané v managementu řízení rizik. A také jeho základní funkce.

- **Identifikace nebezpečí** (odhalení míst, jevů, činností které mohou způsobit ztrátu)
- **Hodnocení rizika** (určení velikosti ztrát a **pravděpodobnosti** že ztráty nastanou)

K dostatečné identifikaci a hodnocení rizik máme k dispozici řadu metod analýzy „risk analysis“.

Přes veškerou snahu, kterou vedení společnosti vynakládá, se nedají vyloučit zdaleka všechny nežádoucí situace vzniklé v průběhu provozu společnosti. Jsou to například:

- c. **Poruchy na provozovaném zařízení**
- d. **Havárie velkého rozsahu**
- e. **Živelné pohromy**
- f. **Okolní situace v regionu, politická a hospodářská**
- g. **Přerušování dodávek energií**

Tyto události se vyznačují náhodným charakterem. A mnohdy **rozsáhlými důsledky pro provozovatele a jeho okolí**. Je proto zapotřebí studovat zákonitosti těchto událostí a jejich následky. **Řízení rizika** je proces, kterým se snažíme předcházet škodám, nebo je minimalizovat. Řízení rizika se stává standardní součástí bezpečnostního managementu větších podniků, které se snaží předcházet ztrátám na majetku, dobré pověsti, materiálních zásob, nemovitostí atd.

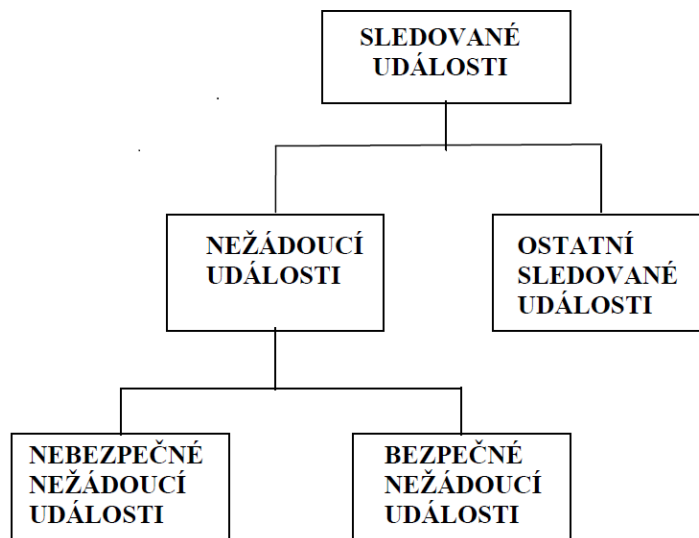
V neposlední řadě klade také legislativa řadu požadavků na bezpečnostní politiku podniku a stanovuje přísné bezpečnostní pravidla provozu podniků s potenciálem způsobit závažnou průmyslovou havárii.

Např. **Bezpečnostní zpráva a Bezpečnostní program** vyžadováno zákonem 59/2006 Sb., nebo **Posouzení požárního nebezpečí** dle § 6a Zákona o požární ochraně.

3.1 Základní pojmy

Pokud se chceme zabývat problematikou řízení rizik a tomu předcházející analýze rizik, je zapotřebí definovat jevy, události a prvky, se kterými budeme pracovat.

V té nejjednodušší formě, se všechny sledované jevy mohou rozdělit, na jevy pozitivní a jevy negativní. Dělení probíhá vzhledem k následku dané události pro provozovatele. A dále dělit jevy nežádoucí podle nebezpečnosti na bezpečné a nebezpečné.



Obr. 2 Hierarchické dělení událostí [7]

Sledované události: Z množiny všech událostí a jevů na vybraném subjektu sledujeme ty, které by se mohly podílet na zvyšování rizika pro sledované procesní jednotky.

Ostatní sledované události: Události, které nezvyšují riziko.

Nežádoucí události: Události, které jsou u subjektu nežádoucí.

Nebezpečné nežádoucí události: Události, které mají negativní vliv na zdraví a život člověka, nebo negativně působí na životní prostředí.

Bezpečné nežádoucí události: Negativní dopad se týká „pouze“ podniku samotného a jeho výrobních prostředků. Způsobení finanční a hmotné ztráty.

Nežádoucí události dále **dělíme podle jejich původu na vnější a vnitřní.**

Vnitřní nežádoucí události:

- Lidská chyba
- Porucha výrobního technologického zařízení
- Nehoda při transportu v areálu
- Porucha na řídicím zařízení
- Porucha na el. zařízení

Vnější nežádoucí události:

- Přerušování odběratelsko-dodavatelských vztahů
- Živelná pohroma (zemětřesení, potopa, požár...)
- Pád letadla do areálu
- Teroristický útok

3.1.1 Názvosloví

Pro další práci s řízením rizik si definujeme dva základní pojmy nebezpečí a riziko. A také běžně používané termíny.

Riziko „Risk“

Pojem riziko byl poprvé použit v Itálii při hodnocení nebezpečnosti lodních výprav.

Termín riziko je vykládán různými způsoby v závislosti na kontextu. V podstatě to znamená určité **nebezpečí očekávané ztráty s očekávanou pravděpodobností nezdaru**, neurčitostí události.

Riziko = následek nežádoucí situace x pravděpodobnost jejího vzniku

Hodnocení a ocenění rizika

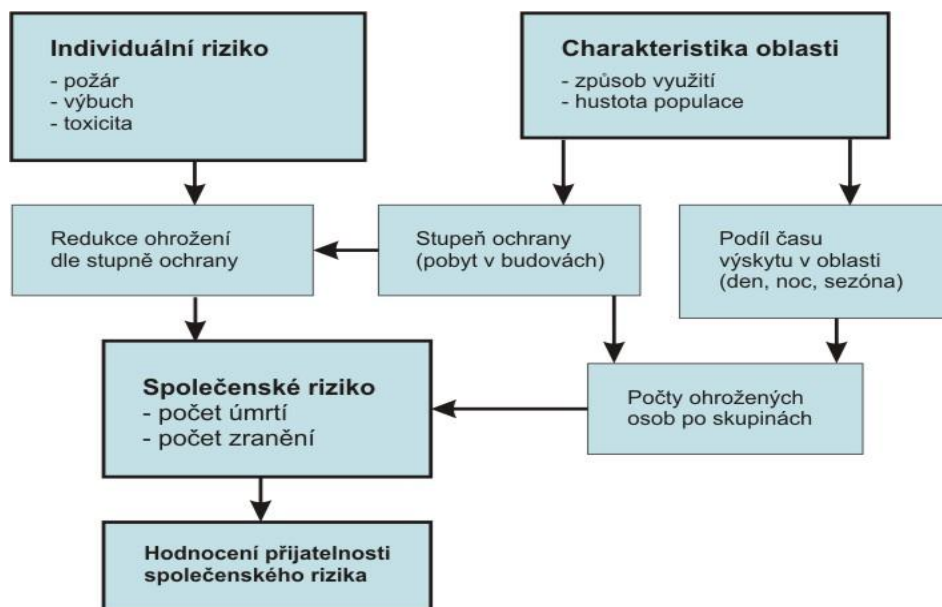
Riziko je pravděpodobnostní funkcí. Pravděpodobnost je bezrozměrné číslo. Pro ohodnocení rizika podle druhu ztrát (lidské životy, zdraví, majetek, životní prostředí)

zavádíme vztažné jednotky pravděpodobnosti rizika. A podle použité jednotky dělíme riziko na zdravotní, společenské, ekonomické (finanční) a ekologické.

Vztažná pravděpodobnost	jednotka
Km^{-1}	Počet úmrtí
Km^2	Okamžité hmotné škody
$\text{Km}^2 \times \text{Rok}^{-1}$	Úmrtí z následků
$\text{Kg} \times \text{m}^2$	Únik škodlivin

Tab. 1 Vztažné jednotky rizika

V praxi se používá jen několik měr rizik, lze jich však vytvořit celou řadu. Prakticky se riziko hodnotí především vyjádřením finančním [$\text{Kč} \times \text{rok}^{-1}$] a lidským zdravím [počet úmrtí, zranění]. Porovnatelnost různých měr je dosti problematická. Používá se i vyjádření ceny lidského života, jako potenciál osob vydělat určitou finanční částku za život. Z tohoto hlediska jsou mladší osoby s vyšším vzděláním více oceněny, než osoby starší a méně vzdělané. Obecně finanční ukazatele slouží hlavně pro provozovatele a zdravotní ukazatele pro orgány státního dozoru jako ukazatel přípustnosti provozu a jeho případného povolení.

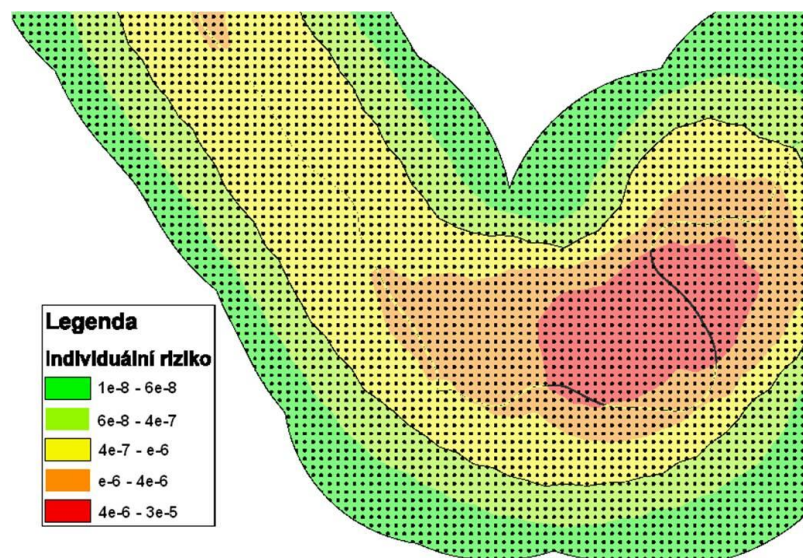


Obr. 3 Individuální a společenské riziko [14]

Vzhledem k počtu jedinců, na které se riziko vztahuje, jej dělíme na:

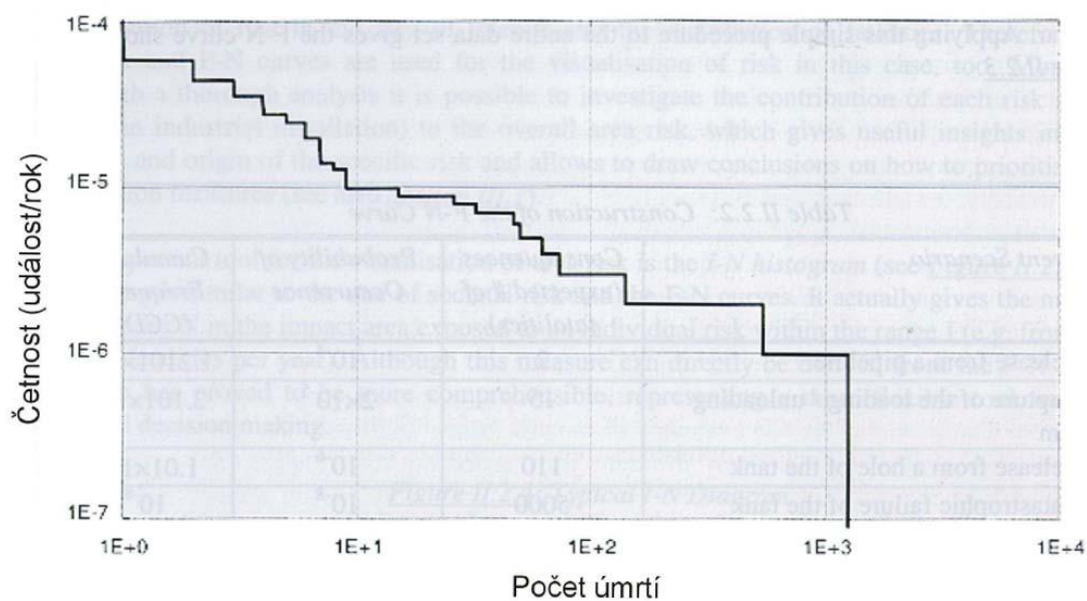
- a) Individuální riziko – vztaženo k jednotlivci Obr. 3
- b) Společenské riziko – vztaženo ke skupině osob

a) jedná se o riziko, kterému je v daném místě vystavena osoba. Zahrnuje v sobě **povahu poškození, pravděpodobnost vystavení se riziku a časové období, během kterého může poškození nastat**. Zaneseme-li hodnoty individuálního rizika do mapy, dostaneme hladiny individuálního rizika vzhledem ke vzdálenosti od zdroje nebezpečí. Tyto hladiny **nejsou závislé na hustotě obydlí**.



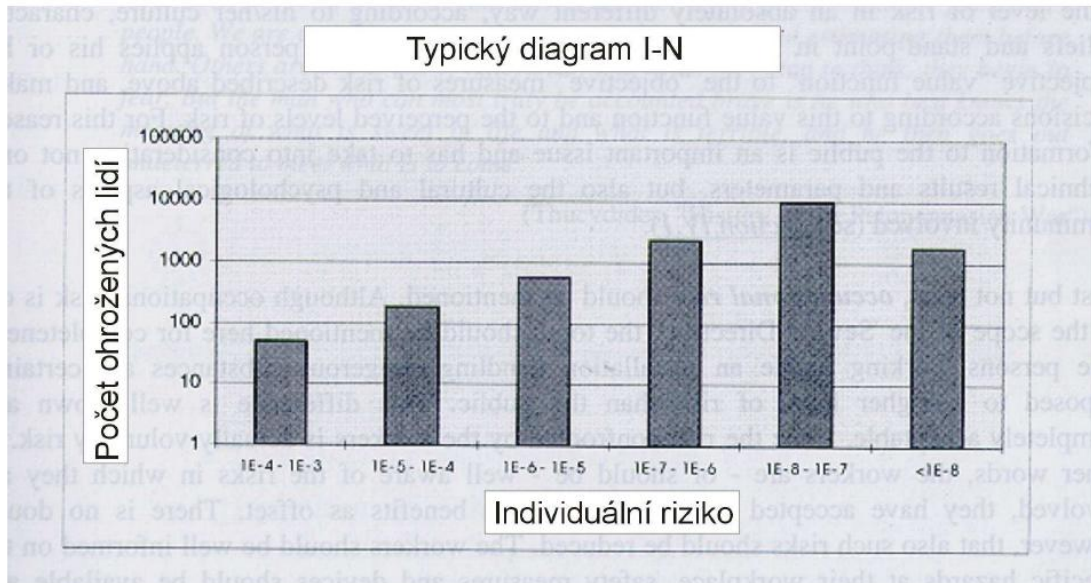
Obr. 4 Hladiny individuálního rizika [14]

b) Užívá se pro představu rizika vzhledem k hustotě osídlení. Společenské riziko je vyjádřeno jako vztah mezi frekvencí a počtem osob, které budou danému riziku exponovány. Umožní nám si vytvořit představu o možných následcích mimořádné události. Graficky je znázorněno křivkami F (frekvence události) – N (Následky události)



Obr. 5 Křivka F-N [7]

Dalším způsobem znázornění rizika je diagram I – N. Ten udává počet lidí vystavených dané úrovni individuálního rizika.



Obr. 6 Diagram I- N [7]

Nebezpečí „Hazard“

Je vlastnost látky, jevu, činnosti, která negativně působí na zdraví člověka, životní prostředí a materiální hodnoty. Negativní působení se projeví pouze při expozici tomuto nebezpečí.

3.2 Přehled základních metod analýzy rizik

Metod hodnocení rizika je celá řada. Obecně jde o definování hrozeb, ocenění jejich závažnosti a vyjádření pravděpodobnosti jejich výskytu. Pomocí těchto metod se hodnotí:

Projekční návrhy, stávající procesy, změnu na stávajících procesech.

Jednotlivé metody se od sebe liší, ale v podstatě pracují s následujícím modelem:

- **Identifikace** aktiv – výrobní prostředky, materiál, nemovitosti
- Stanovení hodnoty aktiv – významnost pro podnik, důsledky jejich ztráty, poškození
- **Identifikace** hrozeb a slabin – popis hrozeb a rizik hrozících snížit hodnotu aktiv

- Stanovení závažnosti hrozeb – stanovení pravděpodobnosti uskutečnění hrozby

Metody se liší podrobností zpracované analýzy a schopností kvantifikace rizika. Rozdělení metod se vzájemně prolíná a není jednoduché jednotlivé metody jednoznačně zařadit.

Podle podrobnosti:

- **Srovnávací metody**

1. Jsou to metody zaměřené na identifikaci zdrojů rizik. Porovnávají a sledují provozní zařízení na základě předchozích zkušeností. Cílem je odhalení slabín a seřazení prvků systému podle míry součinnosti na mimořádné události
2. **Záporem je** že tyto metody nejsou schopny kvantifikovat míru rizika, ani pravděpodobnost jednotlivých komponent na mimořádné události

SR- Safety review-(bezpečnostní Prohlídka)

CA- Checklist Analysis- (analýza kontrolním seznamem)

RR- Relative Ranking-(relativní klasifikace)

- **Analytické metody založené na deterministickém přístupu**

1. Identifikují zdroje rizik, analyzují scénáře rozvoje nebezpečné události. Pro určité nebezpečné události vypracují seznam poruch systému, komponent a chyb obsluhy, které k těmto událostem vedou
2. **Jejich nevýhodou**, stejně jako u srovnávacích metod je neschopnost určení pravděpodobnosti selhání jednotlivých komponent systému

PHA Preliminary hazard analysis (předběžná analýza ohrožení)

W-I What if? (Co se stane, když ...)

HAZOP Hazard and Operability Analysis (analýza zdroje rizika a provozuschopnosti)

FMEA Failure Mode and Effects Analysis (analýza způsobu a důsledku poruch)

FTA Fault Tree Analysis (analýza stromu poruch - nekvantitativní)

ETA Event Tree Analysis (analýza stromu událostí - nekvantitativní)

CCA Cause-Consequence Analysis (analýza příčin a následku - kombinace FTA a ETA)

HRA Human Reliability Analysis (analýza lidské spolehlivosti)

- **Analytické metody založené na pravděpodobnostním přístupu**

Metody se začaly poprvé používat s nástupem budování Jaderných elektráren. Jsou schopny číselně ohodnotit podíl jednotlivých jevů (selhání obsluhy, systému, nebo komponent) a také vyjádřit pravděpodobnost výskytu nebezpečné události. Kvantifikace vychází z matematicko-statistických údajů nashromážděných za desetiletí fungování těchto metod.

