

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2018

**TOMÁŠ
ČTVRTŇÁK**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Ochrana obyvatelstva v zónách havarijního plánování podzemního
zásobníku plynu Štramberk**

**Population Protection in the Emergency Planning Zone of Underground
Gas Storage Facility of Štramberk**

Diplomová práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Civilní nouzové plánování

Vedoucí práce: kpt. Ing. Mgr. Hynek Černý

Bc. Tomáš Čtvrtnák

Kladno, květen 2018

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Čtvrtnák**
Studijní obor: Civilní nouzové plánování
Téma: **Ochrana obyvatelstva v zónách havarijního plánování podzemního zásobníku plynu Štramberk**
Téma anglicky: Population Protection in the Emergency Planning Zone of Underground Gas Storage Facility of Štramberk

Zásady pro vypracování:

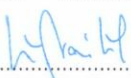
Předmětem diplomové práce bude stanovení relevantního ohrožení obyvatelstva v zónách havarijního plánování podzemního zásobníku plynu Štramberk a vypracování plánu konkrétních činností. Teoretická část se bude zabírat stručným legislativním úvodem a popisem systému ochrany obyvatelstva. Hlavní důraz bude kladen na seznámení s podzemním zásobníkem plynu ve Štramberku a identifikovanými riziky závažné havárie provozovatelem. Praktická část se bude věnovat modelování potenciálních závažných havárií za účelem zjištění ohrožení obyvatelstva. Komparaci zjištěných výsledků, poskytnutých podkladů, dostupné literatury bude provedeno stanovení ohrožení obyvatelstva. Dle výsledného ohrožení budou vypracovány plány konkrétních činností, které budou sloužit jako podklad Hasičskému záchrannému sboru Moravskoslezského kraje při zpracování vnějšího havarijního plánu.

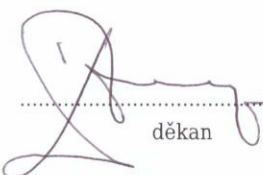
Seznam odborné literatury:

- [1] KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše a FOLWARCZNY, Libor, Ochrana obyvatelstva, ed. 2., Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013, ISBN 978-80-7385-134-7
- [2] ŘEHÁK, David, MARTÍNEK, Bohumír, RŮŽIČKOVÁ, Petra, Ochrana obyvatelstva v kontextu aktuálních bezpečnostních hrozeb, ed. 1, Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2015, ISBN 978-807-3851-69-9
- [3] BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG, Analýza nebezpečí prevence průmyslových havárií, ed. 2, Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, ISBN 978-80-7385-005-0

Vedoucí: Kpt. Ing. Mgr. Hynek Černý
Konzultant: mjr. Ing. Jiří Klos, por. Bc. Martin Sedlář

Zadání platné do: 20.08.2019


.....
vedoucí katedry / pracoviště


.....
děkan

V Kladně dne 02.10.2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Ochrana obyvatelstva v zónách havarijního plánování podzemního zásobníku plynu Štramberk vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Kladně dne 17.05.2018

.....
podpis

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce kpt. Ing. et Mgr. Hynkovi Černému za velice trpělivý, vstřícný a odborný přístup při zpracování této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval vedoucímu objektu PZP Štramberk Ing. Petrovi Goluchovi a technikovi BP a PO PZP Štramberk Ing. Zdeňkovi Šimoníkovi za umožnění vyčerpávajícího seznámení s objektem a poskytnutí odborných informací. Nelze dále opomenout velice ochotný přístup por. Bc. Martina Sedláře z oddělení ochrany obyvatelstva HZS MSK.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá stanovením relevantního ohrožení obyvatelstva v zónách havarijního plánování objektu innogy Gas Storage, s.r.o. podzemního zásobníku plynu ve Štramberku a návrhem vybraných plánů konkrétních činností z hlediska ochrany obyvatelstva.

Diplomová práce v teoretické části stručně popisuje základní legislativní vymezení vztahující se k problematice podzemních zásobníků plynu a dále se věnuje základnímu systému ochrany obyvatelstva. Hlavní důraz je kladen na popis objektu podzemního zásobníků plynu ve Štramberku, a to především v oblasti základního objektového členění, popisu nebezpečných látek, popisu důležitých technologických a bezpečnostních zařízení a analýzou rizika provedenou provozovatelem.

V praktické části je demonstrováno výsledné ohrožení obyvatelstva predikovaných havarijních scénářů v programu ALOHA. Výsledky této práce jsou komparovány s výsledky programu EFFECTS dle provozovatele innogy Gas Storage, s.r.o. Výsledné odhadované ohrožení je dále komparováno do kontextu se zajištěným bezpečnostním opatřením, havárií v analogických objektech a dalšími faktory.

Klíčová slova

Podzemní zásobník plynu; Štramberk; ohrožení obyvatelstva; innogy Gas Storage, s.r.o.; modelace; zemní plyn; provozní sondy; centrální areál;

Abstract

The thesis deals with an identification of relevant threats of population in zones of an emergency planning of the building of the innogy Gas Storage, s.r.o. the underground gas storage in Štramberk and with the design of selected plans of specific activities in terms of population protection.

The theoretical part of the thesis briefly describes basic legislative definitions relating to issues of underground gas storages and then deals with a basic system of population protection. The main emphasis is put on a description of the object of the underground gas storage in Štramberk, especially in an area of a basic object classification, a description of dangerous substances, a description of important technological and safety devices and an analysis of a risk made by an observer.

In a practical part it is demonstrated a resulting threat of the population in predicted emergency scenarios in the program ALOHA. The results of this thesis are compared with results of the program EFFECTS according to the innogy Gas Storage, s.r.o. operator. The resulting estimated threat is then being compared to the context with a secure precaution, accidents in analogous objects and other factors.

Keywords

Underground gas storage; Štramberk; threats to the population; innogy Gas Storage, s.r.o.; modeling; natural gas; operating probes; central area.

Obsah

1	Úvod	12
2	Aktuální stav	14
2.1	Základní legislativní vymezení	14
2.2	System ochrany obyvatelstva.....	17
2.2.1	Varování obyvatelstva	17
2.2.2	Informování obyvatelstva	18
2.2.3	Vyrozumění příslušných orgánů	19
2.2.4	Evakuace obyvatelstva.....	20
2.2.5	Preventivní výchovná činnost	20
2.3	Podzemní zásobník plynu Štramberk	21
2.3.1	Významné mezníky PZP Štramberk	21
2.3.2	Základní objektové členění PZP Štramberk	22
2.3.3	Nebezpečné látky v objektu PZP Štramberk.....	23
2.3.4	Základní vlastnosti a parametry zemního plynu	23
2.3.5	Centrální areál PZP Štramberk.....	24
2.3.6	Provozně těžební sondy PZP Štramberk	26
2.3.7	Produkční kříž	29
2.3.8	Zabezpečení PZP Štramberk	30
2.4	Posouzení rizika závažné havárie provozovatelem	31
2.4.1	Selekce zdrojů rizika závažné havárie dle CPR 18 E	32
2.4.2	HAZOP centrálního areálu PZP a výsledné scénáře závažných havárií.....	35
2.4.3	HAZOP sond na PZP a výsledné scénáře závažných havárií	38

2.4.4	Modelace následku pomocí programu EFFECTS a zjištění přijatelnosti společenského rizika	39
2.4.5	Vyhodnocení domino efektu PZP Štramberk	39
2.4.6	Vyhodnocení rizika objektu PZP Štramberk společnosti innogy Gas Storage, s.r.o.....	40
3	Cíl práce a hypotézy	41
4	Metodika	42
5	Výsledky.....	43
5.1	Výsledné ohrožení pomocí modelových scénářů v programu ALOHA.	43
5.1.1	Společné atributy havarijních scénářů	43
5.2	Možné havarijní scénáře při roztržení potrubí DN 500 v plném průřezu	45
5.2.1	Modelace roztržení podzemního potrubí DN 500 v plném průřezu s kontinuálním únikem v podobě následku Jet Fire.....	45
5.2.2	Modelace roztržení podzemního potrubí DN 500 v plném průřezu s pneumatickým uzávěrem a následkem okamžité iniciace v podobě Jet Fire	47
5.2.3	Modelace roztržení podzemního potrubí DN500 v plném průřezu s kontinuálním únikem a následným rozptylem zemního plynu	49
5.2.4	Výpočet explozivní síly	52
5.2.5	Modelace roztržení podzemního potrubí DN500 v plném průřezu s pneumatickým uzávěrem a následným rozptylem zemního plynu	53
5.3	Možné scénáře při 10% úniku z potrubí DN 500	55
5.3.1	Modelace 10% kontinuálního úniku z podzemního potrubí DN 500 s následkem typu Jet Fire	55

5.3.2	Modelace 10% úniku z podzemního potrubí DN 500 s pneumatickým uzávěrem a následkem typu Jet Fire.....	56
5.3.3	Modelace 10% kontinuálního úniku z podzemního potrubí DN 500 s následným rozptylem zemního plynu.....	58
5.3.4	Modelace 10% úniku z podzemního potrubí DN 500 s pneumatickým uzávěrem a následným rozptylem zemního plynu	59
5.4	Možné scénáře při erupci na sondě 2 7/8"	61
5.4.1	Modelace erupce sondy 2 7/8" (73 mm) bez funkčního PPBV s následkem okamžité iniciace v podobě Jet Fire.....	61
5.4.2	Modelace erupce sondy 2 7/8" (73 mm) s funkčním PPBV s následkem okamžité iniciace v podobě Jet Fire.....	63
	64
5.4.3	Modelace erupce sondy 2 7/8" (73 mm) s následným rozptylem zemního plynu a jeho možné iniciace, bez PPBV.....	66
5.4.4	Modelace erupce sondy 2 7/8" (73 mm) s následným rozptylem zemního plynu a jeho možné iniciace, funkční PPBV	68
5.5	Možné scénáře při erupci na sondě 3 1/2"	70
5.5.1	Modelace erupce ze sondy 3 1/2" (89 mm) bez funkčního PPBV s následkem okamžité iniciace v podobě Jet Fire.....	70
5.5.2	Modelace erupce ze sondy 3 1/2" (89 mm) s funkčním PPBV s následkem okamžité iniciace v podobě Jet Fire.....	72
5.5.3	Modelace erupce ze sondy 3 1/2" (89 mm) s následným rozptylem zemního plynu a jeho možné iniciace, bez PPBV.....	74
5.5.4	Modelace erupce ze sondy 3 1/2" (89 mm) s následným rozptylem zemního plynu a jeho možné iniciace, funkční PPBV	76
5.6	Možné scénáře při 10% úniku ze sondy 2 7/8"	78

5.6.1	Modelace úniku 10% DN ze sondy 2 7/8" (73 mm) s PPBV s následkem okamžité iniciace v podobě Jet Fire.....	78
5.6.2	Modelace úniku 10% DN ze sondy 2 7/8" (73 mm) s následným rozptylem zemního plynu a jeho možné iniciace, s PPBV.....	80
5.7	Možné scénáře při 10% úniku ze sondy 3 1/2".....	82
5.7.1	Modelace úniku 10% DN ze sondy 3 1/2" (89 mm) s PPBV s následkem okamžité iniciace v podobě Jet Fire.....	82
5.7.2	Modelace úniku 10% DN ze sondy 3 1/2" (89 mm) s následným rozptylem zemního plynu a jeho možné iniciace, s PPBV.....	84
5.8	Výsledné ohrožení obyvatelstva dle výpočtu ALOHY.....	86
5.9	Vyhodnocení ohrožení z podkladů provozovatele.....	88
6	Diskuze.....	92
7	Závěr.....	101
8	SEZNAM POUŽITÝCH zkratk.....	103
9	Seznam použité literatury.....	104
10	Seznam použitých obrázků.....	112
11	Seznamu použitých tabulek.....	115
12	Seznam Příloh.....	118

1 ÚVOD

S příchodem direktivy SEVESO III Česká republika přijímá do našeho právního systému zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií. Zákon se nově začal vztahovat na pevninské podzemní zásobníky plynu v přirozených vrstvách, vodonosných vrstvách, solných kavernách a opuštěných dolech. Do této chvíle si podzemní zásobníky plynu žily vlastním životem, s nadsázkou o nich prakticky nikdo nevěděl. Nyní jejich život nabourává nový předpis, kterému je potřeba se přizpůsobit. S trochou humoru můžu říct, že je smetla tzv. třetí vlna SEVESO.

Pro podzemní zásobníky plynu bylo nutné stanovit krajským úřadem zóny havarijního plánování. V současné době je na řadě vypracování vnějšího havarijního plánu, respektive dokumentu zaměřeného na prevenci a snížení následků havárie ve vztahu k ochraně obyvatelstva. Plánovaný termín zpracování vnějšího havarijního plánu pro objekt innogy Gas Storage, s.r.o. podzemního zásobníku plynu ve Štramberku v podmínkách Hasičského záchranného sboru Moravskoslezského kraje, územního odboru Nový Jičín je odhadován na druhou polovinu roku 2018.

Podnět, který mě vedl k vypracování diplomové práce tedy vychází z aktuálně řešené problematiky, ale také z vlastní iniciativy, neboť z mého profesního pohledu výjezdového hasiče, objekt innogy Gas Storage, s.r.o. podzemní zásobník plynu Štramberk představuje jistý prvek zájmu, poněvadž se zásobník nachází na území hasebního obvodu stanice Nový Jičín, kde pracuji.

Z výše uvedených důvodů bylo mým zájmem zjistit odpovídající ohrožení, respektive před čím je vůbec obyvatelstvo nutné chránit? Jaké havárie a následky mohou vzniknout? V jakém rozsahu? Překročí následky havárie stanovenou zónu havarijního plánování či stanoveného bezpečnostního pásma? Není současná

legislativa příliš naddimenzována? Jaké je tedy relevantní ohrožení tohoto objektu pro obyvatelstvo? Na výše uvedené otázky diplomová práce hledala odpověď.

Předpokládá se, že diplomová práce bude sloužit jako podklad Hasičskému záchrannému sboru Moravskoslezského kraje, územnímu odboru Nový Jičín na úseku prevence, ochrany obyvatelstva a krizového řízení při zpracování vnějšího havarijního plánu.

2 AKTUÁLNÍ STAV

2.1 Základní legislativní vymezení

V současné době je tvorba legislativních pramenu v České republice zabývající se prevencí závažných havárií významně ovlivněna normativními právními akty Evropské unie. Aktuálně Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2012/18/EU ze dne 4. července 2012 o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek (SEVESO III). Je zde zřejmá snaha vybudovat jednotné právní prostředí a vytvořit stejné podmínky, pokud možno v globálním měřítku [1]. V našem případě se však bavíme na úrovni členských států Evropské unie. To znamená, že členské státy musí své právní a správní předpisy přizpůsobit uvedené směrnici. Přes veškerou snahu vytvořit univerzální předpisy je nutné podotknout, že bohužel dochází k rozdílným implementacím stejné Směrnice do národních předpisů, respektive ne každý stát si vyloží tutéž Směrnici stejně a podle jejího smyslu. Česká republika za tímto účelem přijala 1.10.2015 zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, který právě aplikuje direktivu SEVESO III. Zákon se nově vztahuje na pevninské podzemní zásobníky plynu v přirozených vrstvách, vodonosných vrstvách, solných kavernách a opuštěných dolech. Ve skutečnosti to není neočekávaná novinka, neboť řada členských zemí zařadila podzemní zásobníky plynu už v rámci Směrnice SEVESO II. V České republice se toto rozšíření dotklo zpočátku celkem osmi objektu podzemních zásobníků plynu (Dolní Dunajovice, Háje, Lobodice, Štramberk, Třanovice, Tvrdonice, Uhřice a Dolní Bojanovice) a způsobilo vzhledem k množství skladovaného zemního plynu nárůst nových provozovatelů skupiny B [2, 3, 4]. Od 1.7.2016 uvedla společnost Moravia Gas Storage a.s. do provozu devátý a zároveň jeden z největších a nejmodernějších podzemních zásobníků plynu na zčásti vytěženém ložisku ropy v Dambořicích s kapacitou 448 milionu m³ [5]. Další podzemní zásobník plynu se staví v Rožné. Skladovací kapacita České republiky obsazuje přední místa v rámci pomyslného evropského žebříčku. K začátku roku 2016 odpovídala skladovací kapacita cca 37%

roční spotřeby zemního plynu. V plánu je skladovací kapacity dále rozšiřovat s cílem dosáhnout skladového objemu odpovídající 50% roční spotřebě [6].

Pro všechny stávající objekty bylo nutné stanovit zóny havarijního plánování. V Moravskoslezském kraji se na stanovení zóny havarijního plánování spolupodílí Hasičský záchranný sbor kraje, i když plnou legislativní zodpovědnost má v tomto případě krajský úřad. Výsledkem této nelegislativně podložené spolupráce je usnadnění schvalování zóny havarijního plánování, a hlavně zefektivnění zajištění ochrany obyvatelstva formou vnějšího havarijního plánu, který se v dohledné době bude zpracovávat právě pro podzemní zásobník plynu ve Štramberku. Následně budou zpracovány havarijní karty pro potřeby složek Integrovaného záchranného systému při řešení havárie, neboť svým obsahem je vnější havarijní plán pochopitelně nepraktický [7].

Nicméně souvislost s havarijní tematikou v rámci podzemních zásobníků plynu můžeme, již poměrně dlouhodobě najít zejména v zákoně č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), v zákoně č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě (označován jako báňský zákon), v zákoně č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu. V neposlední řadě také v zákoně č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon). Mimo jiné tento zákon definuje bezpečnostní a ochranná pásma. Důležitým předpisem podzemních zásobníků plynu je vyhláška Českého báňského úřadu č. 239/1998 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při těžbě a úpravě ropy a zemního plynu a při vrtných a geofyzikálních pracích a o změně některých předpisů k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem. Český báňský úřad pomocí této vyhlášky upravuje požadavky týkající se bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, bezpečnosti provozu při provádění hornické činnosti, bezpečnosti při provádění činnosti hornickým způsobem včetně

požívaných technických zařízení a požární ochrany v podzemí. Dále upravuje požadavky vztahující se k havarijní prevenci a plánům havarijního zdolávání. V případě, že dojde k závažné havárii se i tento předpis zabývá zjišťováním příčin havárií či pracovních úrazu. Upravuje i případné hlášení závažných havárií. Navazujícím právním předpisem je dále vyhláška č. 71/2002 Sb., o zdolávání havárií v dolech a při těžbě ropy a zemního plynu. Uvedené vyhláška se zabývá požadavky na havarijní prevenci a havarijní plány a dále řeší opatření k záchraně obyvatelstva, omezení škod či zdolání havárie [4].

Z pohledu ochrany obyvatelstva přinesl zákon 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií rozšířenější spolupráci mezi krajským úřadem, Hasičským záchranným sborem kraje a samotným provozovatelem především v rámci havarijního plánování, zajištění havarijní připravenosti, informování veřejnosti, preventivně výchovné činnosti a nově taky zavádí povinnost provozovatele se podílet na pořizování, udržování a provozování koncových prvků v zónách havarijního plánování. Na informování obyvatelstva je kladena větší pozornost, neboť informovaný občan zná zásady žádoucího chování při závažné havárii a tím výrazně ovlivňuje vlastní ochranu a možné následky. Při samotném zpracovávání plánů konkrétních činností se již předpokládá, že všichni obyvatelé znají zásady sebeochrany. V Moravskoslezském kraji je obyvatelstvo informováno elektronickou a písemnou formou. Elektronické informace lze najít na stránkách krajského úřadu, webových stránkách Hasičského záchranného sboru kraje a informačním portálu „Chemické havárie“. Písemné informace jsou zpracovány do letáku formátu A4 a následně distribuovaný ohroženému obyvatelstvu [7, 8, 9].

2.2 Systém ochrany obyvatelstva

Ochrany obyvatelstva jako systém je ve své kompletní podobě obsáhlý řetězec činností s cílem uchránit obyvatelstvo před účinky mimořádné události [10]. Stručně řečeno všechno to, co pomáhá předcházet nebo chránit život, zdraví, majetek a životní prostředí. Je to systém, který vytváříme a organizujeme, v podstatě můžeme si dovolit tvrdit, že každý člověk v této zemi tvoří v soustavě ochrany obyvatelstva nepochybný podíl [11]. Takovéto vysvětlení je ve skutečnosti poněkud odlehčené, neboť systém ochrany obyvatelstva je velice obsáhlým oborem, který zabezpečuje stát. Koordinačním orgánem v obecné rovině dle zákona o integrovaném záchranném systému je Ministerstvo vnitra, nicméně odpovědnost je dále rozprostřena do všech úrovní veřejné správy, krajů, obcí s rozšířenou působností a obcí. Odpovědnost a kompetence jednotlivých úrovní stanovují platné zákony. [10, 12]. Základní složky Integrovaného záchranného systému tvoří základní výkonný prvek ochrany obyvatelstva, který je doplňován ostatními složky IZS společně s právníky a fyzickými osobami [10]. Neméně důležitá a dá se říct, že i klíčová je krizová připravenost obyvatel na mimořádné události, která přispívá k ochraně života, zdraví a majetku [13]. Základní proces opatření ochrany obyvatelstva zahrnuje varování, vyrozumění, informování, záchranné a likvidační práce, evakuace, nouzové přežití, ukrytí, individuální ochrana, zajišťování nebezpečných oblastí, dekontaminace a jiné opatření [10, 12]. Zpráva o stavu ochrany obyvatelstva v České republice z roku 2015 uvádí, že nejčastěji využitým opatřením ochrany obyvatelstva za období 2012 - 2014 při vyhlášení třetího nebo zvláštního stupně poplachu bylo vyrozumění, informování obyvatelstva a evakuace [13].

2.2.1 Varování obyvatelstva

Varování, informování obyvatelstva a současně vyrozumění příslušných orgánů o potenciální nebo již probíhající mimořádné události patří k prvním a nejdůležitějším neodkladným úkonům pro úspěšnou realizaci procesu ochrany obyvatelstva. Pro včasné varování a zároveň vyrozumění je na území České

republiky systematicky rozmístěný a stále vyvíjený jednotný systém varování a vyrozumění (dále JSVV) za který zodpovídá Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. Varování obyvatelstva je definováno jako *„souhrn technických a organizačních opatření zabezpečujících včasné upozornění obyvatelstva orgány veřejné správy na hrozící nebo nastalou mimořádnou událost, kdy se předpokládá realizace opatření na ochranu obyvatelstva a majetku.“* [10]. Varování se provádí varovným signálem produkovaným v koncových prvcích, například elektrickými rotačními nebo elektronickými sirénami [10]. Bohužel však elektrické rotační sirény již nesplňují současné požadavky. V posledních letech dochází k postupnému obměňování za elektronické, které dokážou předat, vedle varovného signálu, verbální informaci. Nabízí se tak možnost okamžitého tísňového informování obyvatelstva o vzniklé situaci a opatřeních ochrany obyvatelstva. Nicméně elektrické rotační sirény stále pokrývají asi 60 % našeho území. Obyvatele těchto lokalit tak zpravidla místo verbální informace dostávají SMS zprávu z operačního a informačního střediska Hasičského záchranného sboru kraje. Na území, kde koncové prvky chybí úplně se dále variantně využívaná možnost mobilních varovacích prostředku [13].

2.2.2 Informování obyvatelstva

Informování obyvatelstva je předání informace obyvatelstvu ve dvou etapách. První etapou je informování před vznikem mimořádné události a seznámení s charakterem možného ohrožení. Druhou etapou, nepříliš veselou, je předávání tísňové informace a zabezpečení průběžného informování, kdy bezprostředně hrozí nebo už nastala mimořádná událost. Cílem je snížit ztráty na životech, zdraví, majetku a životním prostředí [10].

Informování obyvatelstva před mimořádnou událostí stanovuje zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a vyhláška č 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva. Informování se děje prostřednictvím

hromadných informačních prostředků, letáky či brožurami, dynamickými ukázkami integrovaného záchranného systému a besedami s obyvatelstvem. Efektivní a zřejmě maximální připravenost obyvatelstva lze dosáhnout jen adekvátním vzděláváním všech vrstev obyvatelstva a samozřejmě i odborníků v této oblasti. Nejeftektivnější způsob vzdělávání v oblasti ochrany obyvatelstva se jeví příprava již v rámci základní povinné školní docházky. Pravidelná edukace vede k zažití krizového chování jedince za mimořádných událostí [13, 14, 15].

Tísňové informování je nezbytné sdělení o bezprostředním hrozícím nebezpečí nebo již probíhající mimořádné události po zaznění varovného signálu pomocí koncových prvků s možností verbálního projevu nebo SMS zpráv. Dále se využívají hromadné informační prostředky, které mají povinnost neprodleně odvíšlat tísňové informace bez úpravy obsahu a smyslu. Informování v průběhu mimořádné události zahrnuje především poskytování dodatečných informací o rozsahu ohrožení, požadovaném chování občanů aj. Využívá se televizního a radiového vysílání, koncové prvky, obecní rozhlas a další alternativní možnosti [14, 15, 16].

2.2.3 Vyrozumění příslušných orgánů

Vyrozumění je definováno jako *„souhrn technických a organizačních opatření zabezpečujících včasné předávání informací o hrozící nebo nastalé mimořádné události orgánům krizového řízení, právnickým osobám a podnikajícím fyzickým osobám podle havarijních plánů nebo krizových plánů“* [10]. Vyrozumění provádí dle zákon o IZS operační a informační středisko IZS. Konkrétně dochází k vyrozumění složek IZS, členu krizového štábu, hejtmana, starosty a dalších orgánů a organizací, které se můžou podílet na záchranných a likvidačních pracích. Vše se děje za použití všech dostupných komunikačních prostředků jako jsou například mobilní telefony, datové přenosy, radiová spojení apod. [10]

2.2.4 Evakuace obyvatelstva

Evakuace je časově vymezený proces, před kterým musí být splněny další nezbytné úkoly ochrany obyvatelstva, aby byla evakuace efektivní. To znamená od samotné edukace obyvatel až po varování ohrožených osob na daném území. Evakuace je nezbytná činnost k zabránění nebo zmírnění negativních dopadů na životy a zdraví osob v situaci, kdy již není jiná účinná možnost ochrany obyvatelstva [10, 17, 18]. Evakuaci se zabezpečuje přemístění osob, zvířat, majetku, předmětů kulturní hodnoty, technického zařízení, případně strojů a materiálu k zachování nutné výroby a nebezpečných látek z míst ohrožených mimořádnou událostí, respektive evakuační zóny. Evakuace se vztahuje na všechny ohrožené osoby mimořádnou událostí s výjimkou osob, které se budou bezprostředně podílet na záchranných pracích, řízení evakuace či budou vykonávat jinou neodkladnou pomoc [12, 15].

