



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

VÝZNAMNÉ PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE V ČR - ANALÝZA HAVÁRIÍ S VÝBUŠNINAMI

MAJOR INDUSTRIAL ACCIDENTS IN THE CZECH REPUBLIC - ACCIDENT ANALYSIS OF EXPLOSIVES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Robek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Bc. Tomáš Robek**
Studijní program: Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Studijní obor: bez specializace
Vedoucí práce: **Ing. Luboš Kotek, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24

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

Významné průmyslové havárie v ČR – analýza havárií s výbušninami

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je analýza a vyhodnocení významných průmyslových havárií s výbušninami. Práce zahrnuje rešerši problematiky včetně havárií, ke kterým došlo ve vybrané oblasti, mapování toku informací při havárii, ověření účinnosti přijatých opatření pro omezení opakování obdobných havárií.

Cíle diplomové práce:

Současný stav řešené problematiky.
Systémový rozbor.
Rešerše a statistická analýza havárií s výbušninami.
Navrhované řešení a doporučení pro další rozvoj.
Diskuze problematiky.

Seznam doporučené literatury:

NOVOTNÝ, Milan. Bezpečnostní inženýrství I: Výbuchy hořlavých plynů a prachů. Pardubice: VŠCHT, 1988.

HAJNÝ, Vít a KOTEK, Luboš. Výběr zdrojů rizik a jejich hodnocení při skladování výbušnin. Brno: VUT, 2016.

VÚBP. Výbušniny jako zdroj rizika závažných havárií. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. i. i, Praha, 221.

DENKSTEIN J.: Ochrana objektů před účinky havarijních výbuchů I. VŠCHT, Pardubice, 1991.

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

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D., FEng.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je zaměřena na průmyslové havárie s výbušninami na území České republiky. Teoretická část práce je věnována vymezení pojmu výbušniny dle platné legislativy, rozdělení a popisu vlastností jednotlivých druhů výbušnin. Dále bylo v rámci teoretické části pojednáno o účincích vyvolaných výbušninou při haváriích na své okolí a přístupech k prevenci těchto havárií. V praktické části této práce byly vypracovány analýzy jednotlivých havárií a získaná data byla posléze podrobena statistické analýze. Na základě statistické analýzy byla navržena doporučení pro budoucí rozvoj bezpečnosti v průmyslových objektech, které slouží k výrobě, zpracování, skladování nebo delaboraci výbušnin.

ABSTRACT

This thesis focuses on industrial accidents involving explosives in the Czech Republic. The theoretical part of the thesis is devoted to the definition of the concept of explosives according to the current legislation, classification and description of the properties of individual types of explosives. Furthermore, the theoretical part deals with the effects of explosives in accidents on their surroundings and approaches to the prevention of these accidents. In the practical part of the thesis, individual accidents were analysed and the data obtained were subsequently subjected to statistical analysis. On the basis of the statistical analysis, recommendations for the future development of safety in industrial facilities that are used for the production, processing, storage or disposal of explosives were proposed.

KLÍČOVÁ SLOVA

Průmyslové havárie s výbušninami, následky havárií, účinky výbušnin, prevence následků havárií, havárie v České republice, statistická analýza

KEYWORDS

Industrial accidents with explosives, consequences of accidents, effects of explosives, accident prevention, accidents in the Czech Republic, statistical analysis

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ROBEK, Tomáš. *Významné průmyslové havárie v ČR - analýza havárií s výbušninami* [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157397>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Luboš Kotek.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Luboši Kotkovi, Ph.D. za jeho profesionální a vstřícné vedení při vypracovávání této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat celé své rodině za neutuchající motivaci a podporu po dobu mého celého studia.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením pana Ing. Luboše Kotka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. 5. 2024

.....

Robek Tomáš

OBSAH

1	ÚVOD.....	13
2	VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ SPADAJÍCÍCH DO PROBLEMATIKY VÝBUŠNIN DLE ČESKÉ LEGISLATIVY	15
2.1	Zákon o PZH.....	15
2.1.1	Evropské nařízení CLP	16
2.2	Zákon o výbušninách	18
2.2.1	Mezinárodní dohoda ADR.....	18
2.2.2	Mezinárodní řád RID.....	19
2.3	Zákon o pyrotechnice.....	19
2.4	Zákon o střelných zbraních a střelivu	19
3	VÝBUŠNINY.....	21
3.1	Druhy výbušných přeměn	21
3.1.1	Detonace	21
3.1.2	Deflagrace.....	22
3.2	Parametry výbušnin	22
3.2.1	Stabilita detonace.....	22
3.2.2	Detonační rychlost.....	22
3.2.3	Objem výbuchových zplodin.....	23
3.2.4	Citlivost	23
3.2.5	Brizance	23
3.2.6	Výbuchové teplo.....	23
3.3	Rozdělení výbušnin.....	23
3.3.1	Trhaviny.....	23
3.3.2	Střeliviny	24
3.3.3	Třaskaviny	25
3.3.4	Pyrotechnické slože	25
4	ÚČINKY VÝBUCHU PŘI ZÁVAŽNÉ HAVÁRII.....	27
4.1	Účinky na okolní prostředí	27
4.1.1	Tlakové účinky výbuchu	27
4.1.2	Fragmentace.....	29
4.1.3	Tepelné účinky	29
4.1.4	Toxické zplodiny výbuchu	29
4.2	Účinky na člověka	30
4.2.1	Primární zranění	30
4.2.2	Sekundární zranění	31
4.2.3	Terciární zranění.....	32
4.2.4	Kvartérní zranění	32
5	PREVENCE NÁSLEDKŮ HAVÁRIÍ	33
5.1	Ohrožující objekty s výbušninami na území ČR	33
5.2	Povinná bezpečnostní opatření	34
5.2.1	Zařazení objektů dle zákona o PZH	35
5.2.2	Požadavky na skladovací objekty.....	36
5.3	Přístupy k prevenci závažných havárií s výbušninami v ČR.....	37
5.3.1	Fenomenologický přístup prevence.....	37
5.3.2	Pravděpodobnostní přístup prevence.....	38

5.3.3	Přístup k prevenci závažných havárií ve světě.....	39
6	SYSTÉMOVÝ ROZBOR PROBLEMATIKY	43
6.1	Struktura práce.....	43
6.2	Problematika výbušnin	44
6.3	Metodika práce	46
6.4	Informační tok	46
6.5	Analýza příčin havárií	46
7	PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE S VÝBUŠNINAMI V ČR.....	49
7.1	Vlašim 13. 1. 2003.....	49
7.2	Psáry 23. 4. 2005	50
7.3	Polička 13. 11. 2007	51
7.4	Pardubice – Semtín 20. 4. 2011	52
7.5	Pardubice – Semtín 20. 8. 2012.....	53
7.6	Pardubice – Semtín 21. 8. 2012.....	54
7.7	Vlachovice 20. 11. 2013	55
7.8	Vrbětice 16. 10. 2014	56
7.9	Vrbětice 3. 12. 2014	57
7.10	Vsetín 3. 9. 2014.....	58
7.11	Pardubice – Semtín 15. 1. 2015.....	59
7.12	Polička 9. 9. 2015	60
7.13	Vlašim 21. 9. 2015.....	61
7.14	Polička 23. 2. 2017	62
7.15	Pardubice – Semtín 21. 8. 2017.....	63
7.16	Jablůnka 2. 7. 2018.....	64
7.17	Pardubice – Semtín 5. 10. 2018.....	65
7.18	Pardubice – Semtín 1. 11. 2019.....	66
7.19	Jablůnka 14. 12. 2020.....	67
8	TATISTICKÉ VYHODNOCENÍ	69
8.1	Všeobecné informace	69
8.2	Následky havárií na lidech	72
8.3	Ekonomické následky havárií.....	73
8.4	Informace o příčinách havárie	77
9	NÁVRH ŘEŠENÍ A DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ ROZVOJ.....	79
10	ZÁVĚR.....	81
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	83
12	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	89
12.1	Seznam tabulek.....	89
12.2	Seznam obrázků.....	90
13	SEZNAM PŘÍLOH	93

1 ÚVOD

Od doby objevení první výbušniny se bohužel tento vynález nesmazatelně zapsal do historie celého světa skrze nespočet válečných aktů a průmyslových havárií. Praktické využití našly výbušniny pro své ničivé účinky ve vojenských kruzích, ve kterých se používají dodnes. Na druhé straně, v „civilním“ průmyslu, se postupem času vlastnosti výbušnin začaly využívat k nejrůznějším účelům. V dnešní době se můžeme s výbušninami setkat i na denní bázi, při nejrůznějších oslavách v podobě ohňostrojů nebo při jízdě dopravním prostředkem, neboť se výbušniny staly hojně používané i v rámci bezpečnostních prvků obsažených v dopravních prostředcích.

Ovšem s vlastnostmi, kterými výbušniny disponují, se zákonitě pojí i významné nebezpečí vedoucí ke vzniku nežádoucích situací. Podstata nebezpečí vychází z vlastností posuzovaného objektu, látky nebo děje, proto jej nelze eliminovat ani minimalizovat při zachování stávajících vlastností. V rámci prevence se proto musíme snažit o minimalizaci rizika, tedy snížení pravděpodobnosti vzniku nevyžádaných situací a redukovat jejich možné následky na okolí. K tomuto účelu nám mohou být nápomocné stávající a osvědčené metody a nástroje, ale stejně tak i nově vyvíjené a zkoumané metodiky v rámci dané problematiky. Velmi důležitou částí prevence závažných havárií je i schopnost ponaučení se z již proběhlých havárií, které nám mohou posloužit jako velmi dobrý zdroj informací k nalezení vhodných preventivních opatření a bezpečnostních zásad.

Cílem této diplomové práce je vypracování analýzy závažných průmyslových havárií s výbušninami, které se staly na území České republiky. V teoretické části práce bude popsán současný stav poznání, jež zahrnuje legislativní prvky vztahující se k řešené problematice, rozdělení a stručný popis jednotlivých druhů výbušnin, v současnosti aplikované bezpečnostní opatření a jednotlivé přístupy k prevenci závažných havárií. V praktické části bude vypracována analýza vyhledaných havárií s výbušninami, jež bude zaměřena na identifikaci příčin vedoucích k těmto událostem. Výsledky analýz budou podrobeny statistické analýze, na jejímž základě budou navržena nápravná opatření a doporučení k budoucímu rozvoji bezpečnostní kultury v průmyslových objektech.

2 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ SPADAJÍCÍCH DO PROBLEMATIKY VÝBUŠNIN DLE ČESKÉ LEGISLATIVY

V dnešní době, kdy se velmi dynamicky mění svět kolem nás díky neutuchajícímu výzkumu, vědě a pokroku v technických dovednostech, se tento trend nevyhýbá ani výbušninám a výbušným látkám. Problematice výbušnin se v legislativě České republiky věnuje vícero zákonů a vyhlášek. Jedná se především o zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské zprávě (dále „zákon o výbušninách“) a zákon č. 229/216 Sb., o střelných zbraních a střelivu. Dále jsou to zákon č. 206/2015 Sb., o pyrotechnice, zákon č. 225/2022 Sb., o prekurzorech výbušnin, zákon č. 83/2013 Sb., o označování a sledovatelnosti výbušnin pro civilní použití a v neposlední řadě zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi (dále též „zákon o PZH“).

Jelikož se každý ze dříve zmiňovaných zákonů zaměřuje na problematiku výbušniny z odlišného hlediska nebo se věnuje pouze části problematiky, pokusím se o stručný přehled dle platné české i mezinárodní legislativy.

2.1 Zákon o PZH

Dle zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi [1], ve znění pozdějších předpisů se klasifikují výbušniny do dvou kategorií fyzikální nebezpečnosti, které nesou označí P1a a P1b. Tato klasifikace je plně v souladu s evropským nařízením (ES) č. 1272/2008, o klasifikaci, označování a balení látek a směsí [5], neboli „nařízení CLP“ jako zkratka z anglického názvu „Classification, Labelling and Packaging“.

Do kategorie P1a náleží [1]:

- Nestabilní výbušniny.
- Výbušniny spadající do podtřídy 1.1, 1.2, 1.3, 1.5 nebo 1.6 dle nařízení CLP.
- Látky a směsi, které mají výbušné vlastnosti a nenáleží do třídy nebezpečnosti organické peroxidy nebo samovolně reagující látky a směsi. Výbušné vlastnosti látek a směsí se stanovují za pomoci metody A.14 dle nařízení (ES) č. 440/2008 [6].
- Do této kategorie se řadí i výbušniny spadající do podtřídy 1.4 dle nařízení CLP, jež byly vybaleny z obalu nebo opětovně zabaleny a nebylo u nich prokázáno, že jejich nebezpečnost i nadále odpovídá podtřídě 1.4.

Do kategorie P1b spadají [1]:

- Výbušniny spadající do podtřídy 1.4 dle nařízení CLP.
- Také se zde řadí výbušniny spadající do podtřídy 1.4 dle nařízení CLP, jež byly vybaleny z obalu nebo opětovně zabaleny a bylo u nich prokázáno, že jejich nebezpečnost stále odpovídá podtřídě 1.4.

Jelikož je zákon o PZH velmi úzce navázán na nařízení CLP, které bude podrobněji přiblíženo v následující podkapitole, dovoluji si zde uvést pouze definici pro nestabilní

výbušninu. Pod pojmem „nestabilní výbušniny“ se uvádí takové výbušné látky nebo směsi, které jsou teplotně nestálé nebo příliš citlivé pro běžnou manipulaci, dopravu a užití [5].

2.1.1 Evropské nařízení CLP

Evropské nařízení CLP upravuje předchozí právní předpisy tak, aby byly v souladu se systémem GHS, což je globální harmonizovaný systém klasifikace a označování chemických látek, který je pod záštitou Organizace spojených národů. V rámci evropského nařízení CLP se nebezpečné látky a směsi klasifikují dle fyzikálního nebezpečí tříd. Výbušným látkám a směsím náleží třída číslo 1, která zahrnuje [5]:

- a) Výbušné látky a směsi.
- b) Výbušné předměty, které obsahují látky či směsi v takovém množství nebo takové povahy, u kterých by v případě jejich mimovolného či náhodného zapálení nebo vznícení způsobilo vnější účinky mimo zařízení v důsledku zasažení částicemi, ohněm, teplem, kouřem nebo hlukem.
- c) Látky, směsi a předměty neuvedené v odrážkách a) a b), které jsou vyráběny záměrně k získání praktického, výbušného nebo pyrotechnického účinku.

Pro potřeby nařízení CLP se definují následující výrazy pro třídu výbušnin [5]:

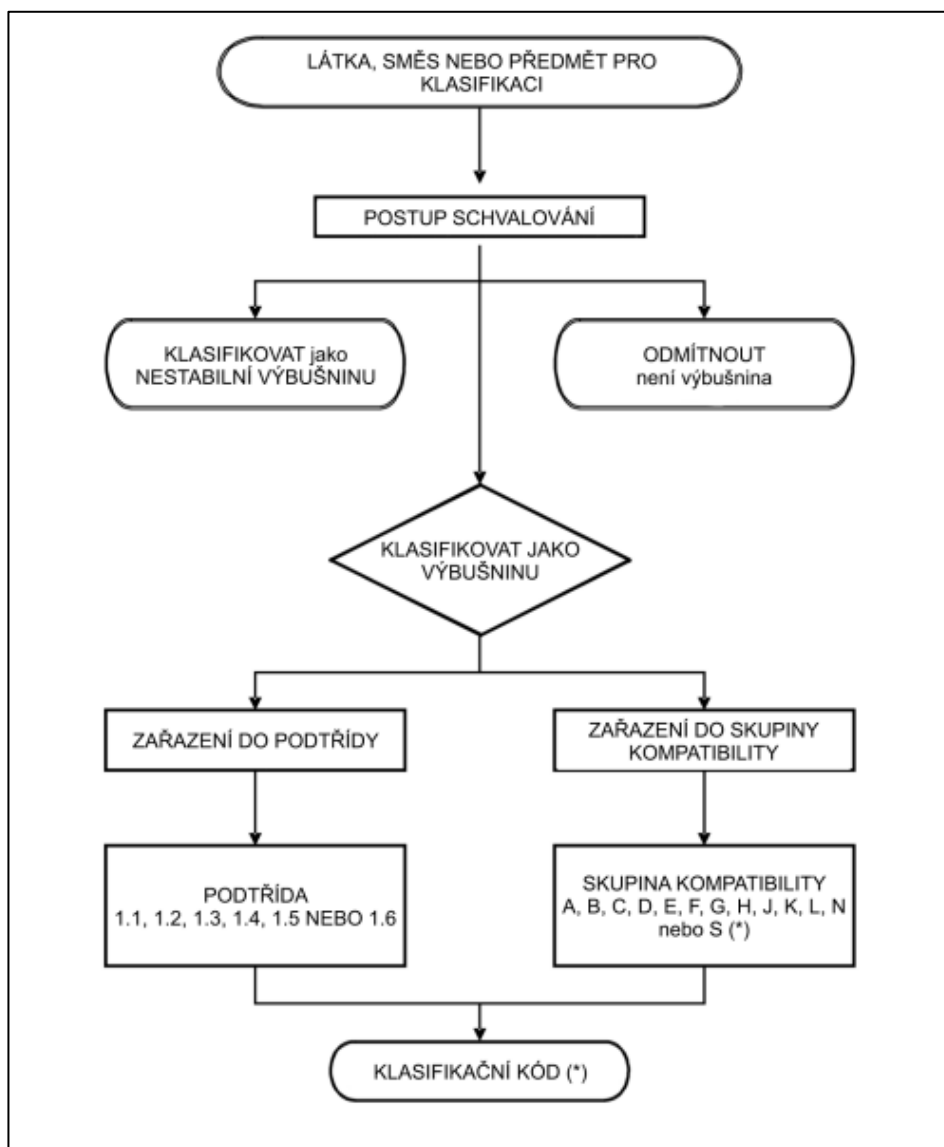
- „Výbušná látka nebo směs“ je tuhá nebo kapalná látka případně směs látek, která sama o sobě svou chemickou reakcí vytvoří plyn takové teploty a tlaku a takové rychlosti, které mohou poškodit okolí. Tato definice do sebe zahrnuje i pyrotechnické látky, i když nevyvíjejí plyny.
- Za „pyrotechnickou látku nebo směs“ se považuje látka nebo směs látek určená k získání tepelného, světelného, zvukového, plynového, dýmového efektu nebo kombinace těchto faktorů, které jsou důsledkem nedetonativních, samovolně probíhajících exotermických chemických reakcí.
- „Výbušným předmětem“ se v rámci nařízení CLP rozumí předmět, který obsahuje jednu či více výbušných látek nebo směsí.
- Stejně tak za „pyrotechnický předmět“ se považuje předmět, jež v sobě obsahuje jedno nebo více pyrotechnických látek či směsí.
- „Úmyslná výbušnina“ je látka, směs nebo předmět, které jsou vyráběny záměrně k získání praktického, výbušného nebo pyrotechnického účinku.

Při aktu klasifikace, který rozhodne o tom, zda bude látka, směs či předmět brán jako nestabilní výbušnina se postupuje dle vývojového diagramu uvedeném na obrázku 1. Veškeré zkušební metody vykonávané při klasifikaci jsou uvedené v první části UN RTDG, Příručka pro zkoušky a kritéria [6].

Látky, směsi a předměty spadající do skupiny výbušnin, které nebyly označeny za nestabilní výbušninu se zařadí do jedné z šesti podtříd [5]:

- Podtřída 1.1 – látky, směsi a předměty s nebezpečím masivního výbuchu.
 - Za masivní výbuch se považuje výbuch, který zasahuje téměř celé množství výbušniny téměř okamžitě.
- Podtřída 1.2 – látky, směsi a předměty s nebezpečím zasažení částicemi, ne však s nebezpečím masivního výbuchu.
- Podtřída 1.3 – látky, směsi a předměty s nebezpečím požáru a s menším nebezpečím tlakové vlny nebo zasažení částicemi, případně obojího, avšak bez nebezpečí masivního výbuchu,

- i. které při hoření vykazují významné tepelné záření nebo
 - ii. které hoří postupně tak, že vykazují malé účinky tlakové vlny, zasažení částicemi nebo oba tyto účinky najednou.
- Podtřída 1.4 – látky, směsi a předměty, které nepředstavují žádné významné nebezpečí.
 - Látky, směsi a předměty, které představují pouze malé nebezpečí v případě zážehu nebo vznícení. Účinky jsou převážně omezeny na balení a nepředpokládá se rozlet úlomků větších rozměrů nebo větší ohrožení okolí. Vnější požár ve skutečnosti nezpůsobí současný výbuch takřka celého obsahu balení výbušniny.
 - Podtřída 1.5 – velmi necitlivé látky nebo směsi s nebezpečím masivního výbuchu.
 - Látky a směsi s nebezpečím masivního výbuchu, které jsou natolik necitlivé, že za běžných podmínek existuje pouze velmi malá pravděpodobnost vznícení nebo změny hoření na výbuch.
 - Podtřída 1.6 – extrémně necitlivé předměty bez nebezpečí masivního výbuchu.
 - Předměty, které v sobě obsahují pouze extrémně necitlivé detonující látky či směsi a vykazují téměř zanedbatelnou pravděpodobnost náhodného vznícení nebo rozšíření požáru.



Obr. 1) Vývojový diagram pro klasifikaci výbušnin [5]

2.2 Zákon o výbušninách

Dalším legislativním prvkem zabývajícím se oblastí výbušnin je zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů, který směřuje svou působnost na nakládání s výbušninami v civilní oblasti.

Pro potřeby tohoto zákona se za výbušninu shledává látka nebo předmět, který je zařazen do třídy 1 v rámci Dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí, pokud se nejedná o munici, střelivo a pyrotechnické výrobky [8].

Výbušniny se dále řadí do tříd nebezpečí podle chování při výbušné přeměně v souladu s vyhláškou č. 99/1995 Sb. [7]:

- Třída A – výbušniny schopné hromadného výbuchu, při němž je okolí ohroženo tlakovými účinky a vymrštěnými cizími předměty. Závažnost škod a rozsah poškození závisí na množství výbušniny.
- Třída B – výbušniny neschopné hromadného výbuchu, které při požáru vybuchují jednotlivě. Tlakové účinky jsou omezeny na bezprostřední okolí výbuchu, na stavbách v blízkém okolí vznikají pouze malé škody. Vymrštěné předměty jsou schopny výbuchu, tím mohou přenášet požár a výbuch mimo prostor prvotního výbuchu.
- Třída C – výbušniny neschopné hromadného výbuchu, jejichž požár je schopen rychlého rozšíření a vyvolává silné tepelné účinky. Okolí místa výbuchu je ohroženo převážně požárem, tepelnými účinky a odletujícími hořícími díly. Předměty jsou schopny vybuchovat jednotlivě, díky čemuž mohou být vrženy i do okolního prostoru. Ohrožení staveb v bezprostředním okolí výbuchu působením vzdušných rázových vln je malé.
- Třída D – výbušniny, které nepředstavují pro své okolí významné nebezpečí. Účinky výbuchu jsou omezeny pouze na jednotlivé obaly a při požáru nevybuchuje celý obsah balení. Disponují schopností odhořívát a předměty mohou jednotlivě vybuchovat. Při výbuchu nevznikají úlomky nebezpečné velikosti, a také dolet těchto úlomků je malý.

2.2.1 Mezinárodní dohoda ADR

V současné době je v platnosti mezinárodní smlouva Dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí platná pro roky 2023 a 2024, která je ve zkratce označována jako dohoda ADR 2023.

Dle ADR 2023 se nebezpečné věci klasifikují do jednotlivých tříd a podtříd nebezpečí. Výbušné látky a předměty náleží do třídy 1, do které spadají [8]:

- Výbušné látky: Tuhé nebo kapalné látky, případně směsi látek, které je schopny chemickou reakcí vyvinout plyny takové teploty, takové rychlosti a takového tlaku, že mohou způsobit škody v okolním prostředí.
- Pyrotechnické látky: Látky nebo směsi vyrobené pro získání tepelných, zvukových, světelných, plynových nebo dýmových efektů nebo jejich kombinací. Tyto efekty jsou vyvolány za pomoci nedetonačních, samovolně probíhajících exotermických chemických reakcí.
- Výbušné předměty: Za výbušné předměty se považují takové předměty, které v sobě obsahují alespoň jednu výbušnou nebo pyrotechnickou látku.
- Látky a předměty výše nejmenované, které byly vyrobeny za účelem vyvolání výbušného nebo pyrotechnického účinku.

Definice podtříd spadajících pod třídu 1 jsou v rámci dohody ADR 2023 v souladu s definicemi podtříd dle Evropského nařízení CLP, které bylo již popsáno v podkapitole 2.1.1.

2.2.2 Mezinárodní řád RID

Pro doplnění informací zde uvedu i legislativní prvek vztahující se k přepravě nebezpečných látek a zboží po železnici. Aktuálně je v platnosti Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (RID 2023) [10], který je Přípojkem C k Úmluvě o mezinárodní železniční přepravě (COTIF).

Dle RID 2023 se nebezpečné látky a předměty dělí do celkem 13 tříd nebezpeční. Výbušným látkám a předmětům náleží třída 1, do které spadají [10]:

- Výbušné látky – jedná se o tuhé nebo kapalné látky, případně směsi látek, které při chemické reakci jsou schopny vyvinout plyny takové teploty, takového tlaku a takové rychlosti, že jsou schopny v okolním prostředí způsobit škody.
- Pyrotechnické látky – jsou látky nebo směsi látek, jež jsou určeny k vyvolání světelných, zvukových, tepelných, dýmových nebo plynových efektů, případně kombinaci těchto efektů, při samovolně probíhajících exotermických reakcí.
- Výbušné předměty – jsou předměty, které v sobě obsahují alespoň jednu výbušnou nebo pyrotechnickou látku.
- Dále do třídy 1 náleží látky a předměty výše nejmenované, jenž byly vyrobeny pro zisk výbušného nebo pyrotechnického efektu.