FTA Fault Tree Analysis (analýza stromu poruch - kvantitativní)

ETA Event Tree Analysis (analýza stromu událostí - kvantitativní)

BD Block Diagram (blokový diagram)

MCh Markov Chains (Markovovy řetězce)

Podle schopnosti kvantifikovat míru rizika:

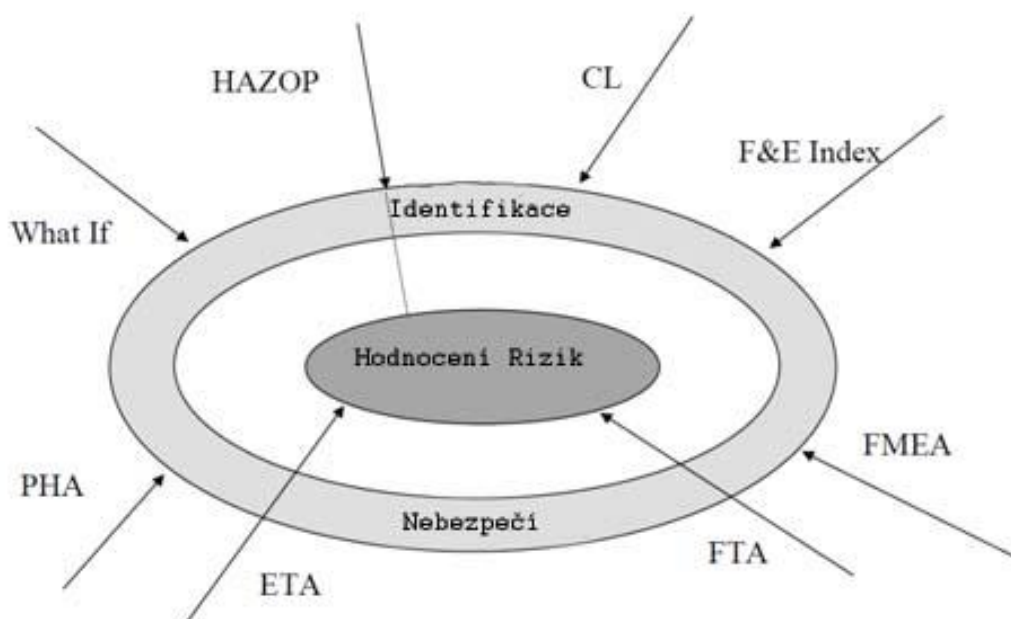
- Kvalitativní
- Kvantitativní

Safety Review	Prověření bezpečnosti	(SR)
Checklist Analysis	Seznam kontrol	(CL)
Relative Ranking	Relativní klasifikace	(RR)
Preliminary Hazard Analysis	Předběžné posouzení nebezpečí	(PHA)
What-If Analysis	”Co se stane, když”	(WI)
What-If/Checklist Analysis	Co když / seznam kontrol	(WI/CL)
Hazard and Operability Analysis	Analýza nebezpečí a provozovatelnosti	(HAZOP)
Failure Modes and Effects Analysis	Analýza příčin a následků poruch	(FMEA)
Event Tree Analysis	Analýza stromem událostí	(ETA)
Fault Tree Analysis	Analýza stromem poruch	(FTA)
Cause-Consequence Analysis	Analýza příčin - následků	(CCA)
Human Reliability Analysis	Analýza spolehlivosti lidského činitele	(HRA)

Tab. 2 Přehled základních metod stanovení nebezpečí a rizika [8]

Jednotlivé metody se navzájem doplňují, ale žádná z nich nemůže být považována za záruku vyčerpávajícího hodnocení a odhalení všech rizik a nebezpečí. Také samo použití metody, je neúplné, pokud nejsou formulovány závěry a návrhy na zlepšení organizačního nebo technického charakteru.

Použitelnost jednotlivých metod



Obr. 7 Použitelnost jednotlivých metod analýzy [8]

3.2.1 Popis jednotlivých metod

Vzhledem ke zvolenému tématu praktické části diplomové práce týkající se požární ochrany skladu pneumatik v areálu Barum Continental s.r.o., jsem vybral podrobnější popis metody Index požáru a výbuchu (Dow's Fire and Explosion Index) a dále metody ETA,FTA a HAZOP, Checklist, Safety review.

Analýza kontrolním seznamem Checklist

Kontrolní seznam je obvykle psaný seznam položek nebo kroků k ověření správné funkce systému. Často se kombinuje s jinými metodami. Základem je autorova zkušenost s podobnými systémy, jako je ten analyzovaný.

Kontrolní seznam slouží k porovnání organizace se standardní praxí. Při vytváření nového kontrolního seznamu vychází autor z norem, standardů a legislativy.

SR- Safety review-(bezpečnostní Prohlídka)

Byla to první použitá metoda či technika k identifikaci zdrojů rizika. Skládá se z inspekčních pochůzek.

Typická bezpečnostní prohlídka zahrnuje rozhovory s mnoha lidmi v podniku (inženýři, údržbáři, bezpečnostní pracovníci). Účelem bezpečnostní prohlídky je určit, je-li daný provoz v podniku provozován v souladu s normami a záměry organizace.

Výsledkem jsou kvalitativní popisy možných nebezpečí a problémů.

3.2.2 ETA Event Tree Analysis (analýza stromu událostí - kvantitativní)

Jedná se o strom událostí, který identifikuje a kvantifikuje možné důsledky iniciační události. Každá událost je výsledkem předchozí. Výsledky události většinou nabývají dvou stavů ANO a NE. Mohou ale dosahovat i stavů více. Analýza stromu událostí se užívá ve dvou variantách pre-nehodová a post-nehodová. Jedna řeší situaci před nehodou a druhá po nehodě. **Konstrukce stromu událostí probíhá zleva doprava. Teda od inicializační události k projevům.**

Aplikace stromu událostí

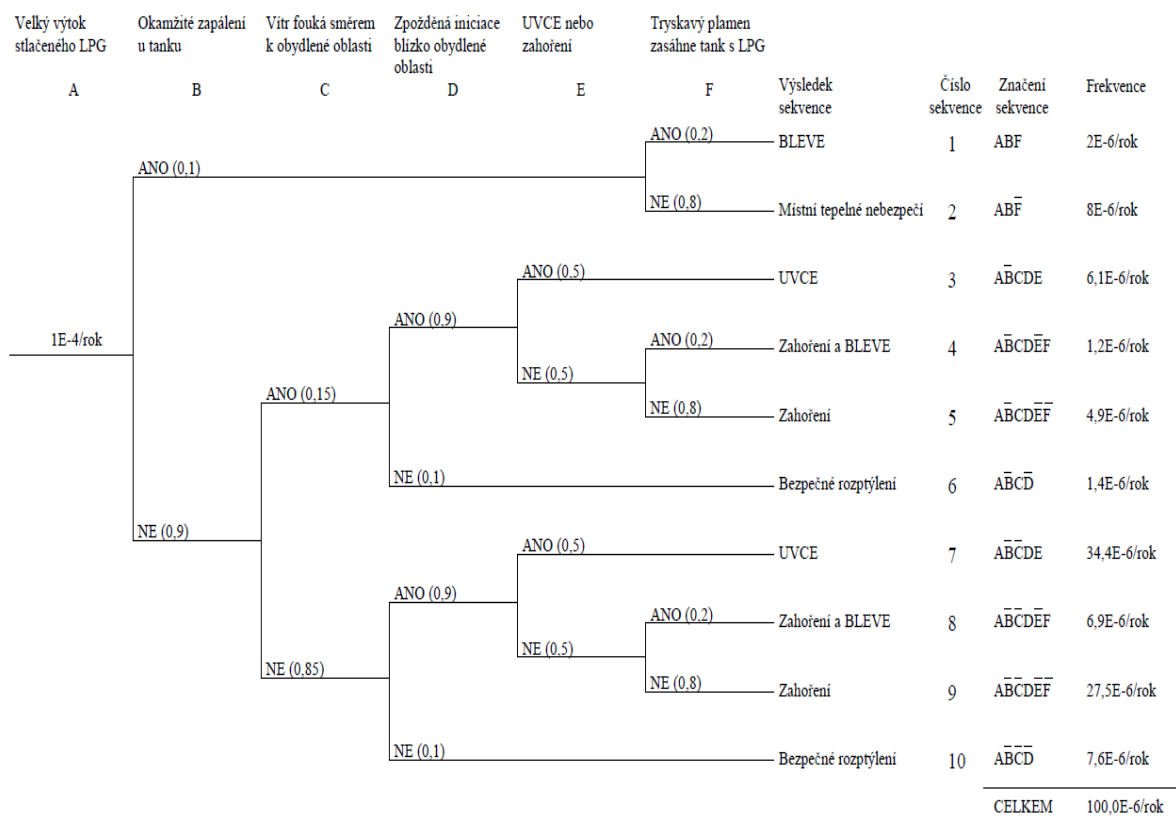
1. **Rozpoznat iniciační událost** – Například únik nebezpečné látky. Frekvence události, z historických záznamů, nebo analýzou FTA
2. **Identifikovat bezpečnostní funkce a faktory podporující nebezpečí**
 3. **Bezpečnostní funkce** přerušují běh události směrem k nebezpečné události. (SHZ, alarmy, bariery, detektory)
 4. **Nebezpečí podporující faktory**
 - zapálení, či nezapálení úniku
 - exploze
 - meteorologické podmínky
3. **Konstrukce stromu událostí do koncových stavů**
4. **Roztřídit výsledky podle podobných stavů**
5. **Odhad pravděpodobnost každé větve stromu událostí**
 5. Výsledná pravděpodobnost jednotlivých větví musí být rovna 1. Dílčí pravděpodobnosti stanovíme z historických záznamů, provozních dat, dat životního prostředí, dat o lidské spolehlivosti, expertního úsudku.
6. **Kvantifikace výsledků stromu událostí**
 6. Frekvence koncového stavu událostí může být stanovena vynásobením frekvence inicializační události a dílčích pravděpodobností větve.
7. **Ověření výsledků zdravým rozumem. Expertní kontrolor**

Událost	Frekvence nebo pravděpodobnost	Zdroj dat
A: Velký výtok stlačeného LPG	0,0001/rok	FTA
B: Okamžité zapálení u tanku	0,1	Expertní úsudek
C: Vítr fouká směrem k obydlené oblasti	0,15	Data z větrné růžice
D: Zpožděná iniciace blízko obydlené oblasti	0,9	Expertní úsudek
E: Spíš UVCE než zahoření	0,5	Historická data
F: Tryskavý plamen zasáhne tank s LPG	0,2	Geometrie umístění tanku

Obr. 8 ETA stanovení pravděpodobnosti [7]

Koncové stavy sekvencí	Sekvence vedoucí ke koncovým stavům	Frekvence (za rok)
BLEVE	ABF	$2,0E-6 = 2,0E-6$
Zahoření	$\overline{A}BCDEF + \overline{A}BCDEF$	$4,9E-6+27,5E-6 = 32,4E-6$
Zahoření a BLEVE	$\overline{A}BCDEF + \overline{A}BCDEF$	$1,2E-6+6,9E-6 = 8,1E-6$
UVCE	$\overline{A}BCDE + \overline{A}BCDE$	$6,1E-6+34,4E-6 = 40,5E-6$
Místní tepelné nebezpečí	$AB\overline{F}$	$8,0E-6 = 8,0E-6$
Bezpečné rozptýlení	$\overline{A}BCD + \overline{A}BCD$	$1,4E-6+7,6E-6 = 9,0E-6$
Celkem všechny koncové stavy sekvencí		$= 100,0E-6$

Obr. 9 ETA výsledná kvantifikace [7]



Obr. 10 ETA příklad [7]

3.2.3 FTA Fault Tree Analysis (analýza stromu poruch - kvantitativní)

Analýza stromu poruchových stavů se zaměřuje na jednu nehodu, poruchu, mimořádnou událost (vrcholová událost) a pomáhá stanovit příčiny takové nehody. Síla metody je v názornosti kombinací různých poruch a chyb obsluhy vedoucí k závažné poruše systému (vrcholové události). Poté je možno jednotlivé dílčí poruchy a chyby eliminovat, nebo alespoň snížit jejich výskyt na minimum.

- FTA vytváří logické modely poruch systému, používá booleovských logických hradel
- Je zapotřebí detailně porozumět systému, nebo podniku
- FTA pracuje pouze s binárními stavy
- Frekvence, nebo pravděpodobnost vrcholové události je spočtena z frekvencí jednodušších událostí.

I. *Aplikace stromu poruch FTA*

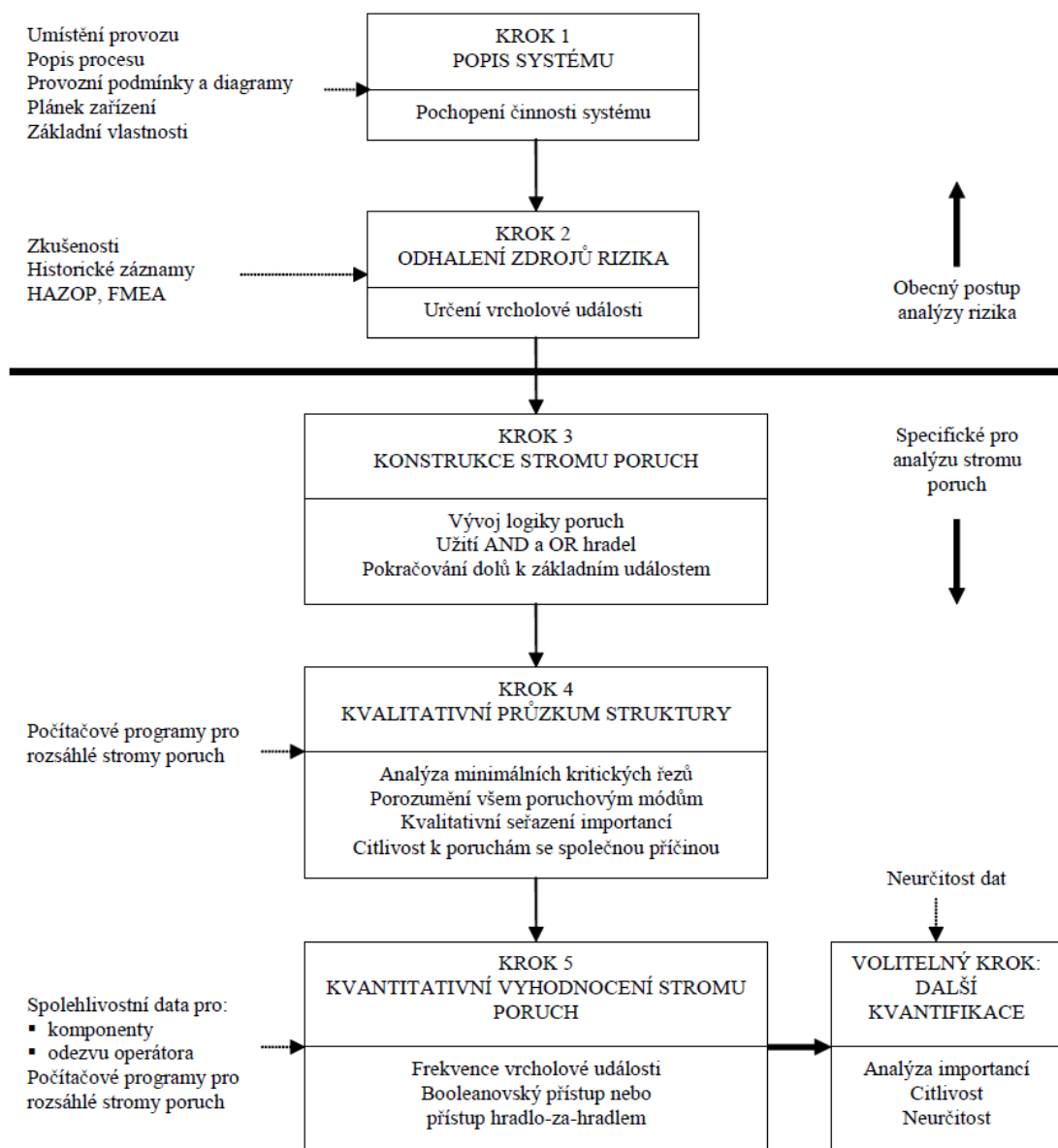
1. Popis a pochopení činnosti systému
2. Odhalení zdrojů rizika (zkušenosti, historické záznamy, HAZOP)
3. Konstrukce stromu poruch

Obvykle začínáme od vrcholové události, u které identifikujeme nezbytné dostačující podmínky a jejich logické vazby. Ptáme se „proč se to stalo“. Existují také metody konstrukce stromu poruch pomocí specializovaného SW.

4. Kvalitativní průzkum struktury stromu poruch

Analýza minimálních kritických řetězců. Analýzu počtu událostí vedoucí k vrcholové události.

5. Kvantitativní zhodnocení



Obr. 11 Logický diagram pro analýzu stromu poruch FTA [7]

3.2.4 Index požáru a výbuchu (Dow's Fire and Explosion Index)

Jedná se o indexovou metodu, která byla vyvinuta pro odhalení specifických ohrožení na základě dlouholetých zkušeností. Odhaluje místa s největším potenciálem ztráty a umožňuje předpovědět rozsah poškození zařízení a ztráty z přerušení provozu.

Pomocí metody **Dow's Fire and Explosion Index** je možno **kvantifikovat** reálně očekávané škody následkem požáru, výbuchu a chemické reaktivity. Identifikovat zařízení, která by mohla přispívat ke vzniku požáru.

Postup při analýze rizika Dow's Fire and Explosion Index

- a) **Výběr procesní jednotky**, kterékoli větší části zařízení. (Skladištní budova s materiálem)

Kritéria výběru procesní jednotky

1. Energetický potenciál nebezpečné látky (materiálový faktor **MF**)
2. Množství nebezpečného materiálu v procesní jednotce
3. Hustota investic (Kč/M²)
4. Procesní tlak a teplota
5. Historie jednotky (potíže končící požárem nebo explozí)
6. Kritické jednotky v procesní jednotce

- b) **Stanovení materiálového faktoru MF**, míra potenciální energie, která se uvolní při požáru, nebo výbuchu

1. $MF = f(\text{hořlavosti } N_F \text{ \& \; reaktivity } N_R)$

N_F, N_R údaje NFPA (National Fire Protection Association). Vyjadřuje hořlavost a reaktivitu (nestabilitu) substance

c) Faktor nebezpečnosti procesní jednotky

1. Obecná procesní nebezpečí – 6 primárních faktorů, obecně přispívajících k nebezpečnosti většiny procesních jednotek.
2. Speciální procesní nebezpečí – 12 faktorů zvyšujících pravděpodobnost vzniku havárie.