2.2.5 Preventivní výchovná činnost

Je edukační činnost zaměřená na výchovu dětí a vzdělávání všech věkových kategorií obyvatel v oblasti ochrany obyvatelstva, ale i požární ochrany. Cílem je naučit populaci schopnosti chránit sebe a své blízké před a během mimořádné události. Projekty zaměřené na preventivně výchovnou činnost: Hasík CZ, Záchranný kruh, Vaše cesty k bezpečí aneb chytré blondýnka radí anebo nově vznikající projekt v Ústeckém kraji hasičský slon Hugo [8, 12, 19].

2.3 Podzemní zásobník plynu Štramberk

Podzemní zásobník plynu (dále PZP) Štramberk je organizační jednotkou společnosti innogy Gas Storage, s.r.o. (dříve RWE, poznámka autora). Hlavní činností provozu PZP je podzemní uskladňování zemního plynu, která slouží k pokrytí nerovnoměrné dodávky a odběru zemního plynu v letním a zimním období [20, 21].

Objekt innogy Gas Storage, s.r.o., PZP Štramberk byl s ohledem na množství skladovaných nebezpečných látek umístěných v objektu zařazen podle "nového" zákona č. 224/2015 Sb. „o prevenci závažných havárií“ do skupiny „B“. Hlavní aspekt představuje zemní plyn o množství 608 841 tun [22].

PZP Štramberk se rozkládá v Moravskoslezském kraji na území obcí Štramberk, Rybí, Žilina u Nového Jičína, Lichnov u Nového Jičína, Nový Jičín Dolní Předměstí, Šenov u Nového Jičína, Drnholec nad Lubinou. Chráněné území podle hornického zákona se tak rozkládá asi na 44,4 km² v hloubce okolo 500-710 metrů pod povrchem [23].

2.3.1 Významné mezníky PZP Štramberk

- 1960-1969 prováděn úhelný průzkum jihozápadní části ostravské úhelné pánve. Při tomto průzkumu byla zjištěna akumulace zemního plynu v jižním Příboře. Během let 1961–1965 je technologicky připravován proces těžby. A opravdu k tomu dochází po roce 1965, kdy následujících deset let probíhá primární těžba tohoto ložiska.

- 1970-1979 se uvažuje o vhodných lokalitách pro stavu PZP, kdy do úvahy přichází i těžené ložisko v jižním Příboře.

- 1981-1983 probíhá stavba PZP Štramberk, kdy bylo odvrtno několik dalších nových provozních sond. Nutné bylo provést rekonstrukci některých původních

sond, postavit síť plynovodu spojující jednotlivé sondy, a hlavně postavit centrální areál PZP sloužící jako sběrné místo.

- 1993-2000 dochází k rozšíření provozních sond, byla provedená další rekonstrukce a doplnění technologického zařízení, kompresoru a řídicích systémů.

2.3.2 Základní objektové členění PZP Štramberk

Objekt PZP Štramberk je členěn na centrální areál, potrubní přivaděče a sondy. V centrálním areálu se nachází:

- administrativní budova,
- čistička odpadních vod,
- domek měření průtoku plynu (obchodní a provozní měření)
- garáže a dílny,
- hasičská zbrojnice a ZBZS,
- kompresorovna,
- náhradní zdroj elektrické energie
- objekt kontinuálního měření kvality plynu,
- objekt skladové hospodářství,
- plynová kotelna,
- požární nádrž a čerpací stanice požární vody
- regenerace TEG,
- regulační stanice,
- rozvodna,
- sklad tlakových lahví,
- sklady,
- technologická zařízení potrubního dvoru se vstupním a výstupním potrubím

- technologické zařízení filtrace a sušení plynu (při poslední návštěvě dne 23.4.2018 tato technologie demontována, probíhá rekonstrukce za účelem snížení emisí),
- tlakovzdušná stanice,
- velín,
- záchytná jímka [22].

PZP Štramberk v současné době provozuje celkem 70 sond. Z tohoto celkového počtu slouží 57 sond pro vtlačování a těžbu skladovaného zemního plynu. Provozní sondy mají samostatné plynové přípojky napojené na měřicí a regulační řády v centrálním areálu. Zbývajících 13 sond má za úkol monitorovat hermetičnost PZP, hovoříme zde o tzv. pozorovacích sondách [23].

2.3.3 Nebezpečné látky v objektu PZP Štramberk

Primární surovinou PZP Štramberk je zemní plyn o celkovém množství 608 841 tun. Krom této suroviny se v objektu nacházejí tzv. pomocné láky v plynném a kapalném skupenství. Mezi nebezpečné plynné látky v objektu patří Methan (0,02 t), Propan (0,005 t), Propan-butan (0,026 t), Kyslík ((0,06 t), Acetylén (0,06 t), Vodík (0,04 t), mezi kapalně Motorová nafta (1,4 t), Automobilový benzín (0,05 t) a Methanol (93.62 t), Triethylenglykol (34,4 t), Turbínový olej (3 t), Transformátorový olej (0,345 t) [22].

2.3.4 Základní vlastnosti a parametry zemního plynu

Zemní plyn je fosilní palivo určené pro chemickou nebo energetickou výrobu. Jde o plyn proměnlivého složení, kdy hlavní složkou v 85 až 97 % je Methan. Ostatní podíl tvoří Dusík (0,5–10 %), Ethan (2-7 %), Oxid uhličitý (0,2–5 %) a Propan (0,4-4 %). Dle nařízení ES 1272/2018 (CLP) je klasifikován jako hořlavý plyn 1 třídy (Flam. Gas 1), dle standardní věty o nebezpečnosti jde o extrémně hořlavý plyn (H220). Teplota vznícení se pohybuje okolo 575–640 °C. Dolní a horní mez výbušnosti se

pohybuje mezi 4,4 -17 % ve směsi se vzduchem. Při expanzi z tlaku většího než 1,5 MPa dochází k ochlazování do minusových hodnot a můžou se vytvářet mlhy, které se drží při zemi a rozšiřují se do okolí za tvorby výbušných směsí. V uzavřených prostorech při vysoké koncentraci vlivem vytěsnění kyslíku může dojít k udušení. Zemní plyn jako takový však nemá toxické účinky. V úvahu přichází pouze nedokonalé spalování, kdy se vytváří životu nebezpečný oxid uhelnatý, který po navázání na krevní barvivo hemoglobin vytváří karboxyhemoglobin, tedy spojení znemožňující transport kyslík k buňkám. Hovoříme o tzv. vnitřním udušení. Expozice nadlimitnímu množství zemního plynu může však vyvolat symptomy těžkého dechu, hyperventilace, chrapotu, pěny u úst, cyanózy periferií a v neposlední řadě bezvědomím až zástava dechu. Přípustné expoziční limity (PEL), nejvyšší přípustné koncentrace (NPK-P) nejsou stanoveny. Zemní plyn je skleníkový plyn, je nutné zabránit jeho uniků neprodleně [24, 25].

Z výše uvedených informací vyplývá nutnost evakuace osob, které se nepodílejí na řešení úniku, i když jak je známo, že zemní plyn není akutně toxický. Je zcela nezbytné vyloučit iniciační zdroje a monitorovat koncentraci. V době úniku je potřebné znát směr větru, respektive šíření mraku plynu.

Zemní plyn je bezbarvý, bez zápachu, pokud však není odorizován například pomocí merkaptanů. Během podzemního skladování je zemní plyn v přirozené podobě. K odorizaci zemního plynu dochází až před samotným vstupem do distribučního potrubí [24, 26].

2.3.5 Centrální areál PZP Štramberk

Centrální areál je srdcem PZP Štramberk zahrnující komplex technologických prvků. Mezi klíčové technologické prvky podílející se na bezpečnosti provozu patří dvoufázové třístupňové separátory S1, S2, S2, které odstraňují kapalnou a mechanickou nečistotu zemního plynu dřív, než vstoupí do regulačního řádu předávací stanice a dalších technologických zařízení centrálního areálu. Přes separátory prochází zemní

plyn z tranzitní sítě, ale také vytěžený zemní plyn z vlastního ložiska. Odseparované nečistoty se odvádí odkalovacím potrubím do nádrže ložiskové vody. Proti zamrzaní jsou separátory ve spodní části vybaveny topnými elektrickými rohožemi [22].

Další významnou technologií centrálního areálu představují tzv. sušící kolony. Zemní plyn během doby uskladnění v ložisku na sebe váže přirozenou podzemní vlhkost, mnohdy přichází přímo do kontaktu s podzemní vodou. Proto je nezbytné zemní plyn vysušit pod hodnotu rosného bodu $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vlhkost je hlavní parametr kvality zemního plynu). Sušení probíhá ve dvou sušících kolonách, kde se zemní plyn v protisměrném proudu mísí (probublává) s triethylglykolem (dále TEG) a zbavuje se tak vlhkosti. TEG je kapalina s vysokou afinitou k vodě, respektive v tomto případě funguje jako adsorbent, který váže vlhkost zemního plynu. Již v horní části absorberu je plyn prakticky vysušen a přes demistér, jenž zabraňuje úniku TEG ze sušící kolony, opouští již suchý zemní plyn kolonu. Nasycený TEG odchází z absorberu spodní částí na regeneraci, kde se zbavuje tzv. BTEXu (benzen, toluen, etylbenzen, xylen), který se krom vody taky absorboval. TEG se dále zahřívá ve výměníku a přes filtry se nastříkuje do reboileru, kde se absorbovaná voda z TEGu vyvaří. Takto regenerovaný TEG se čerpá zpět do horního patra absorpční kolony. V současné době je však zařízení v generální rekonstrukci, neboť sušící zařízení nesplňovalo požadované emisní limity životního prostředí [22, 27].

Neméně důležitý je i objekt kompresorovny, kde se nachází kompresorové soustrojí, které se využívá zejména pro těžbu. Soustrojí se skládá z kompresoru 3 RDC56/ 3 RDS 56 (radiální odstředivý kompresor OKD) a plynové spalovací turbíny GT 3000 pohánějící kompresor. Z kompresoru plyn putuje do chladiče, kde se ochladí na $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Následně plyn směřuje k dopravnímu potrubí. Objekt kompresorovny je rozdělený na 3 požární úseky (hala kompresorovny – ZONA 2, rozvodna, tlakovzdušná stanice SHZ). Objekt vybaven EPS, SHZ plynové i pěnové a plynovým detekčním systémem (PDS) [22].

Objekt tlakovzdušné stanice vyrábí stlačený vzduch jako nutné medium pro ovládání uzavíracích a regulačních armatur separace, měření, regenerace a sušení plynu [22].

Dále již jen jmenovitě v centrálním areálu se dále nachází z pohledu bezpečnosti regulační stanice, transformátory, náhradní zdroj, rozvaděče, rozvody el. energie, kotelna, zařízení měření a regulace a zařízení řídicího systému. [22].

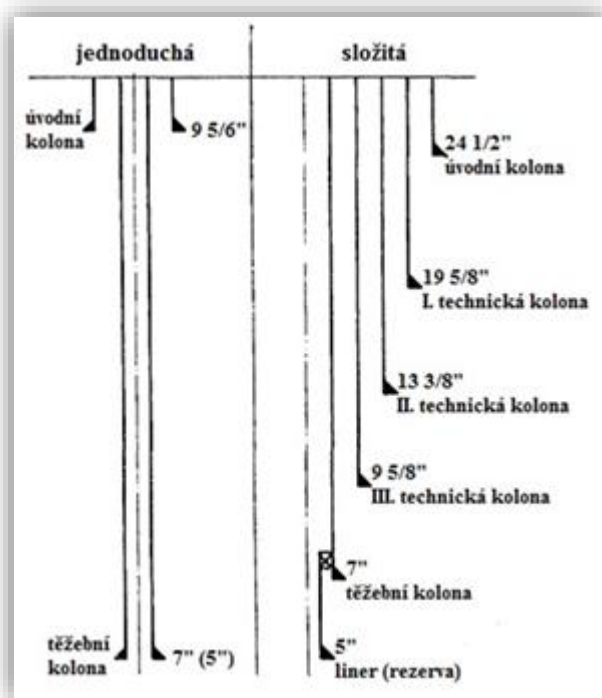


Obrázek 1 Pohled na centrální areál PZP Štramberk. Zdroj: por. Bc. Martin Sedlář, HZS MSK

2.3.6 Provozně těžební sondy PZP Štramberk

Provozní sondy musí vyhovovat všem konstrukčním požadavkům, tzn. od procesu odvrtání, vystrojení až po samostatnou dlouhodobou funkci. Strukturu sondy vytváří pažnicové kolony s patričnými přírubami a produkčním křížem. Konstrukci vrtu vytváří vzájemné uspořádání jednotlivých pažnicových kolon, stručně řečeno vyztužení vrtu. V případě provozních sond PZP Štramberk je konstrukce ve většině případu tvořena dvěma pažnicovými kolonami (úvodní a těžební). Úvodní pažnicová kolona má za úkol zpevnit okolí vrtu a redukovat enviromentální rizika. Délka úvodní pažnicové kolony se dle typu pohybuje do hloubky 200 až 300 metrů. Těžební pažnicová kolona slouží právě k těžbě. Jejím úkolem je zpevnit, otevřít produktivní vrstvy a provést izolaci od ostatních horizontu geologických profilů. Prakticky vytváří spojovací kanál mezi povrchem a

těženým místem. Její součástí je i kolona těžebních filtrů (viz dále). Některé sondy mají tři kolony (úvodní, technická a těžební). Použití technické neboli ochranné pažnicové kolony se odvíjí od geologické stavby terénu, jeho nestability a porušeností. Dle těchto charakteristik může být technických kolon v rozpětí od 1 do 5. Technická pažnicová kolona zajišťuje průběh vrtání do cílového horizontu. Zpevňuje a izoluje horninovou formaci, které nesplňuje podmínky pro vrtání. Snaží se předejít haváriím ve vrtu při vrtání a jiným komplikacím [23, 28, 29].

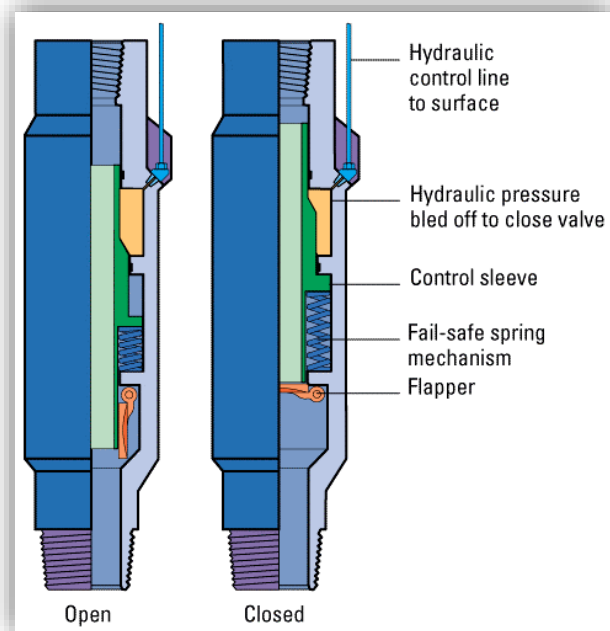


Obrázek 2 Příklady konstrukčního řešení vrtu. Zdroj [28]

Mezikruží pažnicových kolon je zacementováno. Vystrojovací kolona pro vtlačování a těžbu zemního plynu je složena ze stupaček o průměru 73 mm (2 7/8“) nebo 89 mm (3 1/2“). Stupačkovou kolonu tvoří ocelové potrubí s plynotěsnými závity (VAGT). Délka jednotlivé stupačky se pohybuje okolo 12 metrů [23].

Stupačka na povrchu je osazena těsnicím kuželem, na kterém vystrojovací kolona visí (spodní část produkčního kříže). Kužel je namáhán vahou vystrojovací kolony až po park a zároveň izoluje mezikruží mezi těžební stupačkovou kolonou a těžební pažnicovou kolonou [22].

V hloubce zhruba mezi 30-40 metrů se nachází bezpečnostní prvek, který se významně podepsal na snížení rizika závažné havárie. Podpovrchový bezpečnostní ventil (dále PPBV), jenž je součástí hydraulického bezpečnostního systému (HBS), je ovládán z povrchu pomocí kontrolního panelu. Systém HBS krom PPBV ovládá také povrchový bezpečnostní ventil (PBV). Přirozená poloha klapky je konstrukčně nastavena do zavřené pozice. V otevřené pozici je



Obrázek 3 Základní schéma PPBV. Zdroj [23]

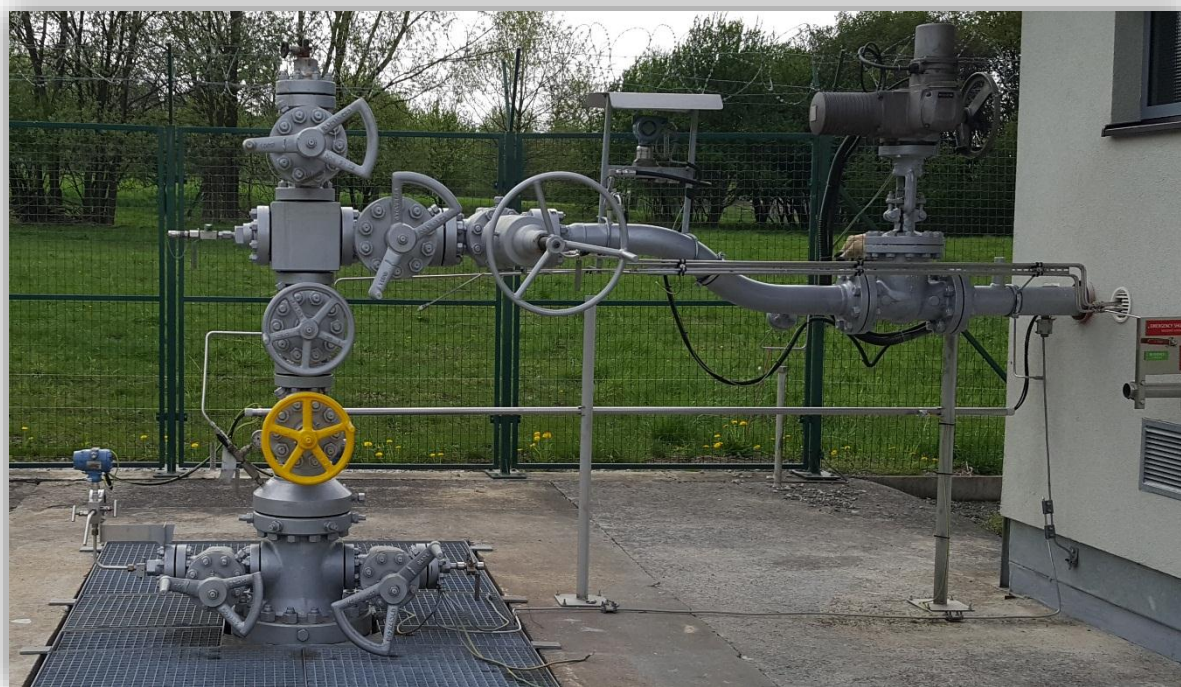
drží hydraulický tlak (220 bar) v systému, který značně převyšuje tlak zemního plynu v podzemním zásobníku. Pokles tlaku způsobí uvolnění stlačené pružiny a zvednutí ovládací objímky (Control sleeve), čímž dojde k zavření klapky do své přirozené polohy. Prostřednictvím komunikace Modbus TCP (komunikace master-slave) je systém napojen na řídicí systém PZP. Operátor tak sleduje stav bezpečnostních klapky a celkový stav HBS. Díky funkci ESD (Emergency Shut Down) může na dálku zavřít bezpečnostní ventily. Systém je však plně autonomní. Samostatně dokáže rozpoznat havarijní stav, kdy například po roztavení požární pojistky, prudké změně tlaku, poklesu či překročení tlaku na produkčním kříži nad nebo pod stanovenou Linebreak, automaticky uzavře bezpečnostní ventil. Klapky se zavírají v pořadí povrchová a poté podpovrchová. Pokud dojde k automatickému uzavření, operátor velínu dostane hlášení o ESD a jeho příčině [23].

Další součástí stupáčky je těžební pakr, který je umístěný v těžební pažnicové koloně. Utěšňuje technologickou část sondy. Prostor na pakrem je vyplněn parkovací kapalinou, která obsahuje regulátor pH a antikorozi přísady [23].

V posledním úseku se nachází filtrační část, která je rovněž součástí těžební kolony. Tuto část tvoří proti pískové filtry, která zabraňují vnášení písku a dalšího horninového materiálu do stupačky sondy [23]. Popis vystrojení provozní sondy viz příloha č.1.

2.3.7 Produkční kříž

Produkční kříž je usazen na přírubě vycházející z těsnicího kužele. Produkční kříž se směrem vzhůru rozrůstá o soustavu uzávěru, šoupátek, jehlových ventilů pro hermetické uzavření, měření tlaku, odběry vzorku a odpouštění media. Na produkčním kříži můžeme najít ruční armatury, povrchový bezpečnostní ventil, boční armatury (bočníky), zpravidla dva hlavní uzávěry (hlavníky), vývody zakončené jehlovými ventily či zaslepovacími přírubami s možností měření tlaku a odběru vzorku. Vrchol produkčního kříže tvoří vrchní ventil (vrchník).



Obrázek 4 Produkční kříž provozně těžební sondy. Zdroj vlastní.

2.3.8 Zabezpečení PZP Štramberk

Kontrolní a řídicí činnost technologii zabezpečuje víceúrovňový systém Plant Suite MP společnosti ZAT a. s. Jelikož technologie PZP Štramberk jsou plošně náročné, je systém dvou stupňový, kdy první stupeň představují procesní stanice a druhý stupeň pak operátorská stanice. Každá procesní stanice, která je součástí jednotlivých provozních částí technologie, má naprogramované vlastní algoritmy řízení. Tedy v případě výpadku nadřazené operátorské úrovně, je procesní stanice schopná fungovat samostatně a bezpečně [22].

PZP Štramberk je oplocen drátěným PVC pogumovaným pletivem vysokým asi 3 metry, který je uchycený na kovových sloupech. Oplocení je nahoře opatřeno spirálovým žiletkovým drátem ve dvou řadách. Centrální areál je pod neustálým kamerovým dohledem prováděným dvěma na sobě nezávislými pracovišti centrálního objektu [30].

Provozní a pozorovací sondy rovněž oploceny a opatřeny žiletkovým drátem. Nejsou však pod dozorem kamerového či detekčně pohybového systému. Zabezpečení kamery a čidly pohybu na tak rozsáhlém území by bylo technicky a ekonomicky nesmírně náročné. V minulosti již jiné objekty PZP zkoušely takto své sondy zabezpečit. Způsob se ale neosvědčil a byl následně zrušen. Sondy jsou však zabezpečeny detekcí manipulace s technologií, respektive pokud by se nepovolaná osoba rozhodla ovládat například ventily, obsluha velínu dostane oznámení [30].

Nedílnou bezpečnostní součástí technologických zařízení jsou systémy detekce požáru, úniku hořlavého plynu stabilní hasicí zařízení. Ústředna EPS je umístěna na velínu a vrátnici, tady na dvou na sobě nezávislých lokacích [31].

2.4 Posouzení rizika závažné havárie provozovatelem

Podle ustanovení § 9 odst. 1 zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, je povinen provozovatel zařazený do skupiny B za účelem zpracování bezpečnostní zprávy provést posouzení rizika závažné havárie. Současně se zpracovávají podklady pro stanovení zóny havarijního plánování a vypracování vnějšího havarijního plánu. Podklady a návrh bezpečnostní zprávy se odesílají krajskému úřadu k posouzení současně. Na základě podkladů krajský úřad stanoví zónu havarijního plánování aneb oblast, ve které budou uplatňovány požadavky ochrany obyvatelstva a územního rozvoje pomocí vnějšího havarijního plánu. Dle prováděcí vyhlášky č. 226/2015 Sb., o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktuře, podle tabulky A 2 byla zóna havarijního plánování od oplocení centrální areálu stanovena na 250 metrů, pro provozně těžební sondy na 80 metrů [32, 33].

Posouzení rizik zahrnuje provedení:

1. identifikace zdrojů rizik,
2. analýzu rizik,
3. hodnocení rizik [32].

Provozovatel objektu PZP Štramberk provedl následující bezpečnostně analytické studie za účelem posouzení rizika závažné havárie:

- Selektce zdrojů rizika závažné havárie dle CPR 18E
- HAZOP centrálního areálu PZP
- HAZOP sond na PZP
- Identifikaci enviromentálních rizik pomocí metody EA index
- Posudek rizika lidského faktoru

- Modelace následku pomocí programu Effects a zjištění přijatelnosti společenského rizika
- Vyhodnocení domino efektu v objektu PZP Štramberk [34]

Identifikaci enviromentálních rizik pomocí metody EA index a posudek rizika lidského faktoru vzhledem k rozsahu a cíle práce nebude dále rozebrán.

2.4.1 Selekcce zdrojů rizika závažné havárie dle CPR 18 E

Provádět kvantitativní hodnocení rizika (dále QRA, Quantitative Risk Analysis) vychází ze zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, kdy zdroje rizika se zahrnou do bezpečnostní studie, kde se v další části podrobují podrobné analýze a jejímu vyhodnocení. Nutnost hodnotit riziko kvantitativně nastává v situaci, kdy nebezpečné látky svým množstvím a umístěním mohou ohrožovat své okolí. QRA je součástí bezpečnostní zprávy zpracované provozovatelem. Je to prakticky doklad o riziku nebezpečných látek v objektu. Výsledkem jsou podstatné informace, které využívá příslušný krajský úřad při posuzování rizika a rozhodování o dalším rozvoji uvnitř a v okolí objektu. Avšak ne všechna zařízení v objektu PZP mají vysoký potenciál k riziku závažné havárie. Právě pro výběr pouze takových zařízení, které se nejvíce podílejí na riziku závažné havárie, slouží selektivní metoda CPR 18E. Vybrané jednotky touto metodou se teprve podrobují QRA. Vybrané jednotky pomocí metody CPR 18E však můžou být doplněny o další možné zdroje rizika, které ze selektivní metody sice nevyplývaly, ale z provozních zkušeností a vlastního uvážení je doplnil provozovatel [32, 35, 36, 37].