2.3 Zákon o pyrotechnice

Dalším zákonem, který se ve své oblasti působnosti věnuje výbušninám je zákona č. 206/2015 Sb., o pyrotechnických výrobcích a zacházení s nimi. Důvodem je vymezení pojmu pyrotechnického výrobku. Pro účely tohoto zákona se totiž za pyrotechnický výrobek považuje výrobek, který v sobě obsahuje výbušné látky nebo směs výbušných látek určené k produkci tepla, zvuku, plynu, kouře nebo kombinace těchto efektů pomocí samoudržujících se exotermických chemických reakcí [3]. Tato definice pyrotechnického výrobku je v souladu s definicí dle nařízení CLP i dohody ADR.

Pyrotechnické výrobky se řadí do kategorií dle způsobu nebo účelu jejich užití a míry nebezpečí, do níž se zohledňuje i úroveň hluku vyvolaná při užití daného výrobku. Těmito kategoriemi jsou [3]:

- Zábavní pyrotechnika – kategorie F1 až F4.
- Divadelní pyrotechnika – kategorie T1 a T2.
- Ostatní pyrotechnické výrobky – kategorie P1 nebo P2.

Dále se v příloze č. 2 zákona o pyrotechnice uvádí základní bezpečnostní požadavky, které musí pyrotechnické výrobky splňovat. Mimo jiné se zde uvádí fakt, že pyrotechnické výrobky mohou obsahovat černý střelný prach a zábleskovou složku, vyjma výrobků zařazených do kategorií P1, P2, T2 a F4, které mohou po splnění uvedených podmínek obsahovat i jiné traskaviny a trhaviny [3].

2.4 Zákon o střelných zbraních a střelivu

Posledním zákonem zasahujícím do odvětví výbušnin a výbušných předmětů je zákon č. 229/2016 Sb., kterým se mění zákon č. 199/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu [4]. Oblastí

působnosti tohoto zákona je nakládání se střelnými zbraněmi a střelivem pouze v civilní oblasti. Tento zákon se tedy nevztahuje na nakládání se zbraněmi, střelivem a municí ozbrojenými silami České republiky, Vojenskou policií, bezpečnostními sbory, Vojenským zpravodajstvím ani ozbrojené síly jiných států při jejich pobytu na území České republiky [4].

Podle tohoto zákona se za „nakládání se střelivem nebo municí“ považuje výroba nebo zpracování výbušnin, při nichž dochází k výrobě, vývoji, zpracování, znehodnocování a ničení střeliva nebo munice, a to včetně delaborace munice [4].

Pojmem střelivo se v rámci tohoto zákona rozumí souhrnné označení nábojů, nábojek a střel do střelných zbraní, pokud se nejedná o munici. Za municí se považuje úplně i neúplně zkompletovaný výrobek obsahující výbušninu nebo nukleární, biologický nebo chemický materiál, který je speciálně konstruovaný pro použití ozbrojenými silami a bezpečnostními sbory [4].

3 VÝBUŠNINY

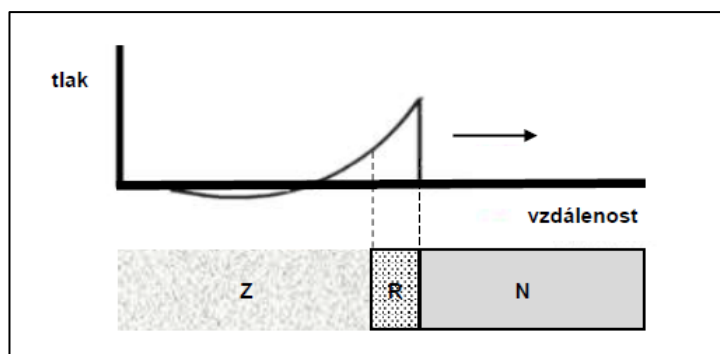
Výbušniny jsou vyráběny pro jejich specifické vlastnosti, které našly uplatnění v mnoha průmyslových odvětvích. Disponují vlastností, díky které jsou schopny uvolnit velké množství energie vyprodukované při exotermní chemické reakci, jejíž charakterem je oxidace probíhající v podobě chemického výbuchu. Tento jev je možný díky přítomnosti redukční i oxidační složky ve vlastní hmotě výbušnin. Je to právě zmíněné vnitřní uspořádání, jež se považuje za základní znak drtivě většiny výbušnin, a které umožňuje průběh výbuchové reakce bez přítomnosti kyslíku obsaženého ve vzduchu svého okolí [9].

3.1 Druhy výbušných přeměn

Pojem výbušnina je odvozen od slova výbuch, kterým se označuje velmi rychlý děj uvolňující velké množství energie, což vede k vyvolání tlakových, tepelných, zvukových, světelných a dýmových účinků. Rozeznávání jednotlivých druhů výbuchů se provádí na základě způsobu uvolnění energie právě při tomto ději. V současné době rozeznáváme jaderné, fyzikální nebo chemické výbuchy. Výbuchové děje výbušnin řadíme do kategorie chemických výbuchů, při kterých energii získáváme z rozdílu počátečních a výsledných látek. Chemické výbuchy, jichž jsou výbušniny schopny, dělíme dle rychlosti uvolnění energie na deflagraci, tedy explozivní hoření, a detonaci [9,11].

3.1.1 Detonace

Jde o výbuchovou přeměnu, která se šíří nadzvukovou rychlostí hmotou iniciované výbušniny v podobě detonační vlny. Na čele detonační vlny se utváří výrazné skokové navýšení tlaku látky. Tlaky zde dosahují řádově jednotek až desítek GPa. Energie potřebná pro šíření a udržení detonační vlny je, v tomto případě, dotována z chemické reakce, která probíhá v úzkém reakčním pásmu. Šířka reakčního pásma obvykle dosahuje hodnot nepřekračujících 1 mm. Detonační vlna se šíří detonační rychlostí do nezreagované hmoty výbušniny přímým působením detonačního tlaku na chemické vazby, které se tímto tlakem trhají. Nešíří se tedy přenosem tepla, jako je tomu u většiny chemických reakcí. Uvádí se, že detonační rychlost, která je ovlivněna celou řadou okolností, obvykle dosahuje hodnot v rozmezí 1000 až 9000 m.s⁻¹, vždy však supersonickou rychlostí. Šíření detonační vlny trhavinou, pro které je tento výbuchový děj typický, je znázorněna na obr. 2 [9].



Obr. 2) Grafické znázornění šíření detonační vlny hmotou trhaviny (Z – plynné zplodiny výbuchu, R – reakční pásmo, N – doposud nezreagovaná trhavina) [9]

3.1.2 Deflagrace

U explozivního hoření, deflagrace, se šíří spojitá tlaková vlna do nezreagované části výbušniny podzvukovou rychlostí, spolu s reakčním pásmem a plynnými zplodinami vytvořenými výbuchem. Při deflagraci nastává spojitě zvýšení tlaku a hustoty hmoty výbušniny. Nejedná se tedy o skokovou změnu tlaku a hustoty materiálu, jako je tomu v případě detonace. Energie pro vznik a šíření tlakové vlny je produkována tepelným mechanismem, který je obvyklý pro chemické reakce. Tato skutečnost znamená, že šíření tlakové vlny je doprovázeno reakčním pásmem, ve kterém se uvolňuje potřebná energie [9].

Dynamika explozivního hoření je za běžných podmínek v porovnání s dynamikou detonace značně pomalejší. Rychlost šíření reakce, u deflagrace se jedná o rychlost hoření, dosahuje hodnot v rozmezí několik $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ až po několik set $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Shodný trend nastává i u výsledných tlaků, které v těchto případech nepřesahují hranici 1000 MPa [9,11].

Velmi nebezpečný jev nastává při přechodu explozivního hoření k detonaci, jelikož průběh explozivního hoření lze ovlivnit vnějším tlakem. U detonace tato možnost ovlivnění průběhu reakce neexistuje. Pokud tedy probíhá deflagrace v uzavřeném či polouzavřeném prostoru bez dostačujícího odvodu plynných zplodin vytvořených při hoření, může dojít v důsledku narůstajícího tlaku k urychlení hoření až do krajní situace, kdy děj přejde do detonace [9].

3.2 Parametry výbušnin

Výbušniny disponují velmi rozsáhlou škálou parametrů a vlastností, kdy jejich výčet a následný popis by přesahoval obsah této práce. Z tohoto důvodu uvedu v rámci této podkapitoly pouze vybrané parametry výbušnin a pokusím se o jejich stručný popis. Parametry výbušnin, jakožto i jejich důležité fyzikální a chemické vlastnosti musí být uvedeny v bezpečnostním listu každé výbušniny. Stávající i nově vypracované bezpečnostní listy musejí být v souladu s nařízením Komise (EU) 2020/878, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (nařízení REACH), která stanoví požadavky na sestavení bezpečnostních listů, používaných k poskytování informací o chemických látkách a směsích v zemích EU [15].

3.2.1 Stabilita detonace

Stabilitou detonace se myslí schopnost výbušniny detonovat po celé délce nálože stálou detonační rychlostí. Detonační rychlost výbušniny je tedy závislá na průměru nálože a velmi zjednodušeně se dá říci, že detonační rychlost narůstá při zvětšování průměru nálože. Velmi zásadní jsou zde hodnoty udávající dolní mezní průměr nálože (dále DMP) a horní mezní průměr nálože (dále HMP). Při průměrech nálože pohybujících se pod DMP ztrácí výbušniny schopnost detonovat. V rozmezí DMP a HMP jsou sice výbušniny schopny detonovat, ale jedná se o neideální výbuchovou přeměnu při nestálé detonační rychlosti. Teprve po překročení hodnoty HMP se detonační vlna šíří hmotou výbušniny stabilní detonační rychlostí [12].

3.2.2 Detonační rychlost

Detonační rychlost se řadí k nejdůležitějším parametrům výbušnin. Udává nám rychlost šíření výbuchové přeměny hmotou výbušniny. Detonační rychlost je ovlivněna mnoha faktory. Mezi tyto faktory se řadí druh výbušniny, její hustota, průměr nálože, teplota výbušniny a mnoho dalších. Detonační rychlost se udává v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ nebo v $\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ [12].

3.2.3 Objem výbuchových zplodin

Tento parametr nám udává objem zplodin vzniklých při výbušné přeměně. Udává se v jednotkách $l \cdot kg^{-1}$. U průmyslových trhavin zpravidla přesahuje objem výbuchových zplodin hodnotu $500 l \cdot kg^{-1}$ [12].

3.2.4 Citlivost

Citlivost výbušniny je další z velmi důležitých parametrů. Tento parametr nám udává minimální energii počátečního impulsu potřebného k vyvolání výbušné přeměny. V současnosti rozeznáváme různé druhy počátečních impulsů. Příkladem může být tepelný nebo mechanický impuls [12, 14].

3.2.5 Brizance

Jedná se o schopnost výbušniny tříštit pevná tělesa, která leží v bezprostřední blízkosti zdroje výbuchu, tedy ve vzdálenosti 2 až 2,5násobku poloměru nálože. Tato schopnost závisí na charakteru detonačních zplodin vzniklých při výbuchové přeměně výbušniny [14].

3.2.6 Výbuchové teplo

Jedná se o teplo, které se uvolní do okolí při výbuchové přeměně výbušniny. V současnosti se spíše používá označení výbuchová energie. Ve straších literaturách se za jednotku tohoto parametru považoval $kcal \cdot kg^{-1}$, v současné době se tato teplota měří v jednotkách $kJ \cdot kg^{-1}$. U výbušnin používaných v současnosti se výbuchová energie pohybuje v rozmezí 3050 až 5500 $kJ \cdot kg^{-1}$ [12].

Výbuchové energie lze zpravidla stanovit dvěma způsoby, tedy použitím experimentálního měření nebo výpočtem na základě znalosti vlastní látky obsažené ve výbušné látce. Na základě stanovených dat o výbuchové energii zkoumané výbušniny lze poměrně snadno určit TNT ekvivalent, který se používá v široké praxi pro popis výbuchového děje nejen výbušnin [16].

3.3 Rozdělení výbušnin

Dělení výbušnin je možno provést hned několika způsoby. Prvním ze způsobů, jak rozdělit výbušnin, je dle dříve zmíněné legislativy. Jednotlivým legislativním prvkům se věnuje celá předchozí kapitola, dovolím si tedy tento druh rozdělení výbušnin dále nerozvádět, jelikož bych se ve velké části opakoval.

Někdy se můžeme setkat s rozdělením výbušnin podle způsobu jejich iniciace. Tedy dělení na primární a sekundární výbušnin. Primární výbušnin, někdy také označované za přímé výbušnin, jsou iniciovatelné snadným podnětem jako je tření, náraz, nápich nebo plamen. Do primárních výbušnin se zpravidla řadí traskaviny a střeliviny. Za sekundární, jinak také nepřímé, výbušnin iniciovatelné použitím standartně vymezených prostředků se uvádí drtivá většina trhavin používaných v průmyslu. Je nutné také říci, že toto rozdělení se neseťká s pozitivním ohlasem v odborných kruzích, jelikož je považováno za nedokonalé a neúplné [9].

Nejčastěji se můžeme setkat s rozdělením výbušnin vycházejícího z jejich typických vlastností, povahy výbuchové přeměny a účelu použití, které rozřazuje výbušnin do základních skupin na trhavin, střeliv, traskaviny a výbušné pyrotechnické slože [9,12].

3.3.1 Trhavin

Jedná se o směsi anorganických i organických látek různé konzistence. Trhavin zpravidla obsahují výbušnou složku, systém oksličovadla, palivo a pomocné přísady. Jednotlivé složky

se mísí v takovém poměru, aby výsledná trhavina disponovala požadovanými vlastnostmi. Hlavním typem výbušné přeměny trhavin je detonace, která vyvolá přímé tříštivé a destruktivní účinky na své okolí. Jelikož patří mezi méně citlivé výbušniny, k jejich iniciaci je nutné použít silný podnět, jako např. výbuch jiné výbušiny. Pro své vlastnosti našly trhaviny široké uplatnění napříč průmyslem. Nejčastěji se trhaviny používají při trhacích a demoličních pracích, při výbuchovém zpracování kovů nebo pro vojenské potřeby [12].

Nejzákladnější rozdělení tohoto druhu výbušnin je možné na průmyslové trhaviny nebo na trhaviny pro vojenské účely. Ovšem toto dělení má v dnešní době již jen historický význam. Důvodem je existence již pouze malých rozdílů v oblastech použití obou skupin.

Další dělení trhavin je možné podle jejich konzistence nebo na základě způsobu použití ve vztahu s okolním prostředím. Trhaviny na základě jejich konzistence zpravidla dělíme na pevné, sypké, poloplastické, plastické a tekuté [13]. Rozdělení trhavin, v současnosti používané v průmyslu, podle jejich způsobu použití, společně s jejich barevným označováním, je uvedeno v tabulce 1.

Tab 1) Rozdělení průmyslových trhavin podle způsobu jejich použití [13]

Trhavina		Barevné označení obalů
Povrchová		Žluté
Důlní skalní		Červené
Důlně bezpečná	Protiprachová	Modré
	Protiplynová I. kategorie	Bílé
	Protiplynová II. kategorie	Zelené
	Protiplynová III. kategorie	Zelené s černým pruhem/pruhy
Pro zvláštní použití		Musí být předepsáno technickou specifikací výrobku

Jak jsem již zmínil dříve, trhaviny se mísí v takových poměrech a složeních, aby disponovali požadovanými vlastnostmi. Z tohoto důvodu je lidstvu známo velké množství jednotlivých druhů trhavin. Mezi nejznámější a nejpoužívanější zástupce lze uvést TNT (trinitrotoluen, tritol), směsi DAP (dusičnan amonný spolu s palivem), dusičné estery (nitrocelulóza, pentrin, nitroglycerin) a plastické trhaviny Semtex a C4 (Composition 4) [14].

3.3.2 Střeliviny

Do střelivin řadíme látky, které mají schopnost uvolňovat výbuchovou přeměnou plyny o vysokém tlaku a teplotě. Vyvolávají tedy žádaný kinetický účinek, nikoliv destruktivní. Dominantní výbuchovou přeměnou střelivin je deflagrace. Za specifických podmínek však mohou i detonovat. V kategorii střelivin rozeznáváme dvě základní skupiny výbušnin, jedná se o bezdýmné prachy a o tuhé pohonné látky (TPH). Pro obě zmíněné skupiny však platí, že vždy obsahují palivovou i okysličující složku. Z tohoto důvodu je jejich funkčnost nezávislá na okolním prostředí [9,12].

3.3.2.1 Bezdýmné prachy

Tato skupina výbušnin se převážně používá při technickém procesu laborace střeliva do palných zbraní a děl. Bezdýmné prachy dělíme na jednosložkové (nitrocelulózoové), dvousložkové (nitroglycerinové) a tříložkové. Tříložkové prachy se liší od dvousložkových prachů tím, že jejich obsah je doplněn třetí výbušninou, která napomáhá k docílení požadovaných vlastností. Do kategorie bezdýmných prachů řadíme i černý prach [9].

3.3.2.2 Tuhé pohonné hmoty

Tuhé pohonné hmoty jsou zpravidla využívány k pohonu raket. TPH můžeme rozdělit do dvou skupin. První skupinou jsou homogenní TPH, jejichž složení je blízké dvousložkovým bezdýmným prachům doplněné o pomocné látky. Pod pojmem pomocné látky rozumíme chemické stabilizátory a modifikátory. Během výrobního procesu jsou TPH formovány a následně laborovány do příslušného prostoru raketového motoru.

Druhou skupinou jsou heterogenní TPH. Zpravidla se jedná o směsi paliva s anorganickou látkou plnící roli okysličovadla. Za palivo se v tomto případě používají směsi syntetického polymeru a za okysličovadlo je ve většině případů použit chloristan amonný. Na rozdíl od homogenních TPH jsou heterogenní TPH nalévány v tekuté formě do palivového prostoru a až poté dojde k vytvrzení. K vytvrzení nalité směsi se docílí za pomoci polymerace [9].

3.3.3 Třaskaviny

Třaskaviny jsou chemicky homogenní výbušniny, někdy také označované jako primární nebo přímé výbušniny. Za přímé výbušniny jsou označovány z důvodu své citlivosti, kdy je jejich aktivace poměrně snadná. Jinými slovy se dá říci, že je lze přivést k výbuchu pomocí poměrně malého podnětu jako je úder, jiskra či nápich. Podobně jako u trhavin je i u třaskavin za charakteristický výbuchový děj považována detonace. Odlišnost je pouze ve vzniku potřebné energie dotující reakci. U třaskavin se potřebná energie uvolňuje rozpadem vazeb mezi atomy původní molekuly [9,12].

Označení za primární výbušniny si vysloužili z praktického hlediska, jelikož velmi často slouží k iniciaci trhavin a třaskavin v podobě rozbušek a iniciačních prostředků v munici. Mimo jejich typické použití se třaskaviny někdy používají i v pyrotechnických složích. Typickými zástupci třaskavin jsou azid olovnatý, třaskavá rtuť a trinitroresorcinát olovnatý, který je pro zjednodušení nazýván „tricinát“ [9, 14].

3.3.4 Pyrotechnické slože

Za pyrotechnické slože se považují látky, které při explozivním hoření vyvolávají tepelné, světelné, zvukové, plynové a dýmové účinky nebo jejich kombinaci. V praxi se jedná o směsi hořlavin, okysličovadel, pojiv, paliv a dalších přídavných látek. Velmi často se ve směsích za hořlaviny volí práškové kovy. Pro svou rozmanitost našli pyrotechnické slože uplatnění v civilním sektoru, ale i ve vojenském sektoru. Využívají se pro účely osvětlovací, zábleskové, signální v podobě barevných světlic a dýmovnic, ale i pro výrobu stopových a trasovacích střel. V každodenním životě se s nimi můžeme setkat v podobě zábavní pyrotechniky, ale i v bezpečnostních prvcích dopravních prostředků [9, 14].

4 ÚČINKY VÝBUCHU PŘI ZÁVAŽNÉ HAVÁRII

Účinky vyvolané výbušnou přeměnou výbušnin mohou mít různě závažné dopady na své okolí. Závažnost následků je ovlivněna velkým množstvím okolností, jako je úroveň protivýbuchové ochrany nebo nastavení preventivních opatření. Velmi přitom záleží i na druhu a množství výbušniny a na typu její výbušné přeměny. Z popisu jednotlivých druhů výbušnin vyplývá, že největší dopad na své okolí zapříčiní detonace. Ovšem tím bych rozhodně nechtěl bagatelizovat účinky vyvolané deflagrací, která za určitých podmínek může také přejít v detonaci.

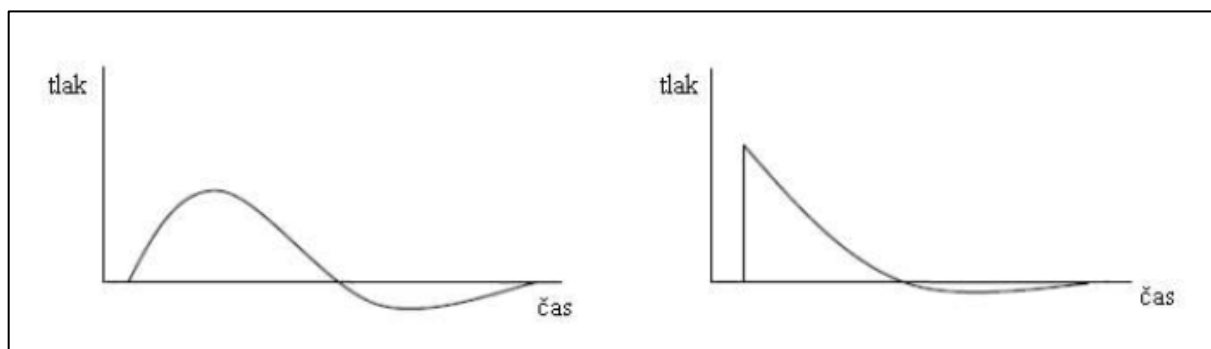
V rámci této kapitoly bude pojednáno o účincích výbuchu nejen na člověka, ale i na okolní prostředí. Z výčtu všech účinků lze za nejzávažnější označit tlakový účinek vyvolaný rázovou vlnou. Je velmi složité se proti tomuto typu účinku nějak předem bránit, jelikož samotný průběh havárie je velmi dynamický a projevy výbuchu se rozvíjejí do svého okolí až nadzvukovou rychlostí.

4.1 Účinky na okolní prostředí

Při výbuchu se velmi dynamicky uvolní obrovské množství energie, které zapříčiní rychlý nárůst tlaku, a tedy i vzniku tlakové vlny. Tento děj s sebou nese i další úskalí v podobě vzniku toxických zplodin a možného rozletu fragmentů do okolí.

4.1.1 Tlakové účinky výbuchu

V technické praxi se rozeznávají dva typy tlakových vln v závislosti na výbušné přeměně. Při výbuchu detonující výbušniny vzniká nespojitá tlaková vlna, tedy rázová vlna, která při šíření pevným prostředím postupně ztrácí energii a degraduje se do podoby spojitě tlakové vlny. V druhém případě, při výbuchu nedetonující výbušniny, vzniká pouze spojitě tlaková vlna, kterou lze pro její mechanismus šíření v plynném prostředí označit za vlnu akustickou. Tlakový průběh obou typů vln je graficky znázorněn na obrázku č. 3 [9].



Obr. 3) Tlakový průběh vln (vlevo-spojité tlakové vlna, vpravo-nespojité rázové vlna) [9]

Podrobnější popis chování těchto tlakových projevů závisí na prostředí, ve kterém se šíří. Obecně se tyto projevy mohou šířit ve všech hmotných prostředích. Jedná se tedy o plynná prostředí, ale i prostředí kapalná a pevná. Při havarijním výbuchu se nejčastěji rázové projevy šíří vzdušným prostředím. Z tohoto důvodu přesněji přiblížím chování tlakových projevů ve vzduchu [9].

Pro podrobnější popis mechanismu detonující výbušniny v plynném prostředí uvedme následující příklad. Proběhne detonace nálože ve tvaru koule se středovou iniciací, která se nachází v dostatečné vzdálenosti od povrchu země. Detonace nálože vygeneruje rázovou vlnu do okolního prostředí, která se šíří nadzvukovou rychlostí v kuloplochách, jejichž povrch se neustále zvětšuje. Rázová vlna je následována produkty detonace neboli zplodinami, které se šíří vždy podzvukovou rychlostí kvůli odporu prostředí a dalším jevům. Ve vzdálenosti přibližně $8 \div 15$ průměrů původní kulové nálože se čelní rázová vlna odloučí od zplodin a pokračuje do okolí jako vzdušná rázová vlna. S narůstající vzdáleností od epicentra výbuchu se zvětšuje objem a povrch rázové vlny, která postupně ztrácí svou energii vlivem odporu vzduchu, vzniku turbulencí a dalším jevům a postupně se mění na akustickou vlnu neboli na spojitou tlakovou vlnu [17, 18].

Jinými slovy, při dopadu rázové vlny na pevnou překážku se projeví tříštivé, destruktivní účinky. V příslušné vzdálenosti od epicentra detonace se rázová vlna přemění na vlnu tlakovou, která se projeví také svými destruktivními nebo posuvnými účinky. V tabulce 2 jsou uvedeny prahové hodnoty přetlaku pro účinky na stavby a zařízení. Avšak nesmíme opomenout účinky podtlakové fáze, která je typická pro vzdušné prostředí. Podtlaková fáze disponuje zpravidla menší energií než fáze přetlaková, ale její působení vyvolává tahové účinky nikoliv tlakové. Z tohoto důvodu může podtlaková fáze také zapříčinit velmi významné destruktivní účinky, zejména na betonové a zděné zástavbě, která nemusí disponovat dostatečnou odolností vůči tahovému napětí [9].