- d) Stanovení nebezpečnosti procesní jednotky. Stanovení indexu požáru a výbuchu. (F&E index)

Závažnost sekundárních událostí se zvyšuje tím, jak roste hodnota F_3 (Faktor nebezpečnosti procesní jednotky) a hodnota materiálního faktoru. (MF)

$$\mathbf{F\&E\ Index = (F_3) \times (MF)}$$

e) **Kreditní faktory řízení procesu.** Tři základní skupiny parametrů, umožňující řízení ztrát.

1. Řízení procesu
2. Oddělitelnost materiálu
3. Protipožární ochrana

f) **Souhrnná analýza rizika procesní jednotky.**

1. Náklady na obnovu = původní náklady * 0.82 * faktor růstu (stanoví odhadce) Koeficient 0.82 – položky nákladů, které nebudou zničeny a neobnovují se.

g) **Diskuze o ztrátách majetku (MPPD) a provozních (BI)**

1. Stanovení faktoru poškození $F_{\text{poškoz}} = f_{ce}$ (fakt. nebezpečnosti F_3 a MF)
2. Základní hodnota očekávané ztráty majetku MPPD

Na základě hodnoty majetku na zasažené ploše a faktoru poškození.

$$MPPD_{\text{základní}} = \text{Investice v zasaženém prostoru} \times F_{\text{poškození}}$$

Je to maximální očekávaná ztráta majetku.

3. Kreditní faktor ztráty kontroly (Loss control credit factor)

$$7. C_{\text{celkový}} = C_1 \times C_2 \times C_3$$

$$8. \text{Skutečná maximální ztráta majetku MPPD}_{\text{skutečná}} = MPPD_{\text{základní}} \times C_{\text{celkový}}$$

4. Přerušení provozu BI (Business Interruption)

odhad ztrát přerušení provozu.

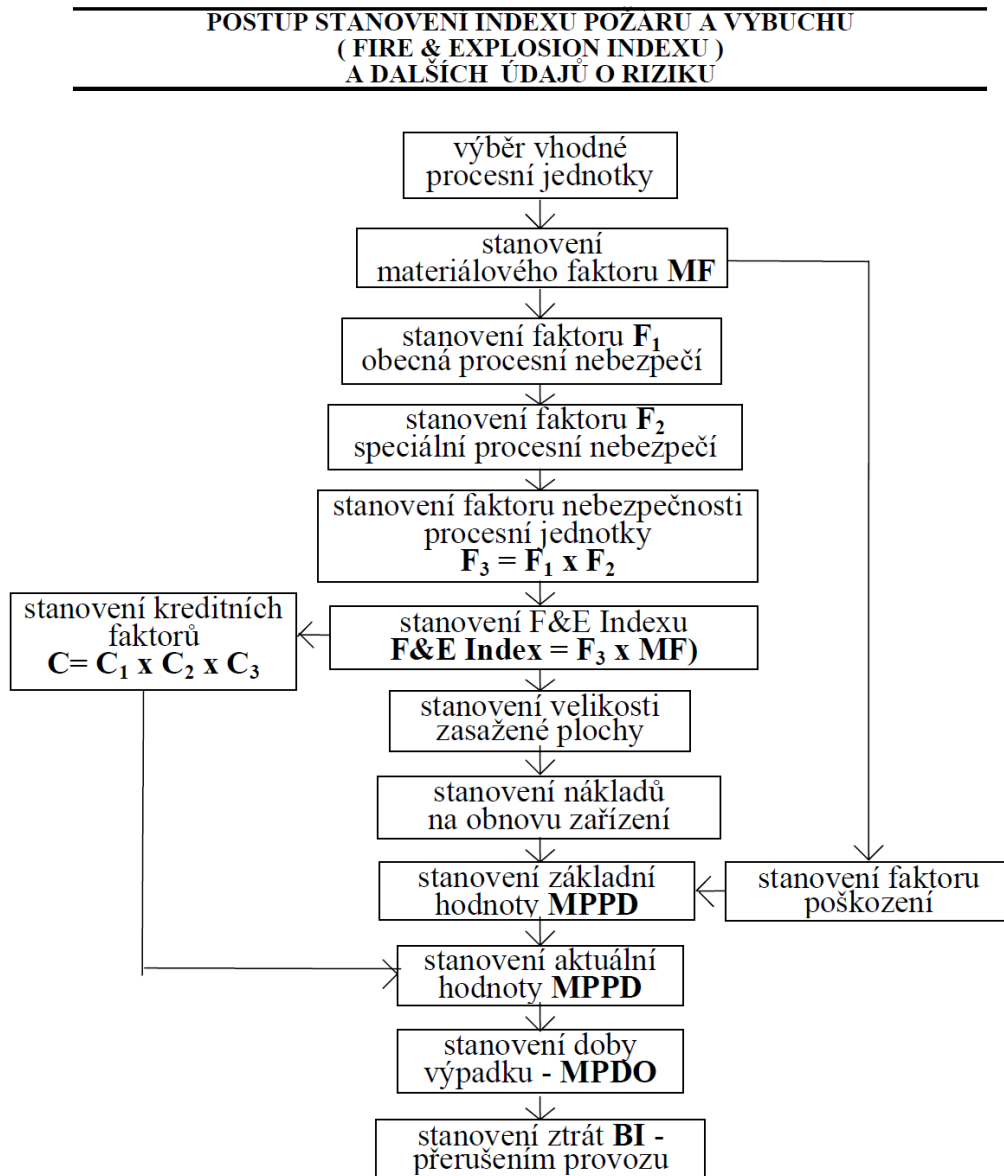
$$BI = MPDO \times (VPM/30) \times 0.70$$

Vpm – Hodnota měsíční produkce

0.70 reprezentuje fixní náklady plus zisk

h) Souhrnná analýza rizik výrobní jednotky

i) Soubor podkladů pro souhrnnou analýzu rizika



Obr. 12 Postup stanovení indexu požáru a výbuchu [8]

3.3 Systematické metody identifikace

3.3.1 Metoda HAZOP (Hazard and operability study)

Metoda je systematický a praxí ověřený postup. Systematicky zkoumá odchylky od projektovaného stavu. HAZOP studie je týmová práce. Tým je složen ze skupiny odborníků v různých oborech a veden zkušeným pracovníkem v technickém oboru, který ovládá HAZOP. Odhaluje odchylky od projektovaného stavu pomocí klíčových slov.

Klíčové slovo	Logický význam	Příklad
Není	úplná negace původní funkce	není médium v zásobníku
Větší	kvantitativní nárůst	Větší teplota v zásobníku
Menší	kvantitativní pokles	menší teplota v zásobníku
A také, Jakož i	kvalitativní nárůst	průnik chladící vody do média v reaktoru
A rovněž	kvalitativní nárůst	zanášení topného hadu
Částečně	kvalitativní pokles	nepřítomnost některé složky
Jiný	úplná náhrada	jiné médium v koloně

Tab. 3 klíčová slova HAZOP

Základní myšlenkou je, že odchylka je inicializace vzniku závažného stavu. HAZOP identifikuje nebezpečí, ale nestanoví míru rizika.

Studie HAZOP je zvláště při rozpoznání slabých míst v existujících či navrhovaných systémech, jako je tok materiálu, dat. Původně byla studie vyvinuta pro systémy zacházející s kapalným médiem a jiným tokem médií ve zpracovatelském průmyslu. Dnes se používá i v těchto oborech:

- Softwarové systémy, programovatelné elektronické systémy
- Systémy zahrnující dopravu a pohyb osob (silniční, železniční)

- Zkoumání posloupností operací provozních postupů
- Hodnocení administrativních postupů v průmyslových odvětvích

Studie HAZOP je zaměřena na systém jako celek, ne na jeho součásti.

Postup studie HAZOP

1. Popis účelu systému
2. Popis odchylky od požadované funkce
3. Nalezení příčiny, nebo souběhu příčin vedoucí k odchylce
4. Stanovení možných následků a doporučení zásahů

II. Přínos studie HAZOP

- a) Systematická a důkladná prohlídka zařízení
 - a. Identifikace rizik a nebezpečných stavů
 - b. Posouzení provozuschopnosti
- b) Možnost odhalení chyb operátora
 - a. Identifikace událostí, ve kterých by chyba operátora mohla mít závažné důsledky
- c) Odhalení nových nebezpečných stavů
- d) Zvýšení efektivity zařízení, předcházením poruch a přestávek.
- e) Lepší pochopení provozu

Č.	Vodící slovo	Prvek	Odchylka	Možné příčiny	Následky	Bezpečnostní opatření	Komentáře	Požadovaná opatření
1	ŽÁDNÝ, NENÍ ŽÁDNÝ	Látka A	Žádná látka A	Zdrojový tank A je prázdný	Žádný tok A do reaktoru Výbuch	Žádná nejsou specifikována	Nepřijatelná situace	Uvážit instalaci poplachu plus zablokování čerpadla B při nízké hladině v tanku A
2	ŽÁDNÝ, NENÍ ŽÁDNÝ	Přeprava A (rychlostí >B)	K žádné přepravě A nedochází	Čerpadlo A se zastavilo, potrubí se ucpalo	Výbuch	Žádná nejsou specifikována	Nepřijatelná situace	Měření rychlosti průtoku materiálu A plus poplach při malém průtoku plus zablokování čerpadla B při malém průtoku
3	VYŠŠÍ	Látka A	Více látky A: zdrojový tank je přeplněn	Plnění tanku z tankeru při jeho nedostatečné kapacitě	Tank přeteče do omezeného prostoru	Žádná nejsou specifikována	Poznámka: Toto by se zjistilo během zkoumání tanku	Uvážit poplach při vysoké hladině, jestliže nebyl zjištěn již dříve

Obr. 13 ukázka studie HAZOP [14]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 BARUM CONTINENTAL S.R.O.

Společnost Barum Continental s.r.o. sídlící v Otrokovicích je největším českým a dokonce evropským výrobcem pneumatik. Úspěch společnosti je založen na dlouholeté tradici a aplikaci nejnovějších technologií a trendů v řízení podniku.

4.1 Technologie výroby pneumatik

Původ pneumatik Barum se datuje do dvacátých let 20. století, kdy Tomáš Baťa založil výrobu obuvi ve Zlíně. V roce 1931 zavedl výrobu vlastních pneumatik. V současnosti tvoří výrobní program především pláště pro osobní a nákladní automobily, autobusy, traktory, zemědělské a speciální stroje. Hlavní složkou pro výrobu klíčových polotovarů je kaučuk, do kterého se přimíchávají přísady pro získání užitečných vlastností. Další součástí pneumatiky jsou výztužné materiály (textilní nebo ocelové), které zajišťují obvodovou pevnost pláště a odolnost proti průrazu. Základním procesem při výrobě pláštů pneumatik je míchání kaučukových směsí. Směs obsahuje zhruba deset složek a míchání má za cíl jejich co nejrovnoměrnější rozptýlení ve směsi. Dalším zpracováním kaučukových směsí je vytlačování a válcování. Pro vlastní konfekci je nutno provést úpravu pogumovaných výztužných materiálů, řezáním, stříháním nebo sekáním. Účelem mechanického dělení je získat přesný rozměr nebo úhel řezu. Pro výrobu lan, která zajišťují dokonalé usazení pláště na ráfku se používá ocelový drát o průměru 0,89 mm, upravený pomosazením. Potřebný počet drátů se odvíjí a prochází napříč hlavou vtačovacího stroje, v níž je opláštěván kaučukovou směsí. Po ochlazení se takto upravené dráty navíjí na konfekční kolo do předepsaného počtu vrstev. Konfekce patří mezi nejnáročnější pracovní operace. Je to samotný proces zhotovení pláště. Konečný tvar a požadované fyzikálně-mechanické vlastnosti obdrží pláště pneumatik procesem lisování a vulkanizace. Lisování, je proces závislý na tlaku, vulkanizace je chemicko-fyzikální děj, při kterém dochází ke strukturálním změnám. Makromolekuly kaučuku se vážou s molekulami vulkanizačního činidla (síra) a vznikají příčné vazby. Tím se mění převážně plastický materiál na elastický. Z lisovny se pláště dostávají na dokončovnu, kde se zbavují přetoků vzniklých lisováním. Dále postupují k vizuální kontrole, ty které projdou jako vyhovující pak ke kontrole uniformity. Pláště nákladní se ještě podrobují rentgenové kontrole. Z dokončovny putují pláště do skladu pneumatik. [9]

4.2 Technické charakteristiky skladu SO180

Sklad pneumatik SO 180 je jednopodlažní nepodsklepená skladovací hala se železobetonovou nosnou konstrukcí obdélníkového tvaru o půdorysných rozměrech 216 x 124 m a světlou výškou po vazníky 10,1 m. Hala se skládá z šesti požárních úseků a doprovodných objektů, ve kterých jsou sociální zařízení, šatny, servisní dílny techniky, elektrorozvodna a administrativní prostory.

Nosná konstrukce haly je tvořena železobetonovou konstrukcí s výplněmi z cihel a sandwichových panelů. Vnitřní požární příčky jsou vyzděny porobetonovými tvárnicemi 300 mm, na ostatní příčky je použit Ytong 150 mm. Stropní konstrukce je tvořena panely (trapézový plech – PUR- trapézový plech).

4.2.1 Stručný popis výroby

V objektu jsou skladovány hotové výrobky - pneu pro osobní a lehká dodávková vozidla. Kovové palety s hotovými výrobky jsou předávány z provozu paletizace a ve skladu jsou stohovány na sebe do výše 9 metrů na určené skladové pozice dle čísel pozic. Z pozic jsou tyto palety podle sortimentu odváženy do prostoru expedice a nakládány do kamionů, kterými jsou dopraveny ke konečnému uživateli nebo prodejci. Manipulace ve skladě je prováděna elektrickými vysokozdvihnými vozíky.

4.2.2 Požárně technická charakteristika surovin

PTCH pryže se podobají vlastnostem kaučuku s tím rozdílem, že z vulkanizovaná pryž je obvykle natolik plněna, že se i při částečné depolymerizaci neroztéká a chová se většinou jako pevná látka. U pevných látek, odhlédneme-li od teploty vzplanutí je většina požárně technických vlastností, např. chování se při požáru, intenzita požáru atp. závislá na uspořádání pevné látky v prostoru.

Protože obvykle výrobky z vulkanizované pryže mají malou objemovou hmotnost, jako např. pneumatiky, duše atp., je intenzita požáru vysoká, většinou vyšší než u kaučuků. Rychlost šíření požáru je až 2 m/min.

Pláště, duše, vložky - směs vulkanizovaných přírodních a syntetických kaučuků s vyšším obsahem plniv, vyztužená ocelovými nebo polyamidovými kordy - T vzplanutí je větší než 305 °C, teplota vznícení je vyšší než 375 °C, výhřevnost max. 30 MJ/kg,

třída požárního nebezpečí - 4 - se zvýšeným požárním nebezpečím a kouřem, který brání požárnímu zásahu.



Obr. 14 pohled do skladu

Osobní radiální pneumatika

- Teplota vzplanutí 370 °C
- Teplota vznícení 400 °C
- Doba do vzplanutí 430 s
- Doba do vznícení 285 s

Při hoření se uvolňuje černý kouř se sazemi. Vznícení je doprovázeno zvukovým efektem.

4.2.3 Požární začlenění objektu

Posuzovaný provoz je podle míry požárního nebezpečí začleněn, dle zákona č 133/1985 Sb., o požární ochraně

- se zvýšeným požárním nebezpečím

4.2.4 Technické prostředky požární ochrany ve skladu SO180

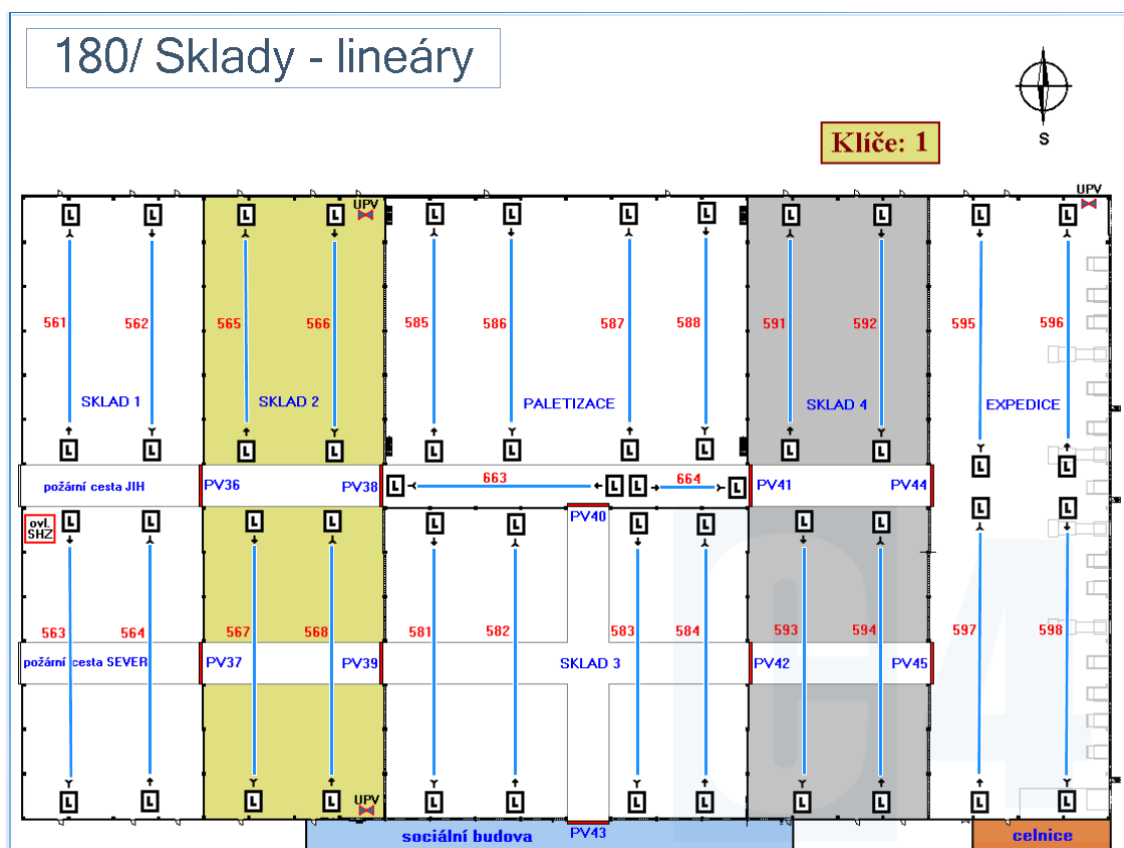
Sklad je rozdělen do šesti samostatných požárních úseků, které jsou rozděleny požárními vraty. Požární uzávěry jsou umístěny také na dopravníkovém mostě, který vede přes sklad 1 a 2 do úseku paletizace.