CPR 18E je selektivní metoda vyvinutá pro výběr takových zařízení, respektive jednotek, které jsou z hlediska vzniku závažné havárie významné. Postup metody spočívá v rozdělení celého objektu na nezávislé jednotné zařízení. Pro každé takovéto jednotné zařízení se stanoví indikační číslo A na podkladě množství, vlastnosti nebezpečných látek a provozních podmínek. Indikační bezrozměrné číslo A se vypočte pomocí vztahu $A = \frac{Q \times Q_1 \times Q_2 \times Q_3}{G}$, kde Q zastupuje přítomné množství

nebezpečné látky v tunách, Q1 procesní faktor, Q2 faktor umístění, Q3 faktor množství látky v plynném stavu po jejím uniku a G mezní hodnotu. Indikační číslo

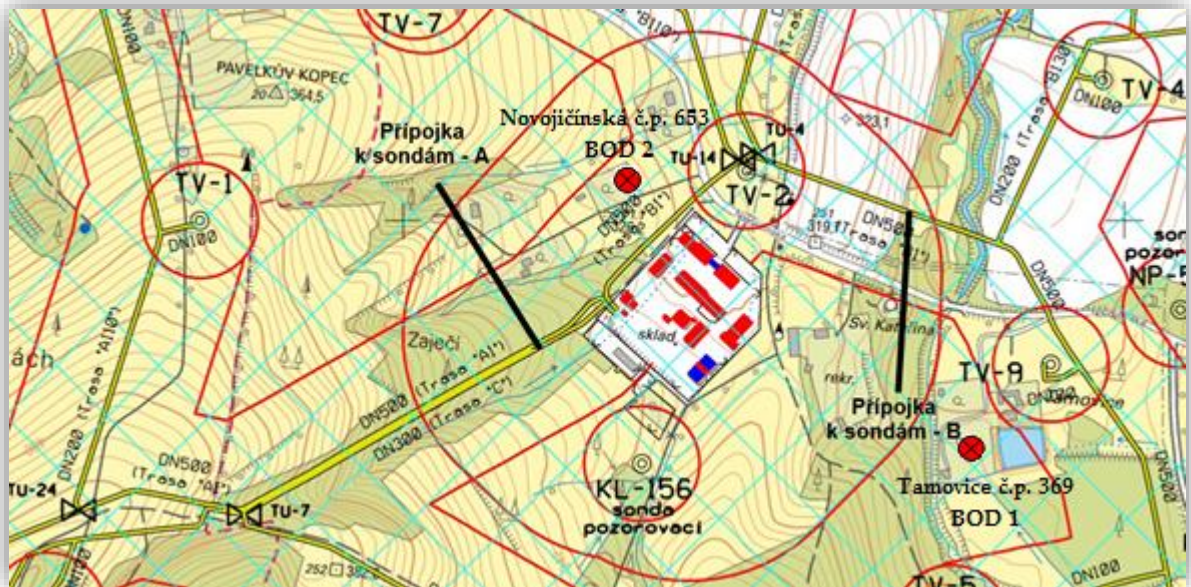


Obrázek 5 Množina 14 bodů na hranici centrálního areálu. Zdroj: innogy Gas Storage, s.r.o.

A odráží skutečnou míru nebezpečnosti zařízení. Dále se stanoví množina bodu v okolí centrálního areálu, viz obrázek 5 [36, 37].

Pro každý bod se vypočte selektivní číslo S , které odpovídá míře nebezpečí od vzdáleného nebezpečného zařízení. Výpočet se provede podle vztahu $S^T = \left(\frac{100}{L}\right)^2 A^T$ pro toxické látky, $S^F = \left(\frac{100}{L}\right)^3 A^F$ pro hořlavé látky a $S^E = \left(\frac{100}{L}\right)^3 A^E$ pro výbušné látky, kde L je vzdálenost v metrech od nebezpečného zařízení, přičemž minimální vzdálenost je 100 metrů. Pokud je hodnota L menší než 100 metrů, pak selektivní číslo nabývá stejné hodnoty jako indikační číslo A . $A^T A^F A^E$ označují indikační čísla dle skupiny látek. Stanovených bodů na hranici areálu musí být minimálně osm při maximální 50metrové vzdálenosti mezi jednotlivými body. Mimo hranici areálu se selektivní číslo vypočítává i pro obydlenou oblast, která se nachází nejbližší zařízení. V případě PZP Štramberk se jedná o rodinné domy Tamovice č.p. 369, Štramberk (BOD 1) a Novojičínská č.p. 653, Štramberk (BOD 2) viz obr. 6. Pokud je selektivní číslo S na hranici areálu a rovněž v obydlené oblasti

větší než 1, pak je požadováno provedení kvantitativního hodnocení rizika QRA. V případech většího počtu zdrojů rizik se selektivním číslem větším než 1 se zahrnují dále pouze ty jednotky, které dosáhli více než 50% hodnoty maximálního selektivního čísla [36, 37].



Obrázek 6 Zakreslení umístění zdroje rizika (přípojky A, B) a ohrožené rodinné domy (bod 1 a 2). Zdroj: innogy Gas Storage, s.r.o.

Ze stanovených selektivních čísel pro množinu bodu na hranici objektu a v obydlené oblasti vyplývá, že je nutné podrobit kvantitativní analýze dva zdroje rizika, a to přípojky k sondám A a B.

U přípojky A jde o potrubní úsek propojující centrální areál a větev sond A. Pracovní tlak se pohybuje okolo 50 bar. Vypočtený celkový objem tohoto potrubí je 790 m³. Výsledné indikační číslo $A = 2,8$ ($Q = 27532$ kg, $O_1 = 1$, $O_2 = 0,1$, $O_3 = 10$, $G = 10000$ kg, zemní plyn-hořlavá látka). Hodnota maximálního selektivního čísla pro přípojku A byla stanovaná na $S_{max} = 2,8$. Selektivní číslo pro rodinné domy pak dosáhlo hodnoty 0,05 pro bod 1 a 2,38 pro bod 2 [36].

Přípojka k sondám B je rovněž potrubní úsek propojující centrální areál a větev sond B při tlaku 50 baru a vodnímu objemu 1246 m³. Výsledné indikační číslo $A = 4,3$ ($Q = 43423$ kg, $O_1 = 1$, $O_2 = 0,1$, $O_3 = 10$, $G = 10000$ kg, zemní plyn-hořlavá látka).

Hodnota maximálního selektivního čísla pro přípojku B byla stanovena na $S_{\max} = 4,3$. Selektivní číslo pro rodinné domy pak dosáhlo hodnoty 0,09 pro bod 1 a 3,75 pro bod 2 [36].

Management společnosti innogy Gas Storage, s.r.o. na základě provozních zkušeností a vzhledem k rizikům provozu PZP zahrnul dodatečným rozhodnutím do detailního hodnocení i všechny provozní sondy, které jsou řešeny typově [36].

Poselstvím této podkapitoly bylo opodstatnit dále modelované scénáře v praktické části.

2.4.2 HAZOP centrálního areálu PZP a výsledné scénáře závažných havárií

Studie nebezpečí a provozuschopností (HAZOP, Hazard and Operability Study) patří dle dostupných literárních zdrojů k nejjednodušším a pravděpodobně i k nejrozšířenějším studiím k identifikaci nebezpečí vyvinutá společností ICI-Petrochemicals Division ve Velké Británii. Uplatnění nachází především v chemickém průmyslu jak v projektové fázi, tak i během rekonstrukce a již funkčních provozů [37, 38].

Studii posouzení provozu provádí malý tým odborníků, kdy každý úsek provozu je systematicky hodnocen. Při metodě se využívá řada klíčových slov tak, aby členové týmu mohli efektivně reagovat a vyhledávat možné odchylky od normálních provozních podmínek. Pokud existuje podmínka, respektive příčina, při které by mohlo dojít k mimořádným provozním podmínkám, je nezbytné dále zjišťovat její následky. Stručný postup bychom si mohli nastínit jako vyslovení klíčového slova -> definování odchylky -> odvození příčiny -> stanovení následku -> dostatečnost bezpečnostních funkcí -> doporučení opatření [39].

Názorná ukázka systematické bezpečnostní studie je uvedena v příloze 2.

V roce 2011 bylo stanoveno 38 doporučení. Stav v roce 2017 vykazoval 25 realizovaných opatření. V současné době se pracuje na realizaci dalších 9 opatření. Celkem 4 doporučení nebyla realizována.

Výčet některých realizovaných doporučení z roku 2011, které se jeví jako důležité z pohledu této práce:

- Instalovány bezpečnostní pneumatické armatury v provedení Fail Save (přirozená poloha armatury v uzavřené pozici) na vstupním, ale i výstupním potrubí DN500 centrálního areálu PZP Štramberk. (V roce 2011 nebyl splněn požadavek normy ČSN EN 1918-5 na oddělitelnost centrálního areálu v případě nebezpečí.)
- Pokračováno bylo v instalaci bezpečnostních uzavíracích ventilů na další sondy. V současné době jsou ventily dle vedoucího PZP Štramberk instalovány na všech sondách. Ze získaných zkušeností při erupci zemního plynu sondy LO-40 PZP Lobodice je prokázáno, že v některých případech je uzavření bezpečnostního ventilu nejúčinnějším způsobem zastavení úniku zemního plynu.
- Rovněž na základě havárie sondy LO-40 v Lobodících, kde došlo k pádu stromu na rameno sondy a následné erupci zemního plynu, byla provedena analýza možných vnějších vlivů v podmínkách PZP Štramberk. Výsledkem byl návrh bezpečnostních opatření k odstranění nebo k minimalizaci úniku zemního plynu. Například kácení stromů.
- Do kompresorovny byl instalován kamerový systém z důvodu nejasného postupu při spuštění signalizace EPS. Díky kamerovému vybavení je tak možné za poměrně nízké náklady nepřetržitě monitorovat zařízení kompresorovny a mít tak možnost ověřovat situaci v kompresorovně v reálném čase již v prvním okamžiku signalizace EPS. Po instalaci kamerového systému byla zavedena možnost spuštění SHZ přímo z velínu [30, 40].

Jako zdroje významného rizika zavážené havárie byly identifikovaný potrubní přípojky A, B vycházející a přicházející do centrálního areálu k sondám a od nich.

Havarijní scénáře potrubních přípojek A, B

1. Roztržení potrubí DN500 v plném průřezu při uvažované délce 1720 metrů.

Dojde k horizontálnímu neustálenému krátkodobému úniku zemního plynu pod vysokým tlakem kritickou rychlostí, turbulentnímu výtoku za doprovodu velice intenzivních zvukových projevů. Při okamžité iniciaci dojde k požáru typu Jet Fire, při opožděné iniciaci požáru typu Flash Fire. Pokud dojde k vyloučení všech iniciačních zdrojů, pak se zemní plyn bude rozptylovat v příslušné výšce [34].

2. Netěsnost potrubní s vertikálním únikem zemního plynu otvorem rovnající se asi 10 % DN500 potrubí.

Při okamžité iniciaci dojde k požáru typu Jet Fire, při opožděné iniciaci požáru typu Flash Fire. Pokud dojde k vyloučení všech iniciačních zdrojů, pak se zemní plyn bude rozptylovat v odpovídající výšce [34].

3. Netěsnost potrubí s diagonálním únikem zemního plynu otvorem rovnající se asi 10 % DN500 potrubí.

Při okamžité iniciaci dojde k požáru typu Jet Fire, při opožděné iniciaci požáru typu Flash Fire. Pokud dojde k vyloučení všech iniciačních zdrojů, pak se zemní plyn bude rozptylovat v odpovídající výšce [34].

2.4.3 HAZOP sond na PZP a výsledné scénáře závažných havárií

Výsledkem studie HAZOP, orientované na provozní sondy, jsou následující havarijní scénáře:

1. Zničení stupačky pod produkčním křížem vlivem pádu cizího tělesa nebo impaktu, erupce plynu na sondě.

Po destrukci stupačky začne masivně pod vysokým tlakem a kritickou rychlostí prakticky okamžitě unikat zemní plyn celým svým průřezem za turbulentních výtoku a velice intenzivních zvukových projevů. Při okamžité iniciaci dojde k požáru typu Jet Fire, při opožděné iniciaci požáru typu Flash Fire. Pokud dojde k vyloučení všech iniciačních zdrojů, pak se zemní plyn bude rozptylovat v odpovídající výšce. Mělo by dojít k uzavření PPBV do cca 30 sekund. Pokud se tak nestane, inspekční služba vyhlásí havárii a dále postupuje podle havarijního plánu [23].

2. Poškození stupačky s vytvořením otvoru odpovídající velikosti asi 10 % DN sondy s následným únikem plynu.

Vlivem poškozené stupačky začne masivně pod vysokým tlakem a kritickou rychlostí prakticky okamžitě unikat zemní plyn buď horizontálně nebo vertikálně, dle lokalizace. Při okamžité iniciaci dojde k požáru typu Jet Fire, při opožděné iniciaci požáru typu Flash Fire. Pokud dojde k vyloučení všech iniciačních zdrojů, pak se zemní plyn bude rozptylovat v odpovídající výšce. Mělo by dojít k uzavření PPBV do cca 30 sekund. Pokud se tak nestane, inspekční služba vyhlásí havárii a dále postupuje podle havarijního plánu [23].

2.4.4 Modelace následku pomocí programu EFFECTS a zjištění přijatelnosti společenského rizika

Celkový přehled odhadu možných následku vypočítaných pomocí programu EFFECTS pro potrubní přípojky a provozně těžebních sondy byl pro potřeby této práce zkompletován pomocí excelové tabulky z podkladů provozovatele innogy Gas Storage, s.r.o. PZP Štramberk a umístěn v přílohách 3 a 4. Spektrum závažných následku se odvíjí dle velikosti zasažené plochy a odhadované hustoty obyvatelstva. Pro sondy je odhadován pohyb 10 osob/hektar během denní doby, v noci konzervativně se uvažuje o pohybu 1 osoby/hektar. V okolí potrubních přípojek je koncentrace osob odhadována na 5 osob/hektar během dne a v noci rovněž konzervativně je uvažován pohyb 1 osoby/hektar. V případě výpočtu společenského rizika pro roztržení potrubí DN 500 byla splněna přijatelnost rizika $f < F_p$ [34, 41].

2.4.5 Vyhodnocení domino efektu PZP Štramberk

Za účelem vyhodnocení možného domino efektu byly do procesu hodnocení provozovatelem zahrnuty provozně těžební sondy, podzemní potrubní přípojky, nádrže s metanolem a také byla posouzena kompatibilita vybraných chemických látek. U provozních sond bylo zváženo vzájemné ovlivnění při možné erupci na sondě. Dle výsledku programu EFFECTS však nebyla prokázána kritická hodnota tepelné radiace (25 kW/m^2). Posouzením následku roztržení podzemního potrubí DN 500 bylo pro centrální areál zjištěno nebezpečné ohrožení tepelnou radiací centrálního areálu. Následky se budou odvíjet dle doby úniku a působení tepelného sálání. Od roku 2011 za tímto účele byly instalovány hraniční armatury oddělující centrální areál od podzemních přípojek. Další armatury se nacházejí na několika místech podél trasy plynovodu. Je tedy v zajmu provozovatele omezit únik na co nejkratší dobu. Možný vliv požáru metanolu jevem Pool Fire nebyl prokázán vyšší intenzity než v případě erupce na sondě. Vzájemná reaktivita vybraných chemických látek nebyla metodou CRW 3 potvrzena, neboť používané látky jsou kompatibilní a vzájemně spolu nereagují [42].

Mixture Manager		Mixture Report		Compatibility Chart				
Print Chart								
Export to Excel								
NFPA		Chemical Pairs		FUEL OIL (DIESEL)	GASOLINE	METHANE	METHANOL	TRIETHYLENE GLYCOL
Health	Flammability	Reactivity	Special	MIX_PZP Compatibility Chart				
1	2	0						
1	3	0		Y				
2	4	0		Y	Y			
1	3	0		Y	Y	Y		
1	1	0		Y	Y	Y	Y	

Chart Legend

Y : Compatible
No hazardous reactivity issues expected.

N : Incompatible
Hazardous reactivity issues are expected.

C : Caution
May be hazardous under certain conditions.

SR : Self-Reactive
Potentially Self-Reactive (e.g., polymerizable)

***Note:** If asterisk appears in cell, then compatibility decision was manually changed by the user from the CRW prediction to that shown.

Obrázek 7 Výsledek kompatibility chemických látek PZP Štramberk generovaný metodou CRW3. Zdroj: innogy

2.4.6 Vyhodnocení rizika objektu PZP Štramberk společnosti innogy Gas Storage, s.r.o.

Jak již bylo v předchozí podkapitolách několikrát zmíněno jsou přípojky A, B zdrojem významného rizika závažné havárie. Krom přípojek management společnosti innogy Gas Storage s.r.o. PZP Štramberk na základě provozních zkušeností zařadil do tohoto balíčku rizika všech 57 provozních sond. Konkrétně jde o 30 sond s průměrem 2 7/8" s PPBV a 27 sond 3 1/2" s PPBV. Pro potrubní přípojky A, B bylo také posouzeno společenské riziko. Pro posouzení přijatelnosti rizika objektu PZP Štramberk bylo dle legislativy stanoveno kritérium $F_p = 10^{-3}/N^2rok^{-1}$. Cílem vyhodnocení je tady stanovit společenské riziko PZP Štramberk a posoudit společenskou přijatelnost. Riziko jednotlivých scénářů bylo vypočteno ze vztahu $R = f \times N$ (frekvence \times následky). V případě sondy bylo vypočítáno nulové usmrcení osob, neboť nebylo zjištěno možné fatální zranění osob. Míra skupinového rizika scénáře roztržení potrubí DN 500 byla však vypočtena v rozhraní 1,28 – 1,71 $\times 10^{-5}$ usmrcených osob za rok v závislosti na denní době a typu scénáře [42].

3 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

Cílem diplomové práce je stanovit relevantní ohrožení obyvatelstva pomocí analýzy dopadu identifikovaných scénářů závažných havárií s použitím prognostického modelování. Dalším záměrem je vypočtené výsledky komparovat s výstupy programu EFFECTS, podklady provozovatele, legislativními dokumenty. Vypočtené následky budou dále posouzeny v kontextu bezpečnostních opatřeních a proběhlých havarijních událostí.

Úmyslem je tedy vytvořit diplomovou práci, která umožní podat informace o možném ohrožení obyvatelstva a bude svým obsahem sloužit jako podklad Hasičskému záchrannému sboru Moravskoslezského kraje při zpracování vnějšího havarijního plánu. Součástí práce bude i zpracování návrhu vybraného plánu konkrétní činnosti, jenž bude z důvodu rozsahu této práce umístěn do přílohy.

Práce předpokládá:

- Hypotéza: Dosah závažných následků havárie nepřesáhne stanovenou zónu havarijního plánování či bezpečnostního pásma.
- Hypotéza: Ohrožení obyvatelstva je naddimenzováno současnou legislativou.

4 METODIKA

Základem pro dosažení cíle diplomové práce bylo praktické a teoretické seznámení s centrálním areálem a jeho periferiemi jako jsou provozní, pozorovací sondy a další technologie za účelem zjištění kritických míst jako možných příčin vzniku závažné havárie. Tento základ byl důležitý i pro získání vstupních atributů nezbytných pro následné hodnocení dopadů. Dalším nepostradatelným krokem bylo získání podkladu pro zpracování vnějšího havarijního plánu a souboru bezpečnostních dokumentací objektu innogy Gas Storage, s.r.o. PZP Štramberk, které se podařilo získat od Hasičského záchranného sboru Moravskoslezského kraje, pracoviště Ochrany obyvatelstva a krizového řízení se souhlasem společnosti innogy Gas Storage, s.r.o pro účely diplomové práce.

K dosažení stanoveného cíle byla zvolena metoda analýzy dopadu možných scénářů závažných havárií za použití volně dostupného programu ALOHA. Modelované havarijní scénáře byly voleny na podkladě identifikovaných scénářů provozovatele innogy Gas Storage, s.r.o a dále dle poskytnutých odborných informací při osobním setkání ze strany znalců innogy Gas Storage, s.r.o. PZP Štramberk. Pro přesnější odhad následku budou výsledky analýzy ALOHY komparovány s resultáty provozovatele innogy z programu EFFECTS ve kterém modelovali odborně způsobilí zaměstnanci společnost innogy Gas Storage, s.r.o. Výsledky analýzy budou uspořádaný do tabulek a přepočteny dle rozsahu předpokládané havárie na odhadovaný pohyb osob v okolí zařízení.

Vyhodnocené následky možných havárií budou dále posuzovány v kontextu bezpečnostních opatření, havárií na zařízeních obdobného charakteru a dalších faktorů, jenž se můžou nebo nemusí podílet na snížení následku havárie.

5 VÝSLEDKY

5.1 Výsledné ohrožení pomocí modelových scénářů v programu ALOHA

Pro modelaci havarijních scénářů byl zvolen poměrně propracovaný a volně dostupný software ALOHA ve verzi 5.4.7 vyvíjený americkými úřady pro řízení mimořádných událostí EPA (Environmental Protection Agency) a oddělením pro mimořádné události NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Program je učen pro modelaci úniku nebezpečných hořlavých, výbušných a toxických látek. Ze vstupních údajů a externích vlivů vypočítává nebezpečné zóny (Threat Zone) s pravděpodobným ohrožením obyvatelstva. Výslednou nebezpečnou zónu ohrožení je možné zobrazit v prostředí GIS systému MARPLOT a ArcView. Současně s programem ALOHA byla používána databáze CAMEO Chemicals verze 2.7, která sloužila výhradně pro importování zemního plynu do programu ALOHA. Pro zobrazení účinku havárie provozně těžebních sond a plynovodního potrubí byly zóny ohrožení zanesené pomocí aplikace MARPLOT, verze 5.1.1 [43, 44, 45, 46, 47].

5.1.1 Společné atributy havarijních scénářů

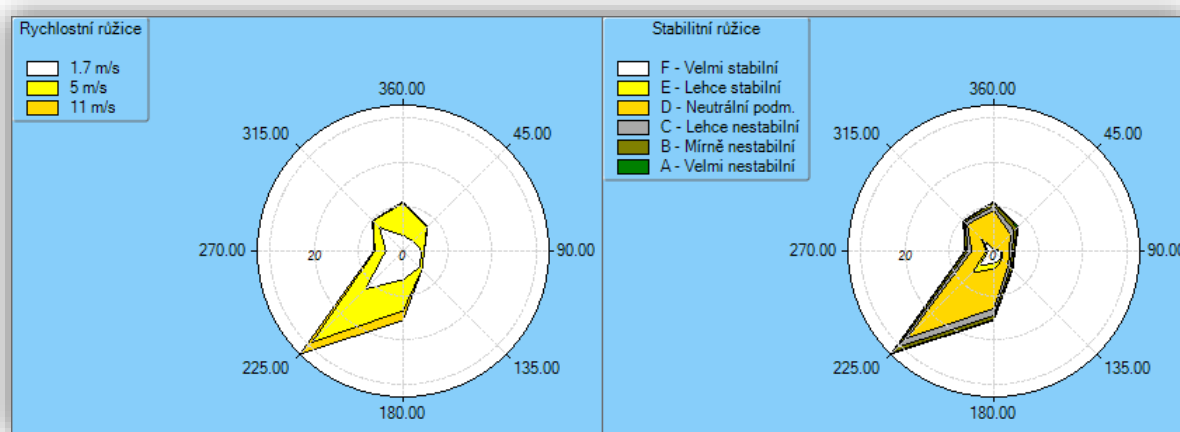
Pro modelaci bylo zvoleno letní období, konkrétně v programu je pracováno s datem 22.7.2018 a časem 13 hodin. Nadmořská výška 320 m.n.m byla zvolena dle podkladů provozovatele. Český hydrometeorologický ústav, útvar ochrany a čistoty ovzduší, oddělení modelování a expertíz na objednávku ještě tehdejšího provozovatele RWE Gas Storage, s.r.o. vytvořil dne 1.7.2016, pomocí modelu CALMET ve verzi 6.211 větrnou růžici za období 2006 - 2015 platnou pro výšku 10 metrů nad zemským povrchem. Data byla vypočtena přesně pro N 49° 35.65279', E 18° 5.56025', tedy objekt centrálního areálu PZP Štramberk. Z výsledku, viz obrázek 8, je patrné, že převážně fouká jihozápadní vítr (225°) o průměrné rychlosti 5m/s. Převažují neutrální podmínky stability D. Průměrná letní teplota se pohybuje okolo

17 °C. Zástavba byla vybrána jako kombinovaná. Vlhkost vzduchu 50 %. Maximální pracovní tlak je stanoven všeobecně na 63 baru [41, 48].