Tab 2) Prahové hodnoty přetlaku pro účinky na stavby a zařízení [22]

Přetlak [<i>kPa</i>]	Účinek na stavby a zařízení
1-2	Rozbití skel od 0 do 10 %.
6-7	Rozbití skel 100 %. Lehčí porušení struktury staveb.
9-10	Zhroucení lehkých staveb. Poškození ocelových konstrukcí.
15-20	Hroucení zdíva a střech budov. Rozrušení kamenných a narmovaných betonových stěn.
20-30	Deformace potrubních mostů. Těžká deformace ocelových skeletů staveb, jejich vytření ze základů. Pád vzrostlých stromů.
34-40	Těžké porušení staveb a potrubních mostů. Zhroucení železobetonových stěn.
40-55	Povalení naložených vagónů. Zhroucení potrubních mostů.
60-70	Úplná destrukce veškerých průmyslových staveb i naložených vagónů.

Samozřejmě nemůžeme zapomínat na vlnovou charakteristiku a mechanismy tlakových projevů při dopadu na pevné překážky. V uzavřených a polouzavřených prostorech, ale také při dopadu tlakové vlny na pevnou překážku se projeví její vlnový charakter, který vede ke vzniku odražené tlakové vlny a zapříčiní vznik vírů a turbulencí. Interakce původní a odražené vlny může vést i k zesílení výše popsaných účinků. V uzavřených prostorech, které nejsou

dostatečně odvětrávané, může navíc dojít ke vzniku komorového tlaku, respektive přetlaku. Tento přetlak může být následně podpořen reakcí mezi zplodinami výbuchu a vnitřní atmosférou zasaženého objektu [19].

4.1.2 Fragmentace

Proces fragmentace zpravidla probíhá při výbuchu výbušniny působením rázové vlny a vysokého tlaku na materiál nacházející se v blízkém okolí. Jedná se o proces vznikající při překročení meze pevnosti, při kterém dojde k rozštěpení původně kompaktního materiálu na menší části, které nazýváme fragmenty. Tyto vzniklé fragmenty různých tvarů, velikostí a hmotnosti jsou při výbuchovém ději obvykle urychleny. Jinými slovy se dá říct, že získali kinetickou energii, díky které se mohou stát zdrojem další destrukce a zapříčinit vznik požáru nebo další fragmentace. Rychlost fragmentů v běžné praxi může dosáhnout hodnoty až $2500 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, takže mohou působit na značnou vzdálenost od epicentra výbuchu. Samozřejmě vznik fragmentů a jejich výsledné parametry jsou ovlivněny mnoha okolnostmi, mezi které se řadí například hmotnost aktivované výbušniny a její poloha v rámci zasaženého objektu [18].

V současné praxi lze fragmenty zpravidla řadit do tří skupin dle způsobu jejich urychlení. Rozeznáváme tedy fragmenty [18]:

- Primární fragmenty – jsou urychlené přímým působením výbuchového děje. Příkladem může být výrobní zařízení nebo jejich skladovací či přepravní obal.
- Sekundární fragmenty – získají kinetickou energii působením rázové vlny nebo dopadem primárního fragmentu na překážku. Příkladem sekundárního fragmentu může být jakékoliv těleso nacházející se ve vzdálenosti působení rázové vlny.
- Terciální fragmenty – mají zpravidla velký součinitel vznosu a dokáží plachtit vzduchem. Jako příklad lze uvést okenní sklo, které bylo vyraženo ze vzdálených budov působením vzdušné tlakové vlny.

4.1.3 Tepelné účinky

Neméně závažným účinkem výbuchové přeměny výbušnin je i vyvolaná tepelná radiace, která může zapříčinit poranění osob nebo vznik požáru. Tomuto účinku nemusí být vystaveno jen bezprostřední okolí výbuchu, ale i poměrně vzdálené objekty, jelikož i fragmenty výbuchu mohou za určitých podmínek iniciovat vznik požáru.

Nebezpečí vzniku požáru samozřejmě hrozí i při nežádoucích událostech, kde jsou přítomny pyrotechnické látky a směsi. Tento druh události je poměrně všeobecně znám, jelikož v minulosti došlo ke vzniku několika požárů, které zapříčinily samovolné aktivace zábavní pyrotechniky při nedodržení skladovacích podmínek a zásad.

4.1.4 Toxické zplodiny výbuchu

Při výbuchové přeměně běžných výbušnin vzniká velké množství produktů různých druhů. Z kategorie toxických plynů se považují za nejvýznamnější oxid uhelnatý (CO) a nitrozní plyny (NO, NO₂ a další). Vznik těchto produktů je však dobře znám, a proto se například trhaviny používané v průmyslu rozdělují do příslušných kategorií. Jelikož jejich obsah je ovlivněn kyslíkovou bilancí použité trhaviny [9].

U havarijních výbuchů s přítomností trhavin a střelivin lze očekávat jejich úplnou přeměnu na plynné produkty, přičemž teoretický obsah toxických plynů může dosahovat až desítek procent. Ovšem u havarijních výbuchů dochází k rychlému rozptylu těchto produktů do

ovzduší vlivem dynamiky samotného výbuchu a působením vysokých tlaků a teploty zplodin. Z tohoto důvodu podléhají výrazným vlivům turbulence a vertikální expanzi v důsledku termických vlivů [9].

Ohrožení toxickými plyny může nastat při požáru, při kterém bude probíhat hašení za přítomnosti některých výbušnin. Příkladem může být hoření nitrocelulózy, u které bude prováděno omezení jejího hoření v důsledku ovlhčení nebo hašení. V takovém případě bude nitrocelulóza podléhat pouze částečnému termickému rozkladu za vzniku toxických plynů NO_x . Tyto těžké plyny poté mohou téct po zemi a zatékat do snížených prostor. Z tohoto důvodu by měli provádět hašení požáru celulózy pouze profesionální příslušníci hasičského sboru České republiky, kteří disponují ochrannými dýchacími prostředky [9].

4.2 Účinky na člověka

V rámci této podkapitoly bude pojednáno o dopadech na lidský organismus, které vyvolá výbušná přeměna výbušnin nejen při průmyslové havárii. Z historie a v současné době i z informačních zdrojů z válečných oblastí, si asi každý z nás dokáže udělat obrázek o tom, jak fatální dopady jsou výbušnin schopny napáchat.

V odborných literárních zdrojích se účinky výbuchu na lidský organismus dělí různými způsoby. Některé publikace člení tyto účinky do kategorií dle toho, zda došlo k interakci s lidským organismem v přímém důsledku výbušné přeměny či nikoliv. V ostatních publikacích dochází k podrobnějšímu dělení vzniklých účinků do více skupin. Ačkoliv odborné publikace často používají rozdílné členění, v popisu výsledných účinků na člověka jsou v podstatě shodné. Z tohoto důvodu si dovoluji v rámci své práce použít podrobnější členění těchto následků.

4.2.1 Primární zranění

Mezi primární poranění způsobené výbuchovou přeměnou výbušnin se řadí taková poranění, která jsou způsobena jako důsledek interakce lidského organismu s rázovou vlnou, která vyvolává skokový nárůst tlaku. Tento typ poranění bývá často smrtelný, jelikož zasahuje nejvíce orgány, ve kterých je přítomen vzduch. Proto jsou nejčastěji zasaženy sluchové orgány, plíce a oblast břicha spolu s trávicím traktem. V některých případech dochází i k poranění zrakového orgánu, mozku nebo srdce [21].

Příklady zranění, které jsou způsobeny rázovou vlnou jsou [21]:

- Poškození středního ucha a protržení ušního bubínku.
- Pohmoždění vnitřních orgánů a vnitřní krvácení. Nejčastěji jsou zasaženy plíce, oblast břicha a mozek.
- V některých případech může dojít k perforaci, tedy k protržení nebo k proděravění, vnitřních orgánů a břicha. Dále může dojít k poranění pevných orgánů, u mužů i k ruptuře varlat.

V tabulce 3 jsou uvedeny prahové hodnoty přetlaku a odpovídající vyvolané účinky na zasažené osoby. Z tabulky vyplývá i existence souvislosti mezi hodnotami přetlaku, který vyvolává zranění řazené do primárních poranění, a vzniku sekundárních, případně terciárních zranění. Nutno podotknout, že tyto prahové hodnoty nelze brát doslovně, jelikož každý člověk je jinak odolný a každému z nás reaguje organismus na podněty z okolí jiným způsobem.

Tab 3) Prahové hodnoty přetlaku pro poranění osob [22]

Přetlak [<i>kPa</i>]	Účinek na osoby
3	Možnost lehkého zranění rozletem střepů.
6-7	Ve volném prostoru bez zranění.
15-20	Prahová hodnota proražení ušních bubíneků.
20-30	Zranění nebo usmrcení v důsledku hroucení staveb.
34-40	25 % zraněných a usmrcených ve volném prostoru.
40-55	50 % proražení ušních bubíneků. 70 % zraněných a usmrcených ve volném prostoru.
84	90 % proražení ušních bubíneků.
100	1 % roztržení plic. 95 % zraněných a usmrcených ve volném prostoru.
200	99 % roztržení plic.

4.2.2 Sekundární zranění

Sekundární zranění vznikají v důsledku odletujících trosek, úlomků a střepů neboli fragmentů, které mohou zasáhnout osoby nacházející se v poměrně rozsáhlé oblasti od epicentra výbuchu. Vzniku fragmentů a jejich rozdělení je věnována podkapitola 4.1.2 této práce.

Zranění způsobená fragmenty jsou nejčastější příčinou úmrtí obětí výbuchu. Letící fragmenty mohou vyvolat několik účinků při střetu s lidským tělem v závislosti na jejich charakteru. Například ostré fragmenty jako skleněné střepy nebo kovové úlomky často způsobují zasažené osobě tržné a řezné rány nebo mohou způsobit tzv. „průstřely“ podobně jako je tomu u střelných poranění. Mohutnější fragmenty typu větších tupých předmětů způsobují především vnitřní poranění zasažených osob. Někdy i zdánlivě malé poranění může skrývat fatální vnitřní zranění, které může vést až k usmrcení zasažené osoby [9, 21].

Mezi stěžejní faktory ovlivňující závažnost poranění patří zejména, jaká část těla byla zasažena, rychlost dopadu letící trosky na lidské tělo, hmotnost letící trosky a také charakter fragmentu, tedy jestli se jedná o tupý nebo naopak ostrý předmět. Nejfatálnější zranění vznikají při zasažení oblasti krku a hlavy. V tabulce 4 jsou uvedeny kritické hodnoty rychlosti dopadu letící trosky o hmotnosti 4,5 kg na oblast hlavy doplněné o rámcový rozsah možných poranění.

Tab 4) Kritické rychlosti nárazu letící trosky o hmotnosti 4,5 kg na oblast hlavy [9]

Poranění	Rychlost dopadu [$m \cdot s^{-1}$]	Rámcový rozsah poranění
Otřes mozku	3	Bez nebezpečí
	4,6	Prahová hodnota
Fraktura lebky	3	Bez nebezpečí
	4,6	Prahová hodnota
	7	Téměř 100% poranění

Mezi sekundární zranění můžeme zahrnout tržné rány a jakýkoli typ poranění měkkých tkání těla. Dále se může jednat o vykloubení, zlomeniny a amputace různých částí těla [21].

4.2.3 Terciální zranění

Terciální typ poranění vzniká v důsledku působení tlakové vlny na člověka. Tlaková vlna může lidské tělo srazit, odhodit či vymrstit do vzduchu během její přetlakové i podtlakové fáze a zapříčinit tak následný dopad člověka na překážku. Udává se, že největší ujmu na zdraví utrpí člověk, který při zasažení tlakovou vlnou stojí ve vzpřímené poloze [9].

Za terciální zranění se všeobecně dají považovat veškerá otevřená nebo uzavřená poranění, která člověk utrpí při dopadu na pevnou překážku v důsledku výbuchu. Může se jednat o zlomeninu, poranění hlavy, poranění páteře a míchy, amputaci končetin a mnoho dalších. K terciálním zraněním se také řadí újmy na zdraví způsobené zhroucením budov, při kterých jsou lidé vystaveni shodným účinkům jako je tomu při zemětřesení. Jedná se zejména o zavalení troskami konstrukcí budov a uvíznutí v nich [9, 21].

4.2.4 Kvartérní zranění

Do kategorie kvartérních zranění způsobených výbušnou přeměnou výbušniny náleží všechna poranění, která nespádají do dříve zmíněných kategorií. Kvartérní poranění mohou být zapříčiněna působením ohně, kouře, prachu, toxinů, výparů a dalších faktorů vznikajících při výbuchu v interakci s okolním prostředím. Také psychologické následky a zhoršení předchozích onemocnění se řadí do této kategorie [21].

Příkladem kvartérního poranění může být [21]:

- Vznik depresivních a úzkostných stavů nebo posttraumatická stresová porucha.
- Popáleniny v důsledku požáru.
- Otrava nebo poranění dýchacích cest přítomnou látkou, zplodinami výbuchu, kouřem nebo prachem.
- Vznik srdečního onemocnění, v krajním případě i akutního infarkt myokardu. Zvýšení krevního tlaku a mnoho dalších zdravotních komplikací.

Výrazným a nezanedbatelným faktorem je i věk poraněné osoby. Tento vztah mezi rozsahem poranění a věkem poraněné osoby je uveden v tabulce 5 [19]. Tyto hodnoty se sice vztahují pouze k rozsahu popálenin lidského těla, ale nastíněný faktor stáří osoby se dá přenést i na jiné typy a druhy poranění.

Tab 5) Pravděpodobnost smrtelného poranění při popálení na 18-22 % lidského těla [19]

Věk poraněné osoby	0-34	35-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80+
Šance smrtelného poranění	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	60 %	80 %	90 %

Vzhledem ke komplexnosti této problematiky si neodvažují zacházet do podrobnějšího popisu vznikajících poranění a zdravotních komplikací, jelikož při haváriích mohou působit účinky vzniklé výbuchem i souběžně a mohou vyvolat změny ve vzájemně provázaných systémech a mechanismech lidského těla. Z tohoto důvodu bych tedy raději přenechal problematiku zdravotních následků vznikajících při haváriích s výbušninami na odbornících zabývajících se danou oblastí medicíny [21]

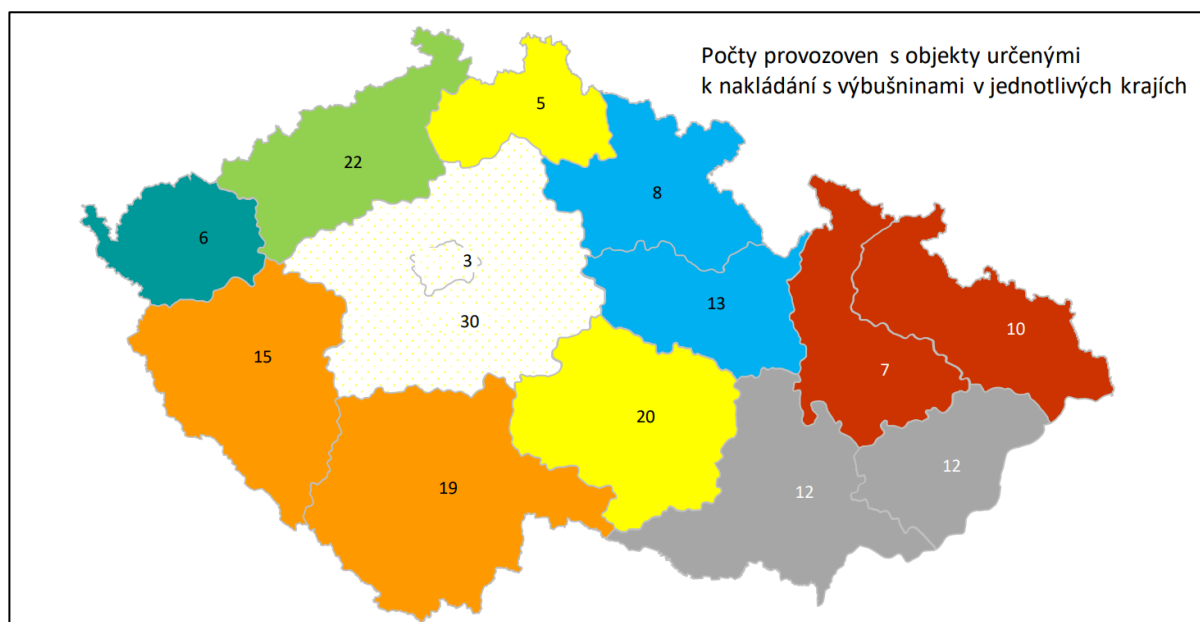
5 PREVENCE NÁSLEDKŮ HAVÁRIÍ

Tato kapitola bude věnována bezpečnostním opatřením při nakládání s výbušninami a aplikovaným metodám prevence závažných havárií, která jsou uvedena v rámci jednotlivých zákonů zabývajících se danou oblastí problematiky. Uvedu i příklady přístupů prevence závažných havárií ze zahraničí. Z důvodu skutečnosti, že problematice bezpečnostních opatření se věnuje poměrně velmi rozsáhlá oblast, pokusím se o zmínění opatření, která považuji za nejdůležitější. Nejprve bych ale rád osvětlil situaci výbušnin v ČR. Zaměřím se na ohrožující objekty, které jsou určeny k nakládání s výbušninami.

5.1 Ohrožující objekty s výbušninami na území ČR

Osobně považuji za velmi nutné uvědomit si a pravidelně připomínat nebezpečí spojená s používáním látkami a směsi v průmyslové praxi, jelikož následky havárií mohou přímo či nepřímo ovlivnit každého z nás. Většina lidí si mnohdy ani neuvědomuje rizika spojená s výbušninami a až zpětně, po uskutečnění neočekávané události, docení preventivní a bezpečnostní opatření, která je nutno dodržovat. Z tohoto důvodu se pokusím osvětlit situaci výbušnin v České republice a uvedu nejčastější ohrožující druhy objektů v rámci této problematiky.

Orgány státní báňské správy (dále SBS), které plní dozorní činnost na území České republiky nad subjekty nakládající s výbušninami zveřejňují souhrnnou zprávu o činnosti za uplynulý rok. Ke dni 31. prosince 2022 evidovaly SBS celkově 182 provozoven s objekty určenými k nakládání s výbušninami. Rozložení provozoven po jednotlivých krajích je znázorněno na obr. 5 [23].



Obr. 4) Přehled počtu známých provozoven s objekty určenými k nakládání s výbušninami ke dni 31. prosince 2022 [23]

Dále orgány SBS evidovaly v roce 2022 celkově 253 aktivně využívaných staveb určených ke skladování výbušnin, kdy 11 % z celkového počtu objektů je výlučně pronajato ozbrojeným

bezpečnostním sborům ČR. Ze statistických údajů dále vyplývá skutečnost, že pouze k realizaci trhacích prací bylo použito bezmála 12 300 tun trhavin a 445 tis rozbušek [23].

V současné době eviduje Výzkumný ústav bezpečnosti práce (dále jen VÚBP) ve svém systému MAPIS (Major Accident Prevention Information System) celkem 23 objektů, ve kterých se provádí nakládání s výbušninami. Z toho 15 objektů je zařazeno dle zákona o PZH do skupiny A nebo B. O pojmu zařazení či nezařazení dle zákona o PZH se budu věnovat v následující kapitole [24].

Jedním z dílčích výstupů projektu zaměřeného na specifikace požadavků zákona o prevenci závažných havárií v oblasti výroby a skladování výbušnin, střeliva, munice a pyrotechnických výrobků, který byl řešen odborným pracovištěm pro prevenci závažných havárií ve VÚBP, bylo specifikování nejčastějších druhů ohrožujících průmyslových staveb, u kterých je povinnost stanovit bezpečnostní vzdálenost k zajištění ochrany jejich okolí. Publikované informace jsou uvedeny v tabulce 6 [22].

Tab 6) Základní druhy ohrožujících staveb s povinným stanovením bezpečnostních vzdáleností [22]

Druh stavby	Účel stavby	Procentuální zastoupení v evidovaných objektech	Nebezpečné látky a předměty	Řešeno zákonem
Skлады výbušnin	Skladování výbušnin	95 %	Výbušniny – výbušné látky a směsi	č. 61/1988 Sb.
Stavby pro výrobu a zpracování výbušnin	Výroba, zpracování a likvidace výbušnin	60 %		
Muniční skladiště	Skladování munice	30 %	Munice	č. 229/2016 Sb.
Skлады pyrotechnických výrobků	Skladování pyrotechnických výrobků	10 %	Pyrotechnické výrobky	č. 206/2015 Sb.

Z informací nacházejících se v tabulce 5 lze konstatovat fakt, který nám říká, že nejpočetnějším druhem ohrožujících staveb jsou sklady výbušnin, které jsou přítomné v 95 % zkoumaných objektech. Tento projekt byl sice vypracován v letech 2020-2021, takže zmíněná data nejsou aktuální, ale na druhou stranu se dá předpokládat přibližně shodné procentuální zastoupení ohrožujících staveb i v současné době. Na základě výše zmíněných informací si dovoluji zaměřit svou pozornost zejména na objekty určené ke skladování a nakládání s výbušninami.

5.2 Povinná bezpečnostní opatření

Bezpečnostních opatřeních vyplývajících z legislativních požadavků pro nakládání s výbušninami je velké množství. Pokusím se přiblížit nejzásadnější principy a jednotlivá opatření, která jsou povinná pro všechny subjekty, které nějakým způsobem při své činnosti nakládají s výbušninami na území ČR.

5.2.1 Zařazení objektů dle zákona o PZH

Zákon o PZH stanovuje povinnost právnickým a podnikajícím fyzickým osobám, které budou nebo již užívají objekt, ve kterém je přítomna nebezpečná látka, vypracování seznamu nebezpečných látek nacházejících se v daném objektu. V seznamu je uveden druh, množství, fyzikální forma a klasifikace všech přítomných látek. Na základě seznamu provede provozovatel objektu součet poměrných množství nebezpečných látek dle vzorce a za podmínek uvedených v příloze č. 1 tohoto zákona. Dle výsledku součtu poměrných nebezpečných látek podá návrh na zařazení objektu do skupiny A nebo B, v opačném případě vypracuje protokol o nezařazení [1].

5.2.1.1 Objekty zařazené do skupiny A

Provozovatel objektu zařazeného do skupiny A musí na základě posouzení rizik závažné havárie vypracovat bezpečnostní program. Součástí bezpečnostního programu je [1]:

- Základní informace o objektu.
- Posouzení rizik závažné havárie.
- Popis zásad, cílů a politiky prevence závažných havárií.
- Popis systému řízení bezpečnosti.
- Závěrečné shrnutí.

Kompletní popis náležitostí obsahu bezpečnostního programu včetně jeho struktury stanovuje v současné době Vyhláška č. 227/2015 Sb. [25].

5.2.1.2 Objekty zařazené do skupiny B

Provozovatel objektu, který byl zařazen do skupiny B, má povinnost zpracovat na základě posouzení rizik závažné havárie bezpečnostní zprávu. Oproti bezpečnostnímu programu je obsah bezpečnostní zprávy mnohokrát obsáhlejší. Bodově musí bezpečnostní zpráva obsahovat tyto části [1]:

- Základní informace o objektu.
- Technický popis objektu.
- Informace o složkách životního prostředí v okolí objektu.
- Posouzení rizik závažné havárie.
- Popis zásad, cílů a politiky prevence závažných havárií.
- Popis systému řízení bezpečnosti.
- Popis preventivních bezpečnostních opatření, které povedou k omezení vzniku a následků závažné havárie.
- Závěrečné shrnutí a jmenovitě uvedené právnické či fyzické osoby, které spolupracovaly na vypracování této bezpečnostní zprávy.

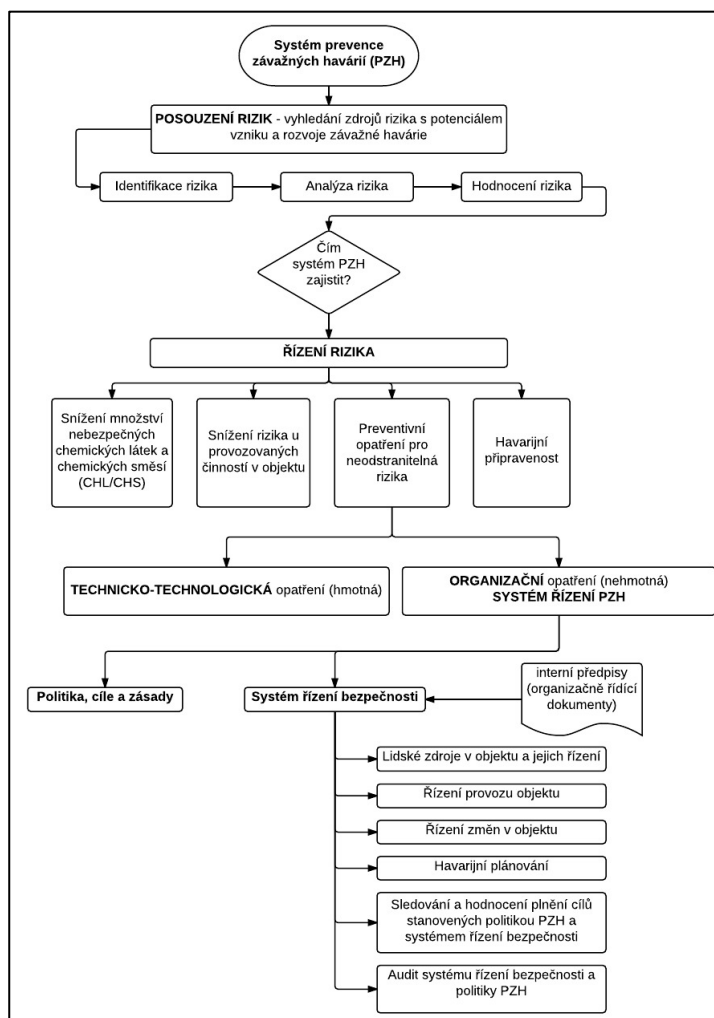
Mezi další povinnosti provozovatele objektu, které musí být součástí bezpečnostní zprávy, se řadí tyto body [1]:

- Stanovit zásady bezpečnosti a spolehlivosti, jež jsou přiměřené k zjištěnému nebezpečí pro celý životní cyklus jakéhokoliv zařízení, včetně jeho vybavení a infrastruktury spojené s provozem, a které představují nebezpečí vzniku závažné havárie.
- Vypracování zásad vnitřního havarijního plánu a poskytnutí informací k vytvoření vnějšího bezpečnostního plánu. V poskytnutých informacích musí být současně zahrnuto i bezpečnostní opatření vztahující se k možnosti vzniku domino efektu.