Sklad je vybaven kombinovanými hydranty na vodu C52 (40x) a pěnu s kanystrem 30 l (16x). V celém areálu BaCo je rozvedena hydrantová síť, která je napájena ze dvou 5000 m³ nádrží situovaných na nedalekém kopci. V případě nedostatku vody v síti hydrantů je možné čerpat vodu z přilehlé řeky Moravy, pomocí firemní čerpací stanice. Dojde-li k poruše na čerpací stanici, hydrantová síť se napojí na řád pitné vody města Otrokovic.

Jednotlivé požární úseky jsou vybaveny mobilními uzávěry proti úniku hasební vody, ty zabrání úniku použité hasební vody do spodních vod.

PHP jsou dobře označeny a jsou dostupné.

V objektu jsou použity lineární hlásiče FIRERAY 2000 (26x), bodové automatické hlásiče ESSER OT 9200 (153x) a manuální tlačítkové hlásiče PAM (35x).



Obr. 15 lineární hlásiče ve skladu

Hlásiče jsou připojeny do ústředny EPS ESSER IQ8 Control M. Ústředna je propojena přes essernet se všemi ústřednami ESSER v areálu BaCo. Pomocí Esser SEI (seriál esserbus interface) je zařízení ESSER připojeno do nadstavbového systému C4 a veškeré poplachy se zobrazí na velínu HZS podniku. Obsluha velínu je nepřetržitá a dojezdový čas do skladu je do pěti minut od iniciace EPS.

EPS ovládá požární vrata, požární uzávěry v dopravním mostu, klapky na odvod tepla a kouře COLT EuroCO a zastavuje dopravníky. Klapky je možno ovládat i ručně pomocí několika ovládacích panelů dobře dostupných v prostoru skladu.

Dopravní mosty jsou vybaveny stabilním hasícím zařízením (sprinkler) po celé jejich délce a také automatickými bodovými hlásiči.

Všechny systémy jsou udržovány ve funkčním a bezporuchovém stavu, jednou měsíčně jsou prováděny kontroly systémů a jednou ročně revize.

Objekt je dále vybaven systémem univerzálního klíče pro bezproblémový přístup zasahujících jednotek HZS do objektu.

4.3 Organizační opatření ochrany skladu

Pro sklad je vytvořen požární řád, v několika exemplářích viditelný ve skladu. V řádu jsou jasným způsobem sepsány podmínky bezpečného provozu skladu. (manipulace s výrobky, označení, maximální množství pneumatik, svařování, odpovědnosti atd.).

V intervalu 3 měsíců je prováděna kontrola elektroinstalace včetně použití termokamery pro zjištění přechodových odporů a následného zahřívání na spojích v rozvaděčích elektrické energie.

4.3.1 Analýza možností vzniku požáru v SO180

4.3.1.1 Bezpečnostní prohlídka. Safety review

Bezpečnostní prohlídku jsme provedli s technikem požární ochrany panem Bronislavem Sehnalem. Prohlídka zahrnovala pochůzku na dokončoveně pneu s přechodem dopravního mostu do skladu, rozbor technického a organizačního zabezpečení skladu a analýzu rizik skladování pneumatik. Expertní posudek pana Sehnala jsem rozvedl v kapitolách o rizicích vzniku požáru a technických prostředcích zabezpečení skladu.

Vzhledem k výše uvedeným bezpečnostním opatřeními ve skladu, se zmíním o možnostech iniciace požáru ve skladu SO 180.

Podmínkou bezpečné práce ve skladu, **je dodržování požárního řádu**. Dojde-li k jeho porušení, mohlo by dojít k:

- **Iniciace požáru z důvodu** porušení elektroinstalace, osvětlení, zabezpečovacích a požárně technických zařízení vlivem neopatrné manipulace s materiálem
- **Pozdnímu zpozorování a zásahu u vznikajícího požáru** z důvodu nedodržení volného manipulačního prostoru kolem elektrických rozvaděčů, hlavních vypínačů elektrického proudu, požárních hydrantů a hasicích přístrojů
- Problémy při evakuaci a příjezdu požární techniky z důvodu porušení příkazu udržování volných únikových cest
- Neuzavření požárních úseků, při poškození požárních vrat a nemožnosti jejich dovození při skladování materiálu v jejich těsné blízkosti
- Vzniku požáru při nedodržení zákazu svařování a práce s otevřeným ohněm bez povolení.

V minulosti došlo ve skladu 110 a 180 ke **vznícení vysokozdvížného vozíku** vinou zkratu na elektroinstalaci. Kouř byl včas zpozorován a požár zažehnán pomocí PHP.

Pokud by došlo k porušení požárního řádu a vysokozdvížný vozík, by byl zaparkovaný v blízkosti skladovaného hořlavého materiálů, mohlo by dojít k iniciaci požáru.

Dalším rizikem je požár zapříčiněný zkratem na elektroinstalaci ve skladu, tomu se předchází pravidelnou kontrolou rozvaděčů elektrického proudu pomocí termokamery. A okamžitému opravení zahřívajících se spojů.

V neposlední řadě by mohlo dojít k úmyslnému zapálení skladu cizí osobou, nebo nespokojeným zaměstnancem.

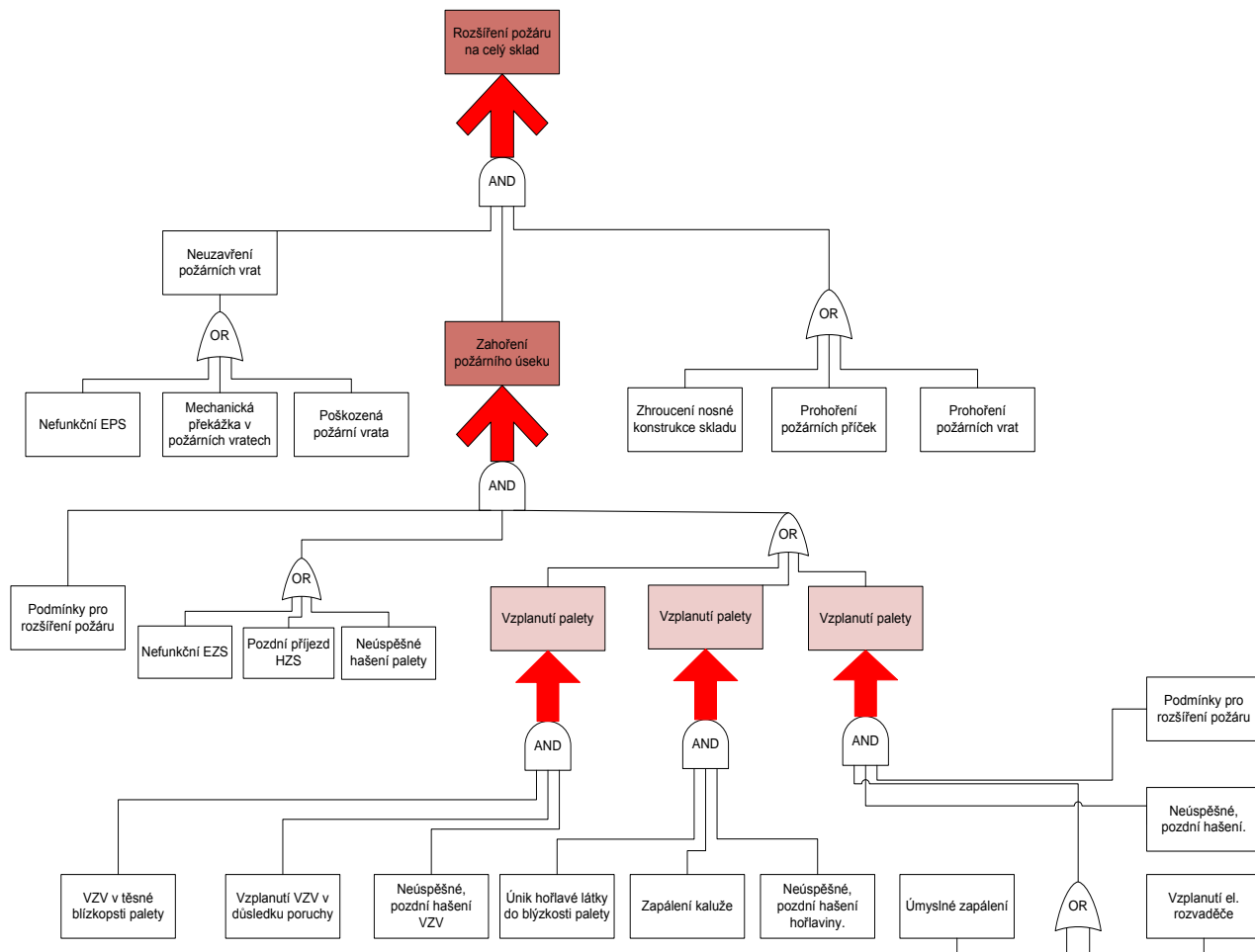
Dvě použité analýzy FTA a ETA jsem vytvořil na základě informací z bezpečnostní prohlídky (Safety review). Jedná se o nekvantifikované verze. Pro výpočet jednotlivých pravděpodobností by bylo zapotřebí provést komplexní prohlídku se skupinou expertů, na jejímž základě je možné vyčíslit pravděpodobnosti jednotlivých poruch a událostí. Výpočet výsledné pravděpodobnosti u metod ETA a FTA je uveden v teoretické části.

Jen pro představu uvádím údaje z metodiky CPR 18E Guidelines for Quantitative risk Assessment, známé jako „Purple Book“, která vychází z minulých havárií. Pro skladování pevných hořlavých látek (pneumatik) je zde uváděna frekvence poruch:

$$1 \times 10^{-5} \text{ za rok.}$$

4.3.1.2 FTA Fault Tree Analysis (analýza stromu poruch)

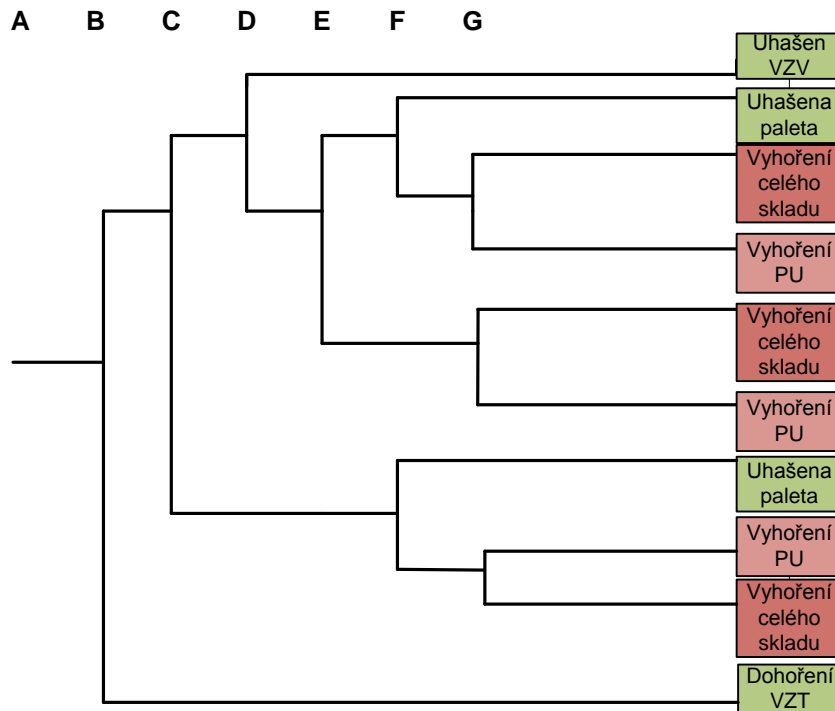
Při konstrukci stromu poruch jsem vycházel ze škodní historie a bezpečnostní prohlídky.



Obr. 16 analýza stromem poruch

4.3.1.3 *ETA Event Tree Analysis (analýza stromu událostí)*

Pomáhá určit roli zabezpečovacích prvků a systémů ve skladu.



Obr. 17 analýza stromem událostí

A	vzplanutí VZV
B	blízkost palety s pneumatikami, nebo hořlavého materiálu.
C	reakce obsluhy
D	uhašení obsluhou
E	reakce EZS
F	včasný zásah HZS
G	porušení požárního úseku

Tab. 4 události pro ETA

4.4 Požární rizika

Maximální množství skladovaných pneumatik: 800 000 kusů, to je při průměrné váze jedné pneumatiky 8,5 Kg až **6 800 000 Kg** uskladněného materiálu v celém skladu. Sklad je rozdělen do šesti požárních úseků. Čtyři skladovací úseky, expedice a paletizace. Množství

materiálu v jednotlivých požárních úsecích je variabilní, vycházím z rovnoměrného rozložení materiálů.

Název	Sklad 1	Sklad 2	Sklad 3	Sklad 4	Celkem
Množství materiálu	1,700,000	1,700,000	1,700,000	1,700,000	6,800,000
[Kg]					

Tab. 5 Množství materiálu v požárních úsecích

Vzhledem k obrovskému množství skladovaných pneumatik, se může při vyhoření skladu uvolnit značné množství toxických a zdraví škodlivých látek. Jejich přibližné množství je možno odhadnout z provedených testů hoření pneumatik. Např. ve Švédském Národním Institutu pro Testování a Výzkum (**Swedish National Testing and Research Institute**), nebo v analýzách vypracovaných technickým ústavem požární ochrany. Z provedených testů vyplívá průměrné množství zplodin.

4.4.1 Zplodiny z hoření pneumatik

Nejvýznamnější cestou vstupu škodlivých látek do organismu je inhalace dechem a částečně i přes kůži. Z důvodu vzniku značného množství škodlivých látek mohou být zdravotní potíže u exponovaných osob různorodé. Prvotními příznaky jsou nejčastěji dráždění očí, dráždivý kašel, bolesti hlavy, únava, stres, potíže ze zápachu, dráždění krku, atd. K nejdráždivějším látkám patří především oxid siřičitý. Expozice se projevuje pálením spojivek a podrážděním horních cest dýchacích. Při styku s vodou vytváří kyselý roztok. Při menší akutní expozici může způsobit i bronchitidu a zánět spojivek. Zplodiny hoření pneumatik jsou charakteristické především svými karcinogenními účinky, které jsou významné zejména při dlouhodobém působení. To je zapříčiněno především značným obsahem benzenu a 1,3-butadienu. Podle IARC je benzen zařazen mezi prokázané lidské karcinogeny (skupina 1) a 1,3-butadien mezi pravděpodobné lidské karcinogeny (skupina 2A). V produktech hoření pneumatik se vyskytuje řada dalších karcinogenních látek, především polycyklických aromatických uhlovodíků. Známý je např. benzo(a)pyren, který

byl v laboratorních testech přítomen v množství 0,08 mg.m⁻³, neboli z 1 kg pneumatiky se uvolnilo 84,8 mg této látky. V malém množství je ve zplodinách zastoupen i kyanid. Otázkou zůstává, jak velké zdravotní riziko zplodiny hoření pneumatik představují a koho nejvíce ohrožují (množství vzniklých nebezpečných látek při požáru skladu je uvedeno v kapitole 7.2.5). U malých požárů se zplodiny obvykle velmi rychle rozplynou v okolní atmosféře a naměřené hodnoty jsou tak minimální. V souvislosti s velkými požáry je ale vznik toxických zplodin značný. Experimentální laboratorní testy poukazují, že většina přítomného uhlíku se přemění na oxidy uhlíku a saze. Menší část pak tvoří ostatní látky, což je ovšem při hoření několika tisíc tun pneumatik nezanedbatelné. Největší expozice nastává u osob nacházejících se poblíž ohniska požáru, tzn. především hasičů. I přesto, že jsou hasiči chráněni ochrannými prostředky včetně dýchacích přístrojů, některé urologické expoziční testy provedené na hasičích potvrzují přítomnost PAH v organismu. U nechráněných osob tak může dojít k závažným zdravotním komplikacím. Šíření zplodin značně ovlivňuje meteorologická situace. Vítr může oblak zplodin unášet do značné vzdálenosti. Kouř a zápach lze považovat za dobrý indikátor šíření zplodin. Se vzrůstající vzdáleností od místa požáru koncentrace těchto látek značně klesá. Látky velmi těkavé a plyny se šíří do okolí poměrně snadno, naopak látky méně těkavé obvykle rychle kondenzují a zadržují se v blízkosti požáru. Součástí kouře je i černý popílek, který na sebe váže těžší látky, je unášen větrem a následně padá k zemi. Situaci komplikuje inverze, kdy se zplodiny šíří při zemi a představují tak mnohem větší riziko. V případě deště se zplodiny vážou na kapky vody, které můžeme následně pozorovat jako černý kyselý spad. Následky požáru mají i značnou ekologickou zátěž, především v místě požáru, kde je kontaminace nejvyšší. Hořením pneumatik vzniká kromě plyných zplodin i olejovitá kapalina (pyrolytický olej), který tvoří směs ropných látek. Tato kapalina proniká do půdy a může ji následně dlouhodobě kontaminovat. K hašení rozsáhlých požárů se obvykle použije značné množství vody, které následně začne, společně s olejovitou kapalinou, odtékat do nejbližších kanalizací a vodních toků. To může mít za následek kontaminaci těchto vod. Pro tyto případy je sklad SO 180 vybaven hasebními uzávěry. Pozůstalý popel obsahuje uhlíkové zbytky, a těžké pevné produkty hoření, které kromě organických látek tvoří i oxidy kovů. [10]

Pro další práci s modelováním zplodin hoření pneumatik, budu vycházet z dokumentu zpracovaného ve Švédském Národním Institutu pro Testování a Výzkum (**Swedish**

National Testing and Research Institute) [11]. V následujících řádcích vyberu z uvedeného dokumentu, hodnoty, potřebné pro další práci. Jedná se o překlad dokumentu a jeho zestručnění.

4.4.2 Experiment hoření pneumatik.

Pro odhad emisí do vzduchu a vody, vzniklých při hoření pneumatik, byly provedeny jednotlivé testy, každý se 32 pneumatikami.

Byly použity dva typy uskladnění pneumatik, poté hašení vodou a pěnou. Během testu byly odebírány a testovány vzorky zplodin.