Tabulka 1 Přehled společných vstupních údajů

Vstupní společné atributy	
Atributy	Hodnota/popis
datum	22.7.2018
čas	13:00
objekt	PZP Štramberk
chemická látka	zemní plyn
nadmořská výška	320 m.n.m.
terén	město a les
průměrný směr větru	225 °
průměrná rychlost větru	5 m/s
průměrná letní teplota	17 °C
oblačnost	50 %
relativní vlhkost	50 %
třída stability	D
maximální pracovní tlak	63 baru

Souhrn společných vstupních atributů



Obrázek 8 Grafické zobrazení rychlostní růžice a stabilitní růžice. Zdroj: innogy

5.2 Možné havarijní scénáře při roztržení potrubí DN 500 v plném průřezu

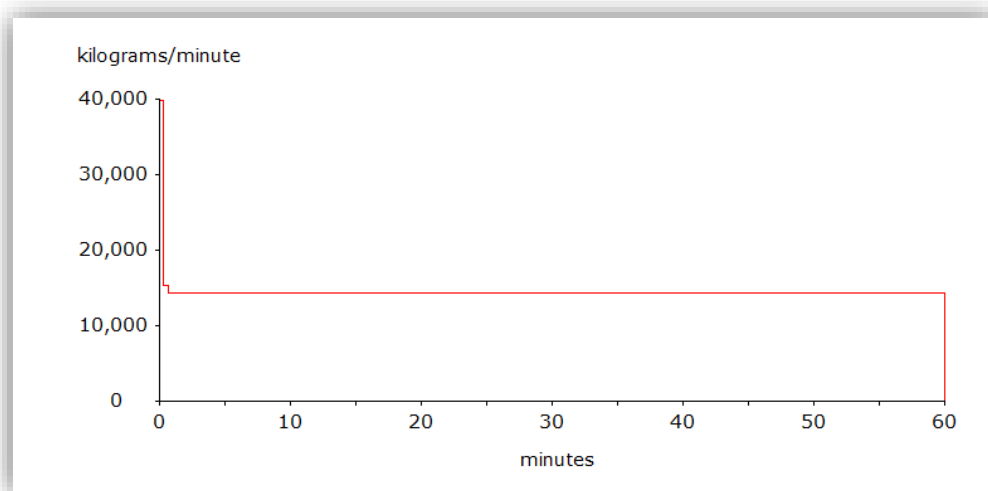
5.2.1 Modelace roztržení podzemního potrubí DN 500 v plném průřezu s kontinuálním únikem v podobě následku Jet Fire

Tabulka 2 Vstupní údaje pro modelaci roztržení potrubí DN 500 bez pneumatického uzávěru

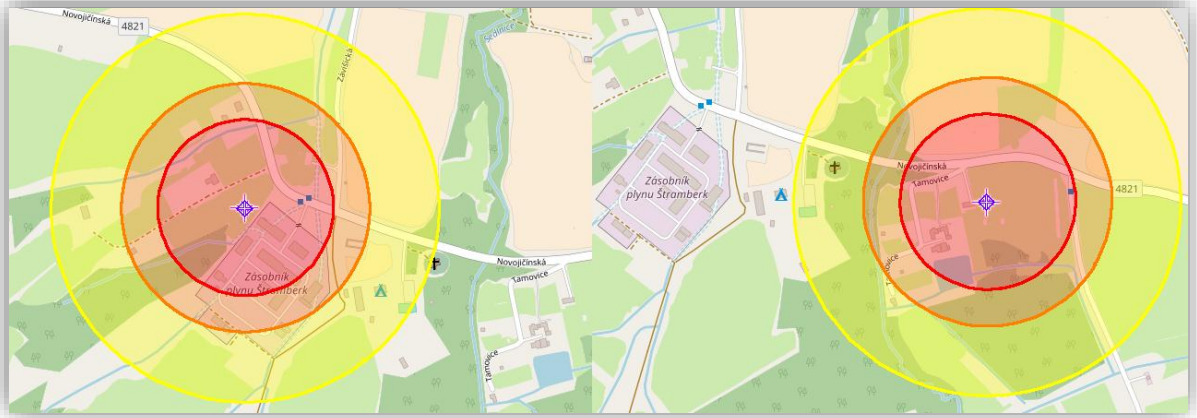
Vstupní atributy havárie	
Atributy	Hodnota/popis
typ následku	Jet Fire
průměr potrubí	500 mm
stanovená délka	6347 metrů
pneumatické ventily	nefunkční/není
velikost otvoru úniku	plný průřez
způsob zakončení potrubí	nekonečný zdroj

Tabulka 3 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při roztržení potrubí DN500

Zóna ohrožení tepelnou radiací	
Charakter účinků během 60 s	Dosah účinku od zdroje
potenciálně letální	150 metrů
popáleniny 2. stupně	210 metrů
popáleniny 1. stupně	326 metrů



Obrázek 9 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření)



Obrázek 10 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace v místě, kde vede podzemní potrubí.

Modelace odhaduje účinky tepelné radiace při roztržení potrubí DN 500 s následkem typu Jet Fire. Scénář této havárie se snažil najít maximální možný dopad havárie. Ve skutečnosti by k takové havárii v podobě nekonečného zdroje prakticky nemělo nikdy dojít, jelikož celé potrubní řečiště je rozděleno na mnoho sekci, které se v případě havárie uzavřou. Tedy vyhoří jen ta část zemního plynu mezi jednotlivými armaturami. ALOHA v této modelaci vypočítala následek s potenciálně smrtelnými účinky do vzdálenosti 150 metrů při 60 sekundovém pobytu (znázorněno červenou barvou). Popáleniny 2. stupně výpočet programu předpokládá do vzdálenosti 210 metru (znázorněno oranžovou barvou). Popáleniny 1. stupně program predikuje do vzdálenosti až 326 metrů (znázorněno žlutou barvou). Nutno dodat, že okolí přípojek je poměrně kopcovité, zalesněné. Lépe řečeno skutečné účinky tepelné radiace v případě skutečné havárie nebudou takto dokonale kruhové, jak je možno vidět na obrázku 10. Dále je potřeba vzít v úvahu, že potrubí vede v podzemí s čímž ALOHA nepočítá. Přiložený graf rychlosti hoření viz obr. 10 slouží k porovnání mezi jednotlivými scénáři, jakožto množstvím, které teoreticky unikne za jednotku času.

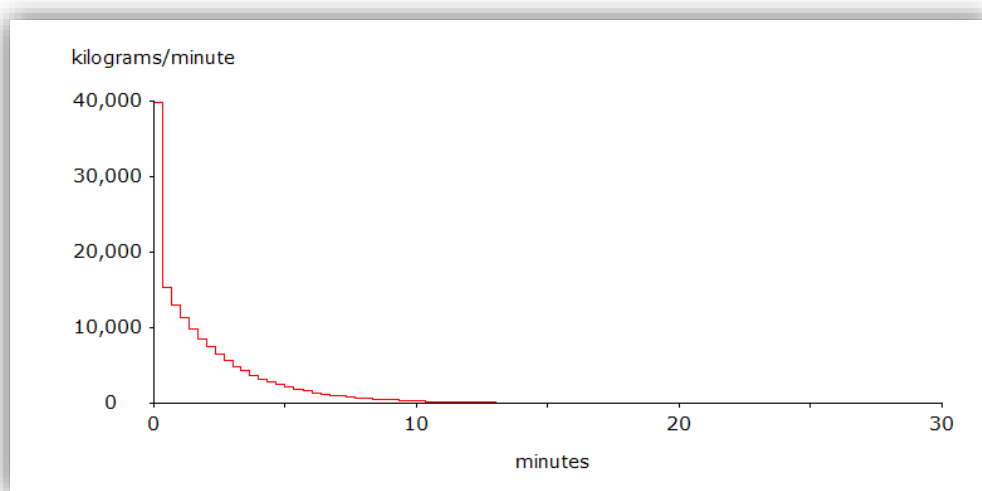
5.2.2 Modelace roztržení podzemního potrubí DN 500 v plném průřezu s pneumatickým uzávěrem a následkem okamžité iniciace v podobě Jet Fire

Tabulka 4 Vstupní údaje pro modelaci roztržení potrubí DN 500 s pneumatickým uzávěrem

Vstupní atributy havárie		
Roztržení potrubí DN 500 v plném průřezu	Atributy	Hodnota/popis
	typ následku	Jet Fire
	průměr potrubí	500 mm
	stanovená délka	6347 metrů
	pneumatické ventily	funkční
	velikost otvoru úniku	plný průřez
	způsob zakončení potrubí	uzavřeno

Tabulka 5 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při roztržení potrubí DN500 s pneumatickým uzávěrem

Zóna ohrožení tepelnou radiací		
Roztržení potrubí DN 500 v plném průřezu	Charakter účinků během 60 s	Dosah účinku od zdroje
	potenciálně letální	150 metrů
	popáleniny 2. stupně	210 metrů
	popáleniny 1. stupně	326 metrů



Obrázek 11 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření)

Prostřednictvím této modelace bylo snahou zjistit ohrožení, které vzhledem k technologickým bezpečnostním opatřením může nastat, byť pravděpodobnost, že se tak opravdu stane je mizivá ($1,285 \times 10^{-5}$ rok⁻¹). Porovnáním tohoto scénáře s předchozí modelovou situací zjistíme, že vypočítána zóna ohrožení tepelnými radiačními účinky se neliší, neboť je počítáno v rámci jistoty s celkovou délkou potrubí. Na obrázku 11 můžeme vidět prudký pokles rychlosti hoření, který je způsoben právě uzavřením potrubní přípojky z obou stran pomocí bezpečnostních pneumatických ventilů. Tedy vyhoří jen zemní plyn, který zůstal v potrubí mezi jednotlivými uzávěry. Znamená to, že okolí havárie bude tepelné radiaci vystaveno relativně krátce, a to především po dobu vyrovnávání tlakových gradientu mezi potrubím a vnějším prostředím. Nelze však říct, že i tato krátká doba je zanedbatelná, neboť ALOHA počítá s následky po dobu 60 vteřin, a vzhledem k přihlídnutí ke grafu rychlosti hoření za danou časovou jednotku závažné následky nelze zamítnout. Následkem havárie dle ALOHY a stanoveného průměrného pobytu osob, lze hrubě odhadnout, že fatálními následky bude ohroženo až 35,34 osob, viz souhrnná tabulka 43.

5.2.3 Modelace roztržení podzemního potrubí DN500 v plném průřezu s kontinuálním únikem a následným rozptylem zemního plynu

Následující všechny modelace tohoto typu se budou věnovat rozptýlení zemního plynu a jeho možnosti iniciace náhodným zdrojem zapálení během úniku. Program ALOHA neumí namodelovat následek případné iniciace v podobě jevu Fire Flash, nicméně umí předpokládat možnou oblast s výskytem koncentrační meze výbušnosti. Aby mohlo vůbec dojít k vznícení směsi, je nutné, aby koncentrace zemního plynu ve vzduchu byla v rozmezí dolní meze výbušnosti (DMV, v ALOZE se používá anglický název LEL – Lower Explosive Limit) a horní meze výbušnosti (HMV, v ALOZE UEL – Upper Explosive Limit). Souhrnně jde o zapalitelnou směs paliva a vzduchu, respektive směs není ani příliš chudá (nedostatek paliva) a není ani příliš bohatá (hodně paliva, ale nedostatek kyslíku) o zemní plyn. Pokud se tato charakteristická koncentrační mez výbušnosti zemního plynu dostane do kontaktu s dostatečným iniciačním zdrojem pak dochází k hoření nebo výbuchu. Tento jev ALOHA nazývá anglickým pojmem Flash Fire neboli celkovým vzplanutím. V případě vzniku jevu Flash Fire se obyvatele zasažené oblasti prakticky náhle ocitnou v moři plamenů a následky na jejich zdraví budou ve 100 % případů fatální [49, 50, 51].

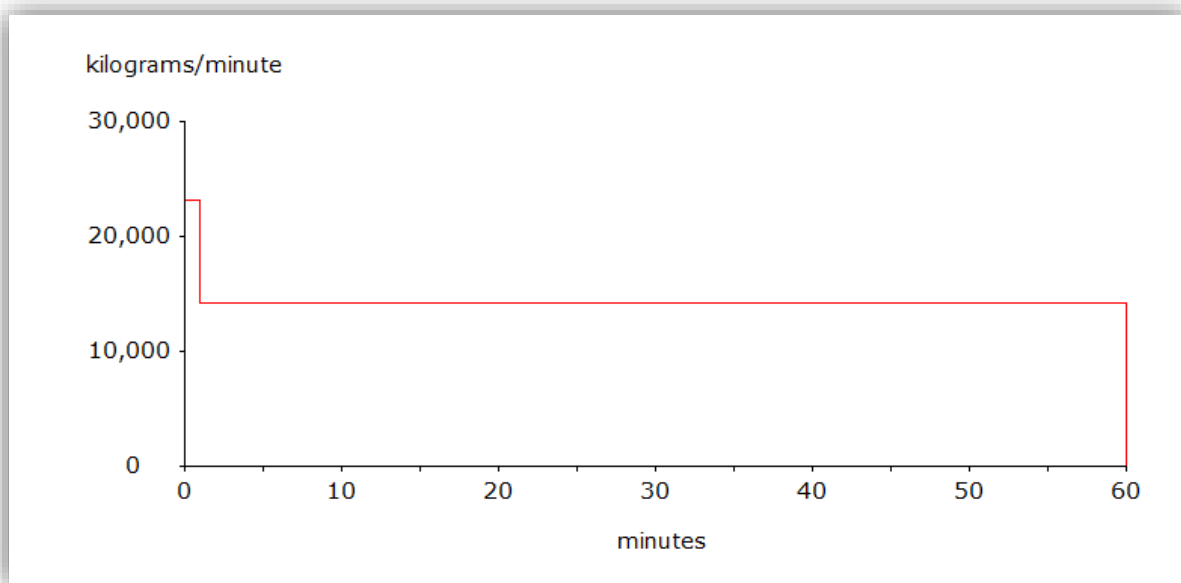
Níže prezentované výsledky vypočítané ALOHOU jsou časově zprůměrované koncentrace zemního plynu, které se mohou v dané oblasti vyskytnout. Je nutné uvést na pravou míru, že v dané zprůměrované oblasti se mohou objevit tzv. kapsy, kde může být koncentrace vyšší, ale také nižší než stanovený průměr. Můžeme zde hovořit o koncentrační variabilitě. ALOHA se snaží tento jev eliminovat používáním kratších průměrných časů, ale i přes to nelze tento jev výpočtem zcela eliminovat. Některé experimenty, které popisuje ALOHA, ukázaly, že efekt kapsy vzniká až ve chvíli, kdy se průměrná vypočítaná koncentrace dosáhne 60 % DMV. Dále je nutné vzít v potaz, že zemní plyn je lehčí než vzduch, tedy předpokládá se, že bude stoupat [44].

Tabulka 6 Vstupní údaje pro modelaci roztržení potrubí DN 500 bez pneumatického uzávěru

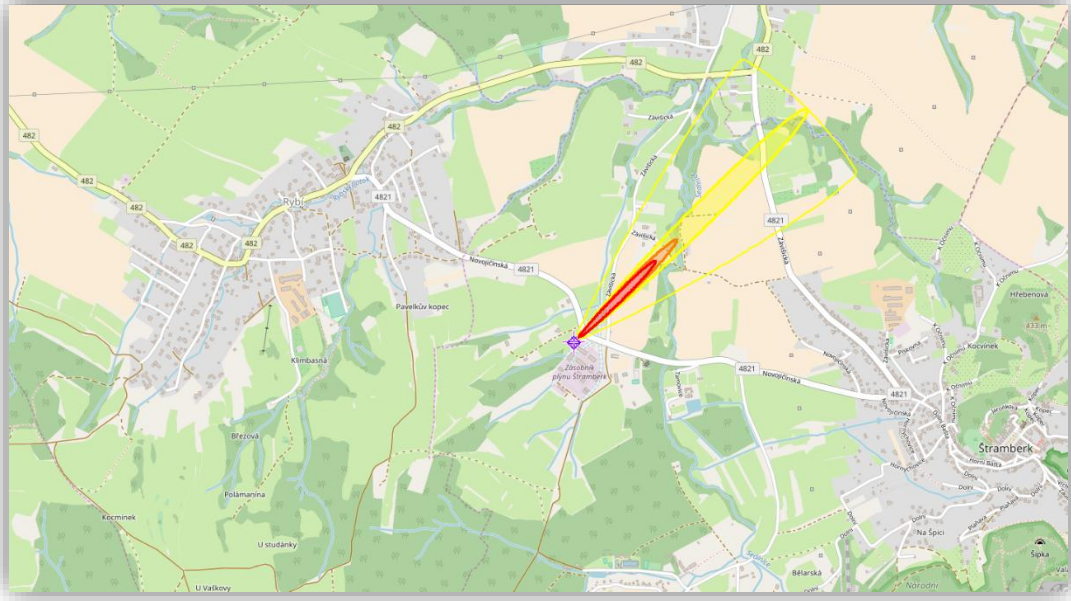
Vstupní atributy havárie	
Atributy	Hodnota/popis
typ následku	Rozptýl/iniciace
průměr potrubí	500 mm
stanovená délka	6347 metrů
pneumatické ventily	nefunkční
velikost otvoru úniku	plný průřez
způsob zakončení potrubí	nekonečný zdroj

Tabulka 7 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při roztržení podzemního potrubí DN 500

Výsledná zóna ohrožení Flash Fire	
Konzentrace větší než	Dosah účinku od zdroje
(DMV) - 50 000 ppm	482 metrů
60 % DMV - 30 000 ppm	609 metrů
10 % DMV – 5000 ppm	1400 metrů



Obrázek 12 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření)



Obrázek 13 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu v místě, kde vede podzemní plynovod.

Tato modelace si kladla za cíl zjistit možné ohrožení obyvatelstva rozptýleným zemním plynem s možností vzniku výbušné koncentrace. ALOHA vypočítala potenciální výskyt výbušné koncentrace do vzdálenosti 482 metrů. Vzhledem k hustotě zemního plynu lze předpokládat, že bude stoupat. Otázka je, jak rychle a do jaké výšky koncentrační oblak stoupne. Nepodařilo najít relevantní literaturu či jiný zdroj, který by daný jev detailně popsal. Během osobního rozhovoru s odborníky innogy Gas Storage s.r.o. PZP Štramberk bylo sděleno, že se prakticky přesně neví, jak se zemní plyn bude chovat. Lze však předpokládat významné ohrožení především v zastavěných oblastech s výskytem výškových budov. Hrubým odhadem dle výsledku výpočtu ALOHY lze očekávat závažné následky na ploše 80 x 482 metrů, tj. 3,86 hektarů. V přepočtu dle odhadované koncentrace osob lze dospět k závěru až potencionálně 19 ohrožených osob během denní doby. Osoby nacházející se v této výbušné koncentraci budou kriticky ohroženy na životě, neboť se prakticky ocitnou v plamenné výhni.

5.2.4 Výpočet explozivní síly

Dalším pomocným modulem ALOHY je výpočet explozivní síly (Blast Force), která svým charakterem může způsobit škody na majetku a vážná zranění. Principiálně výbušná energie neboli tlaková vlna vzniká v závislosti na rychlosti spálení hořlavé látky. Rychlost spálení určí, zda dojde k deflagraci, detonaci, či v extrémních případech až k blastické tlakové vlně. Faktory ovlivňující sílu exploze závisí na typu hořlavé látky, velikosti koncentračního oblaku v okamžiku iniciace, druhu iniciace, přítomnost specifických struktur uvnitř oblaku, které dokážou výbuch ovlivnit. Hovořím zde o tzv. úrovni přetížení. Pro modelaci byla zvolená metoda, kdy ALOHA počítá se všemi případnými časy zapálení. Tedy výsledkem není oblast jediného výbuchu, ale oblast složená z potencionálních výbuchů pro všechny různé časové scénáře zapálení. Typ iniciace byl zvolen jako čistě náhodný v podobě jiskry, plamene, statické elektřiny. Oblast byla definována jako nezatížená [43, 44].

Tabulka 8 Výsledné ohrožení výbušnou energií po iniciaci rozptýleného zemního plynu následkem roztrženého podzemního plynovodu.

		Výsledná zóna ohrožení výbušnou energií	
		Následky	Dosah účinku od zdroje
Roztržení potrubí DN 500 v plném průřezu	Zničení budov (8,0 psi)	Úroveň nepřekročena	
	Vážná zranění (3,5 psi)	Úroveň nepřekročena	
	Rozbití skla/oken (1,0 psi)	Úroveň nepřekročena	

Vzhledem k tomu, že výbušná energie nebyla překročena ani ve všech dalších modelových případech, nebude již dále řešena.

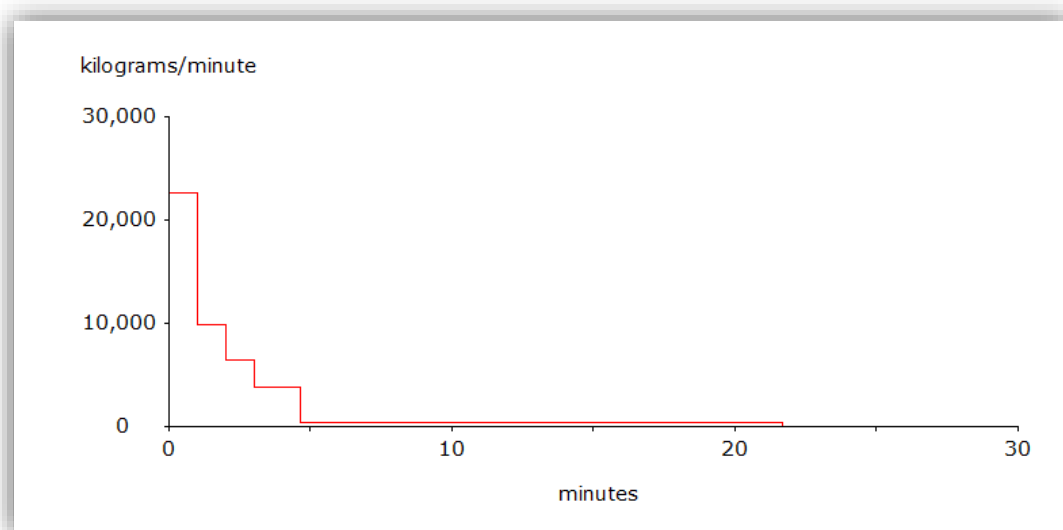
5.2.5 Modelace roztržení podzemního potrubí DN500 v plném průřezu s pneumatickým uzávěrem a následným rozptylem zemního plynu

Tabulka 9 Vstupní údaje pro modelaci roztržení potrubí DN 500 s pneumatickým uzávěrem

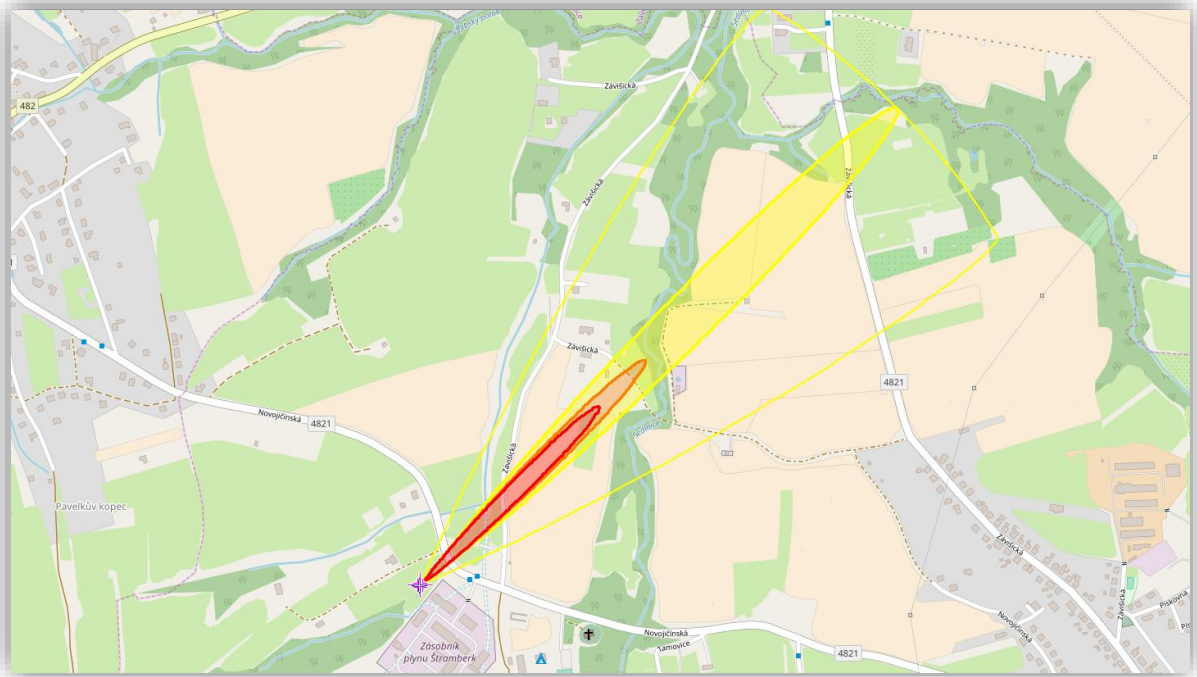
Vstupní atributy havárie		
Roztržení potrubí DN 500 v plném průřezu	Atributy	Hodnota/popis
	typ následku	Rozptyl/iniciace
	průměr potrubí	500 mm
	stanovená délka	6347 metrů
	pneumatický ventil	funkční
	velikost otvoru úniku	plný průřez
	způsob zakončení potrubí	uzavřeno

Tabulka 10 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při roztržení podzemního potrubí DN 500

Výsledná zóna ohrožení Flash Fire		
Roztržení potrubí DN 500 v plném průřezu	Koncentrace větší než	Dosah účinku od zdroje
	(DMV) - 50 000 ppm	477 metrů
	60 % DMV - 30 000 ppm	600 metrů
	10 % DMV – 5000 ppm	1300 metrů



Obrázek 14 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost úniku)



Obrázek 15 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při roztržení přípojky DN 500

Analýza dopadu havárie dle tohoto scénáře se přibližuje předpokládanému reálnému rozptylu vzhledem k bezpečnostním pneumatickým uzávěrům. Pravděpodobnost, že k havárií doopravdy dojde, je spíše teoretická. Odhadovaná pravděpodobnost je stanovena pro rozptyl $2,891 \times 10^{-5}$ rok⁻¹ a případný Flash Fire $0,964 \times 10^{-5}$ rok⁻¹. Potencionální výskyt výbušné koncentrace ALOHOU vypočítán do vzdálenosti 477 metrů. Odhadem dle výsledku ALOHY lze odhadovat výskyt výbušné koncentrace na ploše asi 40×477 metrů, tj. 1,9 hektarů. V přepočtu dle odhadovaného pohybu 5 osob/hektar bude potencionálně ohroženo 9,54 osob. Vzhledem k časovému průběhu lze očekávat u osob v zasažené oblasti významné ohrožení života. Z grafu na obrázku 14 je patrné vyprázdnění potrubí do 5 minut, což je doba intenzivního uvolňování zemního plynu. Prakticky dalších 15 minut bude docházet s nadsázkou k vyvětrávání potrubí.