- Zajištění odpovídajícího informování příslušných orgánů veřejné správy a dotčených obcí.

Podobně, jako je tomu u bezpečnostního programu, náležitosti obsahu bezpečnostní zprávy i její strukturu vymezuje Vyhláška č. 227/2015 Sb. [25].

Některé body požadované v rámci bezpečnostního programu a bezpečnostní zprávy jsou povinné i dle dalších právních předpisů, jako jsou náležitosti provozní dokumentace dle zákona o výbušninách, přesněji dle Vyhlášky č. 327/1992 Sb. [26] nebo požadavky vyplývající ze zákoníku práce. Grafické zpracování postupu pro zajištění prevence závažných havárií v objektu zpracované dle zákona o PZH je uvedeno na obrázku 6 [22].



Obr. 5) Grafické zpracování zajištění prevence závažných havárií v objektu dle zákona č. 224/2015 SB. [27]

5.2.2 Požadavky na skladovací objekty

Požadavky na objekty určené ke skladování výbušnin stanovuje v České republice zákon č. 61/1988 Sb. [2], přesněji pak vyhláška č. 99/1995 Sb. [7] a vyhláška č.102/1994 Sb. [28]. V rámci této podkapitoly uvedu pouze rámcové požadavky na skladovací objekty a na osoby, které mohou jakýmkoliv způsobem manipulovat s výbušninami.

Podstatná část požadavků na sklady výbušnin se odvíjí od jejich bezpečnostní třídy a hodnoty obložení. Bezpečnostní třída skladů se shoduje s nejvyšší bezpečnostní třídou

skladovaných výbušnin v objektu a hodnota obložení udává největší povolené množství výbušnin, na které byl daný objekt projektován. Od těchto dvou parametrů se následně odvíjí bezpečnostní vzdálenost, přesněji bezpečnostní pásma, kterým se budu věnovat v podkapitole 5.5.2 této práce [7, 28].

Mezi další požadavky se řadí např. [7]:

- Sklad může být pouze jednopodlažní a alespoň jedna stěna nebo střecha musí být vyhotovena ve výfukovém provedení.
- K vybudování skladu se použijí pouze materiály odpovídající třídy reakce na oheň A1, A2 nebo B dle vyhlášky č. 23/2008 Sb. [29].
- Kolem skladu výbušnin se vybuduje ochranný val nebo jiná rovnocenná ochrana.
- Společně lze skladovat pouze takové druhy výbušniny, které jsou navzájem snášlivé dle přílohy č. 4 vyhlášky č. 99/1995 Sb. [7].

5.3 Přístupy k prevenci závažných havárií s výbušninami v ČR

V rámci legislativních prvků České republiky jsou aplikovány dva principy prevence závažných havárií. Jedná se o pravděpodobnostní přístup uplatňující se dle zákona o PZH a fenomenologický přístup, který se aplikuje dle zákona o výbušninách.

5.3.1 Fenomenologický přístup prevence

Tento přístup byl vyvinut na základě zkušeností získaných během obou světových válek a od té doby je v mnoha zemích aplikován při projektování výrobních, skladovacích a zpracovatelských objektů nakládající s výbušninami. Vychází z předpokladu, že havarijnímu výbuchu nelze účinně předcházet, a proto jediná preventivní ochrana před jistými následky může být zajištěna pouze na základě vzdálenosti od epicentra výbuchu. Zakládá se tedy na poznaném fenoménu, který nám říká, že s rostoucí vzdáleností od epicentra výbuchu klesá energie tlakových projevů vyvolaných výbušnou přeměnou. Tento přístup je také někdy nazýván pojmem Q-D princip (Quantity – Distance), jelikož je reprezentován základní rovnicí, která popisuje bezpečnou vzdálenost mezi ohrožujícím a ohroženým objektem. Tento vztah je popsán rovnicí 1 [9]:

$$D = k \cdot Q^n \quad (1)$$

kde $D [m]$ je bezpečná vzdálenost od ohrožujícího objektu, $Q [kg]$ představuje množství výbušniny nacházející se v objektu, exponent n nabývá hodnoty v rozmezí 1/2 až 1/6 a koeficient k představuje charakter ohrožujícího i ohroženého objektu.

V České republice se tento přístup uplatňuje dle zákona o výbušninách, přesněji dle vyhlášky č. 99/1995 Sb. [7] a je reprezentován vztahem pro bezpečnostní vzdálenost, respektive vzdálenosti bezpečnostních pásem, popisující rovnice 2 [9]:

$$S = k \cdot (k_{ekv} \cdot M^n) \quad (2)$$

Kde $S [m]$ je bezpečnostní vzdálenost, $M [kg]$ je obložení objektu, k představuje koeficient (viz. též tabulka 6), k_{ekv} je koeficient pro přepočtení obložení objektu na TNT ekvivalent a exponent n nabývá hodnot 1/2 nebo 1/3 dle obložení objektu.

Ukázka stanovení bezpečnostních pásem pro skladovací objekt třídy A, projektovaného na obložení 10 000 kg výbušniny třídy nebezpečí A. Výsledná bezpečnostní pásma doplněná o popis povolené zástavby a akceptovaného stupně poškození je uvedeno v tabulce 7.

Tab 7) Specifikace bezpečnostních pásem od skladovacího objektu třídy A
(vypracováno dle [7], [22], [28])

Bezpeč. pásmo	Vztah k okolí	Povolená zástavba bezpečnostního pásma	Stupeň poškození ohroženého objektu	k	Začátek bezpečnostního pásma (zaokrouhleno)
1.	Vnitřní pásmo	Sklady výbušnin a výrobní objekty tříd nebezpečí B, C a D, objekty malé důležitosti bez trvalé obsluhy.	Nedojde k přenosu detonace (domino efektu). Destrukce objektu, úplné rozrušení budov.	1,5	32 m
2.		Objekty bez nebezpečí výbuchu, správní, sociální, energetické a jiné stavby, kde se nevyrábějí a nezpracovávají výbušniny.	Poškození rámců oken a dveří, porušení omítky, vnitřních dřevěných příček.	8	172 m
3.	Vnější pásmo	Jednotlivé budovy mimo území provozovny, silnice, železnice.	Lehká poškození staveb, větší rozsah zničení oken.	15	323 m
4.		Obce bez souvislé výškové zástavby.	Částečné poškození zasklených oken.	22	474 m
5.		Sídlíště s výškovou zástavbou, nemocnice, významné kulturní památky, stavby s vysokou koncentrací osob (např. obchodní střediska).	Náhodné poškození zasklených oken.	60	1293 m

5.3.2 Pravidelnostní přístup prevence

Fenomenologický přístup pracuje se skutečností, že havarijní výbuch dříve či později nastane, tudíž nastavuje ochranné opatření primárně pro okolí ohrožujícího objektu. Naproti tomu pravidelnostní přístup pracuje s mírou rizika, které lze shledat za akceptovatelné či nikoliv. Pojmem riziko se myslí relace mezi pravidelností uskutečnění nežádoucí situace a mírou následků, která tato situace vyvolá. V České republice se uplatňuje pravidelnostní přístup prevence závažných havárií zákonem o PZH [1], ve kterém jsou implementovány požadavky Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU známé pod názvem SEVESO III [30].

V České republice lze za nejzásadnější úkon pravidelnostního přístupu považovat požadavek vyplývající z prováděcí vyhlášky č. 227/2015 Sb. [26], tedy hodnocení přijatelnosti skupinového rizika závažných havárií. Toto hodnocení spočívá v porovnání roční frekvence

scénáře závažné havárie F_h s kritériem F_p . Toto porovnání se provádí pro všechny hodnocené scénáře. Kritérium F_p je definován jako [25, 31]:

$$F_p = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{N^2} \quad (3)$$

Kde:

- F_p – přijatelná roční frekvence závažné havárie
- N – odhad počtu usmrčených osob

Výpočet roční frekvence scénáře závažné havárie F_h se provádí dle rovnice 4 [25, 31]:

$$F_h = F_S \cdot P_{VNL} \cdot P_{VO} \quad (4)$$

Kde:

- F_S – výsledná roční frekvence koncové události scénáře závažné havárie
- P_{VNL} – pravděpodobnost výskytu nebezpečné látky (u výbušnin se jedná o stálý zdroj rizika)
- P_{VO} – pravděpodobnost výskytu osob v dané lokalitě

Následně se skupinové riziko scénáře závažné havárie porovná s přijatelnou roční frekvencí havárie. Skupinové riziko scénáře závažné havárie považuje za přijatelné, pokud platí vztah 5 [24, 30]:

$$F_h < F_p \quad (5)$$

Poté se výsledná míra skupinového rizika závažné havárie R vypočítá ze vztahu 6 [25, 31]:

$$R = F_h \cdot N \quad (6)$$

Kde:

- R – míra skupinového rizika scénáře závažné havárie (počet obětí havárie za rok).
- N – odhad počtu usmrčených osob v důsledku zkoumaného scénáře havárie (mortalita).

5.3.3 Přístup k prevenci závažných havárií ve světě

Pro porovnání uvedenu i příklady aplikování přístupů prevence ze zahraničí. Nejdříve uvedenu přístup z Velké Británie a následně i přístup využívaný společností NASA.

5.3.3.1 Velká Británie

Ve Velké Británii se aplikuje přístup bezpečnostní vzdálenosti skrze právní akt č. 1638 z roku 2014 [32]. Ten ve svém obsahu rozděluje výbušniny dle druhu nebezpečí, které představují pro své okolí. Toto rozdělení je shodné s rozdělením výbušnin dle českého zákona o výbušninách [2].

Pro výpočet bezpečnostní vzdálenosti nejsou uvedeny vzorce a podmínky výpočtu, ale jsou uvedeny přímo tabulky s bezpečnostními vzdálenostmi dle typu výbušniny a přítomného množství, charakteru provedení objektu, v němž jsou výbušniny přítomny a chráněné objekty rozdělené do tříd A až H. Následně udávají tabulky se vzdálenostmi referenčních zón, které lze analogicky přirovnat k bezpečnostním pásmům, které se používají v České republice [32].

Ukázka bezpečnostních vzdáleností pro výbušninu třídy A, tedy výbušninu schopnou masivního výbuchu, uloženou ve zděném skladu opatřeném ochranným valem jsou uvedeny v tabulce 8 [32].

Tab 8) Vybrané údaje bezpečnostních vzdáleností od zděného skladu výbušnin schopných masivního výbuchu opatřeného ochranným valem [32]

Množství výbušnin [kg]	Vzdálenost od třídy objektu A [m]	Vzdálenost od třídy objektu B [m]	Vzdálenost od třídy objektu C [m]	Vzdálenost od třídy objektu G [m]	Vzdálenost od třídy objektu H [m]
25 až 30	33	50	100	9	18
500 až 550	68	102	204	24	56
1000 až 1100	68	102	204	30	85
2000 až 3000	95	143	285	35	106
4000 až 5000	121	181	362	41	134
90000 až 100000	347	520	1040	111	375

Kde:

- Objekt třídy A – chodníky a stezky pro pěší, vodní cesty a málo používané cesty
- Objekt třídy B – přístavy, mola, pobřežní nebo říční hráz, vedlejší silnice atp.
- Objekt třídy C – hlavní silniční komunikace, veřejně přístupné budovy
- Objekt třídy G – další vnitropodnikové sklady výbušnin
- Objekt třídy H – vnitropodnikové objekty pro výrobu a zpracování výbušnin

5.3.3.2 NASA – National Aeronautics and Space Administration

Americká společnost NASA používá velmi dopodrobna propracovanou vnitřní normu NASA-STD-8719.12A [33] zabývající se výbušninami, pohonnými hmotami a pyrotechnickými výrobky. V rámci tohoto vnitřního předpisu stanovují bezpečnostní vzdálenosti vnitropodnikových objektů i objektů nacházejících se vně podnikového areálu od objektů nakládajících s výbušninami, ale i ostatními nebezpečnými látkami. Bezpečnostní vzdálenosti pro mimopodnikové objekty jsou rozpracovány dle orientace vůči ohrožujícímu objektu. Pro vnitropodnikové objekty jsou bezpečnostní vzdálenosti stanoveny dle vzorců zohledňující, zda se nachází bezpečnostní bariéra mezi ohrožujícím a ohroženým objektem. Vztahy pro výpočet bezpečnostních vzdáleností je popsán rovnicemi 7 a 8. Rovnice 7 se používá při existenci bezpečnostní bariéry mezi objekty, oproti tomu rovnice 8 se uplatňuje při absenci bezpečnostní překážky mezi objekty [33].

$$d = 3,57 \cdot NEWQD^{\frac{1}{3}} \quad (7)$$

$$d = 7,14 \cdot NEWQD^{\frac{1}{3}} \quad (8)$$

Kde:

- d – bezpečnostní vzdálenost od ohrožujícího objektu [m]
- $NEWQD$ – čistá hmotnost výbušnin umístěné v objektu [kg]

Ukázka bezpečnostních vzdáleností pro objekty skladující výbušniny schopné masivního výbuchu v rámci areálu podniku jsou uvedeny v tabulce 9. Bezpečnostní vzdálenosti jsou rozděleny dle do dvou kategorií dle toho, zda se mezi ohrožujícím a ohroženým objektem nachází bezpečnostní překážka [33].

Tab 9) Výběr bezpečnostních vzdáleností v rámci areálu podniku [33]

NEWQD [kg]	Bezpečnostní vzdálenost [m] (S ochrannou barikádou)	Bezpečnostní vzdálenost [m] (Bez ochranné barikády)
32	11,3	22,6
91	16	32,1
680	31,4	62,8
9 072	74,5	148,9
22 680	101,1	202,1
136 077	183,6	367,2

Závěrem této kapitoly si neodpustím konstatovat svou vlastní myšlenku, že tato vnitřní norma společnosti NASA by mohla být akceptována za vzorově a precizně vypracovaný bezpečnostní dokument zabývající se nakládáním s výbušninami a dalšími nebezpečnými látkami pro společnosti nacházejícím se po celém světě.

6 SYSTÉMOVÝ ROZBOR PROBLEMATIKY

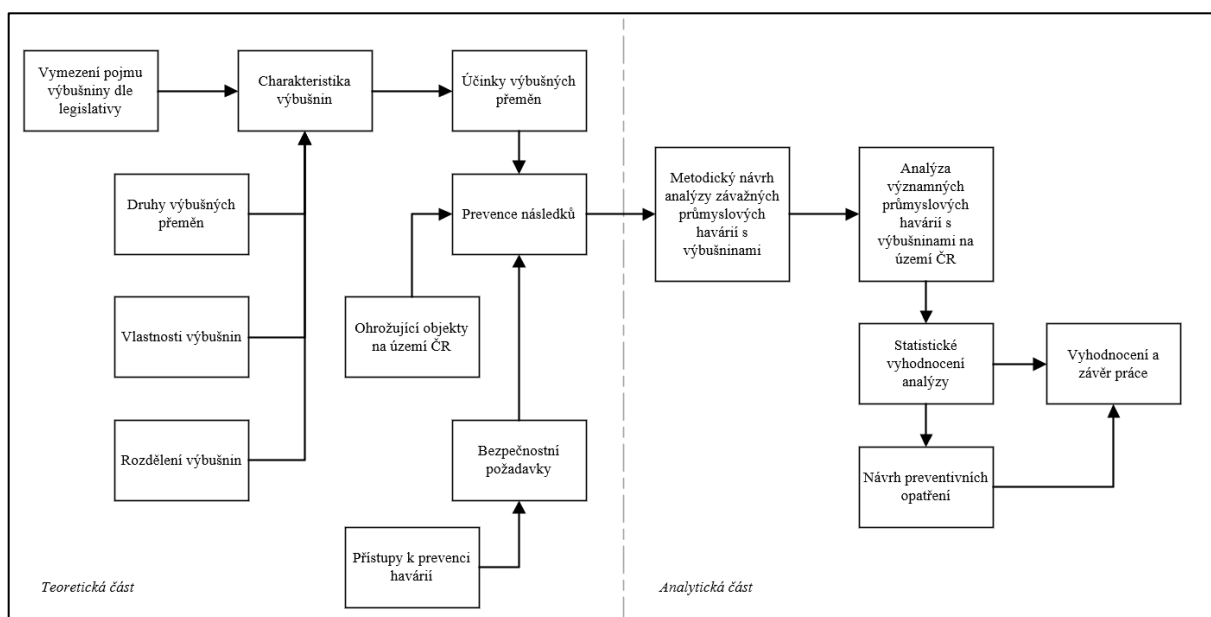
6.1 Struktura práce

Svou diplomovou práci zabývající se analýzou závažných průmyslových havárií s výbušninami na území ČR jsem si rozčlenil do dvou částí. V první, teoretické, části byla provedena důkladná rešerše v oblasti výbušnin. Vymezil jsem pojem výbušniny dle platné české i mezinárodní legislativy. Dále jsem se pokusil o stručné rozdělení výbušnin a popis jejich vlastností a výbušných přeměn. V následující části jsem stanovil a popsal účinky, kterými působí výbušné přeměny na své okolí a zasažené osoby. Závěrečná kapitola teoretické části byla věnována přístupům a bezpečnostním opatřením používaným k prevenci závažných havárií v České republice i zahraničí.

Druhá, analytická, část mé práce byla věnována rešerši závažných průmyslových havárií v ČR. Na základě rešerše jsem stanovil seznam havárií, které jsem následně podrobil analýze. Z výsledků analýzy jsem následně provedl statistické vyhodnocení, které jsem doplnil o získaná data z ČBÚ a veřejných databázích zabývajících se závažnými haváriemi. V závěrečné části své práce jsem stanovil doporučení pro budoucí rozvoj bezpečnostní kultury v průmyslu a vyjádřil se k některým problémům, se kterými jsem se při vypracovávání této práce setkal. Grafické znázornění rozčlenění diplomové práce je znázorněno na obr. 6.

Stanovené cíle diplomové práce jsou:

- Rešerše a popis současného stavu problematiky výbušnin.
- Systémový rozbor.
- Rešerše a statistická analýza havárií s výbušninami.
- Ověření současných opatření k omezení opakování obdobných havárií.
- Návrh a doporučení pro další rozvoj.
- Diskuze problematiky.



Obr. 6) Grafické znázornění rozčlenění diplomové práce

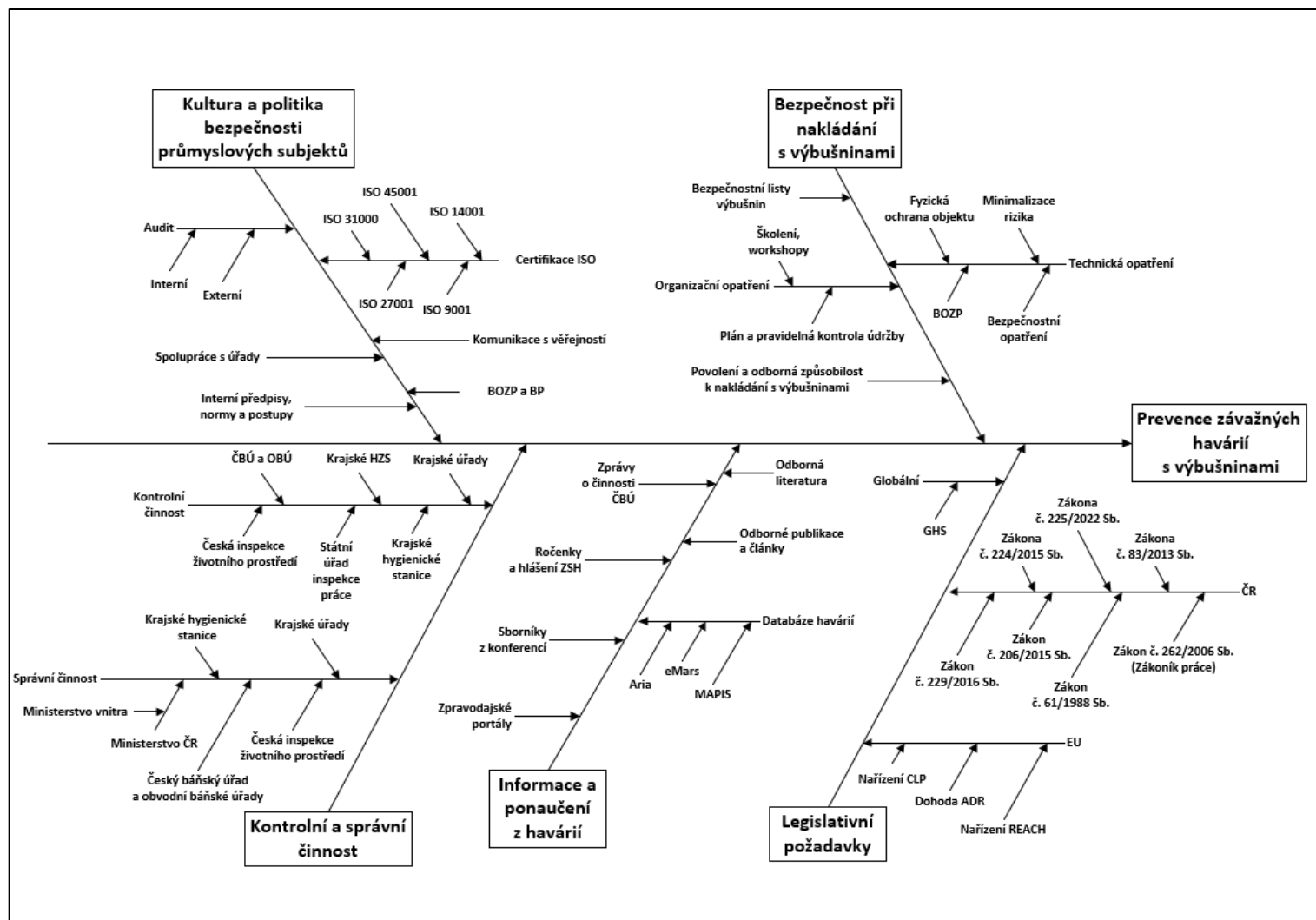
6.2 Problematika výbušnin

U výbušnin a výbušných látek celkově je problematika poměrně jasně daná. Právě pro účinky vyvolané výbušnou přeměnou látky na své okolí se tyto látky používají. Při nesprávném či neodborném nakládání s těmito látkami je riziko nežádoucích událostí na velmi vysoké úrovni. Proto by každý, kdo s těmito látkami pracuje, měl dbát na bezpečnostní opatření a dodržování postupů jednotlivých procesů, které by měly toto rizika minimalizovat. Již ze samotné podstaty výbušnin nelze riziko eliminovat, ale na základě zkoumání a testování vlastností dané látky můžeme navrhnout taková opatření, která budou snižovat riziko vedoucí k nežádoucím událostem.

Již dávno neplatí nepsané pravidlo, že výbušné látky jsou používány výhradně k vojenským účelům. Jejich implementace do civilního sektoru výrobního průmyslu je značná, ať už se používání k výrobě bezpečnostních prvků dopravních prostředků, přes využití v metalurgii až při demoličních a trhacích pracích. Bohužel jsou výbušniny také často zneužívány k atentátním a smrtícím útokům.

V České republice je problematika výbušnin řešena hned několika právními akty. Hlavním zákonem operujícím v oblasti výbušnin je zákon č. 61/1988 Sb., o výbušninách. Dalšími jsou zákon č. 119/2002 Sb., o zbraních a střelivu, zákon č. 206/2015 Sb., o pyrotechnice, zákon č. 225/2022 Sb., o prekurzorech výbušnin, zákon č. 83/2013 Sb., o označování a sledovatelnosti výbušnin a také zákon č. 224/2015 Sb., o PZH. Na základě dříve zmíněných legislativních prvků se nebojím tvrdit, že legislativně je oblast výbušnin, až na menší nedostatky, ke kterým se dostanu později, pokryta velmi dobře. Nyní nastává ten hlavní problém, a to je lidský faktor. Můžeme mít v platnosti sebelepší zákony, pokud ale nebudou respektovány a dodržovány, jsou prakticky bezúčelné. K této části problematiky se budu věnovat v části statistického vyhodnocení a návrhu doporučení pro další rozvoj bezpečnostní kultury v průmyslu.