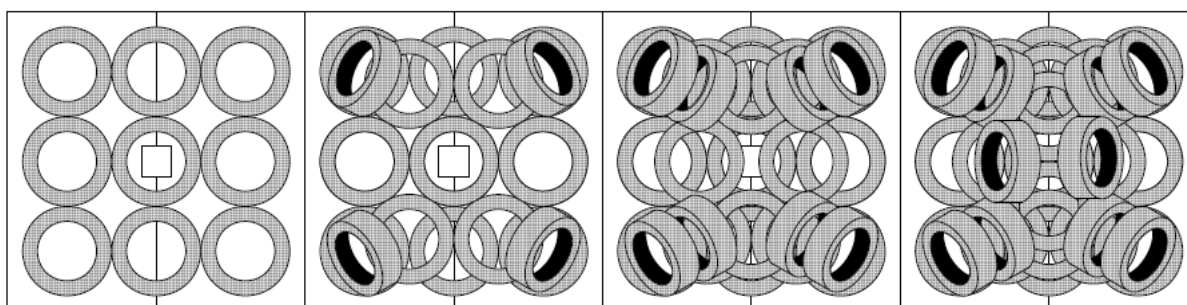
Analyzovaly se:

- Anorganické sloučeniny
- Těkavé organické sloučeniny (VOC)
- Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH)
- Polychlorované dibenzodioxiny a furany – dioxiny (PCDD/ PCDF)
- Částice
- Kovy

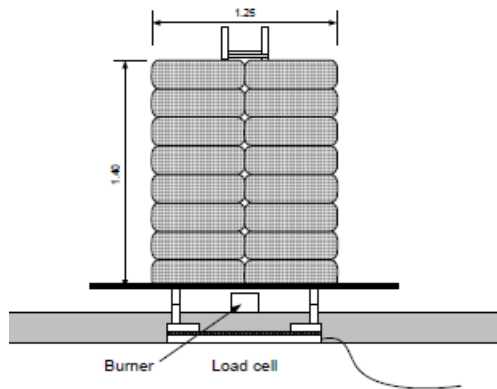
Odpadní voda z hašení, byla také analyzována.

Pro každý test byly použity pneumatiky o celkové váze okolo 250Kg.

Výkon hořáku přibližně 25KW.



Obr. 18 Testovaná hromada pneumatik [11]



Obr. 19 Sloup pneumatik [11]

4 rozdílné testy.

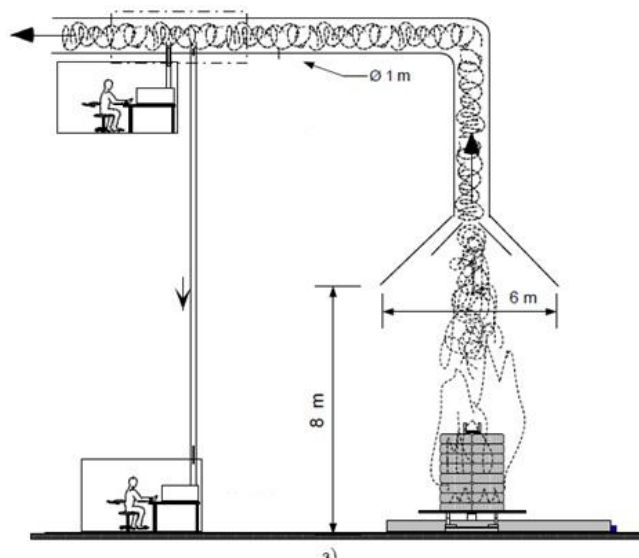
Test T5: 32 pneumatik na hromadě, bez aplikace vody.

Test T6: 32 pneumatik na hromadě, s aplikací vody.

Test T7: 32 pneumatik na hromadě, s aplikací vody a pěnidla.

Test T8: pneumatik ve 4 sloupcích po 8mi pneumatikách, bez aplikace vody.

Aplikace vody až po maximálním rozhoření.



Obr. 20 průběh testu zplodin pneumatik [11]

Test	HRR _{max} [kW]	T _{max,75cm} [°C]	T _{max,100cm} [°C]	T _{max,140cm} [°C]
T5	3722	1246	1292	-
T6	3609	1318	1363	-
T7	3686	1275	1141	-
T8	3607	1072	1231	1057

Tab. 6 dosažené teploty během testu

V mnoha případech jsou koncentrace různých druhů zplodin zajímavé, nicméně, koncentrace v reálném požáru závisí na řadě parametrů, např. pozice, velikost požáru, vítr, atd., není to vhodný parametr použitý k porovnání výsledků z různých testů a různých komodit. Místo něj je užitečnější parametr **výnos**, definovaný jako:

$$Y_x = \frac{m_x}{\Delta m_{tot}}$$

m_x je množství produkovaného typu zplodin x .

Δm_{tot} je množství spáleného hořlavého materiálu.

Výnos y je možno použít pro modelování úniku zplodin z hoření pneumatik.

Pro přesné výpočty výnosů y je zapotřebí stanovit **hmotnostní ztráty materiálu**. Z těch určíme množství spáleného hořlavého materiálu Δm_{tot} . Výsledky jsou sepsány v tabulce v kilogramech a v procentuální ztrátě, při počátečním stavu 250Kg. Jedná se o stav po 40 min hoření. U T6 a T7 bylo po 12 min provedeno hašení vodou.

Test	Úbytek [kg]	Úbytek [%]
T5	112	44,8
T6	75,6	30,24
T7	66,4	26,56
T8	118	47,2

Tab. 7 úbytek hmotnosti

Z testu úbytku hmotnosti vyplývá, že množství spáleného materiálu činí do 50% původní hmotnosti.

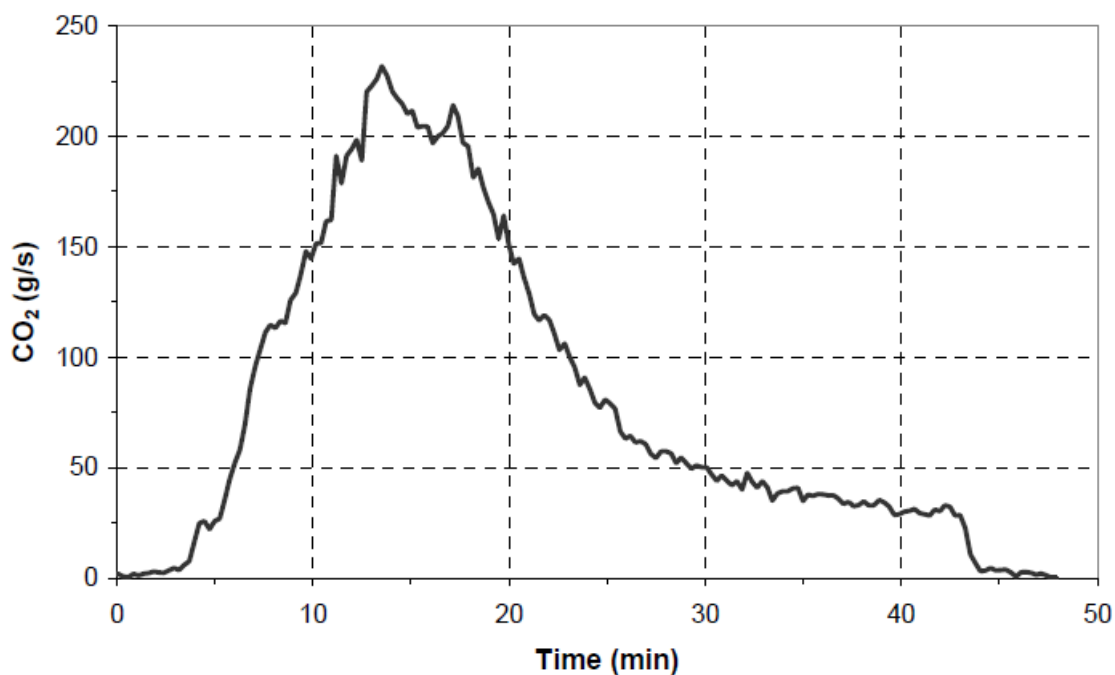
Do následujících tabulek, vyjadřujících množství jednotlivých látek ve zplodinách, přidám teoretické množství látek uniklých při vyhoření celého skladu SO 180. Ve výpočtu vycházím z kapacity skladu 800 000 ks. Každá po cca 8,5 kg. Celkové množství materiálu ve skladu je v tomto případě **6 800 000** Kg. Z výše uvedené tabulky je úbytek hmotnosti 44,8%. V celkovém množství to dělá **3 046 400** Kg spáleného hořlavého materiálu. Tato hodnota je pouze orientační, je nutno počítat s rozdílným chováním pneumatik při testu hoření 250 kg na otevřeném prostranství a 6 800 000 kg ve skladovacích prostorách. Pro možnosti modelu vyhoření pouze jednoho požárního úseku, uvádím i hodnoty pro jeden úsek.

Test	Y _{co2} [g/kg]	CO ² celkem [kg]	Y _{co} [g/kg]	CO celkem [kg]	Y _{so2} [g/kg]	CO celkem [kg]
T5	2 009,00	6 120 217,60	48,80	148 664,32	23,60	71 895,04
T6	2 012,00	6 129 356,80	57,40	174 863,36	24,80	75 550,72
T7	1 991,00	6 065 382,40	58,10	176 995,84	25,20	76 769,28
T8	2 071,00	6 309 094,40	60,10	183 088,64	24,30	74 027,52

Tab. 8 množství anorganických plynů

Test	Y _{HCL} [g/kg]	HCL celkem [kg]
T5	0,41	1 249,02
T6	0,43	1 309,95
T7	0,52	1 584,13
T8	0,42	1 279,49

Tab. 9 množství HCL



Obr. 21 emise CO₂ [11]

Z grafu na Obr.20 jsem určil hmotnostní únik CO₂.

Množství hořícího materiálu [Kg]	Emise CO ₂ [Kg/s]
250	0.230
1 000 000	920
3 000 000	2760

Tab. 10 emise CO₂/s

Analýza	T5	T5 celkem	T6	T5 celkem
	[g/kg]	[Kg]	[g/kg]	[Kg]
časové rozhraní	2 - 22		12 - 36	
[min]				
Benzen	1,8	5483,52	1,6	4874,24
Toulen	0,1	304,64	0,5	1523,2
Fenyletyl	0,1	304,64	0,1	304,64

Fenol	0,2	609,28	0	0
-------	-----	--------	---	---

Tab. 11 těkavé organické sloučeniny (VOC)

Analýza	T5	T5	celkem	T6	T6	celkem
	[mg/kg]	[Kg]		[mg/kg]	[Kg]	
Celkem PAH, karcinogenní	160	487,424		300	913,92	
PAH ostatní	860	2619,904		1600	4874,24	

Tab. 12 polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH)

Látka	Celkové množství [Kg]	1 Požární úsek [Kg]
CO ₂	6,120,217.60	1,530,054.40
CO	148,664.32	37,166.08
SO ₂	71,895.04	17,973.76
Benzen	5,483.00	1,370.75
Toulen	304.00	76.00
Fenyletyl	305.00	76.25
Fenol	609.00	152.25
PAH, karcinogenní	487.00	121.75
PAH ostatní	2,619.00	654.75

Tab. 13 Celkové množství látek ve zplodinách

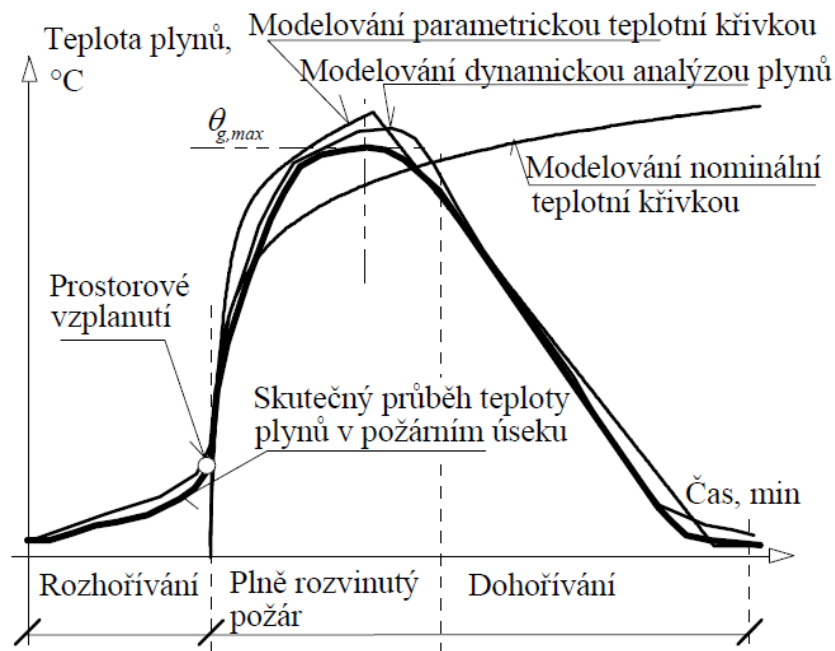
5 MODELOVÁNÍ POŽÁRU A ZPLODIN HOŘENÍ

Modelování požárů je užitečný nástroj pro stanovení požární odolnosti staveb, možnosti evakuace ze zasažených prostor, evakuačních míst. Dále může být modelování použito k analýze rizik a stanovení oblasti, která bude následkem požáru postižena. Jedná se o stanovení zátěže pro obyvatele, životní prostředí, spodní vody. V prvním případě, požární odolnosti staveb, je hlavní sledovanou veličinou teplota zplodin. U modelování následků to je především chování zplodin z hoření a jejich disperze v atmosféře a důsledky odpadní vody z hašení požáru na životní prostředí, respektive spodní vody. Vzhledem k zaměření práce se o části problematiky požární odolnosti zmíním jen zběžně, a podrobněji rozeberu možnosti modelování následků úniku zplodin do atmosféry a jejich disperzi.

5.1 Požární odolnost staveb

Teplotní průběh požáru závisí na řadě vlivů, jako jsou teplota okolí, okolnosti zahřívání a hromadění tepla v prostředí hořlavých látek. Ke vzniku požáru je nutné, aby bylo hořlavé látce dodáno dostatečné množství energie. Díky ní se z látky uvolní hořlavé plyny a páry, které se vzduchem tvoří hořlavou směs. Aby tento proces samovolně pokračoval a došlo k rozvoji požáru, je nutné, aby se z pevných a kapalných hořlavých materiálů kontinuálně uvolňovaly další páry a plyny.

Požár je živel, který lze charakterizovat časovým průběhem teploty, tlaku a složením plynů hořících produktů v prostoru. Požární úsek je ohraničen požárně odolnými konstrukcemi či konstrukcemi bez odolnosti (požárně otevřené plochy okenních otvorů v obvodových stěnách či ve střešních pláštích). Při požáru v uzavřeném prostoru lze rozlišit **tři časové fáze**. Při rozhořívání požár roste a šíří se z místa svého vzniku. Plně rozvinutý požár, který začíná prostorovým vzplanutím přibližně při tepelném výkonu 1 MW, se vyznačuje intenzivním hořením v prostoru celého požárního úseku. Požár končí dohoříváním a chladnutím. Modelování první fáze požáru umožňuje zajištění bezpečné **evakuace osob, odvětrání prostoru, návrh únikových cest a shromažďovacích prostor při požáru**.



Obr. 22 Modelování teploty plynů v požárním úseku **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**]

5.1.1 Modely požáru

- **Nominální křivky:** nejjednodušší modely vyjadřují pouze závislost na době požáru.
 - **Křivka vnějšího požáru** udává teplotu namáhání obvodových stěn.
 - **Uhlovodíková křivka** určuje teplotu u požárů s prudkým nárůstem teploty.
 - **Křivka pomalého zahřívání** u zdvojených stropů konstrukcí.
- **Zónové modely**
- **Dynamická analýza plynů**

V současné době se používají **analytické metody**, jejich vstupem je hustota požárního zatížení, největší rychlost uvolňování tepla, ventilační podmínky popsané polohou a velikostí otvorů a tepelné ztráty ohraničujících konstrukcí.

Pro složitější úlohy, rozsáhlé prostory a jejich soustavy jsou k dispozici jedno a více zónové modely. Na jejich základě byly vypracovány programy, které se uplatní v požárně bezpečnostním inženýrství **při analýze rizik objektů a provozů**, při projektování požární bezpečnosti staveb, hodnocení možnosti

evakuace objektu, návrhu zařízení pro odvod kouře a tepla, umístování požárních hlásičů i vyšetřování příčin vzniku a průběhu požárů.

5.1.2 Zkušenost z praxe hašení pneumatik

Teplota hoření obvykle nepřesahuje v místě hoření 1000 °C. Množství uvolněného tepla z pryže (pneumatik) při hoření je v porovnání se dřevem cca 1,8krát více. To znamená, že když shoří 100 kg pneumatik, vyrobí se tolik tepla, jako kdyby shořelo 180 kg dřeva. Při teplotě hoření pneumatik v otevřeném prostředí se taví plasty, v extrémních případech se může tavit hliník a jeho slitiny. "Pokud by pneumatiky hořely v uzavřeném skladu, mohou se teploty nakumulovat do hodnot, při kterých se taví sklo či ocel,". **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**]

Materiál	Výhřevnost [KJ/kg]
Dřevo	16 000
Černé uhlí	21000 až 31000
Pneumatika	30,000

Tab. 14 Výhřevnost materiálů

V důsledku zvýšené teploty, by pravděpodobně došlo ke zhroucení ocelových nosníků a tím k porušení požárních úseků.