5.3 Možné scénáře při 10% úniku z potrubí DN 500

5.3.1 Modelace 10% kontinuálního úniku z podzemního potrubí DN 500 s následkem typu Jet Fire

V této modelové situaci nastává problém, neboť ALOHA v případě potrubí napojeného na nekonečný zdroj neumí nasimulovat únik zemního plynu z otvoru menšího, než je samotný průřez potrubí. To znamená, že program bude vždy počítat se zcela přerušným potrubím, kdy průměr otvoru, ze kterého uniká zemní plyn, se bude rovnat průměru potrubí. Pro názornost bylo vyzkoušeno pracovat s potrubím DN 50, avšak relevance výsledků vzhledem k navazující modelaci je pochopitelně očekávaně pochybná.

Tabulka 11 Vstupní údaje pro modelaci 10% úniku DN 500 bez pneumatických uzávěrů

Vstupní atributy havárie	
Atributy	Hodnota/popis
typ následku	Jet Fire
průměr potrubí	DN 500
stanovená délka	6347 metrů
pneumatický ventil	nefunkční
velikost otvoru úniku	DN 50
způsob zakončení potrubí	otevřeno

Tabulka 12 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při 10% úniku DN500 bez pneumatických uzávěrů

Zóna ohrožení tepelnou radiací	
Charakter účinků během 60 s	Dosah účinku od zdroje
potenciálně letální	10 metrů?
popáleniny 2. stupně	13 metrů?
popáleniny 1. stupně	20 metrů?

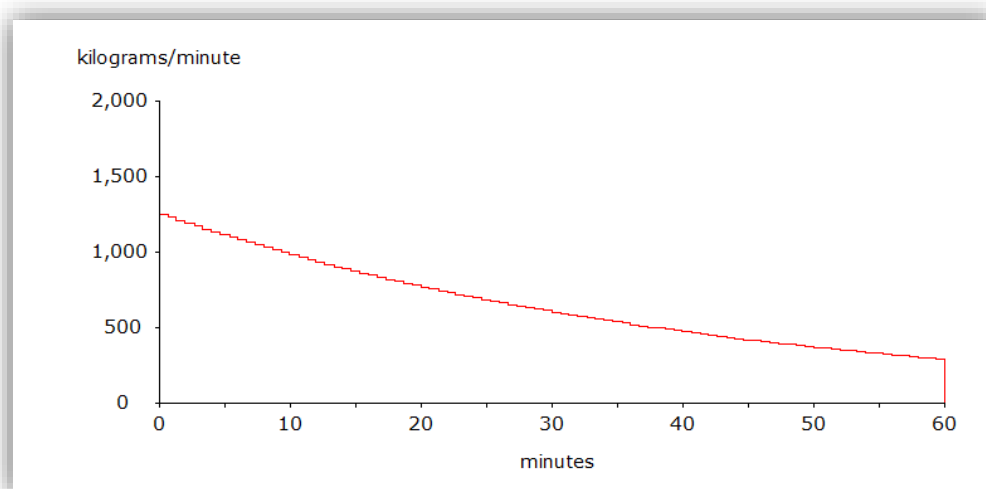
5.3.2 Modelace 10% úniku z podzemního potrubí DN 500 s pneumatickým uzavěrem a následkem typu Jet Fire

Tabulka 13 Vstupní údaje pro modelaci 10% úniku DN 500 s pneumatickými uzavěři

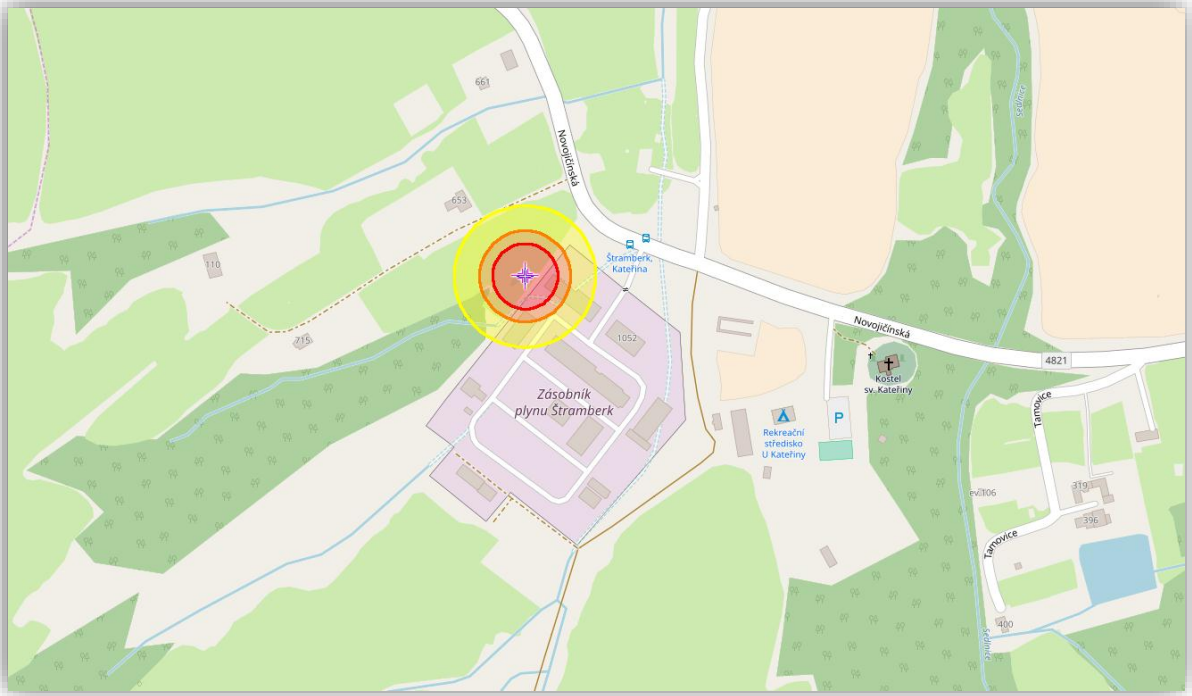
Vstupní atributy havárie	
Atributy	Hodnota/popis
typ následku	Jet Fire
průměr potrubí	DN 500
stanovená délka	6347 metrů
pneumatický ventil	funkční
velikost otvoru úniku	DN 50
způsob zakončení potrubí	uzavřeno

Tabulka 14 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při 10% úniku DN500 s pneumatickými uzavěři

Zóna ohrožení tepelnou radiací	
Charakter účinků během 60 s	Dosah účinku od zdroje
potenciálně letální	28 metrů
popáleniny 2. stupně	39 metrů
popáleniny 1. stupně	61 metrů



Obrázek 16 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření)



Obrázek 17 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace v místě, kde vede podzemní potrubí.

Modelace 10% úniku z podzemního potrubí odhaduje možné následky, které mohou vzniknout netěsností. Pravděpodobnost tohoto scénáře ($0,028 \times 10^{-4} \text{ rok}^{-1}$) je ještě méně pravděpodobnější než u předchozích scénářů. ALOHA pro tento scénář vypočítala potenciálně letální následky do vzdálenosti 28 metrů během 60 sekundového pobytu v zasažené zóně. Z grafu rychlosti hoření na obrázku 16 je zřejmé, že intenzita hoření bude s časem mít klesající tendenci. Z výsledné vzdálenosti potencionální letálních následků vychází plocha o 0,25 hektarů, tj. 1,23 potencionálně ohrožených osob.

5.3.3 Modelace 10% kontinuálního úniku z podzemního potrubí DN 500 s následným rozptylem zemního plynu

Tabulka 15 Vstupní údaje pro modelaci 10% úniku DN 500 bez pneumatických uzávěrů

Vstupní atributy havárie	
Atributy	Hodnota/popis
typ následku	Rozptyl/iniciace
průměr potrubí	10% DN 500
stanovená délka	6347 metrů
pneumatické ventily	nefunkční
velikost otvoru úniku	DN 50
způsob zakončení potrubí	nekonečný zdroj

Tabulka 16 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při úniku 10 % DN 500

Výsledná zóna ohrožení Flash Fire	
Koncentrace větší než	Dosah účinku od zdroje
(DMV) - 50 000 ppm	75 metrů?
60 % DMV - 30 000 ppm	97 metrů?
10 % DMV – 5000 ppm	240 metrů?

Pro tento postup zvolena direktivní metoda, která je však velmi nepřesná, neboť počítá jen hmotovým průtokem, který byl dle provozovatele stanoveny v případě 10 % uniku DN 500 na 9,567 kg/s. Nepřesnost, a ne relevantnost tohoto výpočtu spočívá i v porovnání s následující modelací, která již byla prováděna v modulu plynovodu. Paradoxně v této direktivní modelaci vychází menší ohrožení než v případě uzavřeného potrubí. Výsledek byl v tomto případě zamítnut.

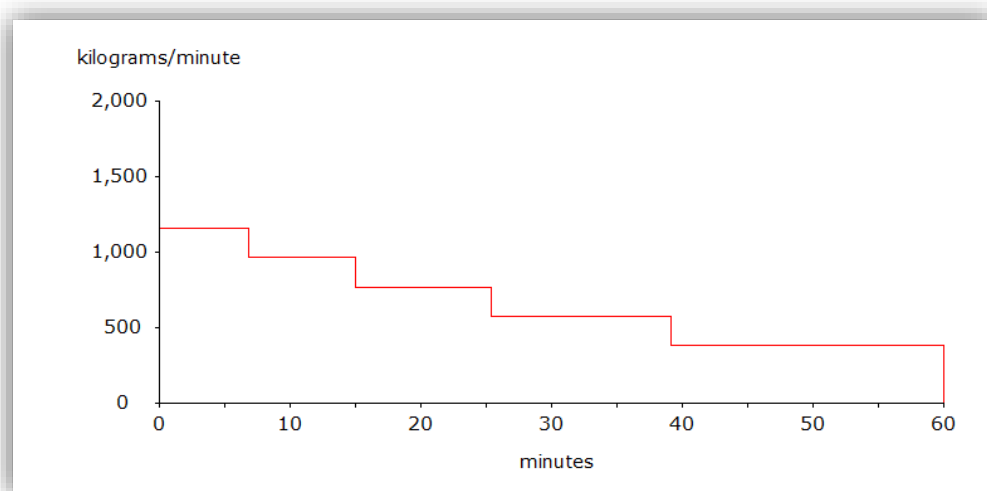
5.3.4 Modelace 10% úniku z podzemního potrubí DN 500 s pneumatickým uzavěrem a následným rozptylem zemního plynu

Tabulka 17 Vstupní údaje pro modelaci 10% úniku DN 500 s pneumatickými uzavěři

Vstupní atributy havárie	
Atributy	Hodnota/popis
typ následku	Rozptyl/iniciace
průměr potrubí	DN 500
stanovená délka	6347 metrů
pneumatické ventily	funkční
velikost otvoru úniku	DN 50
způsob zakončení potrubí	uzavřeno

Tabulka 18 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při 10% úniku z potrubí DN 500 s pneumatickým uzavřením

Výsledná zóna ohrožení Flash Fire	
Koncentrace větší než	Dosah účinku od zdroje
(DMV) - 50 000 ppm	107 metrů
60 % DMV - 30 000 ppm	138 metrů
10 % DMV - 5000 ppm	344 metrů



Obrázek 18 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost úniku)



Obrázek 19 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při 10% uniku z uzavřeného potrubí DN 500

Pomocí této modelace bylo snahou zjistit relevantní následky v případě rozptylu zemního plynu při úniku otvorem DN 50 z potrubí DN 500. Pravděpodobnost tohoto scénáře z podkladů provozovatele byla stanovena na $0,1358 \times 10^{-4}$ rok⁻¹ pro rozptyl a $0,0014 \times 10^{-4}$ rok⁻¹. ALOHA očekává letální následky na zdraví na ploše 5×10^7 m, tj. 0,54 hektarů. V přepočtu na námi známou odhadovanou koncentraci osob v okolí přípojky vychází cca 0,27 smrtelně ohrožených osob.

5.4 Možné scénáře při erupci na sondě 2 7/8"

5.4.1 Modelace erupce sondy 2 7/8" (73 mm) bez funkčního PPBV s následkem okamžité iniciace v podobě Jet Fire

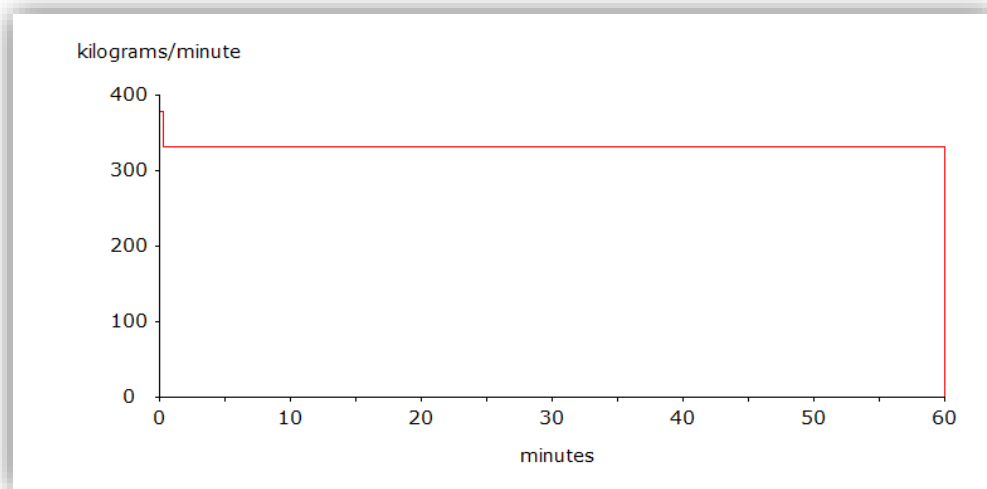
Atributy specifické pro scénář erupce sondy předpokládají únik zemního plynu celým průřezem sondy, tedy profilem o průměru 7,3 cm. I přesto, že všechny sondy PZP Štramberk jsou již vybaveny PPBV, scénář uvažuje o možnosti kontinuálního uniku, i když pravděpodobnost je čistě teoretická. Společnost Halliburton dokonce uvádí 97,8% spolehlivost PPBV po 20 letech provozu. Délka sond se pohybuje v rozmezí od 400 m do 710 m, pro účely modelování zvolena hodnota 500 m.

Tabulka 19 Vstupní údaje erupce sondy 2 7/8" bez PPBV

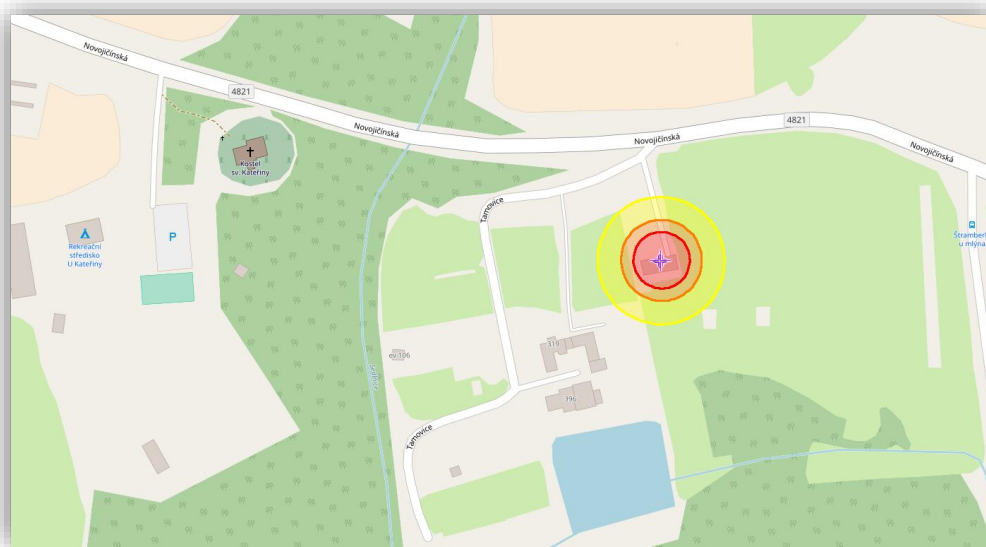
Erupce sond 2 7/8" bez PPBV	Vstupní atributy havárie	
	Atributy	Hodnota/popis
	typ následku	Jet Fire
	průměr stupačky	2 7/8" (73 mm)
	zvolená délka stupačky	500 metrů
	PPBV	nefunkční/není
	velikost otvoru úniku	plný průřez
způsob zakončení potrubí	nekonečný zdroj	

Tabulka 20 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při erupci sond 2 7/8" bez PPBV

Erupce sond 2 7/8" bez PPBV	Zóna ohrožení tepelnou radiací	
	Charakter účinků během 60 s	Dosah účinku od zdroje
	potenciálně letální	16 metrů
	popáleniny 2. stupně	23 metrů
popáleniny 1. stupně	35 metrů	



Obrázek 20 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření)



Obrázek 21 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace při erupci sondy 2 7/8" bez PPBV

Tento scénář odhaduje možné ohrožení při erupci sondy 2 7/8" s následkem Jet Fire. Shodný scénář se odehrál dne 12.6.2010 v Lobodících, kde došlo k erupci zemního plynu na sondě LO-40 vlivem pádu stromu na nadzemní část sondy. Strom zcela odlomil uzavírající armatury sondy a ze vniklého otvoru o průměru 80 mm a přetlaku 5,3 MPa začal tryskem unikat zemní plyn. Pravděpodobnost vzniku erupce pro PZP Štramberk na sondě 2 7/8" je stanovena na $0,172 \times 10^{-5}$ rok⁻¹, pravděpodobnost, že současně dojde k Jet Fire se odhaduje na $0,0034 \times 10^{-5}$ rok⁻¹. Program ALOHA vypočítal potenciálně letální následky do vzdálenosti 16 metrů, tj. ploše 0,08 hektarů. V okolí sond se předpokládá pohyb 10 osob/hektar. To znamená 0,8 potenciálně letálně ohrožených osob [52].

5.4.2 Modelace erupce sondy 2 7/8" (73 mm) s funkčním PPBV s následkem okamžité iniciace v podobě Jet Fire

Prostřednictvím následující modelace bude snahou se přiblížit účinkům při erupci na sondě vybavené PPBV, kdy se předpokládá zastavení úniku do 30 vteřin od vzniku havárie. Program ALOHA bohužel neumí nasimulovat únik trvající 30 vteřin. Lze pouze oficiálně namodelovat rozptyl pomocí direktivní metody, nikoliv však následek typu Jet Fire. Pro přiblížení se možnému následku autor vyzkoušel přepočítat potrubí na imaginární délku odpovídající množství zemního plynu, které unikne za dobu 30 vteřin. Cílem je tedy vytvořit orientační simulaci uniku z uzavřeného potrubí o imaginární délce potrubí a odpovídajícího průřezu sondy. Je však jasné, že směrodatný výsledek bude odpovídající pouze pro první sekundy, neboť ALOHA logicky bude počítat s redukcí tlaku v závislosti na snižování množství zemního plynu v potrubí. Dále lze předpokládat, že dosah teplené radiace bude v prvních 30 vteřinách analogický modelové situaci bez funkčního PPBV. Dle provozovatele innogy Gas Storage, s.r.o. hmotový průtok zemního plynu na sondě 2 7/8" odpovídá 4,32 kg/s. To znamená, že za 30 vteřin předpokládáme únik 129,6 kg zemního plynu. Následující výpočet, pro získání imaginárního objemu stupačky bude vycházet ze základního vztahu $V = \frac{W}{\rho}$, kdy neznámá je hustota zemního plynu při teplotě 17 °C a tlaku 63 baru. Pro výpočet hustoty zemního plynu dle stanovených podmínek byl zvolen postup dle Doc. Ing. Václava Kozy, CSc. ze vztahu $\rho = \frac{39360}{\left(\frac{2 \times 10^{-7}}{P} - \frac{400}{T} + 1\right) \times T}$. Hodnotu P získáme přepočtením přetlaku z baru na absolutní tlak v Pa, tedy $P = (63 + 1) \times 10^5 = 6\,400\,000\text{ Pa}$. Teplota T se přepočítá ze °C na K, respektive $T = t + 273,15 = 17 + 273,15 = 290,15\text{ K}$. Nyní hodnoty dosadíme do vzorce $\rho = \frac{39360}{\left(\frac{2 \times 10^{-7}}{6\,400\,000} - \frac{400}{290,15} + 1\right) \times 290,15} = 49,39\text{ kg/m}^3$. Tedy hustota zemního plynu při tlaku 63 baru a teplotě 17 °C odpovídá 49,39 kg/m³. Nyní pro zjištění imaginárního objemu stupačky dosadíme hodnoty do vztahu $V = \frac{W}{\rho} =$

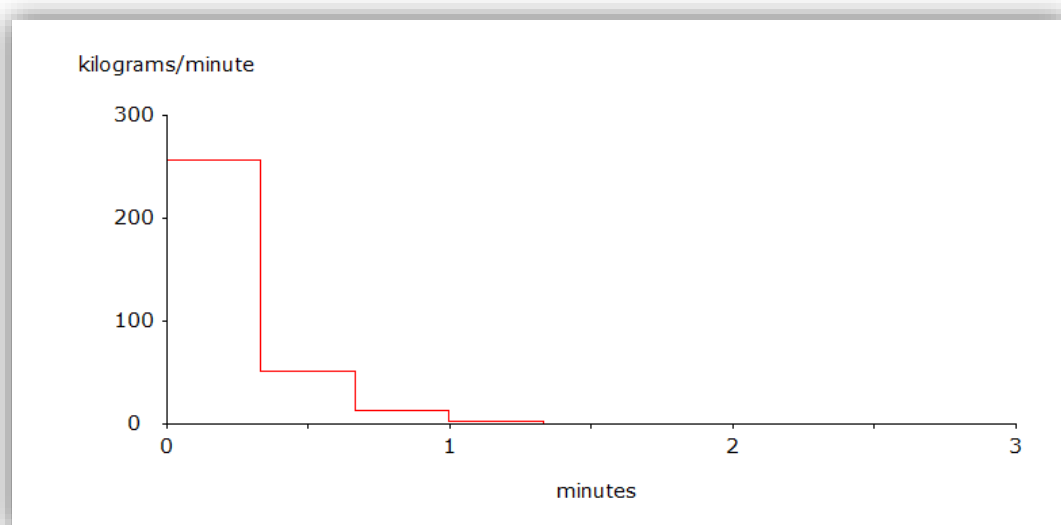
$\frac{129,6}{49,39} = 2,624 \text{ m}^3$. Pro výpočet imaginární délky potrubí byl použit vztah $h = \frac{V}{\pi \times r^2} = \frac{2,624}{\pi \times 0,0365^2} = 627,27 \text{ m}$. Výsledkem je 627,27 metru imaginárně dlouhá stupačka [53].

Tabulka 21 Vstupní údaje erupce sondy 2 7/8" s PPBV

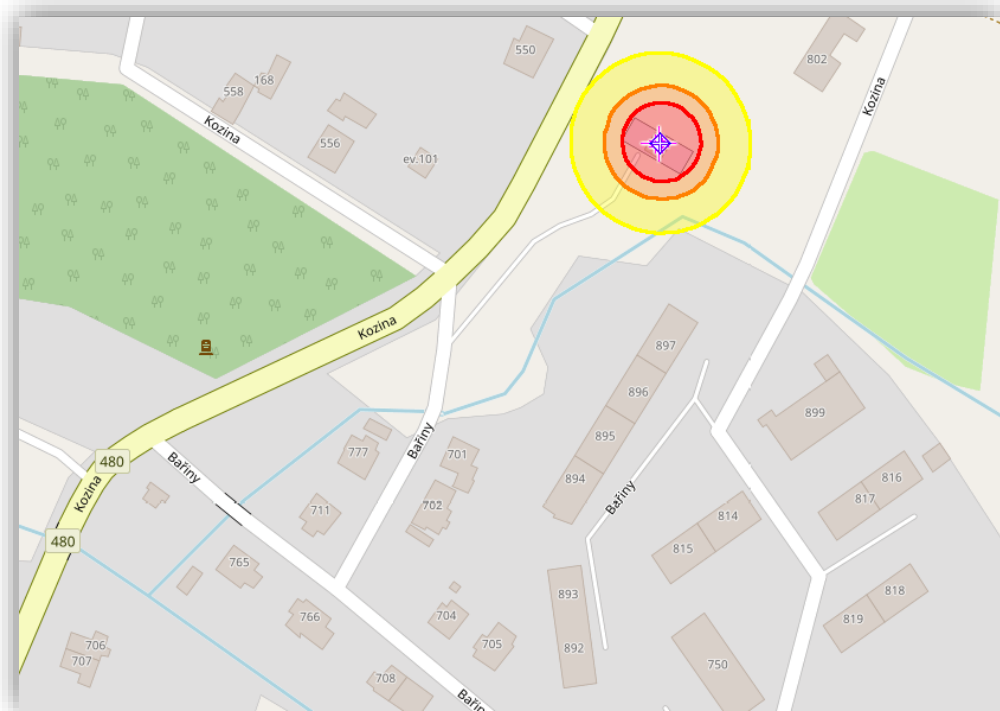
Vstupní atributy havárie	
Atributy	Hodnota/popis
typ následku	Jet Fire
průměr stupačky	73 mm
celková délka stupačky	627,27 metrů
PPBV	funkční/30 s
velikost otvoru úniku	plný průřez
způsob zakončení potrubí	uzavřeno

Tabulka 22 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při erupci sondy 2 7/8" s PPBV

Zóna ohrožení tepelnou radiací	
Charakter účinků během 60 s	Dosah účinku od zdroje
potenciálně letální	14 metrů
popáleniny 2. stupně	19 metrů
popáleniny 1. stupně	30 metrů



Obrázek 22 Graf zobrazující rychlost hoření, (pro tento scénář modelace je směrodatný pouze výsledek prvních cca 20 vteřin)



Obrázek 23 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace při erupci sondy 2 7/8" s PPBV

Tato modelace byla především pokusná, neboť ALOHA neumí namodelovat konkrétní scénář uzavření PPBV do 30 vteřin. Nicméně lze tvrdit, že následky se v prvních 30 sekundách prakticky příliš nebudou lišit od předchozí modelové situace.