Do prevence závažných průmyslových havárií vstupuje velké množství zdrojů, které mohou být nápomocné pro potlačení rizika vzniku těchto nežádoucích událostí. Velmi důležité však je, aby se s touto problematikou pracovalo na všech úrovních průmyslových subjektů, tedy od pracovníků ve výrobě, přes všechny manažerské pozice až k samotnému majiteli nebo dozorčí radě společnosti. Pro představu komplexnosti prevence závažných havárií jsem vyhotovil Ishikawův diagram této problematiky. Tento diagram je vyobrazen na obr. 7.



Obr. 7) Ishikawův diagram pro prevenci závažných průmyslových havárií s výbušninami

6.3 Metodika práce

V rámci této podkapitoly budou představeny metodiky a nástroje, které byly použity pro řešení nežádoucích událostí s výbušninami a jejich následné zpracování a vyhodnocení.

6.4 Informační tok

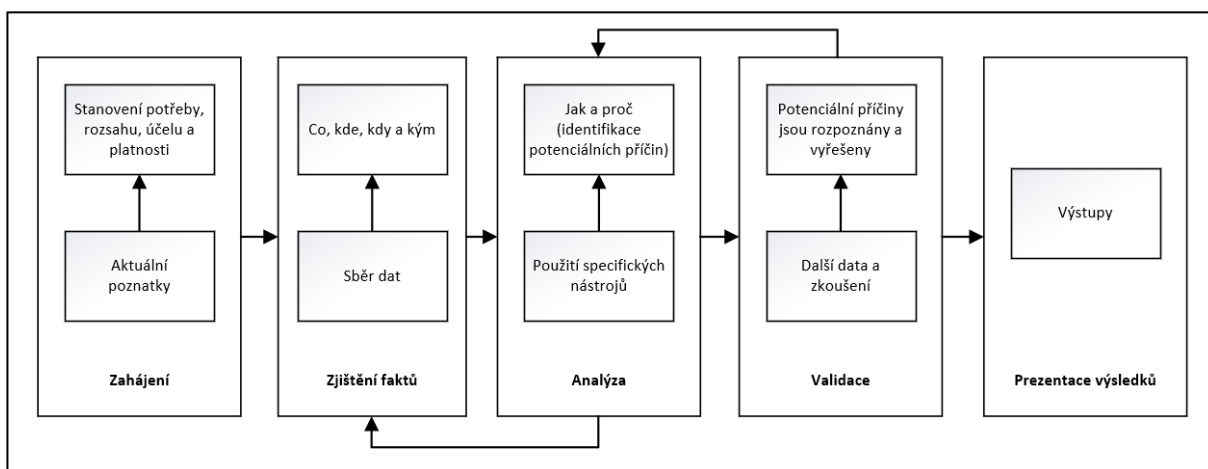
Výsledek analýzy příčin nežádoucích havárií je bezpodmínečně závislý na vstupních informacích. Pro vypracování analýzy havárie s poměrně velkým odstupem času jsme odkázáni na informace z vyšetřování havárie ČBÚ nebo policie ČR, zpráv o činnosti od zasahujících sborů, ale reportáže a zprávy vydané informačními médii. U informací z médií si musíme veškerá data, pokud možno, zpětně ověřit a nalézt původní zdroj informací.

Nicméně dalším velmi dobrým nástrojem pro získání informací nám poskytují databáze o nežádoucích událostech. V rámci Evropské unie byla zřízena databáze eMARS, která v současnosti slouží jako ústřední databáze pro členské země EU. Do databáze jsou povinně hlášeny havárie členskými státy EU. Státy mimo EU mohou také přispívat do databáze, ale jedná se již o jejich dobrovolnou volbu. Vstupní kritérium pro zařazení události do databáze je dosažení jedné z podmínek dle přílohy VI Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU všeobecně známé pod označením SEVESO III [30].

Kromě databáze eMARS mají někteří členové EU také vlastní databáze, Česká republika v tomto případě není výjimkou. V rámci ČR funguje databáze MAPIS pod záštitou Výzkumného ústavu bezpečnosti práce. Databáze MAPIS je ucelený portál zabývající se nejen průmyslovými haváriemi a pracovními úrazy, ale obsahuje i metodiky k zajištění požadované úrovně bezpečnosti a vede seznam provozovatelů a jejich objektů s rozřazením dle zákona o PZH.

6.5 Analýza příčin havárií

V rámci této práce jsem při analýze příčin vedoucích k havárii postupoval dle metodiky ISAAC [34] a v souladu s normou ČSN EN 62740 [35], která se věnuje analýze RCA (Root cause analysis). Jednotlivé kroky analýzy jsou graficky znázorněny na obr. 8.



Obr. 8) Grafické znázornění procesu analýzy havárií [35]

Jak jsem se již zmínil dříve, úroveň výsledné analýzy je přímo závislá na vstupních informacích, které popisují důležité skutečnosti a okolnosti před, v průběhu i po skončení nežádoucí situace. Z tohoto důvodu uvedenu potřebné i doplňující informace ke každé ze zkoumaných událostí do tabulky. V tabulce budou obsaženy informace vztahující se k samotné události, ale i informace vztahující se k zainteresované společnosti a objektu, ve kterém k havárii došlo. Vzor ukázkové tabulky informací je uveden v tabulce 10.

Tab 10) Vzorová tabulka pro informace o havárii

Datum události	
Čas události	
Město/Obec	
Kraj	
Společnost	
Hlavní ekonomická činnost	
Zařazení objektu dle z. č. 224/2015 Sb.	
Místo havárie	
Pracovní činnost	
Pracovní úkon	
Výrobní prostředek	
Nebezpečná látka	
Kořenová příčina	
Přímá příčina	
Nezbytná příčina	
Vrcholová událost	

K interpretaci následků havárie bude využita Evropská škála pro hodnocení průmyslových havárií, jež je známa pod zkratkou ESIA [36]. Veškeré finanční škody vzniklé při haváriích byly dle požadavků ESIA přepočítány za pomoci inflační kalkulačky [37] na odpovídající ekonomické ukazatele roku 1993 a následně převedeny na Eura s průměrným kurzem, který činil 28 Kč za 1 €. V případě, že se ekonomické škody vzniklé při havárii nepodařilo dohledat, dovolil jsem si výši vzniklých ekonomických následků odhadnout. Tyto případné odhady ekonomických následků budou zmíněny u popisů zkoumaných havárií.

7 PRŮMYSLOVÉ HAVÁRIE S VÝBUŠNINAMI V ČR





V rámci této kapitoly budou uvedeny vyhledané havárie s výbušninami, které se staly na území České republiky od roku 2003 do současnosti.

7.1 Vlašim 13. 1. 2003

Dne 13. 1. 2003 v čase 11:40 nastal při vyčerpávání obsahu sběrné jímky výbuch v objektu společnosti Sellier a Bellot a. s. ve Vlašimi. Příčinou výbuchu byla zapomenutá výbušnina, přesněji traskavá rtuť, jejíž výroba byla v objektu zastavena již v roce 1998. Výbuchem byli zasaženi dva pracovníci údržby, jeden z nich utrpěl zranění neslučitelná s životem, druhý skončil v péči lékařů [38, 39]. Ekonomické škody se nepodařilo dohledat, proto odhadují výši těchto škod na 2,5 mil. Kč.

Tab 11) Informace o havárii – Vlašim 13. 1. 2003

Datum události	13.01.2003
Čas události	11:40
Město/Obec	Vlašim
Kraj	Středočeský
Společnost	Sellier a Bellot a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba zbraní a střeliva
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	B
Místo havárie	Údržba, opravna
Pracovní činnost	Odstraňování odpadu, zpracování odpadu všeho druhu
Pracovní úkon	Sledování stroje, řízení, obsluha stroje
Výrobní prostředek	Motory, generátory včetně kompresorů a čerpadel
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Nedostatečná nebo nesprávná údržba
Přímá příčina	Chybné informace o zařízení a procesu
Nezbytná příčina	Přítomnost výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na lidech	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na životním prostředí	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ekonomické ztráty	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>





Obr. 9) Hodnocení ESIA – Vlašim 13. 1. 2003

7.2 Psáry 23. 4. 2005

Dne 23. 4. 2005 v čase 9:45 došlo při drcení bezdýmného střelného prachu k požáru ve výrobním objektu společnosti EXPLOSIVE Service, a.s. Příčinou byla pravděpodobně lidská chyba nebo porucha strojního zařízení při procesu drcení. Došlo k zahoření 2,5 t bezdýmného střelného prachu a celkově požár zachvátil třetinu výrobní haly a asi padesát metrů čtverečních okolního lesa. Zaměstnanci byli z výrobní haly evakuováni. Při incidentu utrpěl mistr výroby popáleniny na rukách a obličeji při snaze požár vlastními silami uhasit. Na místě havárie zasahovalo 5 profesionálních hasičských sborů. Hrozil výbuch až 40 t přítomného materiálu. Ekonomické škody byly vyčísleny na 800 tis. Kč [40].

Tab 12) Informace o havárii – Psáry 23. 4. 2005

Datum události	23.04.2005
Čas události	9:45:00
Město/Obec	Psáry
Kraj	Středočeský
Společnost	EXPLOSIVE Service, a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba výbušnin
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	Nezařazen
Místo havárie	Výroba, továrna, dílna
Pracovní činnost	Výroba, zpracování
Pracovní úkon	Sledování stroje, řízení, obsluha stroje
Výrobní prostředek	Stroje pro přípravu materiálů
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Lidská chyba při manipulaci
Přímá příčina	Nevhodné skladování a skladování ve velkých objemech
Nezbytná příčina	Přítomnost výbušniny
Vrcholová událost	Zahoření, vznícení, vzplanutí

	Množství nebezpečné látky	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na lidech	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na životním prostředí	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ekonomické ztráty	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>





Obr. 10) Hodnocení ESIA – Psáry 24. 3. 2005

7.3 Polička 13. 11. 2007

Dne 13. 11. 2007 došlo na specializovaném pracovišti společnosti Poličské strojírny a.s. k výbuchu. Při delaboraci ručního granátu typu RG-4 došlo k iniciaci trhaviny. Výbuch vážně zranil dvě pracovnice, jeden pracovník utrpěl lehká poranění. Dílčí zahoření vzniklé při výbuchu bylo uhašeno samotnými pracovníky. Příčinou výbuchu byla lidská chyba vedoucí k iniciaci trhaviny nebo vada materiálu delaborovaného granátu. Jelikož šlo o specializované pracoviště, přímé ekonomické škody v důsledku havárie nevznikly [41].

Tab 13) Informace o havárii – Polička 13. 11. 2007

Datum události	13.11.2007
Čas události	6:05:00
Město/Obec	Polička
Kraj	Pardubický
Společnost	Poličské strojírny a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba hydraulických a pneumatických zařízení
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	Nezařazen
Místo havárie	Výroba, továrna, dílna
Pracovní činnost	Výroba, zpracování
Pracovní úkon	Práce s ručním náradím nepoháněným
Výrobní prostředek	Ruční náradí nepoháněné
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Lidská chyba při manipulaci
Přímá příčina	Nevhodné, nesprávné nebo nebezpečné pracovní postupy
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na lidech	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na životním prostředí	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ekonomické ztráty	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>









Obr. 11) Hodnocení ESIA – Polička 13. 11. 2007

7.4 Pardubice – Semtín 20. 4. 2011

Dne 20. 4. 2011 došlo k výbuchu v areálu společnosti Explosia a.s. K havárii došlo ve dvou budovách určených k míchání plastických trhavin a k jejich vážení. Výbuchem byly obě budovy zničeny. Při havárii došlo k usmrcení 4 zaměstnanců, dalších 9 osob bylo poraněno. Účinky exploze byly znatelné v okruhu 20 km od epicentra výbuchu, přímé ekonomické škody byly vyčísleny na necelých 60 mil. Kč [42, 43].

Tab 14) Informace o havárii– Pardubice – Semtín 20. 4. 2011

Datum události	20.04.2011
Čas události	6:43:00
Město/Obec	Pardubice – Semtín
Kraj	Pardubický
Společnost	Explosia a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba výbušnin
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	B
Místo havárie	Výroba, továrna, dílna
Pracovní činnost	Výroba, zpracování
Pracovní úkon	Sledování stroje, řízení, obsluha stroje
Výrobní prostředek	Stroje pro přípravu materiálů
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Lidská chyba při manipulaci
Přímá příčina	Nedostatečná kontrola vstupního materiálu
Nezbytná příčina	Přítomnost výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	
	Následky na lidech	
	Následky na životním prostředí	
	Ekonomické ztráty	





Obr. 12) Hodnocení ESIA – Pardubice – Semtín 20. 4. 2011

7.5 Pardubice – Semtín 20. 8. 2012

Dne 20. 8. 2012 v 1:30 došlo v areálu společnosti Synthesia a.s. k přehřátí směsi v jednom z tanků sloužících k výrobě nitrocelulózy. Následovala exploze víka na jednom z deseti tanků, díky čemuž došlo k úniku nitrózních plynů do ovzduší, avšak oblak těchto plynů nepřekonal hranici podnikového areálu. Tato událost se obešla bez zranění, pouze dotyčný tank byl explozí poškozen. Za příčiny havárie byly shledány vysoké okolní teploty ovzduší a porucha na monitorovacím systému nádrže [44]. Vyčíslení ekonomických škod se nepodařilo zjistit. Přímé ekonomické škody v tomto případě odhaduji na 15 mil. Kč.

Tab 15) Informace o havárii – Pardubice – Semtín 20. 8. 2012

Datum události	20.08.2012
Čas události	1:30:00
Město/Obec	Pardubice – Semtín
Kraj	Pardubický
Společnost	Synthesia a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba chemických látek a chemických přípravků
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	B
Místo havárie	Prostor užívaný hlavně pro skladování, nakládku a vykládku
Pracovní činnost	Skladování
Pracovní úkon	Bez informací
Výrobní prostředek	Skladovací systémy, obalové prostředky, nádrže, sila, zásobníky – stabilní
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Porucha systému monitorování procesu
Přímá příčina	Nedostatečný nebo nevhodný systém kontroly řízení procesu
Nezbytná příčina	Přítomnost výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na lidech	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na životním prostředí	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ekonomické ztráty	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>





Obr. 13) Hodnocení ESIA – Pardubice – Semtín 20. 8. 2012

7.6 Pardubice – Semtín 21. 8. 2012

Dne 21. 8. 2012 ve 12:30 nastala v areálu společnosti Synthesia a.s. podobná událost jako ze dne 20. 8. 2012, avšak ve větším měřítku. Došlo k výbuchu celého tanku určeného k výrobě nitrocelulózy a následnému úniku nitrózních plynů do ovzduší. Mrak nitrózních plynů se vlivem povětrnostních podmínek přesunul nad obydlenou oblast, proto bylo vydáno varování pro celé území města Pardubic a okolní obce. Za příčinu havárie byla shledána technická závada na výrobním tanku. Jelikož šlo o druhou havárii za dva dny, rozhodla se společnost přerušit výrobu nitrocelulózy do doby, než proběhnou nápravná opatření a stanoví se bezpečnější proces výroby [45, 46]. Ani u této události se vyčíslení ekonomických škod nepodařilo naléznout, proto jejich výši odhadují na 35 mil. Kč.

Tab 16) Informace o havárii – Pardubice – Semtín 21. 8. 2012

Datum události	21.08.2012
Čas události	12:30:00
Město/Obec	Pardubice – Semtín
Kraj	Pardubický
Společnost	Synthesia a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba chemických látek a chemických přípravků
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	B
Místo havárie	Prostor užívaný hlavně pro skladování, nakládku a vykládku
Pracovní činnost	Skladování
Pracovní úkon	Bez informací
Výrobní prostředek	Skladovací systémy, obalové prostředky, nádrže, sila, zásobníky – stabilní
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Porucha systému monitorování procesu
Přímá příčina	Nedostatečný nebo nevhodný systém kontroly řízení procesu
Nezbytná příčina	Přítomnost výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na lidech	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na životním prostředí	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ekonomické ztráty	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>





Obr. 14) Hodnocení ESIA – Pardubice – Semtín 21. 8. 2012

7.7 Vlachovice 20. 11. 2013

Dne 20. 11. 2013 během noční směny, v čase 1:18, došlo ve výrobním objektu společnosti Bochemie a.s. při mletí rozdruženého raketového paliva k zahoření. Strojní zařízení (mlýn), kterým se prováděl proces mletí pracoval v automatickém režimu bez fyzické přítomnosti obsluhy. Během toho, co se do mlýna dostával poslední materiál z první vsádky noční směny zpozorovala obsluha nacházející se ve velínu zahoření výbušnin, Následovalo okamžité zastavení provozu a aktivace stabilního hasicího zařízení. K poranění obsluhy nedošlo. Za příčinu havárie byla stanovena nedokonalost technologického postupu [47]. Výše ekonomických následků nebyla nalezena, z tohoto důvodu odhaduji vzniklou ekonomickou škodu hodnotu na 200 tis. Kč.

Tab 17) Informace o havárii – Vlachovice 20. 11. 2013

Datum události	20.11.2013
Čas události	1:18:00
Město/Obec	Vlachovice
Kraj	Zlínský
Společnost	Bochemie a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba pesticidů a jiných agrochemických přípravků
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	Nezařazen
Místo havárie	Výroba, továrna, dílna
Pracovní činnost	Výroba, zpracování
Pracovní úkon	Sledování stroje, řízení, obsluha stroje
Výrobní prostředek	Stroje pro přípravu materiálů
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Nedostatečný nebo nevhodný systém kontroly řízení procesu
Přímá příčina	Nedostateční kontrola vstupního materiálu
Nezbytná příčina	Přítomnost výbušniny
Vrcholová událost	Zahoření, vznícení, vzplanutí

	Množství nebezpečné látky	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na lidech	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na životním prostředí	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ekonomické ztráty	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>









Obr. 15) Hodnocení ESIA – Pardubice – Vlachovice 20. 11. 2013

7.8 Vrbětice 16. 10. 2014

Dne 16. 10. 2014 došlo v areálu bývalých muničních skladů ve Vrběticích k prvnímu výbuchu skladu č. 16, ve kterém bylo uskladněno bezmála 57 t vojenského materiálu, a jež byl pronajat společnosti Imex Group s.r.o. Při explozi došlo ke zničení samotného skladovacího objektu, poškození okolních objektů a rozptýlení munice do okolí. Z tohoto důvodu bylo zaznamenáno přes 350 neřízených detonací v zasažené oblasti. Tato havárie si vyžádala dva lidské životy, přesněji se jednalo o pracovníky skladu, kteří byli při výbuchu přítomni na místě. V návaznosti na explozi došlo k vytvoření ochranného perimetru ve vzdálenosti 1,2 km od epicentra výbuchu. Dále došlo k evakuaci obyvatel přilehlých obcí. Zásah policejních a armádních složek byl ukončen po 6 letech, přesněji dne 13. 10. 2020. Při vyšetřování bylo za příčinu stanoveno úmyslné jednání cizích osob [48, 49].

Tab 18) Informace o havárii – Vrbětice 16. 10. 2014

Datum události	16.10.2014
Čas události	10:00:00
Město/Obec	Vrbětice
Kraj	Zlínský
Společnost	Imex Group s.r.o.
Hlavní ekonomická činnost	Zprostředkování velkoobchodu a velkoobchod v zastoupení
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	A
Místo havárie	Prostor užívaný hlavně pro skladování, nakládku a vykládku
Pracovní činnost	Skladování
Pracovní úkon	Bez informací
Výrobní prostředek	Skladovací systémy, obalové prostředky, nádrže, sila, zásobníky – stabilní
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Záměrné jednání osoby – trestná činnost
Přímá příčina	Nedostatečné zabezpečení objektu
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	
	Následky na lidech	
	Následky na životním prostředí	
	Ekonomické ztráty	









Obr. 16) Hodnocení ESIA – Vrbětice 16. 10. 2014

7.9 Vrbětice 3. 12. 2014

Po necelých dvou měsících, tedy dne 3. 12. 2014 došlo v areálu bývalých muničních skladů ve Vrběticích k druhému výbuchu skladu č. 12, ve kterém bylo uskladněno přibližně 13 t vojenského materiálu, a jež byl také pronajat společnosti Imex Group s.r.o. Při explozi došlo ke zničení samotného skladovacího objektu, poškození okolních objektů a rozptýlení munice do okolí, stejně tak, jako tomu bylo u prvního výbuchu. Vyšetřování potvrdilo stejnou příčinu vedoucí k události, tedy cizí úmyslné zavinění. Celkové finanční škody dohromady přesáhly hranici 1 mld. Kč [48, 49].

Tab 19) Informace o havárii – Vrbětice 3. 12. 2014

Datum události	03.12.2014
Čas události	7:15:00
Město/Obec	Vrbětice
Kraj	Zlínský
Společnost	Imex Group s.r.o.
Hlavní ekonomická činnost	Zprostředkování velkoobchodu a velkoobchod v zastoupení
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	A
Místo havárie	Prostor užívaný hlavně pro skladování, nakládku a vykládku
Pracovní činnost	Skladování
Pracovní úkon	Bez informací
Výrobní prostředek	Skladovací systémy, obalové prostředky, nádrže, sila, zásobníky – stabilní
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Záměrné jednání osoby – trestná činnost
Přímá příčina	Nedostatečné zabezpečení objektu
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	
	Následky na lidech	
	Následky na životním prostředí	
	Ekonomické ztráty	





Obr. 17) Hodnocení ESIA – Vrbětice 3. 12. 2014

7.10 Vsetín 3. 9. 2014

Dne 3. 9. 2014 došlo ve výrobním objektu společnosti Austin Detonator s.r.o. k zahoření výbušniny při provádění údržby na jednom z pneumatických lisů. Žhavé kousky byly následně nasáty do vzduchové filtrační jednotky, ve které vznikl požár. Při události nebyl nikdo zraněn. Přímé ekonomické škody byly vyčísleny na 932 tis. Kč [50, 51].

Tab 20) Informace o havárii – Vsetín 3. 9. 2014

Datum události	03.09.2014
Čas události	19:57:00
Město/Obec	Vsetín
Kraj	Zlínský
Společnost	Austin Detonator s.r.o.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba ostatních chemických výrobků j. n.
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	B
Místo havárie	Výroba, továrna, dílna
Pracovní činnost	Výroba, zpracování
Pracovní úkon	Sledování stroje, řízení, obsluha stroje
Výrobní prostředek	Tvářecí stroje – lisování
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Nedostatečný nebo nevhodný systém kontroly řízení procesu
Přímá příčina	Nedostatečná nebo nesprávná údržba
Nezbytná příčina	Přítomnost výbušniny
Vrcholová událost	Zahoření, vznícení, vzplanutí

	Množství nebezpečné látky	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na lidech	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na životním prostředí	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ekonomické ztráty	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>



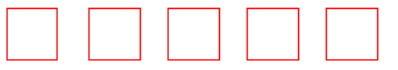








Obr. 18) Hodnocení ESIA – Vsetín 3. 9. 2014

7.11 Pardubice – Semtín 15. 1. 2015

Dne 15. 1. 2015 došlo ve výrobním objektu společnosti Synthesia a.s. k výbuchu. Výbuch nastal na alkoholizačním lisu při lisování nitrocelulózy. Výbuchu předcházelo nesprávné nastavení ovládacího prvku před krátkodobým zastavením pro potřebu dotlakování systému. Po opětovném uvedení do chodu nastalo rychlé stlačení par, vystřelení pístu a iniciace přítomné výbuštiny. Při havárii došlo ke zranění 3 zaměstnanců. Následkem výbuchu byla budova poškozena jen mírně, avšak přímé ekonomické škody byly odhadnuty na 15 mil. Kč [52, 53].

Tab 21) Informace o havárii – Pardubice – Semtín 15. 1. 2015

Datum události	15.01.2015
Čas události	8:52:00
Město/Obec	Pardubice – Semtín
Kraj	Pardubický
Společnost	Synthesia a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba chemických látek a chemických přípravků
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	B
Místo havárie	Výroba, továrna, dílna
Pracovní činnost	Výroba, zpracování
Pracovní úkon	Sledování stroje, řízení, obsluha stroje
Výrobní prostředek	Tvářecí stroje – lisování
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Lidská chyba při manipulaci
Přímá příčina	Nevhodné, nesprávné nebo nebezpečné pracovní postupy
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace výbuštiny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	 
	Následky na lidech	 
	Následky na životním prostředí	
	Ekonomické ztráty	 





Obr. 19) Hodnocení ESIA – Pardubice – Semtín 15. 1. 2015

7.12 Polička 9. 9. 2015

Dne 9. 9. 2015 došlo ve skladovacím objektu společnosti Poličské strojírný a.s. k deflagraci bezdýmného střelného prachu, který následně zapříčinil vyhoření celého objektu skladujícího 320 t totožné výbušniny. Incident započal na rampě skladovacího objektu, kde docházelo k manipulaci uskladněné výbušniny za pomoci vysokozdvížného vozíku. Manipulací byl obal výbušniny poškozen a došlo k jeho samovolnému vysypání. Následovala iniciace bezdýmného prachu a rozšíření požáru na celý skladovací objekt a přilehlou část lesního porostu. Při havárii byli zraněni 2 zaměstnanci. Důsledkem požáru bylo kompletní zničení budovy, vyhoření uskladněného materiálu i části lesa. Ekonomické škody byly odhadnuty na 25 mil. Kč [52, 54].