5.1.3 Modely šíření plynu v atmosféře, modely rozptylu

Plynná látka po úniku do atmosféry vytváří oblak, který je následně rozptylován ve směru vanutí větru. Existují tři hlavní mechanismy rozptylu:

- **Vznášivý rozptyl** (též pozitivně vzlínavý) pro plyny lehčí než vzduch; tyto oblaky jsou

pasivně transportovány větrem;

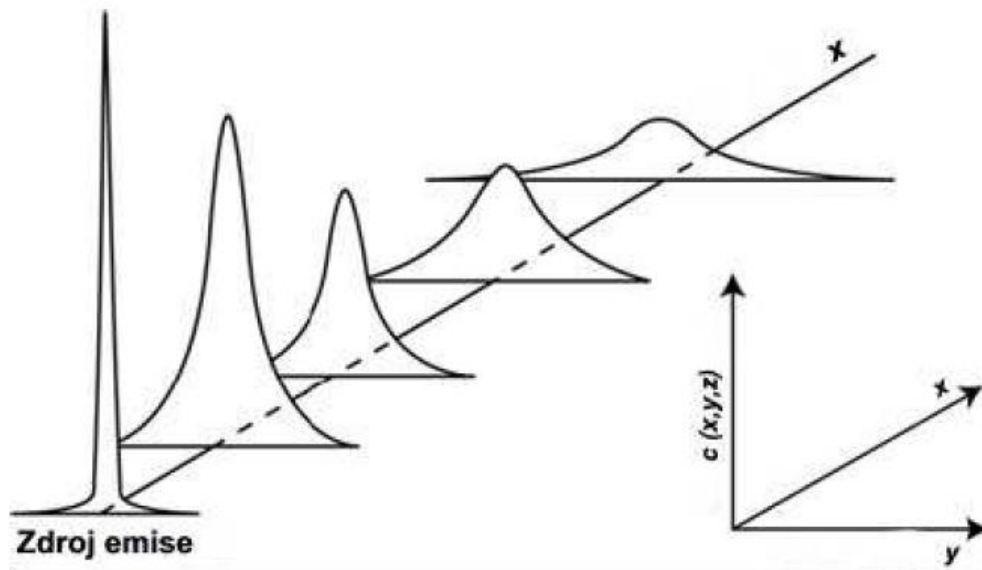
- **Rozptyl neutrálního plynu**, tj. plynu o přibližně stejné hustotě vzduchu, resp. plynů

nařazených na hustotu vzduchu;

- **Rozptyl těžkého plynu** nebo směsí těžších než vzduch.

Modelů rozptylu plynu v atmosféře je celá řada, dělí se hlavně podle:

- **Chování vytvořeného mraku**
 - Gaussův model rozptylu (model pro vznášivý rozptyl)
 - Eulerův model (stacionární pole v pevných souřadnicích)
 - Lagrangeův model (sleduje pohyb částice v čase)
 - BOX model (pro rozptyl těžkého plynu)
- **Trvání úniku**
 - Okamžitý únik („PUFF“)
 - Kontinuální únik („PLUME“).
- **Složitost modelování**
 - Jednoduché modely (analytické řešení, silně zjednodušené podmínky, BOX modely)
 - Složité 3D modely (numerické řešení metodou konečných prvků, možnost simulovat složité okrajové a počáteční podmínky, CFD modely).



Obr. 23 Koncentrace látky při vznášivém rozptylu. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**]

Dalším zajímavým parametrem je **koncentrační pole plynu v atmosféře**, které dělíme podle typu úniku plynu:

- Kontinuální únik (Eulerovský model PLUME)
 - Koncentrační pole je stacionární tzn. neměnné v čase.
 - Koncentrace závisí na rychlosti větru
 - S rostoucí stabilitou atmosféry roste délka oblaku a zmenšuje se jeho šířka
- Jednorázový únik (Lagrangerovský model PUFF)
 - Koncentrační pole je časově závislé
 - Koncentrace nezávisí na rychlosti větru
 - S rostoucí rychlostí větru se zkracuje doba ovlivnění situace v daném bodě.

V problematice **rozptylu plynu v atmosféře** hrají klíčovou roli meteorologické podmínky. U nichž nás zajímají především tři parametry.

Pro účely modelování rozptylu znečišťujících příměsí navrhli Pasquill a Gifford členění

sestavající ze šesti stabilitních tříd v rozsahu od A (extrémně instabilní) po F (extrémně stabilní) třída D pak charakterizuje indiferentní teplotní zvrstvení. Obecně platí, že když je teplotní zvrstvení stabilní (třídy E, F) nebo neutrální (třída D), pak se očekává, že uniklé látky budou putovat na delší vzdálenosti, než se jejich koncentrace významně sníží. Z tohoto důvodu se třídy D, E a F považují z hlediska rozptylu nebezpečných látek za „špatné“ povětrnostní podmínky. [17]

Rychlost přízemního větru [m/s]	Den			Noc	
	Dopadající sluneční záření			Oblačná pokrývka	
	Silné	Střední	Slabé	<1/2 oblohy	>1/2 oblohy
< 2	A	A -B	B	E	F
2 - 3	A -B	B	C	E	F
3 - 5	B	B- C	C	D	E
5 - 6	C	C -D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Tab. 15 Určení třídy stability atmosféry podle vnějších podmínek

“ Při zcela zatažené obloze ve dne i v noci se uplatňuje třída stability D bez ohledu na rychlost větru. “ Za noc se považuje časový úsek začínající hodinu před západem slunce a končící hodinu po východu slunce. “

Třída stability atmosféry: ovlivňuje disperzní koeficienty (závislost i na vzdálenosti od zdroje) a tím i tvar mraku. Týká se především vertikálního promíchávání oblaku plynů a par. Během dne jsou velké rozdíly mezi vyšší teplotou u povrchu země a nižší teplotou ve vyšších vrstvách atmosféry. V noci je tomu naopak s tím, že asi 500 m nad povrchem země je již teplota ve dne i v noci stejná. Někdy je ve dne teplota v této výšce vyšší než na povrchu země a vzniká inverze.

- A – extrémně nestabilní podmínky
- B – středně nestabilní podmínky
- C – mírně nestabilní podmínky
- D – neutrální podmínky
- E – středně stabilní podmínky

- F – stabilní podmínky

- **Rychlost větru:** u jednorázového úniku ovlivňuje dobu expozice. Čím je větší rychlost větru, vyšší, tím je oblak plynů a par delší a užší. Chemické látky se dostanou rychleji do větší vzdálenosti od jejich zdroje, ale oblak je zředěn větším množstvím vzduchu.
- **Směr větru:** určí postiženou oblast

Data je možno získat od Českého hydrometeorologického úřadu, který poskytne větrnou růžici obsahující pravděpodobnost výskytu osmi intervalů směru větru při pěti třídách stability a třech kategoriích rychlosti.

V České republice jsou nejčastěji používány tyto modely:

- **Pasquill – Gifford** má 3 třídy pro model PUFF a 6 tříd pro PLUME
- **Bubník – Koldovský** (jen pro kontinuální únik) má 5 tříd stability

Vzhledem k zaměření práce na únik zplodin těžších než je vzduch, se dále zaměřím na **modely rozptylu těžkého plynu v atmosféře.**

5.1.3.1 Model rozptylu těžkého plynu

Jedná se o případ, kdy je plyn těžší než vzduch, má molekulovou hmotnost větší (cca 29 g.mol⁻¹). Uvolněný plyn či směs vytvoří po svém úniku oblak, jehož velikost závisí na jeho množství.

Rozptyl těžkého plynu probíhá

v několika, po sobě následujících fázích:

- Klesavá fáze (negativní vztlínání), během níž je dominantní silou gravitace; během této fáze vstupuje do oblaku vzduch, který ho zahřívá a zředuje, a tím ho činí lehčím.
- Přejídná fáze následovaná pasivní rozptylovou fází, kdy je již hustota oblaku významně nižší, a oblak se stává lehčím než vzduch.

- Fáze vznášivého rozptylu, která je poslední fází rozptylu a která nastává po dostatečném naředění oblaku.

5.2 Modelování požáru SO 180

5.2.1 Softwarové nástroje toxických dopadů

Ministerstvo životního prostředí ČR vydalo v roce 2007 metodický pokyn, kterým doporučuje způsob pro zpracování dokumentu Analýza a hodnocení rizik závažné havárie, vyplývající z ustanovení zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií. Tento dokument, který je určen správním úřadům, právníkům a podnikajícím fyzickým osobám, a kontrolním orgánům, obsahuje také doporučený způsob pro modelování rozptylu disperzí a hodnocení příslušných toxických dopadů (toxický rozptyl). V kapitole „Odhad následků reprezentativních scénářů závažných havárií a jejich dopadů na životy a zdraví lidí, hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek“ je uveden odkaz na doporučené softwarové produkty (ALOHA, WHAZAN, PHAST, SAFETI, RISKAT, EFFECTS, DAMAGE, ROZEX, TEREX).

5.2.2 Terex

TEREX je nástroj určený pro rychlou prognózu dopadů a následků působení nebezpečných látek nebo výbušných systémů, zejména při jejich kategorickém zneužití. Model je vytvořen jako počítačový program s návazností na geografický informační systém (GIS) pro přímé zobrazení výsledků v mapách.

Program byl původně určen zejména pro operativní použití jednotkami integrovaného záchranného systému během zásahu, pro rychlé určení rozsahu ohrožení a realizaci následných opatření ochrany obyvatel. Stejně tak je doporučován pro provádění analýzy a hodnocení rizik pro účely havarijního plánování. Program poskytuje výsledky i při nedostatku přesných vstupních informací.

Výsledky výpočtu jsou uspořádány poměrně jednoduše a srozumitelně, takže usnadňují rychlé rozhodování. Výsledný havarijní model je možné uložit do databáze „Havarijních událostí“.

Program TEREX disponuje databází obsahující celkem 120 nebezpečných chemických látek, jejichž fyzikálně-chemické a toxikologické vlastnosti jsou uživateli dostupné.

Pro modelování samotné je kromě výběru příslušné látky a požadovaného modelu nutné zadat ještě následující vstupní údaje: [20]

- Celkové množství uniklé látky
- Střední rychlost větru v přízemní vrstvě
- Teplotu vzduchu
- Typ převažujícího povrchu v prostoru potenciálního šíření oblaku (korekce vlivu drsnosti povrchu)
- Oblačnou pokrývku v procentech
- Doba vzniku a průběhu havárie (den-noc, roční doba)

Program umožňuje navolit si příslušný typ úniku látky ze zařízení (PLUME resp.PUFF).

Pro simulaci hoření skladu je proto vhodné zvolit typ PLUME. Jedná se o dlouho trvající únik látky do okolí.

Ačkoli do modelu pro rozptyl disperzí vstupuje údaj o atmosférické stabilitě, při vlastním použití programu si uživatel nemůže sám zvolit příslušnou třídu stability, ale může zadat pouze příslušné časové určení prostřednictvím položky „doba vzniku a průběhu havárie“.

Program pak automaticky vybere příslušnou třídu atmosférické stability podle vlastních algoritmů, resp. specifických tabulek, založených na Pasquillově-Giffordově typizaci. Viz.Tab. 15

5.2.2.1 Převod údajů pro TEREX

Jelikož program Terex je schopen akceptovat údaje o hmotnostním toku ve formě zadaného přetlaku a velikosti otvoru, bylo nutné hodnoty přepočítat. Při přepočtu jsem vycházel ze vzorce úniku plynu z potrubí. [7]

$$Q = C_d \cdot A \cdot p \cdot \left[\frac{\gamma \cdot M}{R \cdot T} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\left(\frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} \right)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

kde	Q	je	hmotnostní tok otvorem	[kg/s]
	C_d		odtokový součinitel	[1]
	A		plocha trhliny	[m ²]
	p		tlak uvnitř produktovodu	[Pa]
	γ		specifické měrné teplo	[1]
	M		molekulová hmotnost plynu	[kg/mol]
	R		plynová konstanta	[J/mol·K]
	T		teplota	

$$M_{\text{co}_2} = 48 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

$$R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

Po úpravě vzorce na výpočet součinu plochy a tlaku v potrubí dostáváme.

$$\frac{Q}{0,0024} = A \cdot p$$

Množství materiálu [Kg]	Hmotnostní tok [Kg/s]	Q/0,0024	Tlak [Pa]	Otvor [m ²]
250	0,23	95,83333	150000	6,38889E-06
1 000 000	920	383333,3	200000	1,916666667
3 000 000	2760	1150000	600000	1,916666667

Tab. 16 Přepočet hodnot pro Terex

5.2.2.2 Klimatická situace

Zájmové území náleží do klimatické oblasti T2, charakterizované jako oblast s dlouhým létem, teplým a suchým, velmi krátkým přechodným obdobím, s teplým

až mírně teplým jarem a podzimem, krátkou a suchou zimou, s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky, následující rámcovou klimatickou charakteristikou:

- počet letních dnů 50 – 60
- počet mrazových dnů 100 – 110
- srážkový úhrn ve vegetačním období 350 – 400 mm
- srážkový úhrn v zimním období 200 – 300 mm
- počet dnů se sněhovou pokrývkou 40 – 50

směr	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	klid
%	16	9	5	11	16	11	8	16	8

Obr. 24 větrná růžice pro Otrokovice

Výskyt jednotlivých tříd rychlosti větru:

1. třída 1,7 m/s 57,77 %
2. třída 5,0 m/s 35,18 %
3. třída 11,0 m/s 7,05 %

Výskyt jednotlivých tříd stability ovzduší:

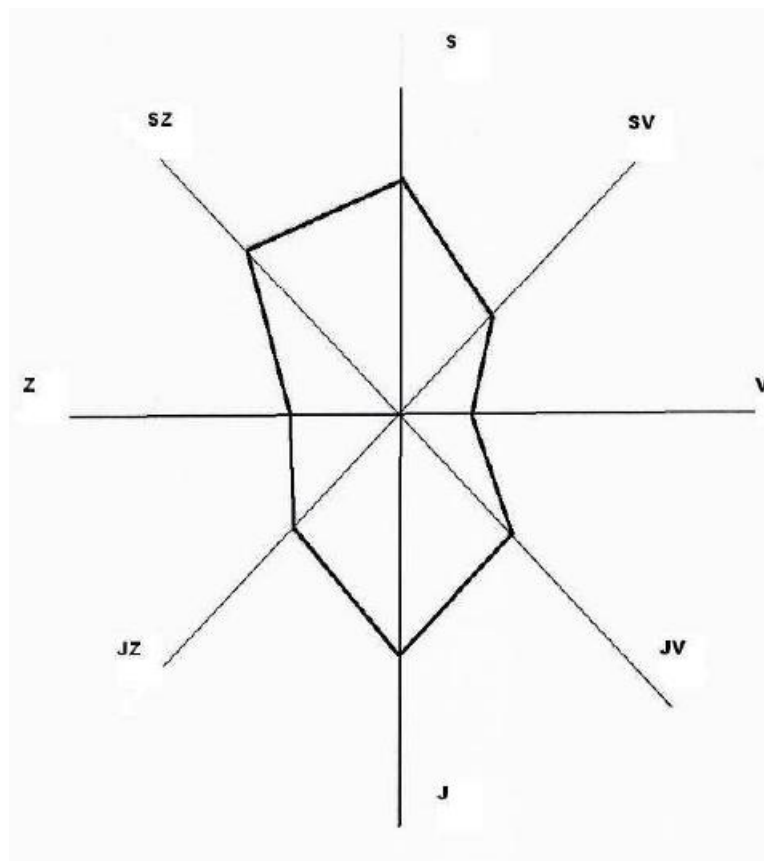
1. třída – velmi stabilní 9,98 %
maximální možná rychlost větru 2,5 m/s
2. třída – stabilní 17,91 %
maximální možná rychlost větru 3,5 m/s
3. třída – izotermní 30,11 %
rychlost větru bez omezení

4. třída – normální 31,31 %

rychlost větru bez omezení

5. třída – konvektivní 10,69 %

maximální možná rychlost větru 5,5 m/s



Obr. 25 Větrná růžice Otrokovice

6 MODEL V TEREXU

Jak bylo uvedeno výše, a také potvrzeno modelem, je určující veličina rozptylu látky v atmosféře třída stability atmosféry viz. Tab. 15. V modelu není možné ji přímo zadat, ale postupným nastavováním hodnot podnebí a rychlosti větru, pokrytí oblohy mračky atd. jsem získal jsem izotermickou a inverzní třídu ovzduší. Podle hodnot CHMU je výskyt izotermické třídy atmosféry na území Otrokovic 30% a spolu s normální třídou to je nejčastěji se vyskytující třída stability atmosféry. Pro model extrémně nepříznivé situace, jsem použil inverzní třídu atmosféry, která se vyznačuje značně nepříznivými rozptylovými podmínkami.

Hmotnostní únik byl volen podle Tab. 10. Z výsledků je patrná mnohem vyšší důležitost stability atmosféry oproti množství uniklých zplodin na vzdálenost nebezpečné koncentrace zplodin od epicentra.

Směr větru udává směr a šíři rozptylového kužele. V modelu jsem zadával tři směry větru S, J, Z. První dva jsou nejčastěji se vyskytující směry větrů na území Otrokovic. Západní vítr by nasměroval zplodiny na hustě obydlené oblasti.

Výsledkem jsou evakuační zóny, ve kterých se vyskytuje koncentrace zplodin nebezpečná pro zdraví a život.

6.1 Hoření jednoho požárního úseku

Hoří cca 1 000 000 kg pneumatik.



Obr. 26 Evakuační zóna

Rychlost větru v přízemní vrstvě: **1,7 m/s**

Pokrytí oblohy oblaky: 87,5 %

Doba vzniku a průběhu havárie: Den - Zima

Typ atmosférické stálosti: **D - izotermie**

Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

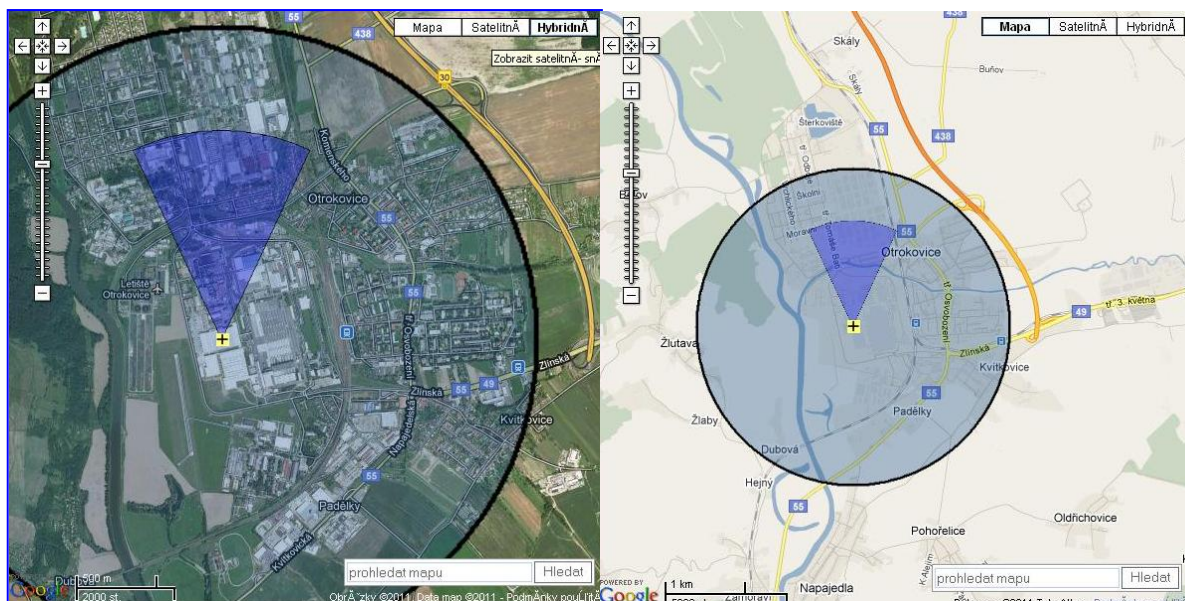
Ohrožení osob toxickou látkou

NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB **1290 m** (4240 ft.)