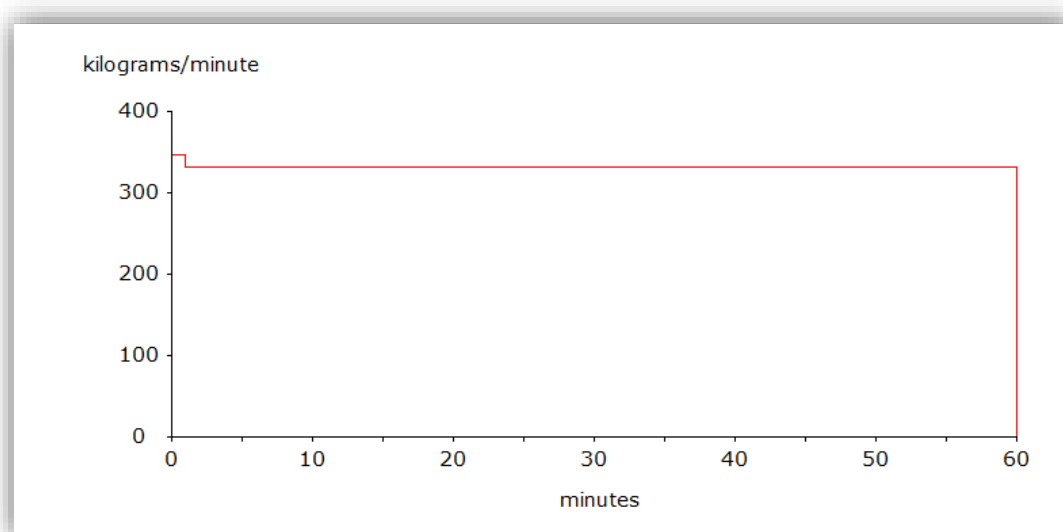
5.4.3 Modelace erupce sondy 2 7/8" (73 mm) s následným rozptylem zemního plynu a jeho možné iniciace, bez PPBV

Tabulka 23 Vstupní údaje erupce sondy 2 7/8" bez PPBV

Vstupní atributy havárie	
Atributy	Hodnota/popis
typ následku	rozptyl/iniciace
průměr stupačky	73 mm
celková délka stupačky	500 metrů
PPBV	nefunkční
velikost otvoru úniku	plný průřez
způsob zakončení potrubí	nekonečný zdroj

Tabulka 24 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při erupci sondy 2 7/8" bez PPBV

Výsledná zóna ohrožení Flash Fire	
Koncentrace větší než	Dosah účinku od zdroje
(DMV) - 50 000 ppm	58 metrů
60 % DMV - 30 000 ppm	75 metrů
10 % DMV - 5000 ppm	186 metrů



Obrázek 24 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost úniku)



Obrázek 25 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při erupci sondy 2 7/8" bez PPBV

Tento scénář se snažil namodelovat maximální možný následek v případě kontinuálního rozptylu zemního plynu ze sondy 2 7/8". Odhadem bude zasažena plocha cca 2 x 58 m, tj. plocha o rozloze 0,012 ha. V přepočtu na kumulaci osob to znamená 0,12 letálně ohrožených osob.

5.4.4 Modelace erupce sondy 2 7/8" (73 mm) s následným rozptylem zemního plynu a jeho možné iniciace, funkční PPBV

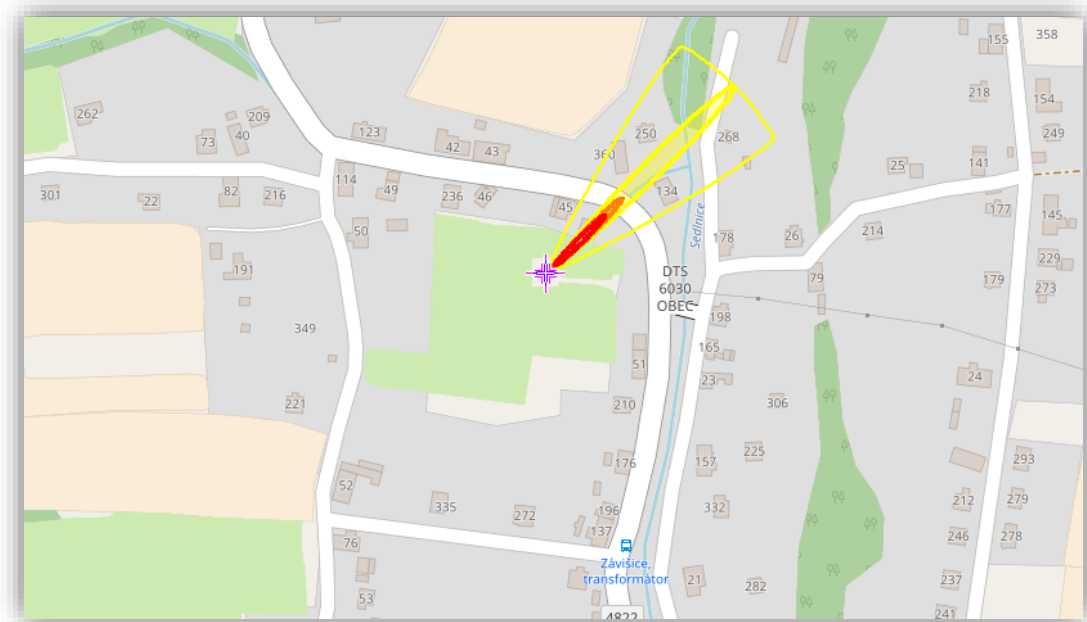
Pro tento typ modelace se zřejmě hodí nejlépe z programu ALOHA direktivní metoda (Direct Source – přímý zdroj), neboť známe hmotový průtok sondy a známe kontinuální čas úniku. Hmotový průtok zemního plynu sondy 2 7/8" dle provozovatele innogy Gas Storage, s.r.o. PZP Štramberk je stanoven na 4,32 kg/s. Simulovat únik po dobu 30 vteřin v ALOZE není možné, neboť nejmenší možný čas, který lze zadat je 1 minut.

Tabulka 25 Vstupní údaje erupce sondy 2 7/8" s PPBV

Vstupní atributy havárie	
Atributy	Hodnota/popis
typ následku	rozptyl/iniciace
hmotový průtok	4,32 kg/s
nastavená doba úniku	1 minuta
PPBV	funkční/30 s
velikost otvoru úniku	plný průřez
způsob zakončení potrubí	kontinuální zdroj

Tabulka 26 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při erupci sondy 2 7/8" s PPBV

Výsledná zóna ohrožení Flash Fire	
Koncentrace větší než	Dosah účinku od zdroje
(DMV) - 50 000 ppm	50 metrů
60 % DMV - 30 000 ppm	65 metrů
10 % DMV – 5000 ppm	102 metrů



Obrázek 26 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při erupci sondy 2 7/8" s PPBV

Tento scénář se snažil namodelovat maximální možné následky v případě rozptylu zemního plynu po dobu 30 vteřin ze sondy 2 7/8". Odhadem bude zasažena plocha cca 2 x 50 m, tj. plocha o rozloze 0,01 ha. V přepočtu na kumulaci osob to znamená 0,1 letálně ohrožených osob.

5.5 Možné scénáře při erupci na sondě 3 1/2"

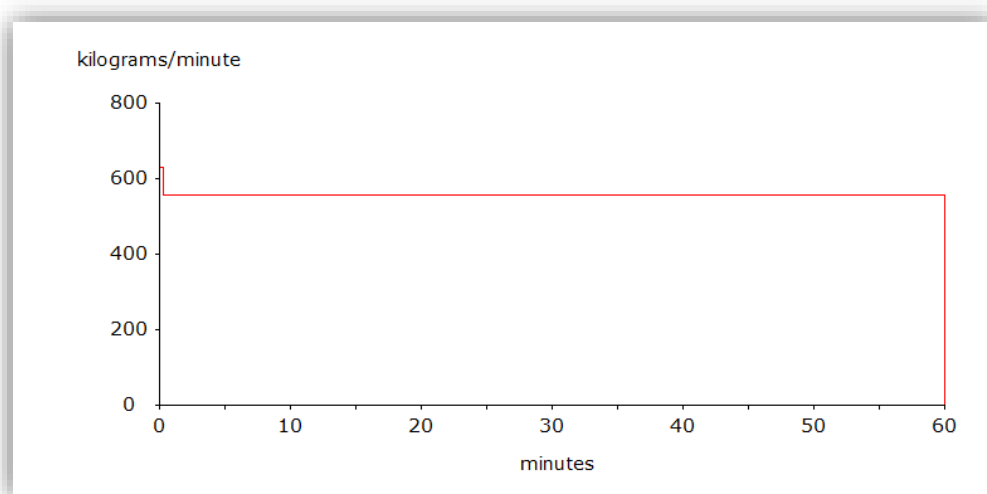
5.5.1 Modelace erupce ze sondy 3 1/2" (89 mm) bez funkčního PPBV s následkem okamžité iniciace v podobě Jet Fire

Tabulka 27 Vstupní údaje erupce sondy 3 1/2" bez PPBV

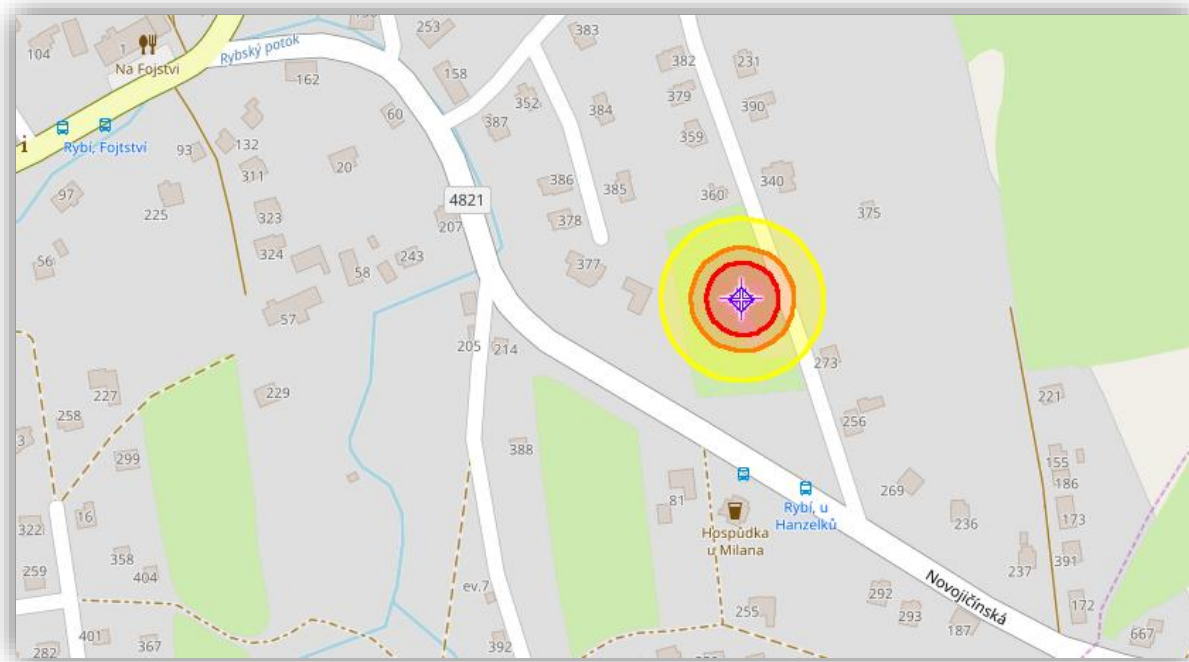
Erupce sond 3 1/2" bez PPBV	Vstupní atributy havárie	
	Atributy	Hodnota/popis
	typ následku	Jet Fire
	průměr stupačky	89 mm
	celková délka stupačky	500 metrů
	PPBV	nefunkční
	velikost otvoru úniku	plný průřez
způsob zakončení potrubí	nekonečný zdroj	

Tabulka 28 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při erupci sond 3 1/2" bez PPBV

Erupce sond 3 1/2" bez PPBV	Výsledná zóna ohrožení	
	Charakter účinků během 60 s	Dosah účinku od zdroje
	potenciálně letální	21 metrů
	popáleniny 2. stupně	29 metrů
popáleniny 1. stupně	45 metrů	



Obrázek 27 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření)



Obrázek 28 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace při erupci sondy 2 7/8" s PPBV

Tento scénář odhaduje možné následky při erupce sondy 3 1/2" s následkem typu Jet Fire. Letální následky lze očekávat do vzdálenosti 21 metrů, tj. na ploše 0,14 hektarů. Tedy ohroženo je odhadem 1,4 osob během denní doby.

5.5.2 Modelace erupce ze sondy 3 1/2" (89 mm) s funkčním PPBV s následkem okamžité iniciace v podobě Jet Fire

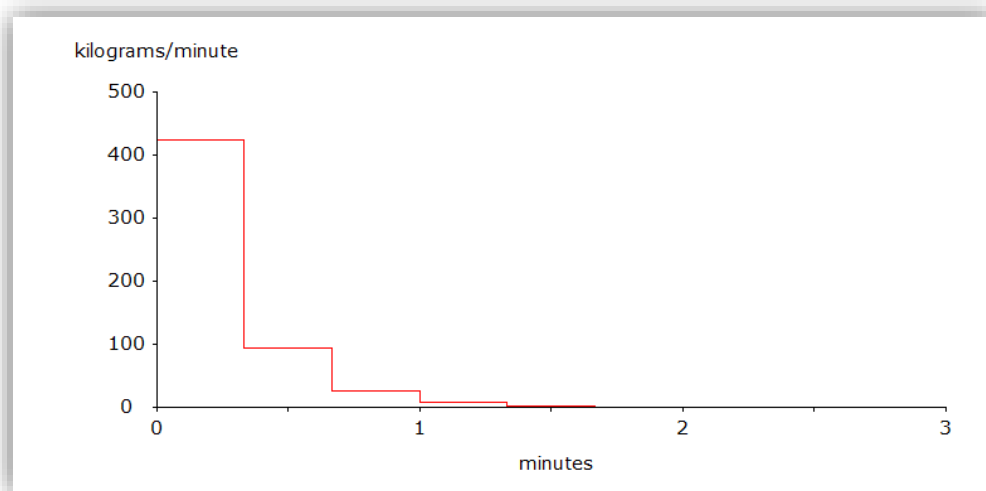
Pro simulaci opět využijeme postupu uvedeného v modelaci 5.5.2. Provozovatel uvádí hmotový průtok sondy 3 1/2" 7,33 kg/s, tzn. uvolnění 219,9 kg zemního plynu. Imaginární objem potrubí činí 4,452 m³. Vypočítaná délka činí 715,6 m.

Tabulka 29 Vstupní údaje erupce sondy 3 1/2" s PPBV

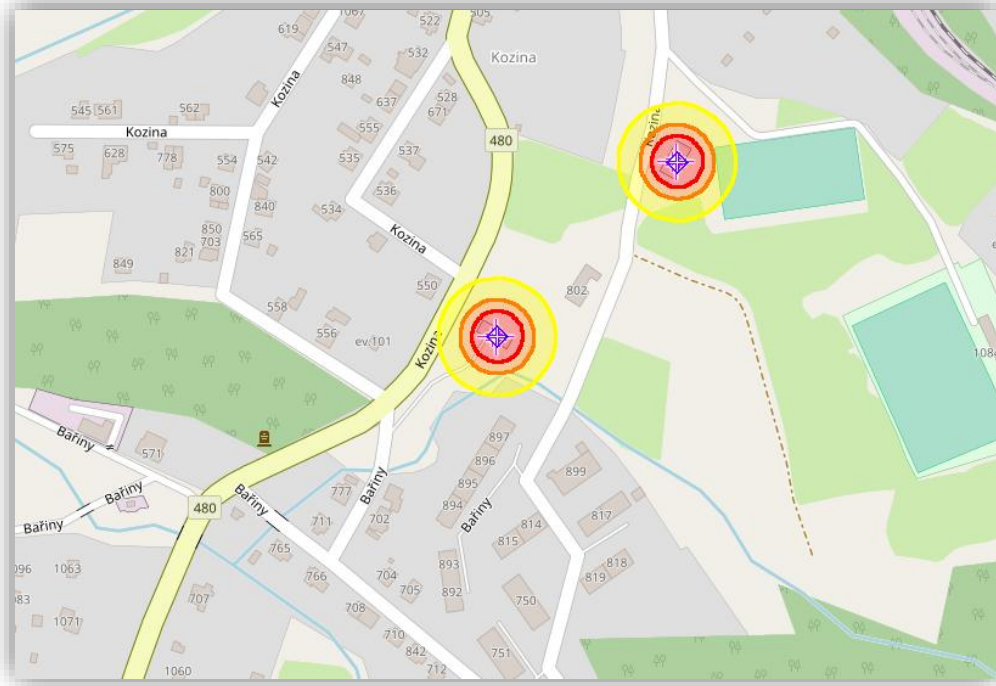
Erupce sond 3 1/2" s PPBV	Vstupní atributy havárie	
	Atributy	Hodnota/popis
	typ následku	Jet Fire
	průměr stupačky	89 mm
	celková délka stupačky	715,6 metrů
	PPBV	funkční/30 s
	velikost otvoru úniku	plný průřez
způsob zakončení potrubí	uzavřeno	

Tabulka 30 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při erupci sondy 3 1/2" s PPBV

Erupce sond 3 1/2" s PPBV	Výsledná zóna ohrožení	
	Charakter účinků během 60 s	Dosah účinku od zdroje
	potenciálně letální	17 metrů
	popáleniny 2. stupně	24 metrů
popáleniny 1. stupně	38 metrů	



Obrázek 29 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření)



Obrázek 30 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace při erupci sondy 2 7/8" bez PPBV

Tato modelová situace měla opět především pokusný charakter, neboť jak již bylo řečeno, ALOHA neumí namodelovat požadovaný scénář, kdy dojde k uzavření PPBV do 30 vteřin. Nicméně, tak jako v předešlejší modelaci erupce 2 7/8" sondy lze předpokládat stejný průběh jako při kontinuální erupci, avšak s tím rozdílem, že obyvatelé budou v tomto případě tepelné radiaci vystavení po dobu maximálně 30 vteřin.

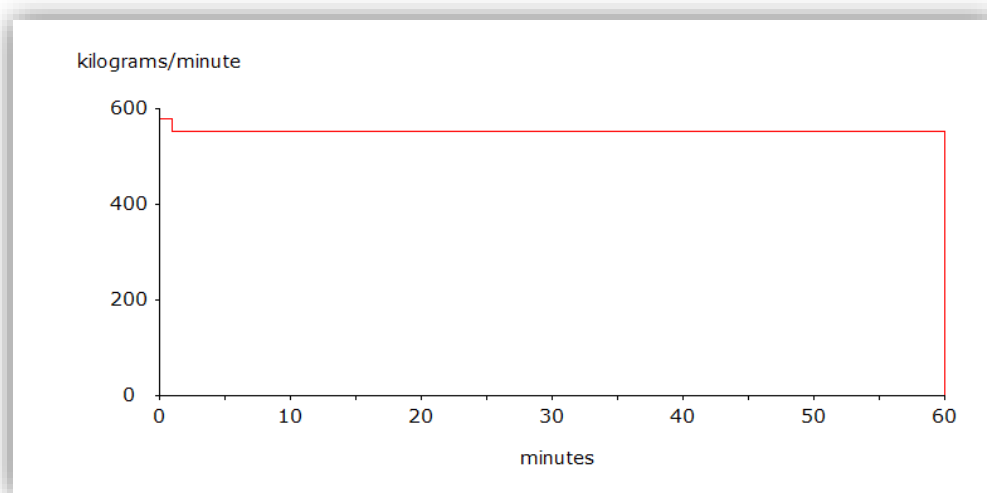
5.5.3 Modelace erupce ze sondy 3 1/2" (89 mm) s následným rozptylem zemního plynu a jeho možné iniciace, bez PPBV

Tabulka 31 Vstupní údaje erupce sondy 3 1/2" bez PPBV

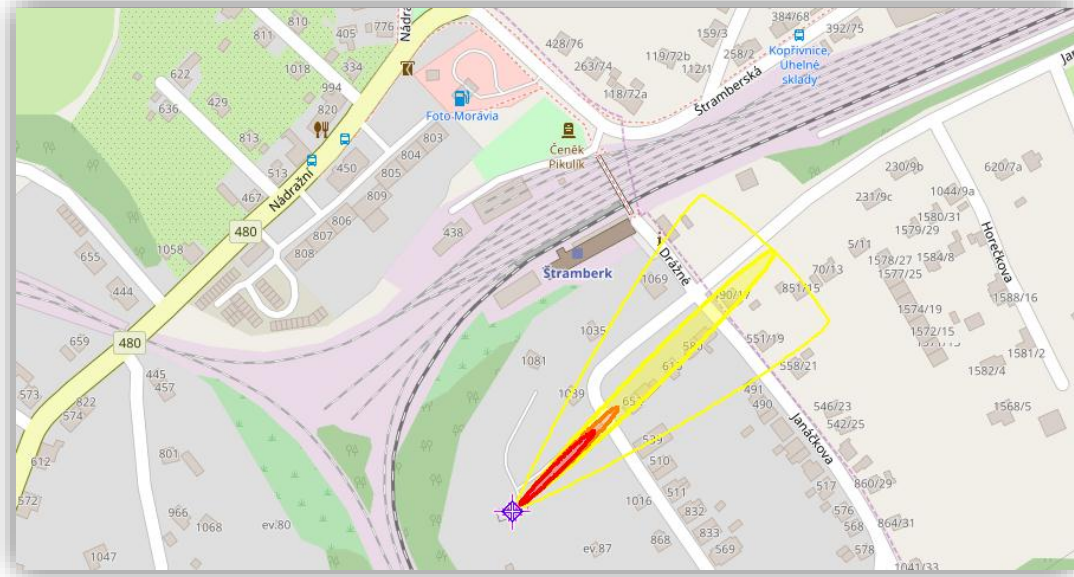
Erupce sond 3 1/2" bez PPBV	Vstupní atributy havárie	
	Atributy	Hodnota/popis
	typ následku	rozptyl/iniciace
	průměr stupačky	89 mm
	celková délka stupačky	500 metrů
	PPBV	nefunkční
	velikost otvoru úniku	plný průřez
	způsob zakončení potrubí	nekonečný zdroj

Tabulka 32 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při erupci sondy 3 1/2" bez PPBV

Erupce sond 3 1/2" bez PPBV	Výsledná zóna ohrožení Flash Fire	
	Koncentrace větší než	Dosah účinku od zdroje
	(DMV) - 50 000 ppm	75 metrů
	60 % DMV - 30 000 ppm	97 metrů
10 % DMV - 5000 ppm	241 metrů	



Obrázek 31 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost úniku)



Obrázek 32 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při erupci sondy 2 7/8" bez PPBV

Tento scénář se snažil namodelovat maximální možné následky v případě kontinuálního rozptylu zemního plynu ze sondy 3 1/2" při erupci. Odhadem bude zasažena plocha cca 2 x 75 m, tj. plocha o rozloze 0,015 ha. V přepočtu na kumulaci osob to znamená 0,15 letálně ohrožených osob.

5.5.4 Modelace erupce ze sondy 3 1/2" (89 mm) s následným rozptylem zemního plynu a jeho možné iniciace, funkční PPBV

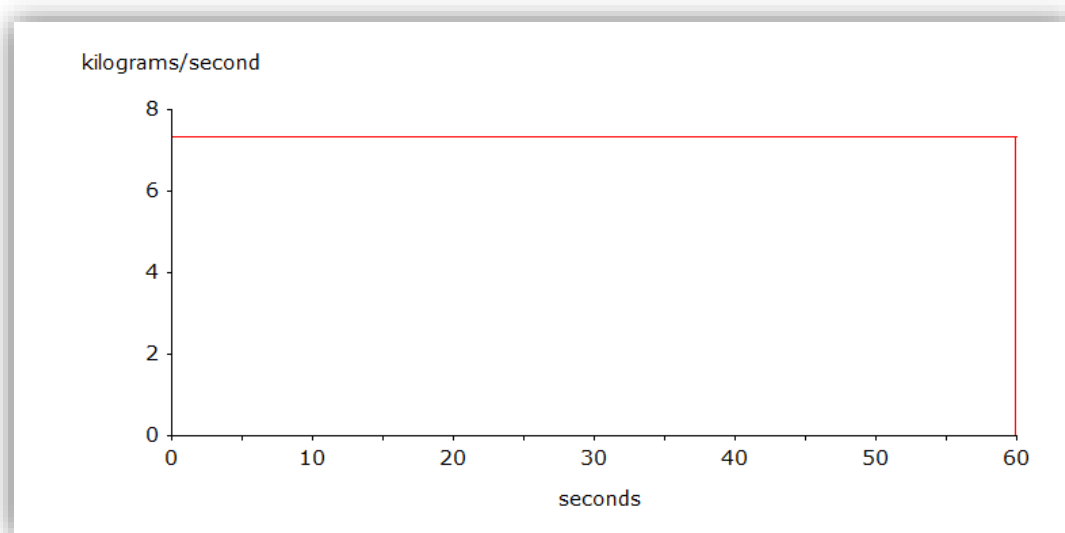
Pro tento scénář byla zvolena obdobná metoda jako v modelaci v podkapitole 5.5.4 s tím rozdílem, že sonda 3 1/2" má stanovený hmotový průtok na 7,33 kg/s.