Tab 22) Informace o havárii – Polička 9. 9. 2015

Datum události	09.09.2015
Čas události	7:29:00
Město/Obec	Polička
Kraj	Pardubický
Společnost	Poličské strojírný a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba hydraulických a pneumatických zařízení
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	Nezařazen
Místo havárie	Prostor užívaný hlavně pro skladování, nakládku a vykládku
Pracovní činnost	Skladování
Pracovní úkon	Řízení dopravních prostředků nebo manipulačních zařízení
Výrobní prostředek	Mobilní manipulační zařízení
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Lidská chyba při manipulaci
Přímá příčina	Nevhodné skladování a skladování ve velkých objemech
Nezbytná příčina	Přítomnost výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na lidech	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na životním prostředí	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ekonomické ztráty	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>





Obr. 20) Hodnocení ESIA – Polička 9. 9. 2015

7.13 Vlašim 21. 9. 2015

Dne 21. 9. 2015 došlo ve výrobní společnosti Sellier a Bellot a.s. k explozi třaskaviny při přenášení v kelímku z výrobního objektu do meziskladu. Při havárii přišli o život 3 zaměstnanci společnosti, zbylí zaměstnanci byli evakuováni do bezpečné vzdálenosti. Následkem výbuchu třaskaviny bylo kompletní zničení výrobního objektu i meziskladu a poškození okolních budov. Nasazení složek Integrovaného záchranného systému trvalo celkem 4 dny. Přímé ekonomické škody přesáhly hranici 50 mil. Kč. Při vyšetřování nebyla objasněna příčina vzniku havárie, pravděpodobně se jednalo o neúmyslné pochybení lidského faktoru nebo neočekávanou iniciaci třaskaviny [52, 55].

Tab 23) Informace o havárii – Vlašim 21. 9. 2015

Datum události	21.09.2015
Čas události	12:40:00
Město/Obec	Vlašim
Kraj	Středočeský
Společnost	Sellier a Bellot a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba zbraní a střeliva
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	B
Místo havárie	Výroba, továrna, dílna
Pracovní činnost	Výroba, zpracování
Pracovní úkon	Držení a manipulace s předměty
Výrobní prostředek	V ruce držené či ručně vedené mechanické nářadí
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Lidská chyba při manipulaci
Přímá příčina	Nedostatečné bezpečnostní opatření
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na lidech	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na životním prostředí	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ekonomické ztráty	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>


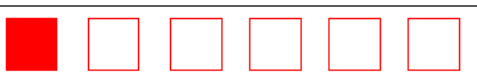






Obr. 21) Hodnocení ESIA – Vlašim 21. 9. 2015

7.14 Polička 23. 2. 2017

Dne 23. 2. 2017 ve výrobním objektu společnosti STV Group a.s. nastal výbuch při lisování náloží plastické trhaviny, který zapříčinil následný požár a několik neřízených detonací, jelikož v sousedící hale byly dále uskladněny stovky ručních granátů určených k delaboraci. Při havárii došlo ke zranění 15 zaměstnanců a 8 příslušníků záchranného sboru. Dále bylo evakuováno 120 zaměstnanců společnosti a 70 obyvatel z přilehlých oblastí. Přímé ekonomické škody byly vyčísleny na 25 mil Kč. Za příčinu havárie byla vyšetřovací komisí stanovena lidská chyba při manipulaci s výbušninou [56, 57].

Tab 24) Informace o havárii – Polička 23. 2. 2017

Datum události	23.02.2017
Čas události	10:58:00
Město/Obec	Polička
Kraj	Pardubický
Společnost	STV Group a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba zbraní a střeliva
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	B
Místo havárie	Výroba, továrna, dílna
Pracovní činnost	Výroba, zpracování
Pracovní úkon	Sledování stroje, řízení, obsluha stroje
Výrobní prostředek	Tvářecí stroje – vytlačování, protlačování
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Lidská chyba při manipulaci
Přímá příčina	Nevhodné, nesprávné nebo nebezpečné pracovní postupy
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	
	Následky na lidech	
	Následky na životním prostředí	
	Ekonomické ztráty	





Obr. 22) Hodnocení ESIA – Polička 23. 2. 2017

7.15 Pardubice – Semtín 21. 8. 2017

Dne 21. 8. 2017 došlo k požáru a následnému výbuchu ve výrobním objektu společnosti Explosia a.s. při lisování třísložkové prachové masy. Při havárii byli zraněni 3 zaměstnanci společnosti. Následkem výbuchu bylo poškozeno strojní zařízení i samotná výrobní budova. Okolí zasažené budovy zůstalo nedotčené. Přímá ekonomická škoda byla odhadnuta na 15 mil. Kč. Příčiny vedoucí k havárii se nepodařilo stanovit, pravděpodobně šlo o chybu lidského faktoru nebo poruchu strojního zařízení [52, 58].

Tab 25) Informace o havárii – Pardubice – Semtín 21. 8. 2017

Datum události	21.08.2017
Čas události	7:20:00
Město/Obec	Pardubice – Semtín
Kraj	Pardubický
Společnost	Explosia a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba výbušnin
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	B
Místo havárie	Výroba, továrna, dílna
Pracovní činnost	Výroba, zpracování
Pracovní úkon	Sledování stroje, řízení, obsluha stroje
Výrobní prostředek	Tvářecí stroje – lisování
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Lidská chyba při manipulaci
Přímá příčina	Porušení bezpečnostních zásad při manipulaci s výbušninou
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na lidech	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na životním prostředí	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ekonomické ztráty	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>





Obr. 23) Hodnocení ESIA – Pardubice – Semtín 21. 8. 2017

7.16 Jablůnka 2. 7. 2018

Dne 2. 7. 2018 došlo k výbuchu ve výrobním objektu společnosti Kayaku Safety Systems Europe a.s. Výbuch nastal při provádění údržby na tabletovacím stroji, při kterém došlo k iniciaci výbušniny. Dle vyšetřování nebyla dodržena procesní instrukce, tedy nebylo provedeno vyčištění strojního zařízení a lisovací místnosti před začátkem údržbářských prací. Při havárii došlo ke zranění, 1 zaměstnanec byl hospitalizován a další 3 zaměstnanci absolvovali preventivní zdravotní prohlídku. Důsledkem výbuchu byla poničeno strojní zařízení [52, 58]. Ekonomické škody nebyly vyčísleny, proto odhaduji jejich výši na 5mil. Kč.

Tab 26) Informace o havárii – Jablůnka 2. 7. 2018

Datum události	02.07.2018
Čas události	9:00:00
Město/Obec	Jablůnka
Kraj	Zlínský
Společnost	Kayaku Safety Systems Europe a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba výbušnin
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	B
Místo havárie	Výroba, továrna, dílna
Pracovní činnost	Seřizování, příprava
Pracovní úkon	Sledování stroje, řízení, obsluha stroje
Výrobní prostředek	Tvářecí stroje – lisování
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Nedostatečná nebo nesprávná údržba
Přímá příčina	Nevhodné, nesprávné nebo nebezpečné pracovní postupy
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na lidech	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na životním prostředí	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ekonomické ztráty	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>





Obr. 24) Hodnocení ESIA – Jablůnka 2. 7. 2018

7.17 Pardubice – Semtín 5. 10. 2018

Dne 5. 10. 2018 došlo k výbuchu v areálu společnosti Explosia a.s. Došlo k výbuchu mostní konstrukce a následnému požáru mimo výrobní objekty. Pravděpodobně došlo k akumulaci a následné iniciaci drobnozrnného bezdýmného nitrocelulóзовého prachu v blízkosti mostku. Událost se obešla bez zranění, vznikly pouze ekonomické škody ve výši 600 tis. Kč v důsledku zničení mostku a části vnitropodnikové komunikace [52, 60].

Tab 27) Informace o havárii – Pardubice – Semtín 5. 10. 2018

Datum události	05.10.2018
Čas události	12:57:00
Město/Obec	Pardubice – Semtín
Kraj	Pardubický
Společnost	Explosia a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba výbušnin
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	B
Místo havárie	Průmyslové odvětví – nespecifikováno
Pracovní činnost	Bez informací o činnosti
Pracovní úkon	Bez informací
Výrobní prostředek	Žádné informace o zdroji
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Nedostatečná nebo nesprávná údržba
Příčná příčina	Chybné informace o zařízení a procesu
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na lidech	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na životním prostředí	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ekonomické ztráty	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>





Obr. 25) Hodnocení ESIA – Pardubice – Semtín 5. 10. 2018

7.18 Pardubice – Semtín 1. 11. 2019

Dne 1. 11. 2019 došlo k zahoření a následnému výbuchu nitrocelulóзовého bezdýmného prachu ve výrobním objektu společnosti Explosia a.s. Při vybírání výbušniny ze sušárny došlo k iniciaci zmíněné výbušniny. Následkem havárie byli 4 zaměstnanci zraněni, jeden ze zraněných následně poraněním podlehl. Při vyšetřování bylo zjištěno mnohonásobné zanedbání povinnosti při nakládání s výbušninami. Za příčinu havárie bylo stanoveno manipulování (tření) s obalem po nezvlhčené podlaze, na které se nacházely zbytky výbušniny v důsledku ze samotné činnosti vybírání ze sušárny nebo z předešlé činnosti, které nebyly odklizeny [52, 61]. Vzniklé ekonomické škody se nepodařilo naleznout, z tohoto důvodu je odhaduji na hodnotu 650 tis. Kč.

Tab 28) Informace o havárii – Pardubice – Semtín 1. 11. 2019

Datum události	01.11.2019
Čas události	7:20:00
Město/Obec	Pardubice – Semtín
Kraj	Pardubický
Společnost	Explosia a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba výbušnin
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	B
Místo havárie	Výroba, továrna, dílna
Pracovní činnost	Výroba, zpracování
Pracovní úkon	Sledování stroje, řízení, obsluha stroje
Výrobní prostředek	Stroje pro zpracování materiálu – horké procesy
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Nedostatečná nebo nesprávná údržba pracovního prostoru
Přímá příčina	Porušení bezpečnostních zásad při manipulaci s výbušninou
Nezbytná příčina	Přítomnost výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na lidech	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na životním prostředí	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ekonomické ztráty	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>





Obr. 26) Hodnocení ESIA – Pardubice – Semtín 1. 11. 2019

7.19 Jablůnka 14. 12. 2020

Dne 14. 12. 2020 došlo k výbuchu pyrotechnické slože v sušícím boxu ve výrobním areálu společnosti Kayaku Safety Systems Europe a.s. Při výbuchu se v sušícím boxu nacházelo 36 kg pyrotechnické slože NKA-01. Důsledkem výbuchu došlo k poškození sušícího boxu včetně jeho příslušenství a k poškození výrobní místnosti. Při výbuchu nebyl nikdo zraněn. Za příčinu havárie bylo stanoveno překročení maximální teploty vzbuchu pyrotechnické slože v důsledku poruchy teplotního čidla sušícího boxu [48]. Ekonomické škody vzniklé při této události nebyly vyčísleny, pro účel následné analýzy odhadují výši škod na 450 tis. Kč.

Tab 29) Informace o havárii – Jablůnka 14. 12. 2020

Datum události	14.12.2020
Čas události	11:32:00
Město/Obec	Jablůnka
Kraj	Zlínský
Společnost	Kayaku Safety Systems Europe a.s.
Hlavní ekonomická činnost	Výroba výbušnin
Zařazení dle z. č. 224/2015 Sb.	B
Místo havárie	Výroba, továrna, dílna
Pracovní činnost	Výroba, zpracování
Pracovní úkon	Sledování stroje, řízení, obsluha stroje
Výrobní prostředek	Stroje pro zpracování materiálu – horké procesy
Nebezpečná látka	Výbušné látky a látky schopné samovznícení
Kořenová příčina	Porucha systému monitorování procesu
Přímá příčina	Nedostatečný nebo nevhodný systém kontroly řízení procesu
Nezbytná příčina	Zdroj iniciace výbušniny
Vrcholová událost	Výbuch

	Množství nebezpečné látky	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na lidech	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Následky na životním prostředí	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Ekonomické ztráty	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

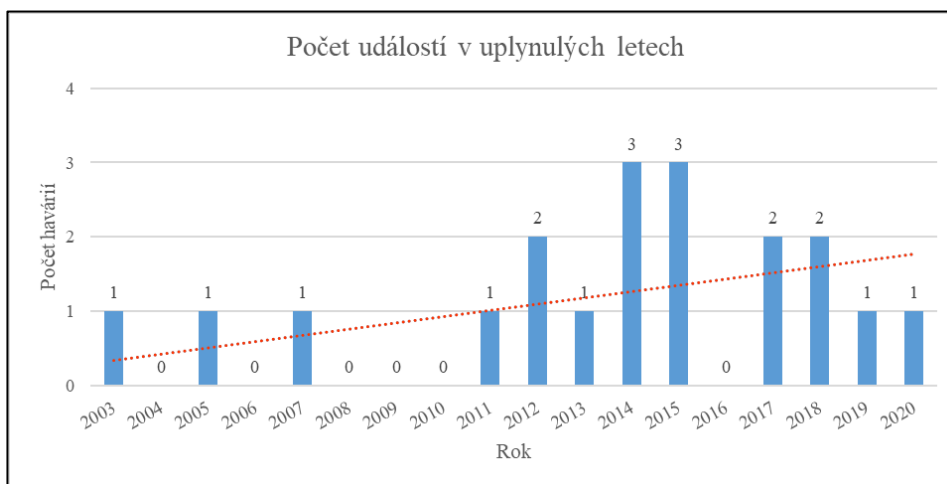
Obr. 27) Hodnocení ESIA – Jablůnka 14. 12. 2020

8 TATISTICKÉ VYHODNOCENÍ

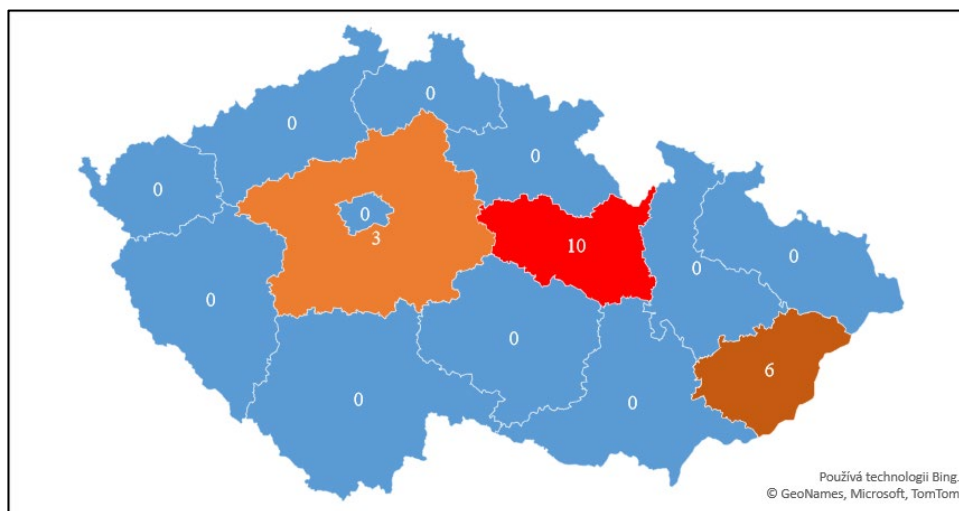
V rámci této kapitoly bude uvedeno statistické zpracování všech 19 vyhledaných havárií. Informace o haváriích byly získány převážně z veřejně dostupných zdrojů, mezi které se řadí zpravodajské portály, databáze nežádoucích událostí a výroční zprávy publikované ČBÚ a dalšími zainteresovanými orgány České republiky. Pro doplnění informací k některým haváriím jsem také využil možnosti vyžádání neveřejných informací od Státní báňské správy České republiky. Statistické vyhodnocení je rozděleno do menších částí na základě analyzovaných informací a obsahuje pouze vybrané informace, které považuji za důležité či zajímavé. Zbylé informace jsou uvedeny v příloze č. 1.

8.1 Všeobecné informace

Jak jsem již zmínil, v období od roku 2003 do současnosti se mi podařilo vyhledat 19 havárií, ke kterým došlo na území České republiky. Na obr. 28 je vyobrazeno rozdělení havárií dle roku jejich vzniku. Za nejzávažnější roky z hlediska vzniklých havárií můžeme označit rok 2014 a 2015, ve kterých došlo shodně ke 3 nežádoucím událostem s výbušninami.



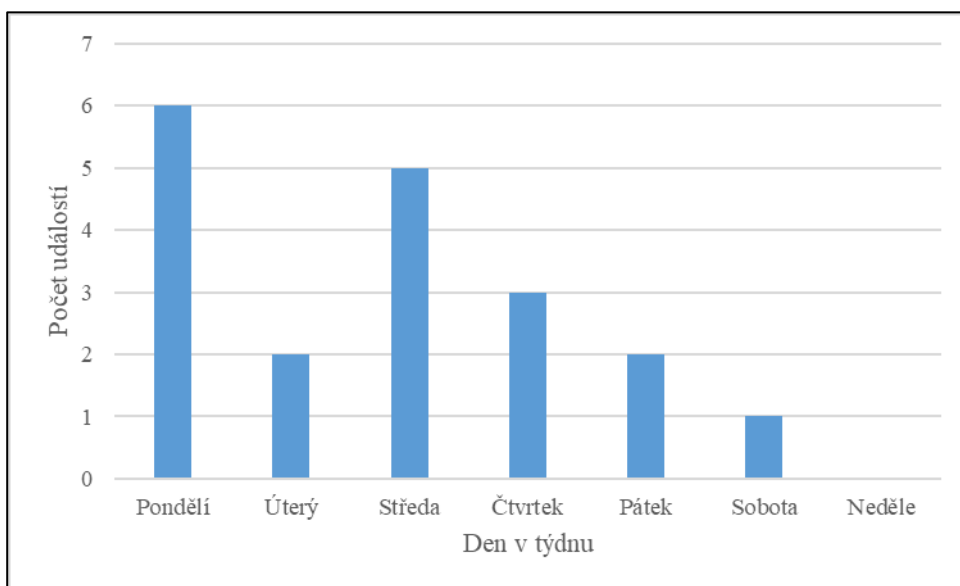
Obr. 28) Počet havárií s výbušninami v uplynulých letech



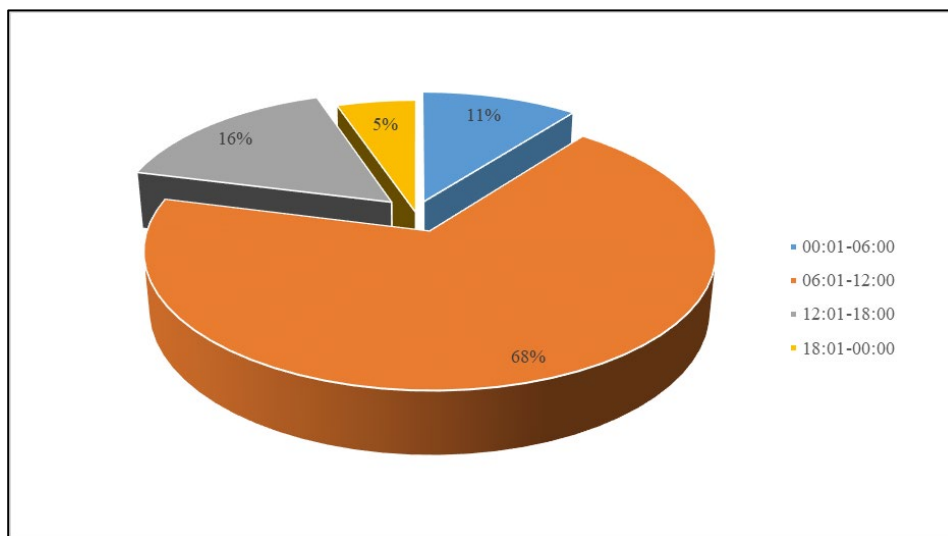
Obr. 29) Počet havárií v jednotlivých krajích v období od roku 2003 do současnosti

Na obr. 29 je znázorněno rozdělení havárií dle jednotlivých krajů ČR. Od roku 2003 došlo k nežádoucím událostem při nakládání s výbušninami pouze ve 3 krajích. K největšímu počtu havárií došlo v Pardubickém kraji. Toto zjištění nebylo příliš překvapivé, jelikož se v Pardubickém kraji nachází pravděpodobně největší výrobní objekty společností zabývajících se výrobou výbušnin.

Pokud se podíváme na vzniklé havárie v závislosti na dnech v týdnu, jako je tomu na obr. č. 30, můžeme konstatovat, že k největšímu počtu havárií došlo v pondělí. Od pondělního dne následně dochází ke klesající tendenci počtu havárií. Dalším kritériem může být závislost denní doby a času vzniku havárie. Dle obr. č. 31 můžeme za nejrizikovější denní dobu shledat dopolední hodiny, přesněji časové rozmezí mezi 6 a 12 hodinou, kdy došlo ke vzniku 68 % řešených událostí. Tato zjištění jsou podpořena i statistikou výskytu pracovních úrazů, kde se za nejrizikovější čas považuje právě pondělní dopoledne [61].

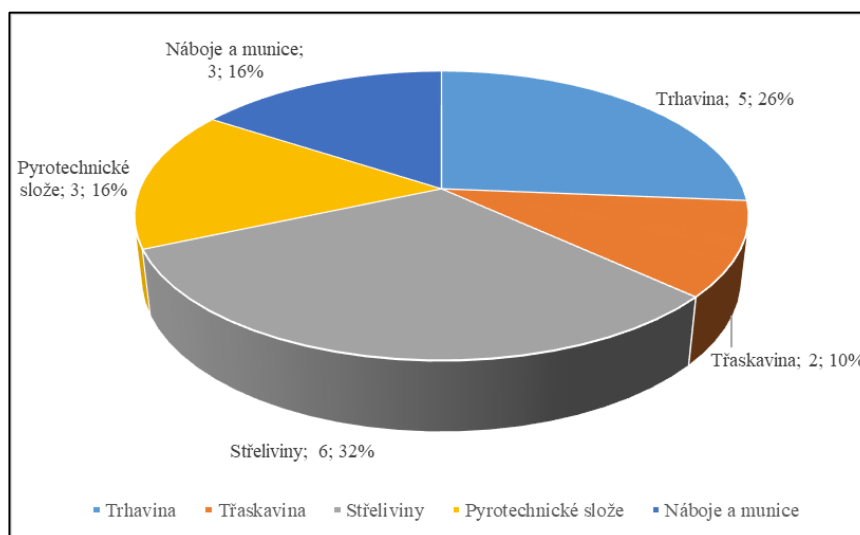


Obr. 30) Rozdělení havárií dle dnů v týdnu



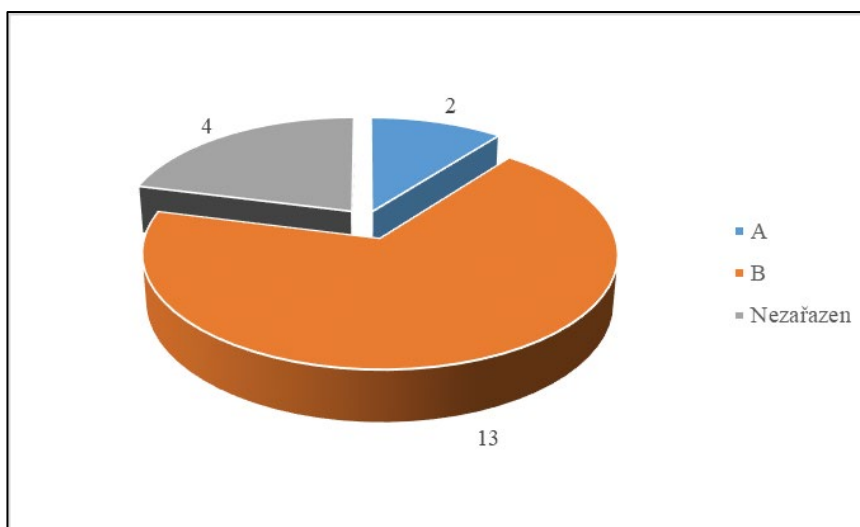
Obr. 31) Rozdělení havárií na základě denní doby

Na obr. č. 32 můžeme vidět rozdělení výbušnin, které se účastnily zkoumaných havárií. K základnímu rozdělení výbušnin jsem v tomto případě přidal i skupinu pokrývající vojenský materiál, přesněji náboje a munice, jelikož nelze jednoznačně určit druh použité výbušniny k výrobě těchto výrobků. Z obrázku je však patrné, že nejčastějším druhem výbušnin účastnících se havárií byly v 6 případech střeliviny, což odpovídá 32 % z řešených událostí. Na druhé straně pouze ve 2 případech se jednalo o trhaviny, které jsou považovány za poměrně citlivé k vnějším zdrojům iniciace.



Obr. 32) Rozdělení výbušnin účastnících se havárií

Přehled analyzovaných nežádoucích událostí v objektech rozřazených dle zákona č. 224/2015 Sb. [1] jsou uvedeny na obr. č. 33. Informace o zařazení objektu dle výše zmíněného zákona byly získány z Registru objektů a bezpečnostní dokumentace databáze MAPIS [24]. Z obrázku můžeme říci, že ve 4 případech nastala havárie v nezařazených objektech. Celkově se jednalo o 3 nezařazené objekty, z nichž jeden objekt byl využíván společností, která v současné době již neexistuje.