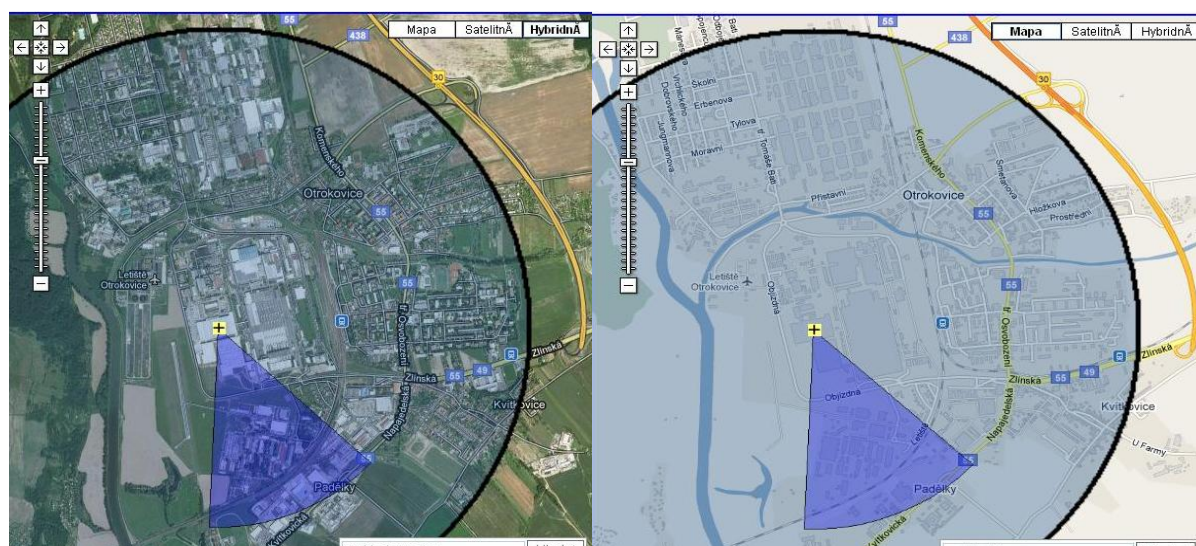
[Koncentrace IDLH: 72 g/m³ (Aktuální: 71,73 g/m³)]

Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku 1940 m (6350 ft.)

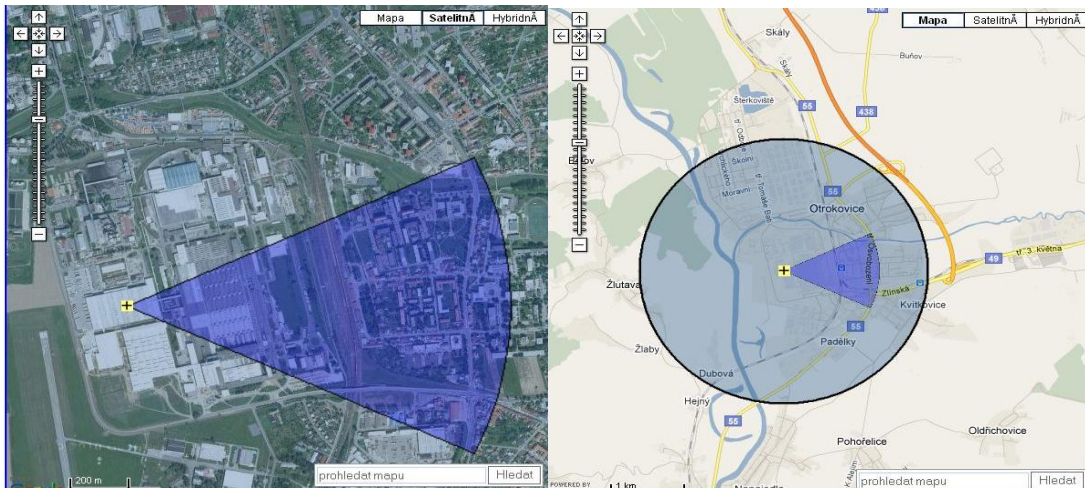
[Koncentrace: 35,1 g/m³]



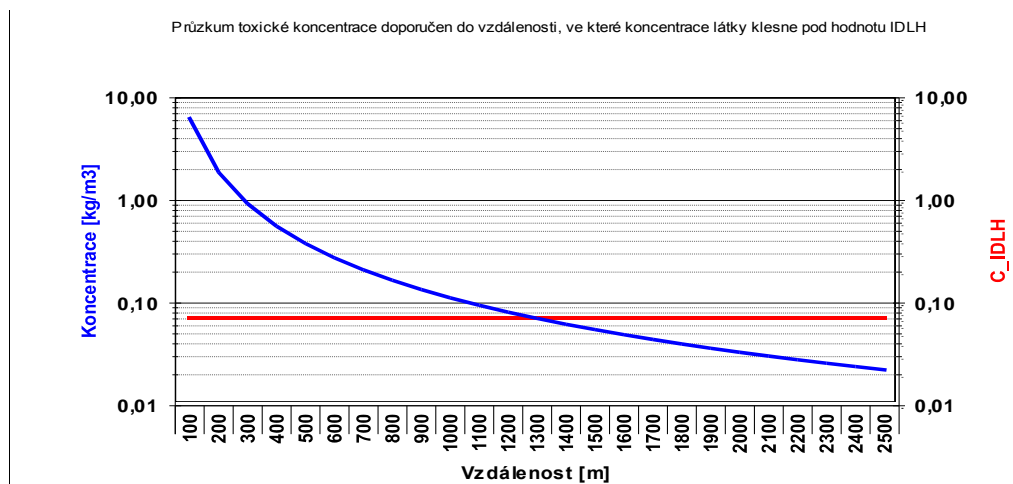
Obr. 27 Jižní vítr



Obr. 28 Severní vítr



Obr. 29 Západní vítr



Obr. 30 Koncentrace CO2

Rychlost větru v přízemní vrstvě: **1,7 m/s**

Pokrytí oblohy oblaky: 75 %

Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer

Typ atmosférické stálosti: **F - inverze**

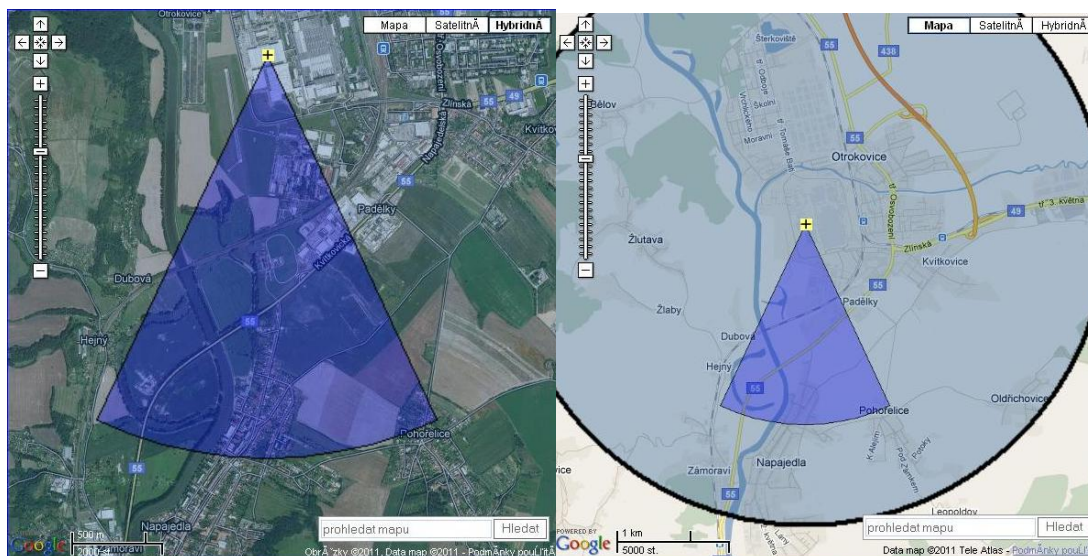
Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou

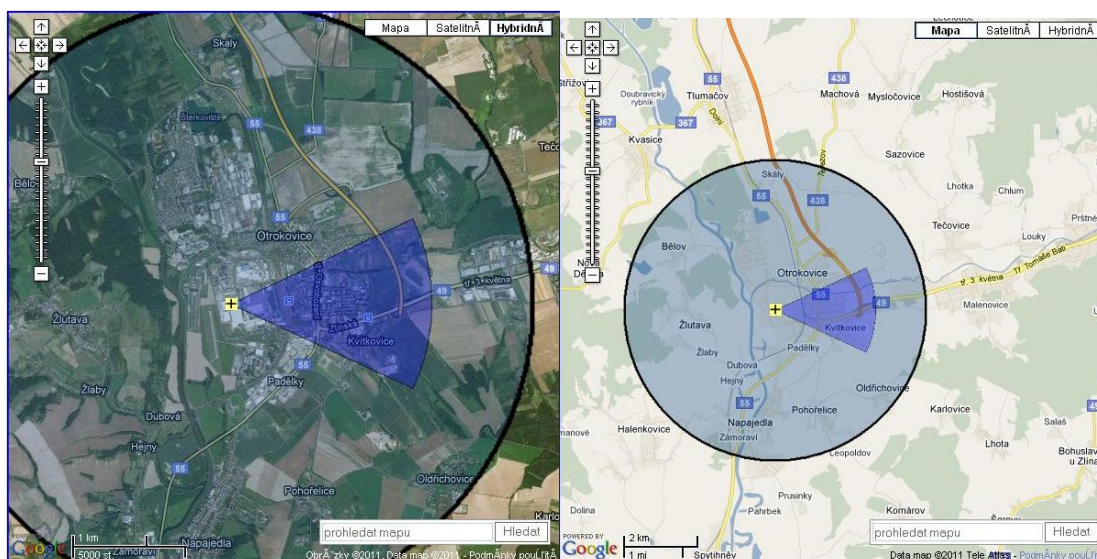
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB **2690 m (8830 ft.)**

[Koncentrace IDLH: 72 g/m³ (Aktuální: 71,65 g/m³)]

Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku **4040 m (13200 ft.)**



Obr. 31 Severní vítr



Obr. 32 Západní vítr

Rychlost větru v přízemní vrstvě: **10 m/s**

Pokrytí oblohy oblaky: 87,5 %

Doba vzniku a průběhu havárie: Den - Zima

Typ atmosférické stálosti: **D - izotermie**

Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou

NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 471 m (1550 ft.)

[Koncentrace IDLH: 72 g/m³ (Aktuální: 71,67 g/m³)]

Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku **707 m (2320 ft.)**

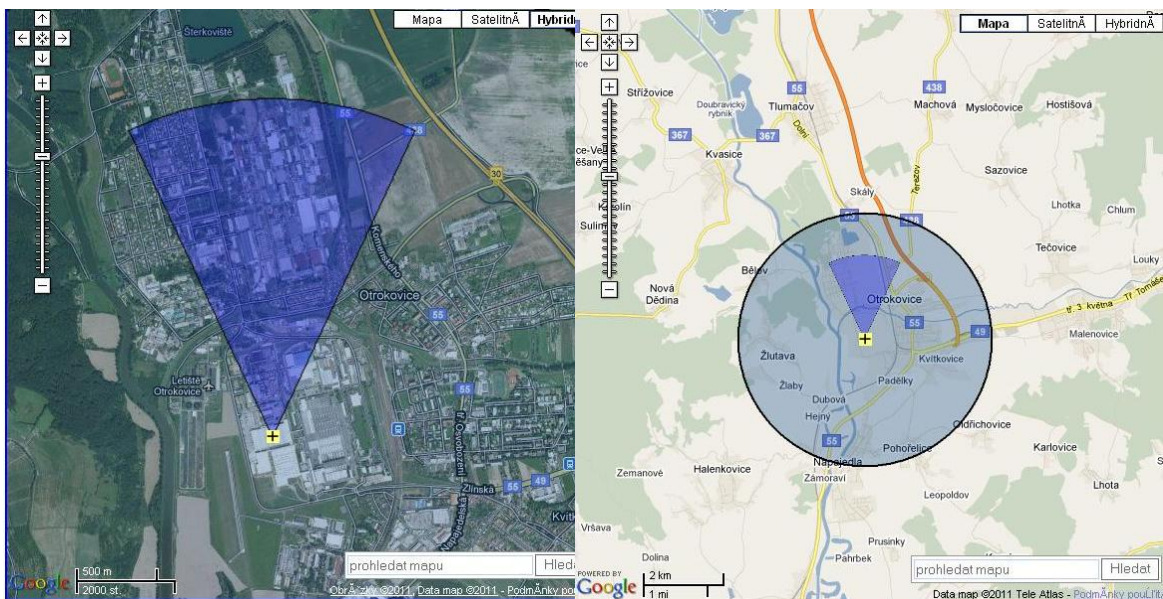
[Koncentrace: 35,2 g/m³]

6.2 Rozsáhlý požár

Situace, při které hoří 3 000 000 kg pneumatik.

Rychlost větru v přízemní vrstvě: **1,7 m/s**
Pokrytí oblohy oblaky: 87,5 %
Doba vzniku a průběhu havárie: Den – Zima
Typ atmosférické stálosti: **D – izotermie**
Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

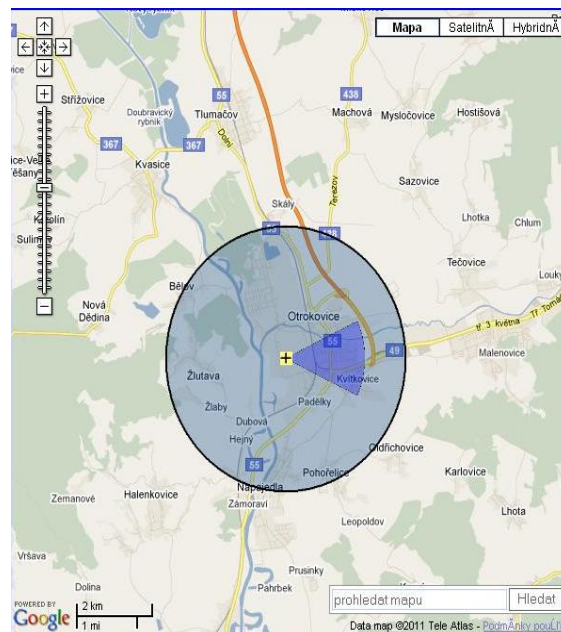
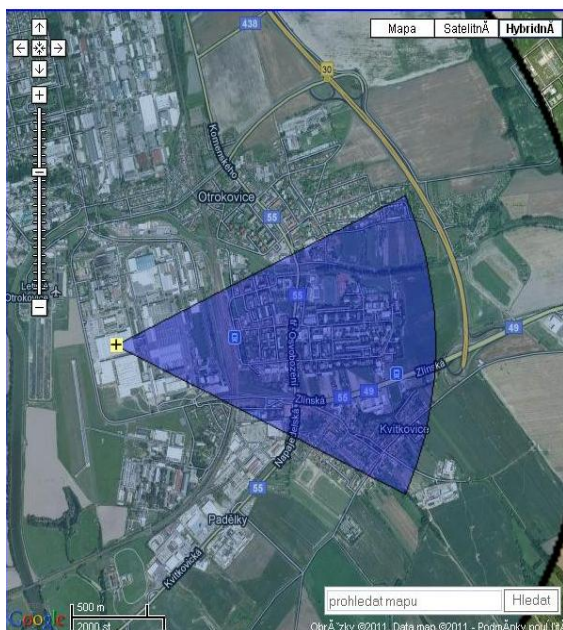
Ohrožení osob toxickou látkou
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB **2080 m** (6830 ft.)
[Koncentrace IDLH: 72 g/m³ (Aktuální: 71,68 g/m³)]
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku **3120 m** (10200 ft.)
[Koncentrace: 35,02 g/m³]



Obr. 33 Jižní vítr

Rychlost větru v přízemní vrstvě: **1,7 m/s**
Pokrytí oblohy oblaky: 75 %
Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti: **F - inverze**
Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB **4320 m** (14200 ft.)
[Koncentrace IDLH: 72 g/m³ (Aktuální: 71,9 g/m³)]
Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku **6480 m** (21300 ft.)
[Koncentrace: 35,06 g/m³]



Obr. 34 Západní vítr

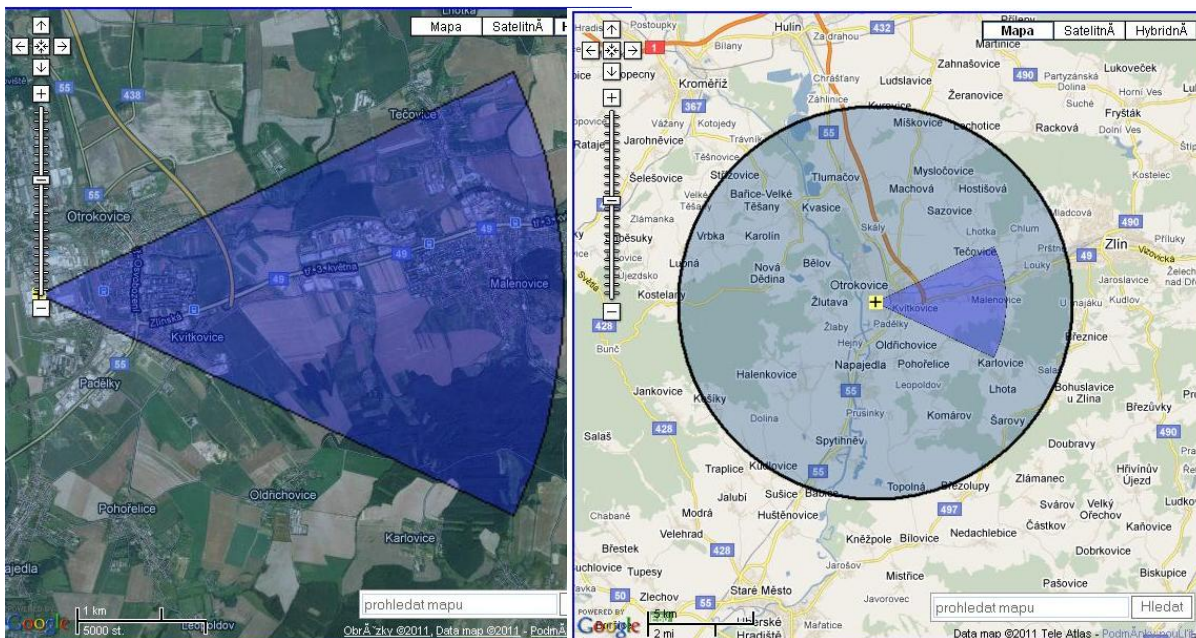
Rychlost větru v přízemní vrstvě: **10 m/s**
 Pokrytí oblohy oblaky: 87,5 %
 Doba vzniku a průběhu havárie: Den - Zima
 Typ atmosférické stálosti: **D - izotermie**
 Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 761 m (2500 ft.)
 [Koncentrace IDLH: 72 g/m³ (Aktuální: 71,64 g/m³)]
 Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku 1140 m (3750 ft.)
 [Koncentrace: 35,12 g/m³]