Tabulka 33 Vstupní údaje erupce sondy 3 1/2" s PPBV

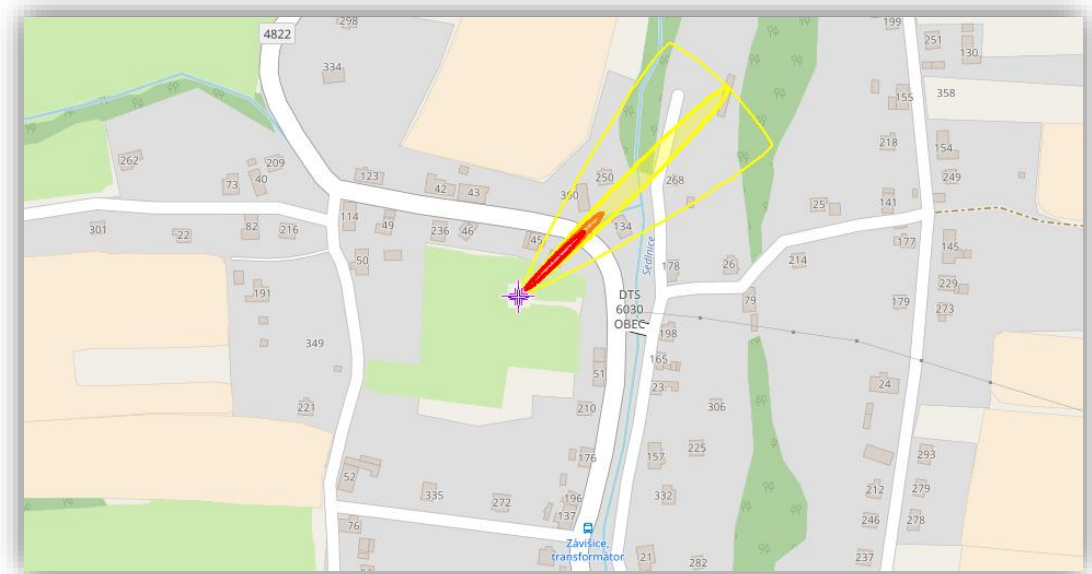
Vstupní atributy havárie	
Atributy	Hodnota/popis
typ následku	rozptyl/iniciace
hmotový průtok	7,33 kg/s
nastavená doba úniku	1 minuta
PPBV	funkční/30 s
velikost otvoru úniku	plný průřez
způsob zakončení potrubí	kontinuální zdroj

Tabulka 34 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při erupci sondy 3 1/2" s PPBV

Výsledná zóna ohrožení Flash Fire	
Koncentrace větší než	Dosah účinku od zdroje
(DMV) - 50 000 ppm	66 metrů
60 % DMV - 30 000 ppm	85 metrů
10 % DMV - 5000 ppm	210 metrů



Obrázek 33 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost úniku)



Obrázek 34 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při erupci sondy 2 7/8" s PPBV

(sonda KL-155 v Závišicích)

Tento scénář se snažil namodelovat maximální možné následky v případě rozptylu zemního plynu po dobu 30 vteřin ze sondy 3 1/2". Odhadem bude zasažena plocha cca 2 x 66 m, tj. plocha o rozloze 0,013 ha. V přepočtu na kumulaci osob to znamená 0,13 letálně ohrožených osob.

5.6 Možné scénáře při 10% úniku ze sondy 2 7/8"

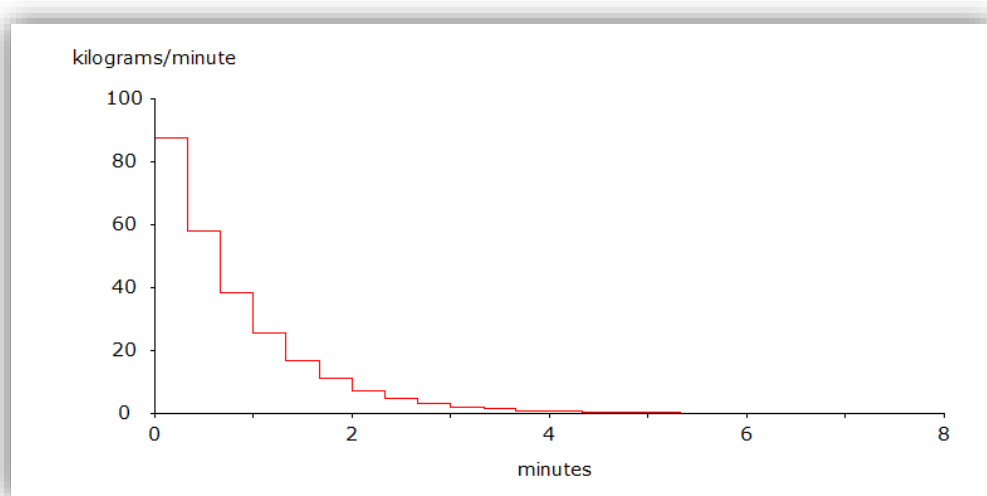
5.6.1 Modelace úniku 10% DN ze sondy 2 7/8" (73 mm) s PPBV s následkem okamžité iniciace v podobě Jet Fire

Tabulka 35 Vstupní údaje 10% úniku ze sondy 2 7/8"

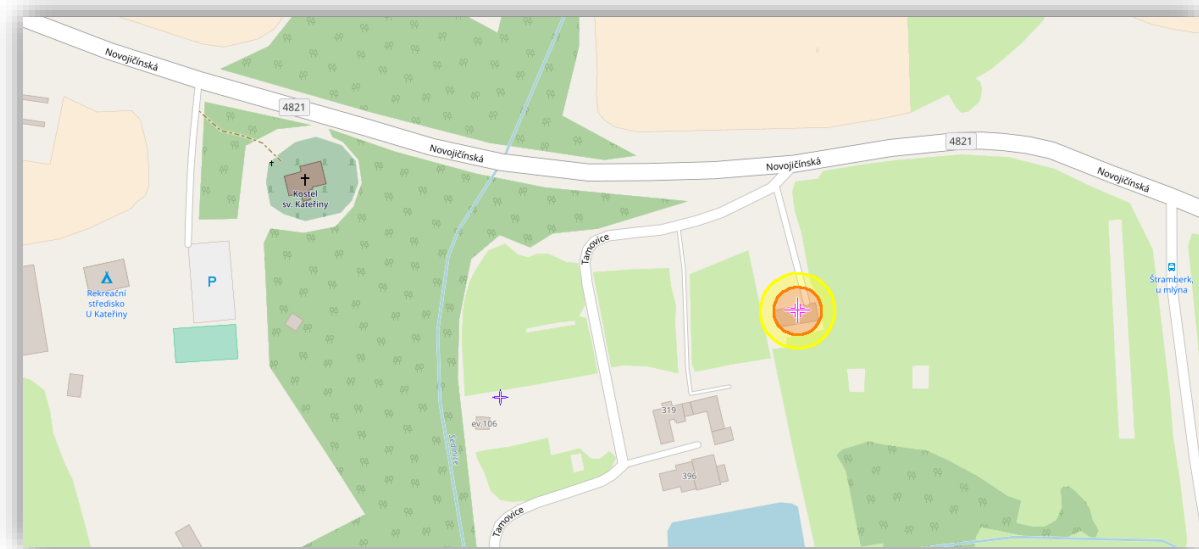
Vstupní atributy havárie		
Únik 10% DN sondy 2 7/8" s PPBV	Atributy	Hodnota/popis
	typ následku	Jet Fire
	průměr stupačky	73 mm
	celková délka stupačky	627,27 m
	PPBV	funkční/30s
	velikost otvoru úniku	7,3 mm
	způsob zakončení potrubí	nekonečný zdroj

Tabulka 36 Výsledné ohrožení tepelnou radiací 10% úniku ze sondy 2 7/8"

Výsledná zóna ohrožení		
Únik 10% DN sondy 2 7/8" s PPBV	Charakter účinků během 60 s	Dosah účinku od zdroje
	potenciálně letální	Méně než 10 metrů
	popáleniny 2. stupně	11 metrů
	popáleniny 1. stupně	17 metrů



Obrázek 35 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření)



Obrázek 36 Grafické znázornění vypočtených parametrů teplené radiace při 10% úniku ze sondy 2 7/8“

Jak již bylo výše uvedeno, v ALOZE nelze namodelovat kontinuální únik z menšího otvoru, než je průměr potrubí. Z tohoto důvodu bude i v následnících modelacích věnováno úniku z uzavřeného potrubí, kdy délka potrubí byla přiměřeně zvolena odhadovanému uniklému množství za 30 vteřin. Jde tedy pouze o hrubý odhad možných následků. Pro daný scénář ALOHA vypočítala letální následky do vzdálenosti menší než 10 metrů. Tato zóna nebyla ALOHOU zakreslena. Konzervativně však z bezpečnostních důvodů je uvažováno ve výsledné tabulce 44 s okruhem do vzdálenosti 10 metrů, tj. plochou 0,031 hektarů. V přepočtu potenciálně bude ohroženo 0,31 osob během denní doby. Přesto můžeme konstatovat, že obyvatelé nebudou ohroženi.

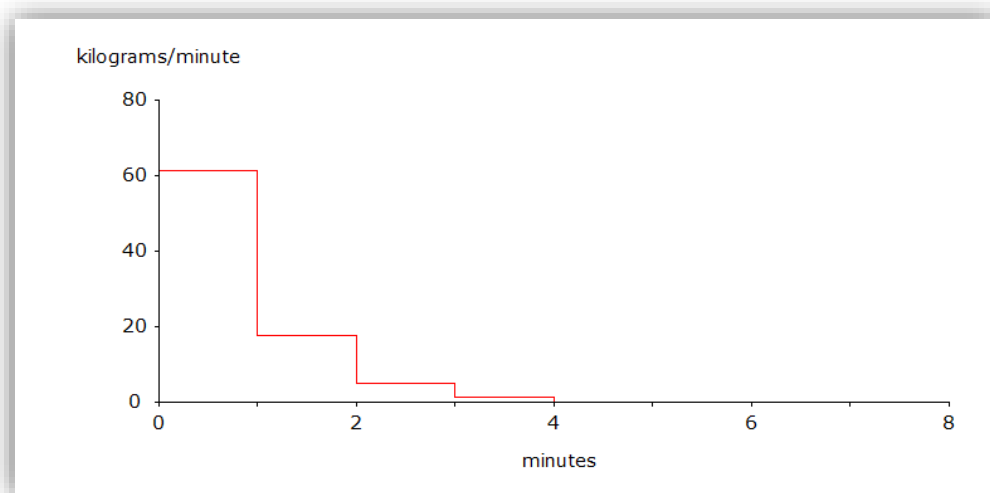
5.6.2 Modelace úniku 10% DN ze sondy 2 7/8" (73 mm) s následným rozptylem zemního plynu a jeho možné iniciace, s PPBV

Tabulka 37 Vstupní údaje 10% úniku ze sondy 2 7/8"

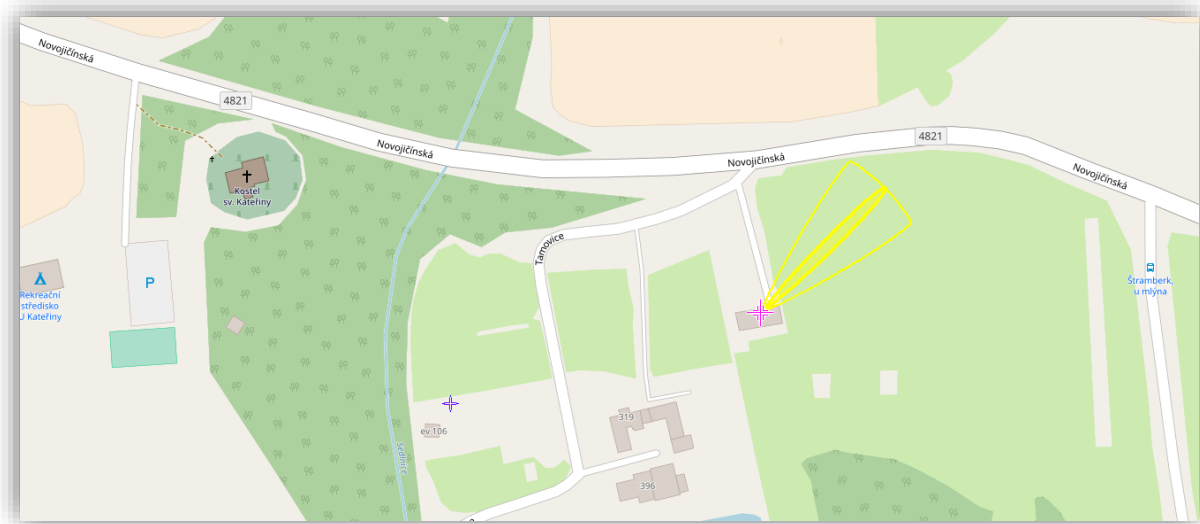
Vstupní atributy havárie	
Atributy	Hodnota/popis
typ následku	rozptyl/iniciace
průměr stupačky	23 mm
celková délka stupačky	500 metrů
PPBV	nefunkční
velikost otvoru úniku	10 % DN (1,67 cm ²)
způsob zakončení potrubí	uzavřeno

Tabulka 38 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při 10% úniku ze sondy 2 7/8

Výsledná zóna ohrožení Flash Fire	
Koncentrace větší než	Dosah účinku od zdroje
(DMV) - 50 000 ppm	nenastane (konzervativně 10 m)
60 % DMV - 30 000 ppm	nenastane (konzervativně 10 m)
10 % DMV – 5000 ppm	77 metrů



Obrázek 37 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost úniku)



Obrázek 38 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při 10% úniku ze sondy 2 7/8"

Z tohoto scénáře je zřejmé, že k akumulaci k dosažení dolní meze výbušnosti nedojde. Závažné následky lze prakticky vyloučit. Z konzervativních a bezpečnostních důvodu bylo i přesto uvažováno ploše 2 x10 m, viz tabulka 44

5.7 Možné scénáře při 10% úniku ze sondy 3 1/2"

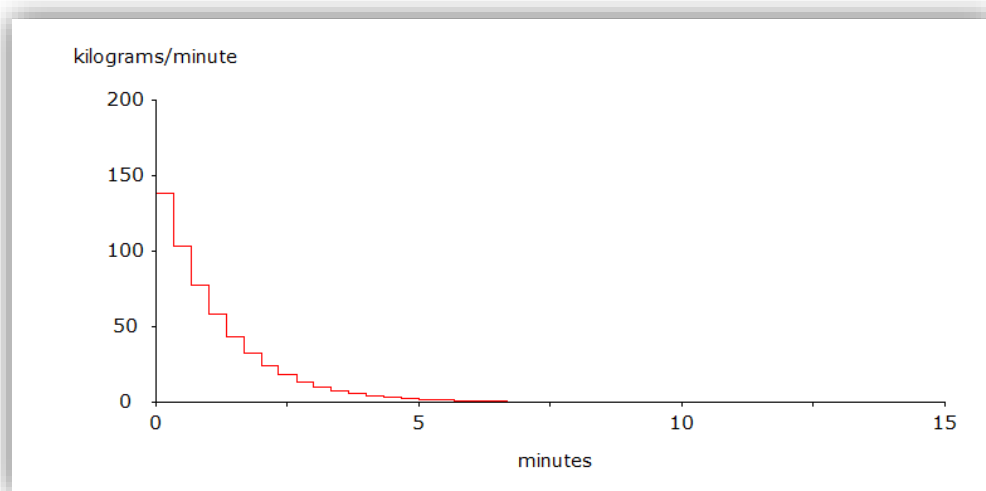
5.7.1 Modelace úniku 10% DN ze sondy 3 1/2" (89 mm) s PPBV s následkem okamžité iniciace v podobě Jet Fire

Tabulka 39 Vstupní údaje 10% úniku ze sondy 3 1/2"

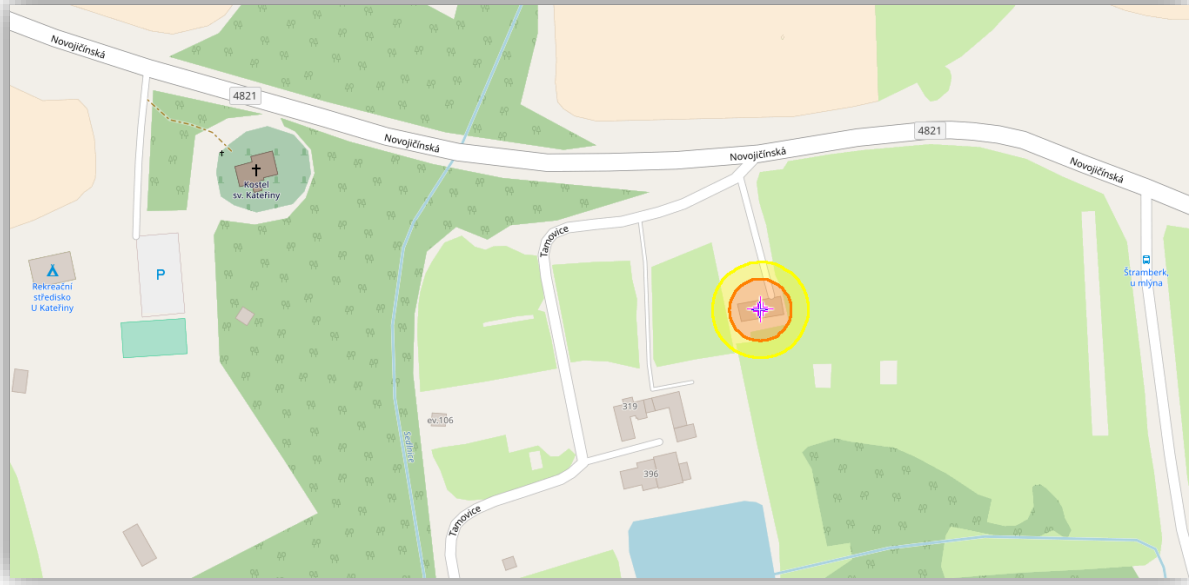
Únik 10 % DN sond 3 1/2" s PPBV	Vstupní atributy havárie	
	Atributy	Hodnota/popis
	typ následku	Jet Fire
	průměr stupačky	89 mm
	celková délka stupačky	715,6 metrů
	PPBV	funkční/30s
	velikost otvoru úniku	10 % DN (2,49 cm ²)
způsob zakončení potrubí	uzavřeno	

Tabulka 40 Výsledné ohrožení tepelnou radiací 10% úniku ze sondy 3 1/2"

Únik 10 % DN sond 3 1/2" s PPBV	Výsledná zóna ohrožení	
	Charakter účinků během 60 s	Dosah účinku od zdroje
	potenciálně letální	Méně než 10 metrů
	popáleniny 2. stupně	14 metrů
popáleniny 1. stupně	21 metrů	



Obrázek 39 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření)



Obrázek 40 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace při 10% úniku ze sondy 3 1/2"

Ani v tomto scénáři nebyla ALOHOU vypočítaná potenciaálně smrtelně nebezpečná oblast. Významné ohrožení zdraví obyvatel se neočekává.

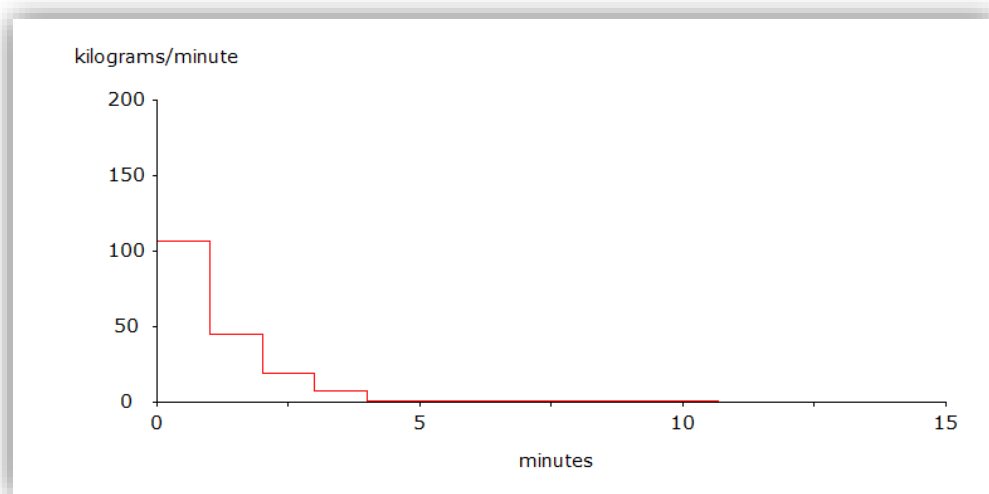
5.7.2 Modelace úniku 10% DN ze sondy 3 1/2" (89 mm) s následným rozptylem zemního plynu a jeho možné iniciace, s PPBV

Tabulka 41 Vstupní údaje 10% úniku ze sondy 3 1/2"

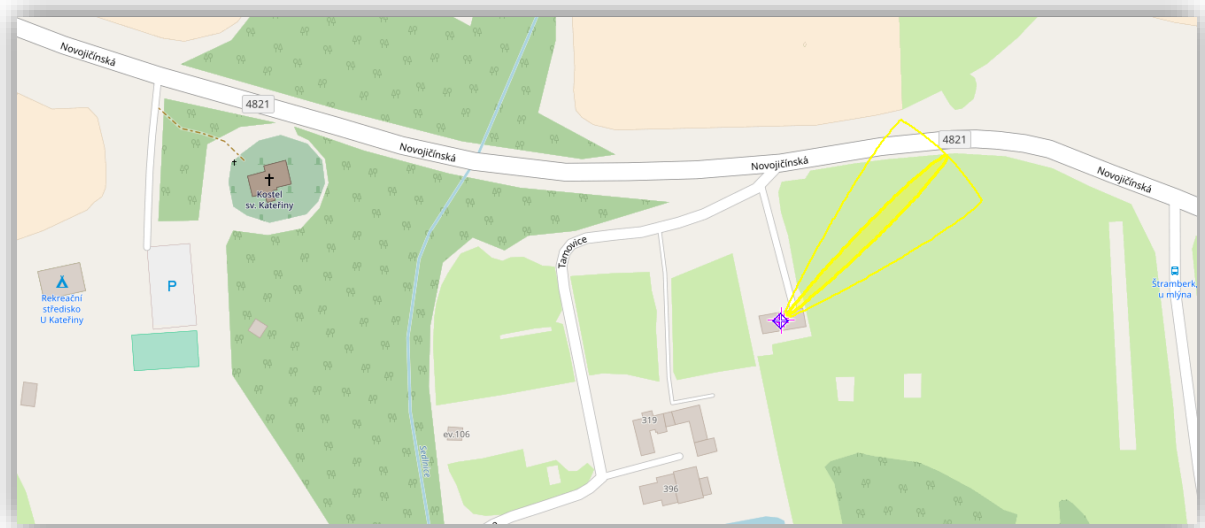
Únik 10 % DN sond 3 1/2" s PPBV	Vstupní atributy havárie	
	Atributy	Hodnota/popis
	typ následku	Jet Fire
	průměr stupačky	89 mm
	celková délka stupačky	715,6 metrů
	PPBV	funkční/30s
	velikost otvoru úniku	10 % DN (2,49 cm ²)
způsob zakončení potrubí	uzavřeno	

Tabulka 42 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při 10% úniku ze sondy 3 1/2"

Únik 10 % DN sond 3 1/2" s PPBV	Výsledná zóna ohrožení	
	Koncentrace větší než	Dosah účinku od zdroje
	(DMV) - 50 000 ppm	nenastane (konzervativně 10 m)
	60 % DMV - 30 000 ppm	nenastane (konzervativně 10 m)
10 % DMV - 5000 ppm	102 metrů	



Obrázek 41 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost úniku)



Obrázek 42 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při 10% úniku ze sondy 3 1/2"

Poslední modelový případ rovněž nepředpokládá vznik výbušné koncentrace. I v tomto případě neočekáváme významné ohrožení obyvatel.

5.8 Výsledné ohrožení obyvatelstva dle výpočtu ALOHY

Tabulka 43 Přehled odhadovaného ohrožení obyvatelstva DN 500 vypočítaný pomocí ALOHY.