Obr. 33) Zastoupení objektů rozřazených dle zákona o PZH

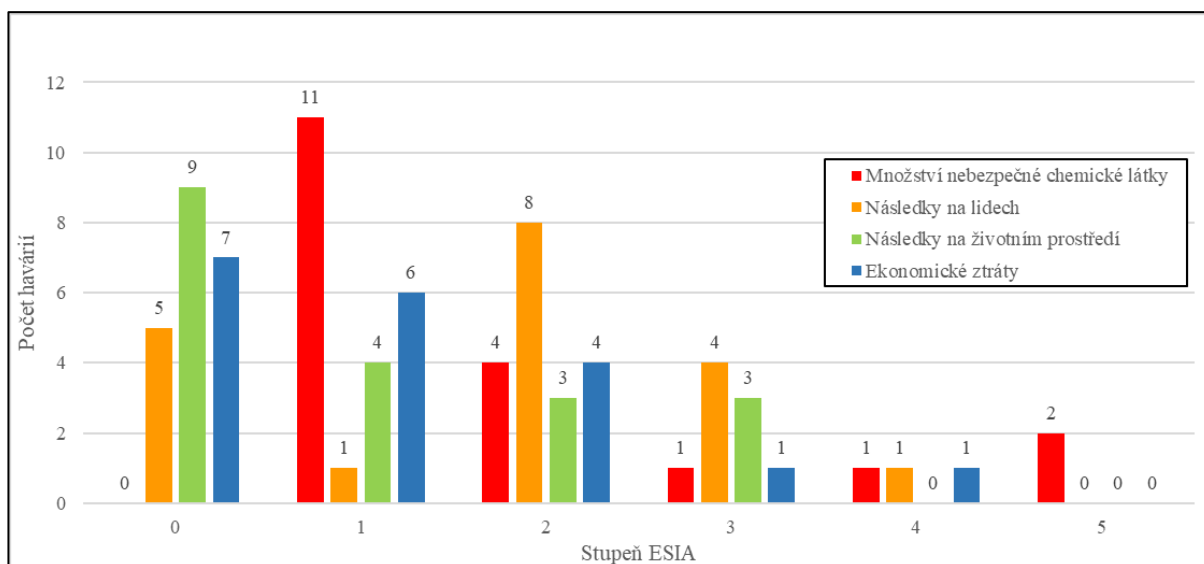
8.2 Následky havárií na lidech

Jak jsem již minil dříve, od roku 2003 do současnosti se na území ČR událo celkem 19 havárií, které zanechaly následky na mnoha lidech. Souhrn následků je uveden v tabulce č. 30. V důsledku havárií bylo ohroženo bezmála 48 tis. osob účinky výbušné přeměny výbušnin. Do této hodnoty promluvila poměrně výrazně událost z roku 2012, při které došlo k úniku velkého množství nitrozních plynů do ovzduší. Nejzávažnějším statistickým údajem je jednoznačně počet usmrcených osob. V důsledku zkoumaných havárií přišlo o život 11 zaměstnanců a dalších 60 osob bylo zraněno.

Tab 30) Souhrnné následky havárií na lidech

Důsledek havárie	Počet
Ohrožené osoby	47991
Evakuované osoby	1002
Zraněné osoby	60
Usmrcené osoby	11

Výsledná grafická interpretace analyzovaných havárií v závislosti na dosažených stupních v každé z hodnocených kritérií Evropské škály pro hodnocení průmyslových havárií je uvedena na obr. č. 34. Nutné zmínit, že grafické hodnocení následků neobsahuje stupeň 6, jelikož ani v jedné z kategorií nedošlo k následkům, které by tomuto stupni odpovídalo.

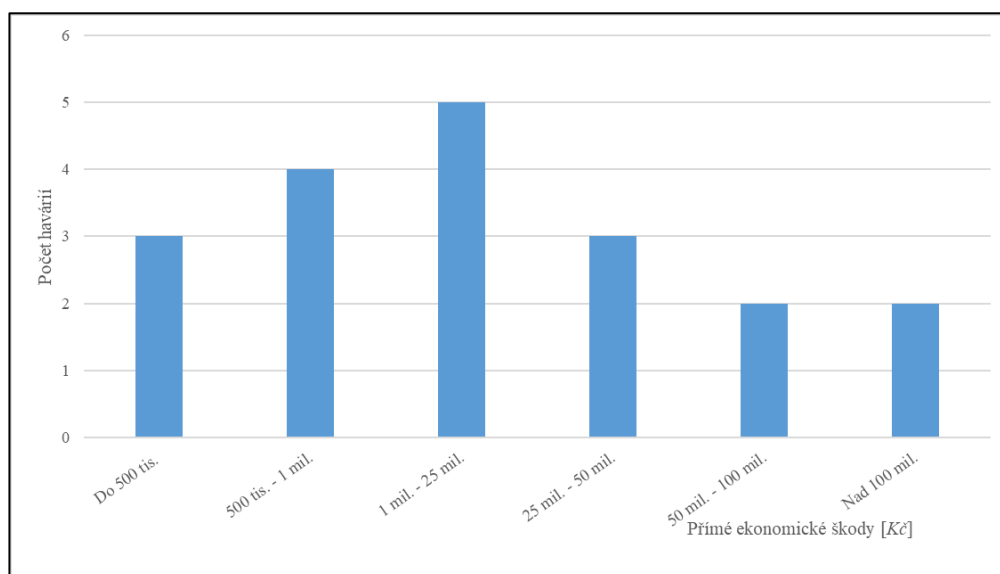


Obr. 34) Rozdělení havárií dle stupně ESIA dosažených následků

8.3 Ekonomické následky havárií

Je velmi obtížné hodnotit ekonomické následky, jelikož u žádné ze zkoumaných havárií nebyly zveřejněny ekonomické ztráty v důsledku ušlých zisků a v 7 případech nebylo možné dohledat ani hodnotu přímých ekonomických následků, které vznikly při havárii. Při nemožnosti dohledání skutečných přímých ekonomických následků jsem provedl přibližný odhad na základě popisu následků vyvolaných na nemovitostech, zařízeních a okolním prostředí. Rozdělení událostí dle výše přímé ekonomické ztráty je uvedeno na obr. č. 35.

Dále jsem provedl odhad ekonomických následků, jež byly zapříčiněny přerušením výrobních procesů v daných objektech. Při stanovení odhadu jsem předpokládal přerušení výroby ve všech výrobních objektech dané společnosti, jelikož nejsem schopen určit ekonomické škody vyvolané přerušením výrobního procesu pouze v objektu, ve kterém k havárii došlo. Pro stanovení výše ekonomických následků v důsledku ušlých tržeb z prodeje byla použita data uvedená v účetních uzávěrkách jednotlivých společností v letech 2020 až 2022, jež jsou dostupná ve Veřejném rejstříku uvedeném na webovém portálu Ministerstva spravedlnosti České republiky [63]. Hodnoty tržeb za daný rok v sobě zahrnují tržby z prodeje výrobků a služeb včetně tržeb za prodej zboží. Dále byl stanoven odhad doby trvání přerušení výrobního procesu v důsledku probíhajícího vyšetřování, oprav nebo obnovení výrobního celku. Výsledek odhadnutých ekonomických ztrát v důsledku ušlých tržeb je uveden v tabulce 31. Do ekonomických ztrát nebyly zahrnuty mzdové náklady, náklady na energie ani případné pokuty udělené Státní báňskou zprávou České republiky.



Obr. 35) Počet událostí dle výše přímých ekonomických následků

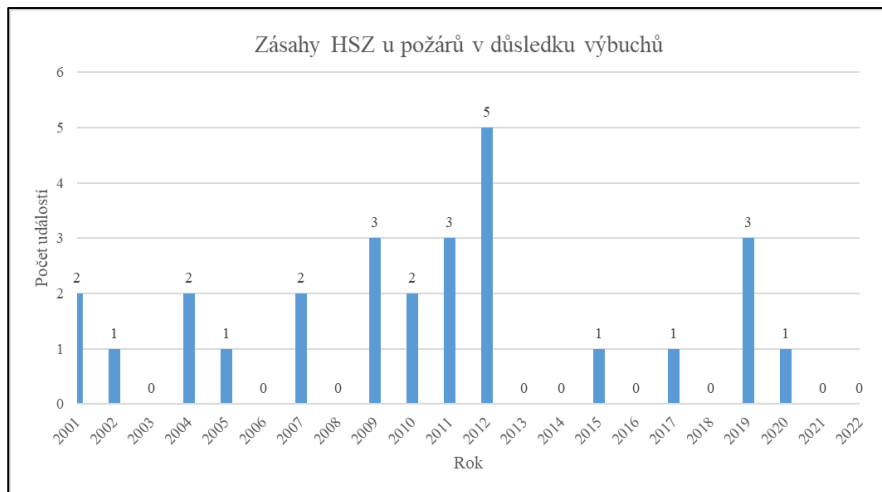
Tab 31) Odhad výše ekonomických následků v důsledku ušlých tržeb z prodeje

Datum události	Společnost	Tržby v roce 2020 [tis. Kč]	Tržby v roce 2021 [tis. Kč]	Tržby v roce 2022 [tis. Kč]	Průměr roční tržby [tis. Kč]	Zisk za den [tis. Kč]	Odhad doby přerušení výroby [den]	Odhad ztrát v důsledku ušlých tržeb z prodeje [Kč]
13. 01. 2003	Sellier a Bellot a.s.	4 402 557	4 869 240	6 117 815	5 129 871	14 054	0	0 Kč
13. 11. 2007	Poličské strojírný a.s.	352 722	405 677	454 585	404 328	1 108	7	7 754 236 Kč
20. 04. 2011	Explosia a.s.	1 054 642	958 069	1 259 126	1 090 612	2 988	21	62 747 559 Kč
20. 08. 2012	Synthesia a.s.	3 991 573	4 244 991	4 788 759	4 341 774	11 895	0	0 Kč
21. 08. 2012	Synthesia a.s.	3 991 573	4 244 991	4 788 759	4 341 774	11 895	7	83 266 905 Kč
20. 11. 2013	Bochemie a.s.	981 644	801 113	941 635	908 131	2 488	7	17 416 205 Kč
16. 10. 2014	Imex Group s.r.o.	9 613	20 179	19 863	16 552	45	0	0 Kč
03. 12. 2014	Imex Group s.r.o.	9 613	20 179	19 863	16 552	45	0	0 Kč
03. 09. 2014	Austin Detonator s.r.o.	1 667 614	1 872 085	2 108 930	1 882 876	5 159	7	36 109 957 Kč
15. 01. 2015	Synthesia a.s.	3 991 573	4 244 991	4 788 759	4 341 774	11 895	7	83 266 905 Kč
09. 09. 2015	Poličské strojírný a.s.	352 722	405 677	454 585	404 328	1 108	14	15 508 471 Kč
21. 09. 2015	Sellier a Bellot a.s.	4 402 557	4 869 240	6 117 815	5 129 871	14 054	21	295 143 244 Kč

23. 02. 2017	STV Group a.s.	724 916	1 302 245	5 186 341	2 404 501	6 588	21	138 341 134 Kč
21. 08. 2017	Explosia a.s.	1 054 642	958 069	1 259 126	1 090 612	2 988	7	20 915 853 Kč
02. 07. 2018	Kayaku Safety Systems Europe a.s.	3 287 258	3 292 443	3 352 406	3 310 702	9 070	7	63 492 921 Kč
05. 10. 2018	Explosia a.s.	1 054 642	958 069	1 259 126	1 090 612	2 988	0	0 Kč
01. 11. 2019	Explosia a.s.	1 054 642	958 069	1 259 126	1 090 612	2 988	14	41 831 706 Kč
14. 12. 2020	Kayaku Safety Systems Europe a.s.	3 287 258	3 292 443	3 352 406	3 310 702	9 070	14	126 985 843 Kč

Je nutné také zmínit, že ekonomické ztráty v důsledku ušlých tržeb nebyly stanoveny pro společnost EXPLOSIVE Service, a.s., jelikož tato společnost již zanikla a ve zmíněném rejstříku nelze dohledat potřebné informace.

Na obrázku č. 36 jsou uvedeny počty zásahů hasičského záchranného sboru České republiky u požárů vyvolaných výbušnou přeměnou výbušnin za období 2001-2023 v ČR. Za uplynulých 22 let došlo ke vzniku 27 požárů, které byly zapříčiněny výbuchem výbušniny. Celkové přímé škody byly vyčísleny na hodnotu přesahující 60 mil. Kč [64].



Obr. 36) Statistika zásahů HZS u požárů vzniklých jako důsledek výbuchu výbušnin

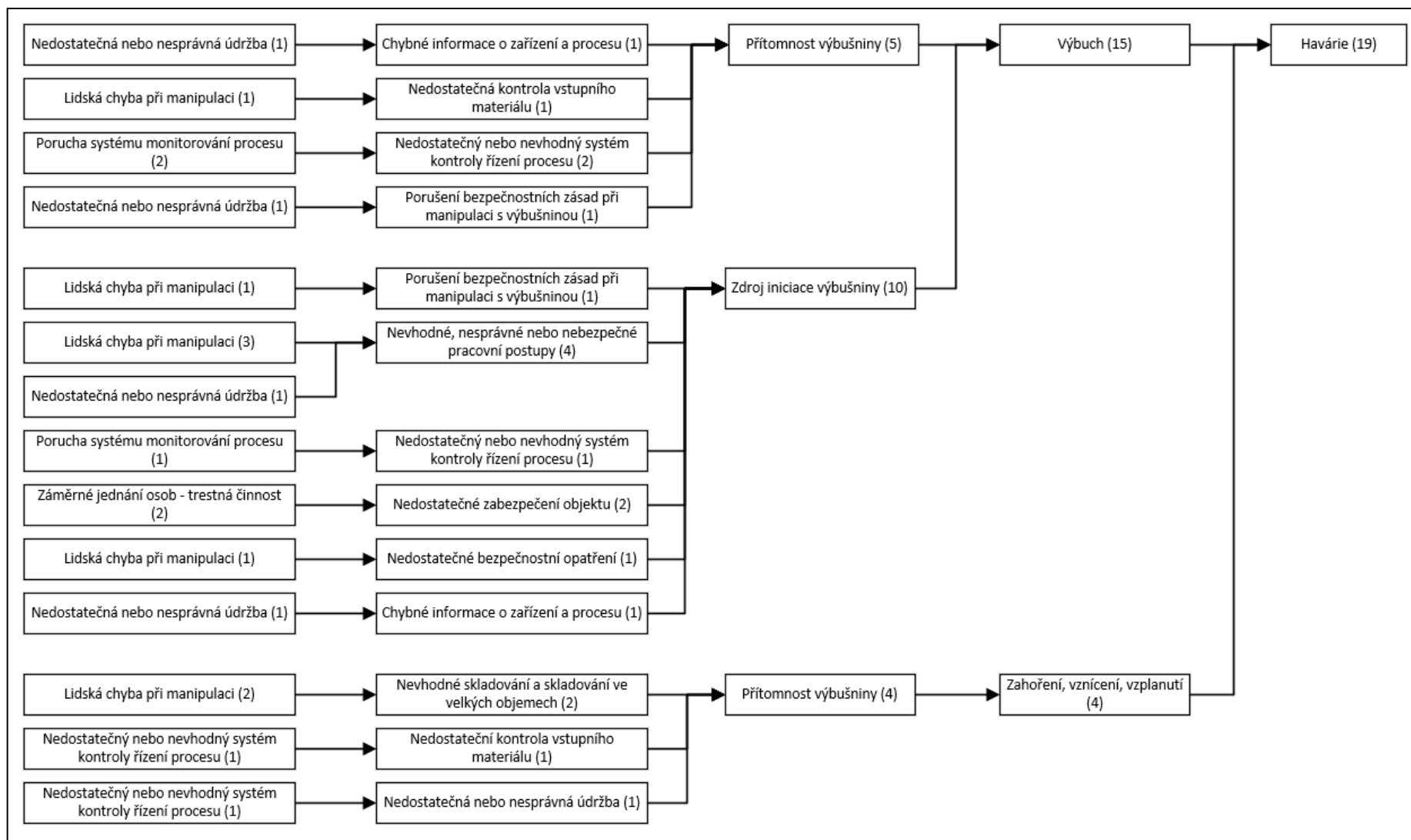
8.4 Informace o příčinách havárie

Pokud se podíváme blíže na příčiny, jež vedly ke zkoumaným haváriím, můžeme za nejčastější příčinu označit pochybení lidského faktoru. Dále mezi častěji se vyskytující příčiny můžeme zařadit nedostatečnou údržbu, nedostatečná nebo nevhodný systém kontroly řízení procesu a nevhodné či nesprávné pracovní postupy. Celkový souhrn kořenových a přímých příčin je uveden v tabulce 31. Co se týče nezbytných příčin, metodika ISSAC [34] rozeznává pouze 2 nezbytné příčiny. Prvním typem je přítomnost výbušniny, jelikož některé druhy výbušnin mohou při nesprávném nakládání iniciovat bez vnějšího podnětu. Tedy samotná přítomnost výbušné látky může za daných podmínek zapříčinit vznik nežádoucí události. Druhým typem nezbytné příčiny je přítomnost zdroje iniciace výbušniny.

Pro každou z analyzovaných havárií byl stanoven kauzální model, který se skládal z vrcholové události spolu s kořenovou, přímou a nezbytnou příčinou. Výsledný kauzální model zahrnující všechny zkoumané události je uveden na obr. č. 37. Výsledný kauzální model je doplněn o četnosti jednotlivých příčin.

Tab 32) Souhrnný přehled četností příčin vedoucích k haváriím

Příčina havárie	Počet událostí
Lidská chyba při manipulaci	8
Nedostatečná nebo nesprávná údržba	5
Nedostatečný nebo nevhodný systém kontroly řízení procesu	5
Nevhodné, nesprávné nebo nebezpečné pracovní postupy	4
Porucha systému monitorování procesu	3
Záměrné jednání osoby – trestná činnost	2
Chybné informace o zařízení a procesu	2
Nedostatečné zabezpečení objektu	2
Nedostatečná kontrola vstupního materiálu	2
Nevhodné skladování a skladování ve velkých objemech	2
Porušení bezpečnostních zásad při manipulaci s výbušninou	2
Nedostatečné bezpečnostní opatření	1



Obr. 37) Výsledný kauzální model zkoumaných havárií

9 NÁVRH ŘEŠENÍ A DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ ROZVOJ

Velmi dobře si uvědomuji komplexnost problematiky průmyslových havárií a její následné dopady nejen na pracovníky společnosti, ale i na širokou veřejnost. Každá havárie vyvolá mnoho následků. Nejedná se pouze o následky zmíněné v předchozí kapitole, ale i o řadu dalších. Příkladem může být vyvolání strachu a obav o své blízké, kteří v dané společnosti pracují nebo s ní nějakým způsobem spolupracují. Jako další následek můžeme zmínit dopad na dobré jméno společnosti. Společnost, ve které k havárii došlo, může mít problém s nedostatkem personálu nebo mohou nastat komplikace při uzavírání kontraktů s odběrateli. To, co bych tímto chtěl říct je skutečnost, že každý z dopadů havárie může vyvolat nemalé finanční náklady, které mohou snadno převýšit náklady vynaložené na udržení bezpečného provozu v souladu s povinnostmi vyžadované legislativními prvky.

Jelikož se nemohu zbavit dojmu, že nalezené příčiny v tabulce č. 31 lze rozdělit do dvou kategorií, a to na příčiny v důsledku pochybení lidského faktoru a příčiny pramenící z nedokonalé provedené povinnosti vyplývající z legislativy, pokusím se navrhnout řešení pro právě tyto dva okruhy příčin.

Návrh opatření pro zamezení lidských chyb je dosti problematické. Každý člověk je v jistém ohledu odlišný a na každého mohou platit různá doporučení. Také záleží na tom, z jakého důvodu došlo k pochybení, zda se jednalo o chybu z nepozornosti v důsledku monotónní pracovní činnosti nebo chybu vzniklou v důsledku nedostatku zkušeností. Další možností je postupné podceňování rizika, jelikož danou činnost již vykonával nespočetněkrát a vše probíhalo v pořádku. Jenže u nebezpečných látek, v tomto případě u výbušniny, může být každá vzniklá chyba kritické dopady, v krajních případech i smrtelné následky.

Pro udržení pozornosti a obezřetnosti pracovníků nakládajících s výbušninami bych navrhol častější pracovní přestávky, aby nedocházelo k jejich přetížení nebo vyvolání stresu z příliš vysoce nastaveného pracovního tempa. Také se mi poměrně zamlouvá koncept čtyřdenního pracovního týdne, který se v určitých oblastech průmyslu již aplikoval a přináší shodnou či vyšší výkonnost zaměstnanců, než je tomu u zaměstnanců pracujících 5 dnů v týdnu.

Návrh k opatřením pro druhý okruh příčin havárie je poměrně jednoduchý. Každá společnost nakládající s výbušninami by se měla snažit o dodržování požadavků a povinností dané legislativními prvky v maximálně možné míře. Dalším doporučením bych apeloval k aktivnímu přístupu všech pozic ve společnosti k udržení, pravidelné kontrole a neustálé optimalizaci bezpečného pracovního prostředí. Jinými slovy, bezpečnostní opatření, standardy a pravidla by se měla vyvíjet a inovovat shodným tempem, jako je tempo vývoje, výzkumu a technologického pokroku daného odvětví.

Další bod mého doporučení pro budoucí rozvoj se týká databáze nežádoucích událostí, jelikož v možnosti učení se z již uskutečněných událostí vidím velký potenciál. V České republice sice existuje databáze Mapis, bohužel tato databáze neplní funkci dostatečně. Důkazem může být fakt, že pouze jednu z analyzovaných havárií se podařilo dohledat v této databázi. Neznám přesný důvod toho, proč se přestala hlášení z havárií přidávat do této databáze, ale přijde mi to jako velký krok zpět. Myslím si, že dobře vedená a pravidelně aktualizovaná databáze nežádoucích událostí (havárií, pracovních úrazů, nehod a skoronehod)

by byla velkým přínosem pro bezpečnost pracovních prostředí ve všech odvětvích průmyslu v České republice. Tento způsob zveřejnění informací o haváriích by neměl být brán jako podnět k negativnímu nahlížení na danou společnost, ale měl by být brán jako možnost ponaučení se z již uskutečněných událostí a tím i možností zamezení událostí ze shodných příčin.

Dále bych měl jednu připomínku k již zveřejněným hlášením o haváriích, ve kterých ve většině případů chybí poměrně velké množství důležitých informací. Tato hlášení by měla být zveřejňována až po ukončení vyšetřování havárie a měla by obsahovat všechny dostupné informace. Příkladem může být hlášení z databáze eMars o události z roku 2003 [38], dle které je havárie stále ve fázi vyšetřování, a tudíž hlášení neobsahuje stěžejní informace potřebné k ponaučení.

10 ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla zaměřena na průmyslové havárie s výbušninami v České republice. Práce je rozdělena do dvou částí, na teoretickou a praktickou část. Teoretická část práce je dále rozdělena do 5 kapitol. První kapitola se věnuje vymezení pojmů z oblasti výbušnin dle platné české legislativy. Ve druhé kapitole jsem postupně rozdělil a popsal jednotlivé druhy výbušnin, jejich výbušné přeměny a vybrané vlastnosti. Ve třetí kapitole této práce bylo pojednáno o účincích vyvolaných výbušninami při havarijních událostech. Byly popsány dopady účinků nejen na své okolí, ale i na lidech. Čtvrtá část byla věnována bezpečnostním opatřením při nakládání s výbušninami. Dále jsem objasnil dva přístupy k prevenci závažných havárií, které se uplatňují nejen v České republice, ale i po celém světě. Pro porovnání byly uvedeny příklady aplikovaných přístupů ze zahraničí. V poslední kapitole teoretické části jsem nejprve provedl systematický rozbor problematiky a následně navrhnul postup, dle kterého byly analýzy havárií provedeny.

V praktické části této práce byly provedeny analýzy vyhledaných havárií. Analýza jednotlivých havárií se skládala z nalezení kořenových příčin dle metodiky ISSAC a pro prezentaci následků havárie byla použita Evropská škála pro hodnocení průmyslových havárií (ESIA). Výsledky provedených analýz a vyhledané informace o haváriích byly následně zpracovány a vyhodnoceny za pomoci statistické analýzy. Na základě statistické analýzy byly stanoveny nejčastější příčiny havárií a byl vypracován výsledný kauzální model zkoumaných událostí.