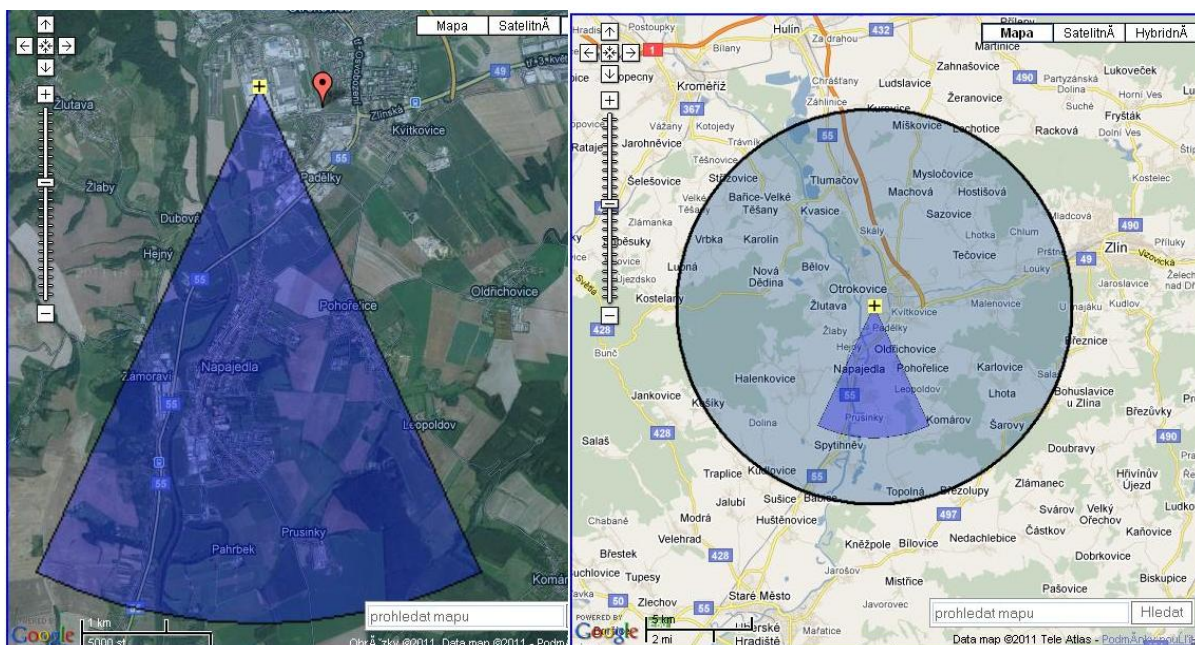
6.3 Extrémní situace

Rychlost větru v přízemní vrstvě: 1,7 m/s
 Pokrytí oblohy oblaky: 75 %
 Doba vzniku a průběhu havárie: Noc, ráno nebo večer
 Typ atmosférické stálosti: F - inverze
 Typ povrchu ve směru šíření látky: Průmyslová plocha

Ohrožení osob toxickou látkou
NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 6120 m (20100 ft.)
 [Koncentrace IDLH: 72 g/m³ (Aktuální: 71,9 g/m³)]
 Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku 9180 m (30100 ft.)
 [Koncentrace: 35,03 g/m³]



Obr. 36 Západní vítr



Obr. 37 Severní vítr

7 DOPADY HAVÁRIE

Dopady případné havárie je možné rozdělit podle mnoha kritérií. Provedu základní dělení na dopady pro společnost Barum Continental spol s.r.o. a na okolí.

7.1 Dopady na podnik

U vlivů na podnik jsou irelevantní rozptylové podmínky. Je zde rozhodující rozsah požáru a směr větru. Ve většině případů by došlo k částečnému, nebo úplnému přerušení provozu.

Důvodů může být několik.

- Evakuace teplárny, která zásobuje podnik parou potřebnou k technologickým procesům.
- Nasátí zplodin do ventilačního okruhu ve výrobě.
- Odstavení ventilace z důvodu zamezení nasávání zplodin do okruhu. Zákon č.178/2001Sb. a jeho novela č. 523/2002 Sb. v našem případě je dávka na osobu při práci převážně vstojе a v chůzi 70 m^3 za hod Celkový průtok větracího vzduchu se určí ze vztahu

$$V = n_l * d$$

V... celkový objem přiváděného vzduchu za hodinu [m^3/h]

n_l ... počet osob

d... dávka vzduchu na osobu. [m^3/h]

- Evakuace celého areálu

7.1.1 Doporučená zlepšení

Společnost Barum Continental s.r.o. prosazuje přísnou environmentální politiku a tak postupuje i v případě skladu pneumatik SO180.

Při zpracování dokumentace jsem shledal vše v pořádku.

Jsou řádně zpracovány Operativní karty, požární řády, bezpečnostní listy, požární začlenění, evakuační plány, dohoda o součinnosti s HZS kraje.

Součinnost s HZS je pravidelně ověřována cvičnými poplachy.

Z provedených analýz a prohlídky vidím jako možnost zvýšení ochrany

- Minimalizaci rizik z provozu VZV vozíků (pravidelné údržby, bezpečné parkování)
- Kontrola vstupu osob do skladu, minimalizace rizik úmyslného zapálení
- Přísná kontrola manipulace s ohněm a svařování
- Systém vyrozumění zaměstnanců (nejen rozhlas, ale i systém slyšitelný v místech provozu)
- Dostatečné množství izolačních dýchacích přístrojů, žádný z filtrů ochranných masek nechrání proti zplodinám a značnému množství CO₂

7.2 Dopady na okolí

Dopadů na okolí by byla celá řada, ať už ekologické (povrchové vody, podzemní vody, půdní prostředí, biotické složky prostředí). Ekonomické (ztráta zaměstnání, finanční a materiální škody). Společenské (ztráta zaměstnání, panika, strach). Podle mého názoru by bylo určitě se dále zajímat o ztráty na životním prostředí způsobené kontaminací spodních a povrchových vod odpadní vodou z hašení požáru. Dle studie [11] by množství kontaminované vody ze zásahu bylo značné a možné dopady nejsou zcela zpracovány. Z titulu zaměření práce se zabývám jen dopady způsobené zplodinami hoření.

U dopadů na okolí je rozhodující třída atmosférické stability. Se zvyšující se rychlostí větru, se zlepšují rozptylové podmínky a zóna nutné evakuace se stává menší. V modelu bylo ukázáno několik podmínek. I u požáru jednoho požárního úseku, by musela být evakuována část Otrokovic a přilehlých vesnic. V maximálně nepříznivé situaci by zasáhly zplodiny v nebezpečné koncentraci i městskou část Malenovice.

Pro orientaci v mapkách přidávám orientační počty obyvatel v okolních městech.

- Město Otrokovice – 19 500 obyvatel
- Město Napajedla – 7500 obyvatel
- Areál firmy cca 3000 zaměstnanců (ve čtyřech směnách). Na směnu 1500 lidí, na noční 1000 lidí.
- Městská část Malenovice 7000 obyvatel

Další kapitolou je kontaminace půdy na přilehlých pozemcích, kde by se musela stará půda odvést a nová navést. Kontaminace by závisela na době vystavení půd působení zplodin. Po požáru by se vše vrátilo k normálu, nehrozí dlouhodobá kontaminace.

ZÁVĚR

Výsledkem práce je zhodnocení legislativních požadavků na analýzy rizik a havarijního plánování. Obsahuje rozbor současných metod odhalení a kvantifikace rizik. Zadané téma je velmi rozsáhlé a určitě by stálo za další rozbor a detailní utřídění jednotlivých metod a nástrojů, podle konkrétních praktických případů. Podporou havarijního plánování a určení rizik jsou vyjmenované metody modelovacích nástrojů. V případě požární ochrany skladu pneumatik to jsou především modely šíření ohně ve skladu, možnosti evakuace a modely dopadů případného požáru.

V praktické části jsem zpracoval veškerou dostupnou dokumentaci poskytnutou zástupci firmy, rozebral názory odborníků v oboru a použil znalosti nabyté studiem citovaných materiálů. Výsledkem byla aplikace dosažených poznatků do analýz SR- Safety review- (bezpečnostní Prohlídka) FTA Fault Tree Analysis (analýza stromu poruch - nekvantitativní) a ETA Event Tree Analysis (analýza stromu událostí - nekvantitativní). V této oblasti by se dala práce dále rozvést a vzájemně porovnat výsledky různých metod. K tomu by bylo zapotřebí ustanovit expertní skupinu a jednotlivá rizika kvantifikovat. Musím konstatovat, že firma Barum Continental spol. s.r.o. důsledně prosazuje přísnou environmentální politiku. Zabezpečení skladu proti požáru je na vysoké úrovni a jsou dodržovány organizační zásady bezpečného provozu uvedené mimo jiné v požárním řádu.

Uvedený model dopadů požáru skladu pneumatik vychází z dostupných pramenů, které se zabývají problematikou hoření pneumatik. Z těch jsem vypočítal množství zplodin a to převedl na vhodný formát pro software Terex. Pomocí Terex jsem namodeloval zóny dopadu závažné havárie. Výsledky modelu mohou sloužit mimo jiné, jako motivace pracovníků bezpečnostního inženýrství k důslednému prosazování bezpečnostních standardů do praxe. Z modelu je patrné, že při požáru by byla zasažena značná část obydleného území a musela by být provedena hromadná evakuace obyvatel. Úspěch evakuace spočívá v rychlém vyrozumění obyvatel a to umožní komunikace mezi zástupci podniku a městského úřadu v Otrokovicích a v poslední době hromadně instalované systémy vyrozumívání obyvatelstva i pomocí SMS pro registrované uživatele.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Result of this work is to evaluate the legislative requirements for risk analysis and emergency planning. Contains analysis of current methods of detection and quantification of risks. The specified subject is very extensive and certainly worth further detailed analysis and ordination of methods and tools according to specific practical cases. Supporting emergency planning and risk identification methods are listed modeling tools. In case of fire Stock tires are primarily models of fire in the warehouse, the possibility of evacuation and models the impact of any fire. In the practical part I have compiled all the available documentation provided by representatives of the company, disassembled views experts in the field and use the knowledge acquired by studying the materials cited. The result was achieved by application knowledge in the analysis of SR-Safety Review-(safety inspection) FTA Fault Tree Analysis (Fault Tree Analysis - non-quantitative) and ETA Event Tree Analysis (Event Tree Analysis - non-quantitative). This area should be she works as a divorce, and to compare results from different methods. This would be a need for expert Group and individual risk quantified. I must say that the company Continental spol sroconsistently enforces a strict environmental policy. Security is a warehouse fire at a high level and organizational compliance with the principles of safe operation, inter alia, that the fire order. The model of tire warehouse fire impacts based on available resources, which deal withburning tires. Of those, I calculated the amount of fumes and transferred to a suitable format for software Terex. With Terex I modeled the impact zone of a major accident. The results of the model can be used, inter alia, as safety engineering motivation for the rigorous enforcement of safety standards in practice. From model shows that the fire would have been affected much of the occupied territories and would be implemented mass evacuation of residents. Success lies in the rapid evacuation notice to residents and communication between Representatives of business and municipal authorities in Otrokovice and recently installed proprietary systems for informing population and via SMS to registered users.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BERNATÍK, Aleš. Prevence závažných havárií I. [online]. Ostrava : Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: <http://www.fbi.vsb.cz/miranda2/export/sites-root/fbi/040/cs/sys/resource/PDF/skripta-PZH-I.pdf>.
- [2] Česká republika. Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 1985, 34, s. 674 - 691.
- [3] Česká republika. Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2006, 25.
- [4] Česká republika. 240/2000 Sb. krizový zákon. In *Sbírka zákonů*. 2000, 73, s. 3475-3489.
- [5] Česká republika. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému. In *Sbírka zákonů*. 2000, 73.
- [6] ČERNÝ, Josef. Posouzení požárního nebezpečí. 2005, [cit. 2011-03-22]. Dostupný z WWW: <www.movoz.cz/download/pozneb.doc>.
- [7] Ing. Pavel FUCHS, C. (2004). *Metody analýzy a řízení rizika*. Liberec: Technická Univerzita v Liberci.
- [8] BABINEC, F. *Management rizika*. Brno, 2005. 95 s. Oborová práce. Slezská Univerzita v Opavě.
- [9] BARUM CONTINENTAL. Gumárenská technologie, učební texty. Otrokovice 2004
- [10] SYKORA, Henrik. Toxikologie zplodin hoření pneumatik. *112*. 2007, 10, s. 6 - 7. Dostupný také z WWW: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/casopisy/112/2007/rijen/strana_06.pdf>.
- [11] SWEDISH NATIONAL TESTING AND RESEARCH INSTITUTE. Emissions from Tzre Fires. Boras, 2005
- [12] Česká republika. 430/2010 Sb. In *Sbírka předpisů České republiky*. 2010, 149/2010 Sb., s. 5602-5616. Dostupný také z WWW: <<http://www.sbirka.cz/POSL4TYD/NOVE/10-430.htm>>.

- [13] Wald F. a kol.: Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí, České vysoké učení technické v Praze, Praha 2005, 336 s.,
- [14] FUCHS, Pavel. *Hodnocení rizik* [online]. Liberec: TUL, 2006. 121 s. Přednáška. Technická Univerzita v Liberci.
- [15] JAROMÍR, Kolečka. *Geoinformační systémy v aktivním managementu životního prostředí: data a možnosti hodnocení a modelování rizik*. Bratislava: Slovenska akademia vied, 2003.
- [16] *Údržba a realizace průmyslových procesních zařízení* [online]. Praha: Česká společnost chemického inženýrství [cit. 2007-09-08]. Dostupný na [www: <http://www.cschi.cz/urppz/havarie.asp>](http://www.cschi.cz/urppz/havarie.asp).
- [17] SKŘEHOT, Petr. *Modelování rozptylu toxických látek v atmosféře při průmyslových haváriích*. Praha, 2008. 112 s. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
- [18] BERNATÍK, A. 2006. *Prevence závažných havárií II. : učební skripta VŠB-TU*. Ostrava : Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 80-86634-90-6.
- [19] KAVKA, Martin. *Technet* [online]. 2007 [cit. 2011-05-15]. Požár pneumatik z pohledu odborníka. Dostupné z WWW: [<http://technet.idnes.cz/anatomie-pozaru-co-znamena-kdyz-hori-tisice-pneumatik-ppg-/tec_technika.aspx?c=A070629_103711_tec_technika_NYV>](http://technet.idnes.cz/anatomie-pozaru-co-znamena-kdyz-hori-tisice-pneumatik-ppg-/tec_technika.aspx?c=A070629_103711_tec_technika_NYV).
- [20] *Tsoft* [online]. 2007 [cit. 2011-05-23]. Terex. Dostupné z WWW: [<http://www.tsoft.cz/terex>](http://www.tsoft.cz/terex).

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABC	Význam první zkratky.
BACO	Barum Continental spol s.r.o.
C	Význam třetí zkratky.
ES	Evropské Společenství
EU	Evropská Unie
MŽP	Ministerstvo Životního Prostředí
Sb	Sbírký
MV	Ministerstvo Vnitra
PO	Požární ochrana
PHP	Příruční hasící přístroj
VZV	Vysokozdvižný vozík

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1 dokumentace zpracovaná provozovatelem dle zákona 59/2006 Sb [1]
- Obr. 2 Hierarchické dělení událostí [7]
- Obr. 3 Individuální a společenské riziko [14]
- Obr. 4 Hladiny individuálního rizika [14]
- Obr. 5 Křivka F-N [7]
- Obr. 6 Diagram I- N [7]
- Obr. 7 Použitelnost jednotlivých metod analýzy [8]
- Obr. 8 ETA stanovení pravděpodobnosti [7]
- Obr. 9 ETA výsledná kvantifikace [7]
- Obr. 10 ETA příklad [7]
- Obr. 11 Logický diagram pro analýzu stromu poruch FTA [7]
- Obr. 12 Postup stanovení indexu požáru a výbuchu [8]
- Obr. 13 ukázka studie HAZOP [14]
- Obr. 14 pohled do skladu
- Obr. 15 lineární hlásiče ve skladu
- Obr. 16 analýza stromem poruch
- Obr. 17 analýza stromem událostí
- Obr. 18 Testovaná hromada pneumatik [11]
- Obr. 19 Sloup pneumatik [11]
- Obr. 20 průběh testu zplodin pneumatik [11]
- Obr. 21 emise CO₂ [11]
- Obr. 22 Modelování teploty plynů v požárním úseku Chyba! **Nenalezen zdroj odkazů.**]
- Obr. 23 Koncentrace látky při vznášivém rozptylu.Chyba! **Nenalezen zdroj odkazů.**]
- Obr. 24 větrná růžice pro Otrokovice
- Obr. 25 Větrná růžice Otrokovice

Obr. 26 Evakuační zóna

Obr. 30 Koncentrace CO₂

Obr. 27 Jižní vítr

Obr. 28 Severní vítr

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vztažné jednotky rizika

Tab. 2 Přehled základních metod stanovení nebezpečí a rizika [8]

Tab. 3 klíčová slova HAZOP

Tab. 4 události pro ETA

Tab. 5 Množství materiálu v požárních úsecích

Tab. 6 dosažené teploty během testu

Tab. 7 úbytek hmotnosti

Tab. 8 množství anorganických plynů

Tab. 9 množství HCL

Tab. 10 emise CO₂/s

Tab. 11 těkavé organické sloučeniny (VOC)

Tab. 12 polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH)

Tab. 13 Celkové množství látek ve zplodinách

Tab. 14 Výhřevnost materiálů

Tab. 15 Určení třídy stability atmosféry podle vnějších podmínek

Tab. 16 Přepoččet hodnot pro Terex