V poslední části této práce byla navržena nápravná opatření, která by mohla zamezit vzniku podobných událostí. Dále jsem se vyjádřil k některým problémům, se kterými jsem se při vypracování této práce setkal a provedl doporučení pro budoucí rozvoj bezpečnostní kultury v průmyslových objektech v rámci České republiky.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Zákon č. 224/2015 Sb.: Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií). In: AION CS, S.R.O. Zákony pro lidi [online]. c2010–2024 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-224/zneni-20240101>
- [2] Zákon č. 61/1988 Sb.: Zákon České národní rady o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě. In: AION CS, S.R.O. Zákony pro lidi [online]. c2010–2024 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1988-61/zneni-20240101>
- [3] Zákon č. 206/2015 Sb.: Zákon o pyrotechnických výrobcích a zacházení s nimi a o změně některých zákonů (zákon o pyrotechnice). In: AION CS, S.R.O. Zákony pro lidi [online]. c2010–2024 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-206/zneni-20240101>
- [4] Zákon č. 229/2016 Sb.: Zákon, kterým se mění zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu (zákon o zbraních), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. In: AION CS, S.R.O. Zákony pro lidi [online]. c2010–2024 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-206/zneni-20240101>
- [5] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1272/2008: o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006. In: EVROPSKÁ UNIE. EUR-Lex [online]. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?qid=1708467948839&uri=CELEX%3A32008R1272>
- [6] (ES) č. 440/2008: Nařízení Komise (ES) č. 440/2008 ze dne 30. května 2008, kterým se stanoví zkušební metody podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek. In: ESIPA S.R.O. ESipa [online]. c2002-2024 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32008R0440>
- [7] Vyhláška č. 99/1995 Sb.: Vyhláška Českého báňského úřadu o skladování výbušnin. In: AION CS, S.R.O. Zákony pro lidi [online]. c2010–2024 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-99/zneni-20170301>
- [8] Dohoda ADR 2023. In: MINISTERSTVO DOPRAVY ČR. Ministerstvo dopravy [online]. c2024 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: [https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-\(1\)/Preprava-nebezpecnych-veci-dohoda-adr/Dohoda-ADR-2021?returl=/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-\(1\)/Preprava-nebezpecnych-veci-dohoda-adr](https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-(1)/Preprava-nebezpecnych-veci-dohoda-adr/Dohoda-ADR-2021?returl=/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-(1)/Preprava-nebezpecnych-veci-dohoda-adr)
- [9] PRAŽÁKOVÁ, Martina a kol. VÝBUŠNINY jako zdroj rizika závažných havárií: REPETITORIUM základních informací. In: VÝZKUMNÝ ÚSTAV BEZPEČNOSTI PRÁCE, V. I. I, PRAHA. Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. i. i [online]. 2024 [cit. 2024-03-20]. Dostupné z: <https://vubp.cz/soubory/vyzkum/projekty/03-2020-VUBP/Priloha-4-1-Repetitorium-Dil-1-Vybusniny.pdf>

- [10] RID 2023: Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí. In: MINISTERSTVO DOPRAVY ČR. Ministerstvo dopravy [online]. 2023, 30. března 2023 [cit. 2024-03-20]. Dostupné z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=39597>
- [11] VÁVRA, Pavel. Teorie výbušnin: učební texty: licenční studium. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2008. ISBN 978-807-3951-160.
- [12] PRAVDA, Vladimír a Jiří BĚTÍK. Trhací práce v hornictví, stavebnictví a speleologii. Jesenice u Prahy: Montanika, 2010. ISBN 978-802-5485-422.
- [13] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A ZKUŠEBNICTVÍ. Výbušniny pro civilní použití – Trhaviny - Základní společná ustanovení: ČSN 66 8011 [online]. 2013 [cit. 2024-03-20]. Dostupné z: <https://csnonlinefirmy.agentura-cas.cz/vystaven.aspx?k=92729>
- [14] KRÍŽ, Jan. Výbušniny – výukový materiál pro studenty oboru ochrana obyvatelstva [online]. České Budějovice, 2010 [cit. 2024-03-20]. Dostupné z: https://theses.cz/id/hpe3tw/downloadPraceContent_adipIdno_16464?lang=en. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zdravotně sociální. Vedoucí práce JUDr. Luboš Turek.
- [15] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2020/878: kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (REACH). In: EVROPSKÁ UNIE. EUR-Lex [online]. [cit. 2024-03]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0878>
- [16] Advances in Structural Engineering [online]. New Delhi: Springer India, 2015 [cit. 2024-04-24]. ISBN 978-81-322-2189-0. Dostupné z: https://link.springer.com/10.1007/978-81-322-2190-6_36
- [17] NOVOTNÝ, M. Bezpečnostní inženýrství I – Výbuchy hořlavých plynů a prachů. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická v Pardubicích, 1988.
- [18] VÁVRA, Pavel a Jiří VÁGENKNECHT. Teorie působení výbuchu. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. ISBN 80-719-4494-7.
- [19] MAKOVÍČKA, Daniel, Břetislav JANOVSKÝ a Milan ČERNÍN. Příručka protivýbuchové ochrany staveb [online]. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT v Praze, 2008 [cit. 2024-03-20]. ISBN 978-800-1040-904. Dostupné z: <http://www.makovicka.cz/data/S/U/t/2008-pvoch-cz.pdf>
- [20] Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from release of hazardous materials: („Green Book“). CPR 16E. The Hague, 1992. ISBN 90-5307-052-4.
- [21] JOROLEMON, Michael R., Richard A. LOPEZ a Diann M. KRYWKO. Blast Injuries. In: StatPearls [Internet]. [online]. Rockville Pike, Bethesda: National Library of Medicine, c2024 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430914/>
- [22] DOSOUDIL, Tomáš a Linda VACHUDOVÁ. Specifikace požadavků zákona o prevenci závažných havárií v oblasti výroby a skladování výbušnin, střeliva, munice a pyrotechnických výrobků. Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti [online]. VÚBP, 13(4) [cit. 2024-04-24]. ISSN 1801-0334. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/josra/specifikace-pozadavku-zakona-o-prevenci-zavaznych-havarii-v-oblasti-vyroby-skladovani-vybusnin>

- [23] Zprávy o činnosti Českého báňského úřadu a obvodních báňských úřadů. In: ČBÚ. Státní báňská správa České republiky [online]. c2019 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://cbu.gov.cz/cs/cinnosti>
- [24] VÝZKUMNÝ ÚSTAV BEZPEČNOSTI PRÁCE, V.V.I. Integrovaný informační a znalostní systém prevence závažných havárií: MAPIS [online]. [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://mapis.vubp.cz/Portal/>. Registr objektů a bezpečnostní dokumentace.
- [25] Vyhláška č. 227/2015 Sb.: Vyhláška o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku. In: AION CS, S.R.O. Zákony pro lidi [online]. c2010–2024 [cit. 2024-24-04]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-227/zneni-20230823>
- [26] Vyhláška č. 327/1992 Sb.: Vyhláška Českého báňského úřadu, kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při výrobě a zpracování výbušnin a o odborné způsobilosti pracovníků pro tuto činnost. In: AION CS, S.R.O. Zákony pro lidi [online]. c2010–2024 [cit. 2024-24-04]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-327>
- [27] Postup zajištění prevence závažných havárií. In: VÝZKUMNÝ ÚSTAV BEZPEČNOSTI PRÁCE, V.V.I. Integrovaný informační a znalostní systém prevence závažných havárií [online]. [2024] [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://mapis.vubp.cz/Public/ShowDokument.aspx?guid=cded2f70-0ae3-46f4-8e40-cf8fb07164d6>
- [28] Vyhláška č. 102/1994 Sb.: Vyhláška Českého báňského úřadu, kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu v objektech určených pro výrobu a zpracování výbušnin. In: AION CS, S.R.O. Zákony pro lidi [online]. c2010–2024 [cit. 2024-24-04]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1994-102>
- [29] Vyhláška č. 23/2008 Sb.: Vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb. In: AION CS, S.R.O. Zákony pro lidi [online]. c2010–2024 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-23>
- [30] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU: o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek. In: EVROPSKÁ UNIE. EUR-Lex [online]. [cit. 2024-24-04]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32012L0018>
- [31] PRAŽÁKOVÁ, Martina a kol. Metodický materiál ke splnění požadavku zpracování posouzení rizik pro oblast výbušnin, střeliva, munice a pyrotechnický výrobků, na které se vztahuje zákon o prevenci závažných havárií. In: VÝZKUMNÝ ÚSTAV BEZPEČNOSTI PRÁCE, V. I. I, PRAHA. Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. i. i [online]. 2024 [cit. 2024-24-04]. Dostupné z: <https://vubp.cz/soubory/vyzkum/projekty/03-2020-VUBP/Priloha-1-Metodicky-material-Posouzeni-rizik.pdf>
- [32] The Explosives Regulations 2014: 2014 No. 1638. In: THE UNITED KINGDOM. Legislation.gov.uk [online]. c2024 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://www.legislation.gov.uk/ukxi/2014/1638>
- [33] SAFETY STANDARD FOR EXPLOSIVES, PROPELLANTS, AND PYROTECHNICS: NASA-STD-8719.12A. In: THE NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. NASA Technical Standards System [online]. 2024 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z:

https://standards.nasa.gov/sites/default/files/standards/NASA/A/2/nasa-std-871912a_with_change_2.pdf

- [34] Metodika pro zjišťování příčin průmyslových havárií s účastí nebezpečných látek: Rozvoj nového přístupu ke zjišťování příčin průmyslových havárií s účastí nebezpečných látek (zkratka „ISAAC“). In: VÝZKUMNÝ ÚSTAV BEZPEČNOSTI PRÁCE, V.V.I. Mapis [online]. 2022 [cit. 2024-05-09]. Dostupné z: <https://mapis.vubp.cz/Public/ShowDokument.aspx?guid=f1a94cfe-3e64-458f-8778-c267a19a427d>
- [35] EVROPSKÝ VÝBOR PRO NORMALIZACI V ELEKTROTECHNICE. Analýza kořenových příčin (RCA): ČSN EN 62740 [online]. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, c2017 [cit. 2024-05-09]. Dostupné z: <https://csnonlinefirmy.agentura-cas.cz/vystaven.aspx?k=502161>
- [36] SKŘEHOT, Petr A. Mimořádné události. In: ERGOWORK S.R.O. Portál BOZP [online]. 2014, c2014-2024 [cit. 2024-05-09]. Dostupné z: <https://portalbozp.cz/mimoradne-udalosti/>
- [37] NEXTPAGE MEDIA, S.R.O. Peníze.cz [online]. c2000-2024 [cit. 2024-05-09]. Dostupné z: <https://www.penize.cz/kalkulacky/znehodnoceni-koruny-inflace#inflace-vypocet>
- [38] Explosion during pumping of a collection sump. In: DIRECTORATE-GENERAL FOR COMMUNICATION. European commission [online]. 2020, 01.12.2020, Directorate-General for Communication [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/b30c533d-23ad-664a-553f-889eaa92e25>
- [39] Ve zbrojovce zabíjel výbuch. In: MAFRA, A. S. IDNES.cz [online]. 2003, 13. ledna 2003 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/cerna-kronika/ve-zbrojovce-zabijel-vybuch.A030113_192141_krimi_jan
- [40] EXPLOSIVE SERVICE, A. S. Hlášení o vzniku závažné havárie [PDF]. 2005.
- [41] Muničkou otrásl výbuch. In: VLTAVA LÁBE MEDIA, A. S. Svitavský deník [online]. 2007, 13. 11. 2007 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: https://svitavsky.denik.cz/zlociny-a-soudy/vybuch_v_municce_dve_tezka2007.html
- [42] Blast in an explosives factory. In: DIRECTORATE-GENERAL FOR COMMUNICATION. European commission [online]. 2013, 07. 10. 2013, Directorate-General for Communication [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/de9a297e-e266-676f-4d6a-73bc26f65226>
- [43] Po explozi chemičky v Semtíně zůstali v sutinách budovy čtyři lidé. In: MAFRA, A. S. IDNES.cz [online]. 2011, 20. dubna 2011 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/cerna-kronika/exploze-v-semtine.A110420_081642_pardubice-zpravy_klu
- [44] V Semtíně v noci vybuchla jedna nádrž s nitrocelulózou. In: VLTAVA LÁBE MEDIA, A. S. Pardubický deník [online]. 2012, 20. 8. 2012 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://pardubicky.denik.cz/pozary/v-semtine-v-noci-vybuchla-jedna-nadrz-s-nitrocelulozou-20120820.html>
- [45] Výbuch v Semtíně: Pardubice odvolávají poplach, hasiči zůstávají. In: VLTAVA LÁBE MEDIA, A. S. Pardubický deník [online]. 2012, 21. 8. 2012 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://pardubicky.denik.cz/pozary/aktualne-v-semtine-doslo-k-dalsimu-uniku-20120821.html>

- [46] Za oba výbuchy v Synthesii může technická závada, zjistili kontroloři. In: MAFRA, A. S. IDNES.cz [online]. 2012, 31. srpna 2012 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/pardubice/zpravy/nehody-v-synthesii-zpusobila-technicka-zavada.A120831_121813_pardubice-zpravy_kvi
- [47] STÁTNÍ BÁŇSKÁ SPRÁVA ČESKÉ REPUBLIKY. Doplnění informací k haváriím [PDF]. [2024].
- [48] Ukončení prověřování výbuchů muničních skladů ve Vrběticích. In: POLICIE ČR. Policie České republiky [online]. 2024, 29. dubna 2024 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/ukonceni-proverovani-vybuchu-municnich-skladu-ve-vrbeticich.aspx>
- [49] Výbuch ve skladu munice ve Vrběticích. In: POLICIE ČR. Policie České republiky [online]. c2024 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/vybuch-ve-skladu-munice-ve-vrbeticich.aspx>
- [50] AUSTIN DETONATOR S.R.O. Konečná zpráva o vzniku a dopadech závažné havárie [PDF]. 2014.
- [51] V Austin Detonator hořel filtr vzduchotechniky. In: VLTAVA LABE MEDIA, A. S. Valašský deník [online]. [2024], 5. 9. 2014 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://valassky.denik.cz/pozary/v-austin-detonator-ve-vsetine-se-neco-deje-zasahujihasic-20140903.html>
- [52] Příloha 5 Poučení z havárií. In: VÝZKUMNÝ ÚSTAV BEZPEČNOSTI PRÁCE, V. V. I. Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i. [online]. 2021 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://vubp.cz/soubory/vyzkum/projekty/03-2020-VUBP/Priloha-5-Pouceni-z-havarii.pdf>
- [53] V pardubické Explosii došlo k výbuchu. Tři lidé utrpěli středně těžká zranění. In: ČESKÝ ROZHLAS. IROZHLAS [online]. 2017, 21. 8. 2017 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/v-pardubicke-explosii-doslo-k-vybuchu-tri-lide-utrpeli-stredne-tezka-zraneni_1708211415_ako
- [54] Fire of smokeless powder. In: DIRECTORATE-GENERAL FOR COMMUNICATION. European commission [online]. 2018, 01. 02. 2018, Directorate-General for Communication [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/79d16a32-a2ae-11e7-b3b3-005056ad0167>
- [55] Explosion of warehouse of explosives. In: DIRECTORATE-GENERAL FOR COMMUNICATION. European commission [online]. 2018, 01. 02. 2018, Directorate-General for Communication [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/3f6bcd5a-a9b5-11e7-a0ab-005056ad0167>
- [56] Explosion and Fire. In: DIRECTORATE-GENERAL FOR COMMUNICATION. European commission [online]. 2019, 19. 08. 2019, Directorate-General for Communication [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/aa1fc8a8-72a4-11e7-8bd8-005056ad0167>
- [57] Policie po roce vyšetřování obvinila tři muže za výbuch v Poličských strojárnách. In: SEZNAM.CZ A.S. Novinky.cz [online]. 2018, 17. 1. 2018 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/clanek/krimi-policie-po-roce-vysetrovani-obvinila-tri-muze-za-vybuch-v-polickyh-strojarnach-40057912>

- [58] KAYAKU SAFETY SYSTEMS EUROPE A.S. Konečná zpráva o vzniku a dopadech závažné havárie [PDF]. 2018.
- [59] NEHODA V KSE. In: KAYAKU SAFETY SYSTEMS EUROPE A.S. Kayaku Safety Systems [online]. 2018, 2. 7. 2018 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://www.kse-cz.com/zajimavosti/nehoda-v-kse>
- [60] SEJKORA, Jiří. Výbuch v semtínské Explosii. Do vzduchu vyletěl most. In: VLTAVA LABE MEDIA, A. S. Pardubický deník [online]. 2018, 6. 10. 2018 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://pardubicky.denik.cz/nehody/vybuch-v-semtinske-explosii-do-vzduchu-vyletel-most-20181005.html>
- [61] Požár v pardubické Explosii zranil čtyři lidi. Jeden z nich je popálen na víc než 90 procentech těla. In: ČESKÁ TELEVIZE. ČT24 [online]. 2019, 1. 11. 2019 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/clanek/regiony/pardubicky-kraj/pozar-v-pardubicke-explosii-zranil-ctyri-lidi-jeden-z-nich-je-popalen-na-vic-nez-90-procentech-tela-57376>
- [62] KOLIBAČ, Richard. Pracovní úrazy hrozí zaměstnancům nejčastěji v pondělí dopoledne, před polední přestávkou. In: STÁTNÍ ÚŘAD INSPEKCE PRÁCE. Státní úřad inspekce práce [online]. 2022, 23. 11. 2022 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: https://www.suip.cz/novinky/-/asset_publisher/Z8ivneU2D1Hv/content/pracovni-urazy-hrozi-zamestnancum-nejcasteji-v-pondeli-dopoledne-pred-poledni-prestavkou
- [63] Veřejný rejstřík a Sběrka listin. In: MINISTERSTVO SPRAVEDLNOSTI ČESKÉ REPUBLIKY. Justice.cz [online]. [2024] [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik>
- [64] Statistické ročenky Hasičského záchranného sboru ČR. In: GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČR. Hasičský záchranný sbor České republiky [online]. c2024 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/statisticke-rocenky-hasicskeho-zachranneho-sboru-cr.aspx>

12 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

12.1 Seznam tabulek

TAB 1)	ROZDĚLENÍ PRŮMYSLOVÝCH TRHAVIN PODLE ZPŮSOBU JEJICH POUŽITÍ [13]	24
TAB 2)	PRAHOVÉ HODNOTY PŘETLAKU PRO ÚČINKY NA STAVBY A ZAŘÍZENÍ [22].....	28
TAB 3)	PRAHOVÉ HODNOTY PŘETLAKU PRO PORANĚNÍ OSOB [22].....	30
TAB 4)	KRITICKÉ RÝCHLOSTI NÁRAZU LETÍCÍ TROSKY O HMOTNOSTI 4,5 KG NA OBLAST HLAVY [9].....	31
TAB 5)	PRAVDĚPODOBNOST SMRTELNÉHO PORANĚNÍ PŘI POPÁLENÍ NA 18-22 % LIDSKÉHO TĚLA [19]	32
TAB 6)	ZÁKLADNÍ DRUHY OHROŽUJÍCÍCH STAVEB S POVINNÝM STANOVENÍM BEZPEČNOSTNÍCH VZDÁLENOSTÍ [22].....	34
TAB 7)	SPECIFIKACE BEZPEČNOSTNÍCH PÁSEM OD SKLADOVACÍHO OBJEKTU TŘÍDY A (VYPRACOVÁNO DLE [7], [22], [28]).....	38
TAB 8)	VYBRANÉ ÚDAJE BEZPEČNOSTNÍCH VZDÁLENOSTÍ OD ZDĚNÉHO SKLADU VÝBUŠNIN SCHOPNÝCH MASIVNÍHO VÝBUCHU OPATŘENÉHO OCHRANNÝM VALEM [32].....	40
TAB 9)	VÝBĚR BEZPEČNOSTNÍCH VZDÁLENOSTÍ V RÁMCI AREÁLU PODNIKU [33]	41
TAB 10)	VZOROVÁ TABULKA PRO INFORMACE O HAVÁRII.....	47
TAB 11)	INFORMACE O HAVÁRII – VLAŠIM 13. 1. 2003	49
TAB 12)	INFORMACE O HAVÁRII – PSÁRY 23. 4. 2005	50
TAB 13)	INFORMACE O HAVÁRII – POLIČKA 13. 11. 2007	51
TAB 14)	INFORMACE O HAVÁRII– PARDUBICE – SEMTÍN 20. 4. 2011	52
TAB 15)	INFORMACE O HAVÁRII – PARDUBICE – SEMTÍN 20. 8. 2012.....	53
TAB 16)	INFORMACE O HAVÁRII – PARDUBICE – SEMTÍN 21. 8. 2012.....	54
TAB 17)	INFORMACE O HAVÁRII – VLACHOVICE 20. 11. 2013	55
TAB 18)	INFORMACE O HAVÁRII – VRBĚTICE 16. 10. 2014.....	56
TAB 19)	INFORMACE O HAVÁRII – VRBĚTICE 3. 12. 2014.....	57
TAB 20)	INFORMACE O HAVÁRII – VSETÍN 3. 9. 2014	58
TAB 21)	INFORMACE O HAVÁRII – PARDUBICE – SEMTÍN 15. 1. 2015.....	59
TAB 22)	INFORMACE O HAVÁRII – POLIČKA 9. 9. 2015	60
TAB 23)	INFORMACE O HAVÁRII – VLAŠIM 21. 9. 2015	61
TAB 24)	INFORMACE O HAVÁRII – POLIČKA 23. 2. 2017	62
TAB 25)	INFORMACE O HAVÁRII – PARDUBICE – SEMTÍN 21. 8. 2017.....	63

TAB 26)	INFORMACE O HAVÁRII – JABLŮNKA 2. 7. 2018.....	64
TAB 27)	INFORMACE O HAVÁRII – PARDUBICE – SEMTÍN 5. 10. 2018	65
TAB 28)	INFORMACE O HAVÁRII – PARDUBICE – SEMTÍN 1. 11. 2019	66
TAB 29)	INFORMACE O HAVÁRII – JABLŮNKA 14. 12. 2020.....	67
TAB 30)	SOUHRNNÉ NÁSLEDKY HAVÁRIÍ NA LIDECH.....	72
TAB 31)	ODHAD VÝŠE EKONOMICKÝCH NÁSLEDKŮ V DŮSLEDKU UŠLÝCH TRŽEB Z PRODEJE	74
TAB 32)	SOUHRNNÝ PŘEHLED ČETNOSTÍ PŘÍČIN VEDOUCÍCH K HAVÁRIÍM	
	77	

12.2 Seznam obrázků

OBR. 1)	VÝVOJOVÝ DIAGRAM PRO KLASIFIKACI VÝBUŠNIN [5]	17
OBR. 2)	GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ ŠÍŘENÍ DETONAČNÍ VLNY HMOTOU TRHAVINY (Z – PLYNNÉ ZPLODINY VÝBUCHU, R – REAKČNÍ PÁSMO, N – DOPOSUD NEZREAGOVANÁ TRHAVINA) [9].....	21
OBR. 3)	TLAKOVÝ PRŮBĚH VLN (VLEVO-SPOJITÁ TLAKOVÁ VLNA, VPRAVO-NESPOJITÁ RÁZOVÁ VLNA) [9].....	27
OBR. 4)	PŘEHLED POČTU ZNÁMÝCH PROVOZOVEN S OBJEKTY URČENÝMI K NAKLÁDÁNÍ S VÝBUŠNINAMI KE DNI 31. PROSINCE 2022 [23] ..	33
OBR. 5)	GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ ZAJIŠTĚNÍ PREVENCE ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ V OBJEKTU DLE ZÁKONA Č. 224/2015 SB. [27].....	36
OBR. 6)	GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ ROZČLENĚNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	43
OBR. 7)	ISHIKAWŮV DIAGRAM PRO PREVENCI ZÁVAŽNÝCH PRŮMYSLOVÝCH HAVÁRIÍ S VÝBUŠNINAMI.....	45
OBR. 8)	GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ PROCESU ANALÝZY HAVÁRIÍ [35].....	46
OBR. 9)	HODNOCENÍ ESIA – VLAŠIM 13. 1. 2003	49
OBR. 10)	HODNOCENÍ ESIA – PSÁRY 24. 3. 2005.....	50
OBR. 11)	HODNOCENÍ ESIA – POLIČKA 13. 11. 2007	51
OBR. 12)	HODNOCENÍ ESIA – PARDUBICE – SEMTÍN 20. 4. 2011	52
OBR. 13)	HODNOCENÍ ESIA – PARDUBICE – SEMTÍN 20. 8. 2012	53
OBR. 14)	HODNOCENÍ ESIA – PARDUBICE – SEMTÍN 21. 8. 2012	54
OBR. 15)	HODNOCENÍ ESIA – PARDUBICE – VLACHOVICE 20. 11. 2013	55
OBR. 16)	HODNOCENÍ ESIA – VRBĚTICE 16. 10. 2014.....	56
OBR. 17)	HODNOCENÍ ESIA – VRBĚTICE 3. 12. 2014	57
OBR. 18)	HODNOCENÍ ESIA – VSETÍN 3. 9. 2014	58
OBR. 19)	HODNOCENÍ ESIA – PARDUBICE – SEMTÍN 15. 1. 2015.....	59
OBR. 20)	HODNOCENÍ ESIA – POLIČKA 9. 9. 2015	60
OBR. 21)	HODNOCENÍ ESIA – VLAŠIM 21. 9. 2015	61

OBR. 22)	HODNOCENÍ ESIA – POLIČKA 23. 2. 2017.....	62
OBR. 23)	HODNOCENÍ ESIA – PARDUBICE – SEMTÍN 21. 8. 2017	63
OBR. 24)	HODNOCENÍ ESIA – JABLŮNKA 2. 7. 2018.....	64
OBR. 25)	HODNOCENÍ ESIA – PARDUBICE – SEMTÍN 5. 10. 2018	65
OBR. 26)	HODNOCENÍ ESIA – PARDUBICE – SEMTÍN 1. 11. 2019	66
OBR. 27)	HODNOCENÍ ESIA – JABLŮNKA 14. 12. 2020.....	67
OBR. 28)	POČET HAVÁRIÍ S VÝBUŠNINAMI V UPLYNULÝCH LETECH	69
OBR. 29)	POČET HAVÁRIÍ V JEDNOTLIVÝCH KRAJÍCH V OBDOBÍ OD ROKU 2003 DO SOUČASNOSTI	70
OBR. 30)	ROZDĚLENÍ HAVÁRIÍ DLE DNŮ V TÝDNU	70
OBR. 31)	ROZDĚLENÍ HAVÁRIÍ NA ZÁKLADĚ DENNÍ DOBY	70
OBR. 32)	ROZDĚLENÍ VÝBUŠNIN ÚČASTNÍCÍCH SE HAVÁRIÍ	71
OBR. 33)	ZASTOUPENÍ OBJEKTŮ ROZŘAZENÝCH DLE ZÁKONA O PZH	71
OBR. 34)	ROZDĚLENÍ HAVÁRIÍ DLE STUPNĚ ESIA DOSAŽENÝCH NÁSLEDKŮ 72	
OBR. 35)	POČET UDÁLOSTÍ DLE VÝŠE PŘÍMÝCH EKONOMICKÝCH NÁSLEDKŮ	73
OBR. 36)	STATISTIKA ZÁSAHŮ HZS U POŽÁRŮ VZNIKLÝCH JAKO DŮSLEDEK VÝBUCHU VÝBUŠNIN	76
OBR. 37)	VÝSLEDNÝ KAUZÁLNÍ MODEL ZKOUMANÝCH HAVÁRIÍ	78

13 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1) Informace o haváriích s výbušninami.xlsx