Přehled odhadovaných následků úniku zemního plynu z podzemního potrubí DN 500 pomocí výpočtu programem ALOHA								
Scénář	Typ následku	Dosah smrtelný zranění od místa havárie	Zasažená plocha v ha	Smrtelné zranění	Počet zasažených osob v bezpečnostním pásmu		Počet smrtelně zraněných	Počet zasažených osob mimo bezpečnostní pásmo
Roztržení DN 500 (kontinuální únik)	Jet Flame	150 m	7,06	35 % (ø 17,5 %)	den	7,7	6,18	27,61
					noc	1,54	1,24	5,52
	Rozptyl s možností Flash Fire	80 x 482 m	3,86	100 % v případě Flash Fire	den	7,7	19,3	11,61
					noc	1,54	3,86	2,32
Roztržení DN 500 (relevantní scénář)	Jet Flame	150	7,06	35 % (ø 17,5 %)	den	7,69	6,18	27,61
					noc	1,54	1,24	5,52
	Rozptyl s možností Flash Fire	40 x 477 m	1,91	100 % v případě Flash Fire	den	7,7	9,54	1,85
					noc	1,54	1,91	0,37
Únik 10% DN 500 (kontinuální únik)	Jet Flame	v ALOZE nelze	X	X	den	X	X	X
					noc	X	X	X
	Rozptyl s možností Flash Fire	v ALOZE nelze	X	X	den	X	X	X
					noc	X	X	X
Únik 10% DN 500 (relevantní scénář s uzávěry)	Jet Flame	28 m	0,25	1% (ø 0,5 %)	den	1,25	0,0063	0
					noc	0,25	0,0013	0
	Rozptyl s možností Flash Fire	5 x 107 m	0,054	100 % v případě Flash Fire	den	0,27	0,27	0
					noc	0,054	0,054	0

Tabulka 44 Přehled odhadovaných následků havárií na sondách dle výpočtu programu ALOHA

Přehled odhadovaných následků úniku zemního plynu ze sond pomocí výpočtu programu ALOHA								
Scénář	Typ následku	Dosah smrtelný zranění od místa havárie	Zasažená plocha v ha	Smrtelné zranění	Počet zasažených osob v bezpečnostním pásmu		Počet smrtelně zraněných	Počet zasažených osob mimo bezpečnostní pásmo
Erupce 2 7/8"	Jet Flame (kontinuální únik)	16 m	0,08	1% (ø 0,5 %)	den	0,8	0,004	0
					noc	0,08	0,0004	0
	Rozptyl/Flash Fire (kontinuální únik)	2 x 58 m	0,012	1,48% (ø 0,74 %)	den	0,12	0,00089	0
					noc	0,012	0,000089	0
	Jet Flame (uzavřené potrubí)	14 m	0,062	1% (ø 0,5 %)	den	0,62	0,0031	0
					noc	0,062	0,00031	0
	Rozptyl/Flash Fire (uzavřené potrubí)	2 x 50 m	0,01	1,48% (ø 0,74 %)	den	0,1	0,00074	0
					noc	0,01	0,000074	0
Erupce 3 1/2"	Jet Flame (kontinuální únik)	21 m	0,14	2% (ø 1 %)	den	1,4	0,014	0
					noc	0,14	0,0014	0
	Rozptyl/Flash Fire (kontinuální únik)	2 x 75 m	0,015	2% (ø 1 %)	den	0,15	0,0015	0
					noc	0,015	0,00015	0
	Jet Flame (uzavřené potrubí)	17 m	0,091	2% (ø 1 %)	den	0,91	0,0091	0
					noc	0,091	0,00091	0
	Rozptyl/Flash Fire (uzavřené potrubí)	2 x 66 m	0,013	2% (ø 1 %)	den	0,13	0,0013	0
					noc	0,013	0,00013	0
10 % 2 7/8"	Jet Flame (kontinuální únik)	v ALOZE nelze	X	X	den	X	X	0
					noc	X	X	0
	Rozptyl/Flash Fire (kontinuální únik)	v ALOZE nelze	X	X	den	X	X	0
					noc	X	X	0
	Jet Flame (uzavřené potrubí)	<10 m	0,031	0-73% (ø 37)	den	0,31	0,11	0
					noc	0,031	0,011	0
	Rozptyl/Flash Fire (uzavřené potrubí)	<(2 x 10 m)	0,002	0-73% (ø 37)	den	0,02	0,0074	0
					noc	0,002	0,00074	0
10 % 3 1/2"	Jet Flame (kontinuální únik)	v ALOZE nelze	X	X	den	X	X	0
					noc	X	X	0
	Rozptyl/Flash Fire (kontinuální únik)	v ALOZE nelze	X	X	den	X	X	0
					noc	X	X	0
	Jet Flame (uzavřené potrubí)	<10 m	0,031	0-90% (ø 45)	den	0,31	0,14	0
					noc	0,031	0,014	0
	Rozptyl/Flash Fire (uzavřené potrubí)	<(2 x 10 m)	0,002	0-90% (ø 45)	den	0,02	0,009	0
					noc	0,002	0,0009	0

5.9 Vyhodnocení ohrožení z podkladů provozovatele

Tabulka 45 Přehled odhadovaných následků havárie plynovodních přípojek A, B (zkompletováno z podkladu provozovatel)

Přehled odhadovaných následků úniku zemního plynu z podzemního potrubí DN 500 pomocí výpočtu programu EFFECTS								
scénář	typ následku	dosah smrtelný zranění od místa havárie	Zasažená plocha v ha	Smrtelné zranění	Počet zasažených osob v bezpečnostním pásmu		Počet smrtelně zraněných	Počet zasažených osob mimo bezpečnostní pásmo
					den	noc		
Roztržení DN 500	Jet Flame	75 m	1,77	35 % (ø 17,5 %)	den	8	1,55 (2)	0,85
					noc	1,5	0,29 (1)	0,17
	Flash Fire	74 x 48 m	0,355	100 % v případě Flash Fire	den	1,775	1,775 (2)	0
					noc	0,3555	0,3555 (1)	0
	Rozptyl	-	-	-	den	0	0	0
					noc	0	0	0
Vertikální/horizontální únik 10% DN	Jet Flame	14 m	0,062	3 % při kontinuál. úniku	den	0,31	0,005	0
					noc	0,062	0,0009	0
	Flash Fire	19 m	0,113	100 % v případě Flash Fire	den	0,566	0,0085	0
					noc	0,113	0,0017	0
	Rozptyl	-	-	-	den	0	0	0
					noc	0	0	0
Šikmý únik 10% DN	Jet Flame	21 m	0,138	13,6 % při kontinuál. úniku	den	0,69	0,047	0
					noc	0,138	0,009	0
	Flash Fire	19 m	0,113	100 % v případě Flash Fire	den	0,566	0,0085	0
					noc	0,113	0,0017	0
	Rozptyl	-	-	-	den	0	0	0
					noc	0	0	0

Tabulka 46 Přehled odhadovaných následků havárie na sondách (zkompletováno z podkladu provozovatele)

Přehled odhadovaných následků havárie sond dle provozovatele vypočítané programem EFFECTS									
scénář	sonda	typ následku	dosah smrtelný zranění	Zasažená plocha v ha	smrtelné zranění v %	Počet zasažených v bezpečnostním pásmu		Počet smrtelně zraněných	Počet zasažených mimo bezpečnostní pásmo
Erupce	2 7/8" s PPBV	Jet Flame	8,8 m	0,024	1 % (4,5 m/600 s)	den	0,24	0,0024	0
						noc	0,024	0,00024	0
		Flash Fire	10 m	0,031	1,48 % (4,5 m/600 s)	den	0,31	0,046	0
						noc	0,031	0,0046	0
		Rozptyl	-	-	-	den	0	0	0
						noc	0	0	0
	3 1/2" s PPBV	Jet Flame	12,2 m	0,047	2 % (5 m/600 s)	den	0,47	0,0009	0
						noc	0,047	0,00009	0
		Flash Fire	12,2 m	0,047	2 % (5 m/ 600 s)	den	0,47	0,0009	0
						noc	0,047	0,00009	0
		Rozptyl	-	-	-	den	0	0	0
						noc	0	0	0
Vertikální únik 10% DN	2 7/8" s PPBV	Jet Flame	0 m	0	0	den	0	0	0
						noc	0	0	0
		Flash Fire	0 m	0	0	den	0	0	0
						noc	0	0	0
		Rozptyl	-	-	-	den	0	0	0
						noc	0	0	0
	3 1/2" s PPBV	Jet Flame	0 m	0	0	den	0	0	0
						noc	0	0	0
		Flash Fire	0 m	0	0	den	0	0	0
						noc	0	0	0
		Rozptyl	-	-	-	den	0	0	0
						noc	0	0	0
Horizontální únik 10% DN	2 7/8" s PPBV	Jet Flame	9 x 2 m	0,002	0-73% (ø 37 %)	den	0,02	0,0074	0
						noc	0,002	0,00074	0
		Flash Fire	9 m	0,002	0-73% (ø 37 %)	den	0,02	0,0074	0
						noc	0,002	0,00074	0
		Rozptyl	-	-	-	den	0	0	0
						noc	0	0	0
	3 1/2" s PPBV	Jet Flame	12 m	0,0024	0-90% (ø 45 %)	den	0,024	0,011	0
						noc	0,0024	0,0011	0
		Flash Fire	12 m	0,0024	0-90% (ø 45 %)	den	0,024	0,011	0
						noc	0,0024	0,0011	0
		Rozptyl	-	-	-	den	0	0	0
						noc	0	0	0

Výše uvedené tabulky č. 43, 44, 45, 46 zobrazují přehled odhadovaných následků ohrožení obyvatelstva dle jednotlivých identifikovaných havarijních scénářů. Tabulky v pořadí zleva doprava popisují: havarijní scénáře, variantně druh sondy, typy následku, dosah fatálních účinků, zasaženou plochu závažných následků v hektarech, procentuální odhad (skutečný odhad fatálně zraněných osob z celkového dosahu smrtelných účinků), počet zasažených osob v bezpečnostním pásmu (respektive i zóně havarijního plánování), odhad smrtelně zraněných osob (dle procentuálního odhadu) a počet osob zasažených mimo bezpečnostní pásmo.

Výpočet smrtelně zraněných osob vychází z podstaty odhadovaného pohybu osob v uvažované oblasti. Pro provozní sondy se v jejich okolí předpokládá pohyb 10 osob na hektar během denní doby, v noci konzervativně je uvažováno o 1 osobě/hektar. V okolí plynovodů (přípojek A, B) je odhadovaná hustota 5 osob/hektar během dne, v noci konzervativně 1 osoba/hektar. Vynásobením zasažené plochy a odhadovaného pohybu osob získáme očekávaný počet zasažených osob. Pro přesnější odhad smrtelně zraněných osob bylo dále nutné stanovit procentuální odhad vzhledem k faktorům podílejících se na snížení závažných následků havárie jako například terén, uložení potrubí v podzemí, terénu, možnost ukrytí osob ve stavbách, době působení tepelné radiace, vzdálenosti od místa, ad. Hodnoty byly konzultovány se znalci provozovatele innogy Gas Storage, s.r.o. PZP Štramberk. Výpočet smrtelně zraněných osob se následně jednoduše vypočítá pomocí trojčlenky, kdy výsledná plocha se opět vynásobí s odhadovanou hustotou pohybu osob.

Z výsledku je výrazně patrné, že největší ohrožení pro obyvatele představuje roztržení podzemního potrubí s následným požárem pod vysokým tlakem (Jet Fire) nebo zpožděnou iniciací po rozptýlení zemního plynu (Flash Fire). ALOHA v případě Jet Fire vypočítala dosah fatálních následků do vzdálenosti 150 metrů jak pro kontinuální únik, tak i únik z uzavřeného potrubí, viz tabulka 43. Ke kontinuálnímu úniku by vzhledem k bezpečnostním opatřením nemělo dojít.

Se zřetelem na výsledek ALOHY došlo zhruba ke dvojnásobnému překročení bezpečnostního pásma. Dosah závažných následků se v tomto případě i pochopitelně extrémně podepsal na počtu ohrožených osob, tj. na 35 ohrožených osob během denní doby, kdy předpoklad hovoří o 6 smrtelně zraněných osobách. V případě Flash Fire se dostáváme do opravdu extrémních čísel, které vzhledem k chování zemního plynu v terénu a času úniku nelze z logiky věci očekávat. Dosah závažných následků v tomto případě odpovídá usmrcení 19 osob. Naproti tomu programem EFFECTS v případě Jet Fire předpokládá zasažení 8,85 osob během denní doby, přičemž se soudí, že na následky zranění zemře 1,55 osob. U následku typu Flash Fire se výpočet predikuje 1,77 zasažených osob, kdy v nejhorším případě dojde k rozptýlu zemního plynu na ploše asi 74 x 48 metrů. Osoby přítomné na odhadované ploše budou ve 100 % případů fatálně zraněny. U ALOHY je zřejmé vzhledem k výsledku programu EFFECTS, že došlo k nadhodnocení dosahu následků vlivem počátečního prudkého tlaku. Při havárii s 10 % unikem, jenž může nastat vlivem například netěsnosti, lze očekávat v případě požáru následky do vzdálenosti 28 metrů, dle výsledku ALOHA. Podle výsledku programu EFFECTS do 21 metrů. Avšak smrtelné následky nejsou predikovány.

Dále analyzovaných havarijních scénářů na sondách prostřednictvím ALOHY nevyplývá dosažení fatálních následků na zdraví obyvatel, viz tabulka 44. Identické výsledky lze pozorovat i z výpočtu programu EFFECTS viz tabulka 46.

V tabulce 46 lze pozorovat, že dosah následku se liší dle směru úniku zemního plynu, což ALOHA neumožňuje. Provozovatel pomocí programu EFFECTS v havarijních scénářích na sondách rozlišuje dva směry úniku, a to vertikální a horizontální. Při vertikálním uniku 10 % DN sondy jsou následky prakticky nulové. Jiná situace pak nastává při uniku stejného množství při horizontálním směru úniku.

6 DISKUZE

Hlavním cílem diplomové práce bylo zjistit relevantní ohrožení obyvatelstva v zónách havarijního plánování, respektive i bezpečnostních pásmech, ale případně i mimo tyto zóny řešeného objektu provozovatele innogy Gas Storage, s.r.o. podzemního zásobníku plynu ve Štramberku. Snahou bylo vytvořit ucelený dokument, který svým obsahem dokáže podat informace o možných rizicích, předpokládaných haváriích a jejich následcích na obyvatele v této oblasti. Pochopení funkce, skladby, použitých materiálů technologie a jeho možných rizik spolu s odhadovanými scénáři následku považuji za základní odrazový můstek při realizaci ochrany obyvatelstva, která se bude v druhé polovině tohoto roku 2018 pomoci vnějšího havarijního plánu dle nařízení tzv. direktivy SEVESO III zabezpečovat. Za tímto účelem bylo nutné probrat bezpečnostní dokumentace zpracované na základě přijatého zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií. Bylo nezbytné se seznámit komplexně s provozem, technologickým zařízením, vybavením, bezpečnostním opatřením jak na teoretické, tak i hlavně praktické úrovni. Dále byly po konzultaci s odborníky z PZP Štramberk vytvářeny teoreticky možné reálné scénáře, které všeobecně mohou na technologii nastat. Pro tento účel byl využit volně dostupný program ALOHA, jednak z důvodu časové náročnosti tvorby modelových scénářů a dále na podkladě recenzi, jenž o programu ALOHA tvrdí, že je konkurenčně způsobilý komerčním programům. Například studijní pomůcka Univerzity obrany Fakulty ekonomiky a managementu s názvem „*ALOHA – modelování a simulace*“^[47] zpracována Ing. Bartou a RNDr. Ludíkem uvádí, že funkce je téměř totožná s programem TerEx. ALOHA se liší nižším počtem látek v základní databázi, což pro potřeby této práce je nevýznamný faktor. Na druhou stranu z hlediska modelů šíření je ALOHA popisována jako velice propracovaný a kvalitní nástroj. Podrobně se rozdíl mezi TerExem a programem ALOHA zabývala diplomová práce Ing. Adama Hendrycha s názvem „*Porovnání výstupů z programů ALOHA a TerEx při jejich modelování rozptylu vybraných*

nebezpečných látek [54], kde autor na druhou stranu uvádí, že ALOHA poskytuje konzervativnější výsledky neboli nadhodnocuje dosah závažných účinků, což se shoduje i s výsledky této práce. Výsledky z ALOHY lze v této práci porovnat s výsledky, které vypočetl program EFFECT se kterým pracovali kompetentní zaměstnanci společnosti innogy Gas Storage, s.r.o. při modelování téměř identických modelových situací.

Další zastávkou v řešení problematiky bylo hledání havárií, které se na obdobných zařízeních již staly, neboť je to cesta, jak se nejlépe přiblížit znaleckému modelování, které je charakteristické především přesností svých výsledků. V publikaci [37] se uvádí, že znalecké modelování je specifické především v tom, že pracuje s daty již proběhlých havarijních událostí či jde o posuzování přesně definované havárie. Proto i v této práci bylo snahou pracovat s co nejpřesnějšími daty. Nejlépe k modelovaným scénářům má havárie na sodně LO-40 PZP v Lobodících. Tato událost bude dále v diskuzi probrána.

První stanovenou hypotézou bylo předpokládáno, že dosah závažných následků nepřesáhne hranice zóny havarijního plánování nebo bezpečnostního pásma v okolí posuzovaného zařízení. Podle vyhlášky 226/2015 Sb., *o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktuře*, je stanovena výchozí hranice ve vzdálenosti 80 metrů od sondy. Stejnou hodnotu stanovuje i energetický zákon č. 458/2000 Sb. Tedy hypotéza byla potvrzena v případě havarijních scénářů na sondách, kdy maximální dosah letálních následků ALOHA vypočítala do vzdálenosti 75 metrů v případě kontinuálního úniku při erupci na sondě 3 ½". Na druhou stranu program EFFECTS vypočítal dosah letálních následků do vzdálenosti 12,2 metrů, což právě svědčí, pro již výše zmíněnou konzervativnost ALOHY. Je nutné si však vysvětlit některé faktory, které se ve skutečnosti podepíší na výrazném snížení ohrožení obyvatelstva při havárií. V modelových scénářích je v rámci jistoty počítáno s tlakem 63 baru, což je maximální stanovený tlak, na který je soustava dimenzovaná.

Skutečnost je však jiná, neboť hodnota 63 baru se vyskytuje v tranzitní síti společnosti Net4Gas a to především u zdroje tlaku. Cestou, než zemní plyn dorazí do objektu PZP Štramberk dojde k tlakové redukci. Navíc i tento přicházející plyn o určitém charakteristickém tlaku je při vstupu do centrálního areálu dále regulován. Interní parametr tlaku se tak ve skutečnosti pohybuje v rozmezí 17 – 44 baru. Další významným prvkem snižující nebezpečí vyplývající z havárie je přítomnost podpovrchových bezpečnostních ventilů (PPBV), jenž má provozovatel PZP Štramberk jako jediný v České republice již na všech 57 provozně těžebních sondách. V bezpečnostní dokumentaci se uvádí údaj uzavření do 30 vteřin od vzniku havárie. Při osobním rozhovoru s vedoucím PZP Štramberk Ing. Petrem Goluchem mi bylo sděleno, že ve skutečnosti ventil reaguje prakticky okamžitě a ven by se mělo dostat jen množství zemního plynu, které je mezi PPBV a produkčním křížem, což představuje cca 40 metrů dlouhou stupačku o maximálním průměru 89 mm. Dále dodal, že PPBV není zcela plynotěsné zařízení, dle normy může propouštět. Nicméně 99,9 % uniku se podaří prakticky neprodleně zastavit. Krom PPBV je na produkčním kříži ještě povrchový bezpečnostní ventil. Z těchto poznatku tedy vyplývá, že v reálné praxi se bude ohrožení obyvatelstva pohybovat čistě na teoretické úrovni za předpokladu, že bude dodržována údržba, kontrola zařízení a funkčnost všech bezpečnostních prvků.

Jak bylo výše uvedeno k erupci na sondě již v rámci České republiky skutečně došlo. Stalo se tak 12. června 2010, kdy vlivem bouře doprovázené silným větrem došlo k pádu stromu na produkční kříž provozní sondy LO-40 PZP Lobodice. K ulomení došlo v místě, kde nebylo možné provést její uzavření. Na obrázku v příloze 6 je znázorněno místo ulomení. Fotografie poskytl plk. Ing. Petr Ošlejšek, Ph.D., který byl řídicím důstojníkem a velitelem zásahu. Ze vzniklého otvoru o průměru 80 mm tak začal neřízeně unikat z podzemního zásobníku zemní plyn pod tlakem 2,5 MPa (v časopise 112 č.11/2010 je uveden údaj 5,3 MPa). Tento únik se podařilo zastavit až po 19 hodinách. Po celou dobu docházelo pouze k rozptylování zemního plynu do okolí. K iniciaci nedošlo. Dle informací Ing. Olejška, Ph.D došlo

k celkovému úniku 1,3 milionu m³ zemního plynu, což je množství odpovídající spotřebě 790 domácnosti na celý rok. Na místo havárie byla vyslána i chemická laboratoř z Frenštátu pod Radhoštěm. Za účelem zjištění naměřených hodnot a dalších podrobností byla oslovena vedoucí chemické laboratoře mjr. Ing. Jitka Pikulíková. Písemně však sdělila, že naměřené hodnoty se nezaznamenávaly, ale pouze se informačně hlásily řídícímu důstojníkovi plk. Ing. Ošlejškovi, Ph.D. Ve sdělení dále dodává, že žádné zvýšené koncentrace nebyly naměřeny. Měření bylo prováděno v obcích Zářící (2 km vzdušnou čarou, dle mapy.cz), Troubky (3 km), Tovačov (5 km) a Polkovice (5,5 km). Měření bylo v těchto bodech prováděno od 8:45 až do 16:55, tedy do okamžiku, než došlo k zastavení úniku plynu. Z výsledného měření lze potvrdit, že i při takto dlouhém kontinuálním úniku nebylo okolní obyvatelstvo ohroženo. K této skutečnosti se přiklání i výsledky analýzy havarijního scénáře při rozptylu zemního plynu ze sondy 3 ½" (89 mm). V místě úniku však situace byla vážná, což potvrzují i výsledky výpočtu modelových scénářů a také vyjádření baňského záchranáře Čestmíra Stavinoha, který se pro přerovský deník vyjádřil slovy „*Stačila jiskra a mohli jsme chytnout*“, i když o této osobní domněnce bychom mohli spekulovat [55]. Z tohoto důvodu, jak je možné vidět na přiložené fotografiích v příloze 7, bylo prováděno skrápění unikajícího plynu, neboť tento postup významně přispívá ke zvýšení bezpečnosti všech zasahujících. Jak je uvedeno v článku [56] „*Po havárii a možné průrvě na technologii, dochází při takovém tlaku i k uvolňování částic v zemině a reálně hrozí vysoké nebezpečí při styku s dalším tělesem zajištění s následným požárem či výbuchem. Skrápěním dochází k smíchání vody s plynem, což vede k výraznému snížení tohoto nebezpečí.*“ Při osobním rozhovoru Ing. Zdenek Šimoník, technik BP a PO PZP Štramberk uvedl, že na základě této havárie se začalo intenzivně pokračovat v instalaci PPBV, tak aby v podmínkách objektu PZP Štramberk k takovéto havárii nedošlo. Postupem času bylo započato také velice nepopulární kacení všech rizikových stromů v blízkosti sond.

Další faktor, který se zcela jistě podepíše na snížení ohrožení obyvatelstva je zvukový projev unikajícího plynu pod vysokým tlakem. Hlukový projev velice věrně připomíná zvuk proudového motoru stíhačky [57]. Je tedy více než pravděpodobné, že osoby tento mimořádný jev budou pozorovat z bezpečné vzdálenosti. Shrnutím všech těchto faktů lze závěrem k sondám říct, že nepředstavují pro obyvatele vážné nebezpečí a ohrožení jejich života v zóně havarijního plánování či identického bezpečnostního pásma za dodržení všech stanovených bezpečnostních opatření.

V případě havárie na potrubních přípojkách je ohrožení a hranice dosahu závažných následků již diskutabilní. Potrubní přípojky A a B jsou posuzovány dle zákona č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, neboť bylo překročeno kritické množství. Například plynovodní přípojka C daný limit nespĺnila, a proto nebylo nutné ani hodnotit její ohrožení. Dle výsledku programu ALOHA, jak je možno vidět v tabulce 43, vyplývá až 150metrový dosah potenciálně letálních následků vlivem tepelné radiace v případě následku havárie typu Jet Fire. Program EFFECTS odhadl vzdálenost letálních následku v tomto případě na 75 metru viz tabulka 45. Pro scénář rozptylu ALOHA vypočítala dosah dokonce až do vzdálenosti 482 metrů. Program EFFECTS zde znovu demonstroval výrazně nižší výsledné hodnoty, neboť vypočetl dosah závažných následků do 48 metrů. Hrubým vyhodnocením bychom tedy mohli tvrdit, že hranice bezpečnostního pásma bude významně překročena, neboť dle přílohy uvedené v energetickém zákoně č. 458/2000 Sb., je pásmo stanovena na 70 metrů. Opět je ale potřeba se zamyslet a vzít v úvahu jisté skutečnosti. Jako první je nutné říct, že ke kontinuálnímu uniku v reálné praxi nedojde, neboť jednotlivé potrubní přípojky jsou rozděleny do mnoha sekci pomocí hraničních armatur, tedy unikne jen zemní plyn mezi těmito uzávěry. Dalším významným faktorem je skutečnost, že veškeré plynovody v rámci provozovatele innogy Gas Storage, s.r.o. PZP Štramberk jsou uloženy v podzemí. Tedy je do značné míry eliminována možnost poškození veškerou povrchovou lidskou činností či přírodními vlivy apod. Ohrožení zemětřesením je rovněž téměř vyloučeno.

Seismická aktivita v oblasti PZP Štramberk je velmi nízká. Tyto informace vyplývají z mapy makroseizmické aktivity [61], kdy tato oblast je odpovídá stupni 6. Tento fakt byl potvrzen i při konzultaci s panem Ing. Petrem Goluchem, jenž zmínil že seismická aktivita je opravdu nízká a veškeré technologie jsou na tyto mírné, ale i silnější otřesy konstruovány. Připustil však, že možnost nadlimitních otřesu není úplně vyloučena, ale pravděpodobnost je skutečně velice mizivá. Krom přirozené seismické aktivity ohrožuje PZP Štramberk nedaleký Kamenolom Kotouč ve Štramberku, kde se při těžbě kamenu používají výbušniny. Avšak i tato oblast se hlídá. Kamenolom má stanovenou maximální těžební hloubku a také množství výbušnin, jenž je možné používat při odstřelu těženého kamene. Dle měření vibrací odstřelu, které bylo prováděno v roce 2017 nebylo dosaženo limitů vibrací jak na povrchu, tak i v podzemí. Je možné tedy tvrdit, že pokud budou dodržovány stanovená pravidla, PZP Štramberk nebude tímto subjektem ohrožen. Nicméně pokud by k havárii skutečně došlo, lze zcela bezpečně kromě závažných následku na zdraví předpokládat vážné poškození staveb a bohužel i samotného objektu PZP Štramberk, pokud by k havárií došlo na potrubní přípojce nacházejí na hranici nebo v centrálním areálu. Dle vyjádření Ing. Golucha je však centrální areál velice dobře ochráněn. Doplnil, že do tří let bude navíc v centrálním areálu postavena technologie horního odtlakování, což je zařízení na principu polního hořáku. Centrální areál tak bude rozdělen do dalších menších sekcí. Dojde-li k havárii v podobě úniku plynu, zahoření či čemukoliv jinému, plyn se z těchto sekcí dostane do hořáku, kde kontrolovaně nad úrovní centrálního areálu vyhoří.

Nejhorší variantou havárie je ztráta kontroly nad únikem. Příkladem absolutní ztráty nad integritou lze uvést havárii na podzemním zásobníku plynu na západě Spojených států amerických. K havárii došlo 23. října 2015 v Alison Canyonu v Los Angeles patřící plynárenské společnosti SoCalGas (Southern California Gas Company). Tento fatální únik se podařilo zastavit až 18. února 2016. Jde o největší unik zemního plynu v celé historii Spojených států. Podle článku umístěného na stránkách Daily News [60] bylo příčinou poškození zřejmě stupačky o průměru 7“

(180 mm). Co však přesně poškození způsobilo se nepodařilo dohledat. Článek [62] hovoří, že analýza příčiny havárie bude ukončena na jaře tohoto roku. Polemizuje se o možné korozi, opotřebení vlivem svého stáří, chybné instalaci, výrobní vadě a nejvíce pravděpodobná přichází varianta zemětřesení. Tato obdoba našich sond byla odvrtna v roce 1953 (v době havárie byla sonda 61 let stará), zpočátku měla bezpečnostní ventily, avšak v roce 1979 vlivem stáří a netěsnosti byly ventily demontovány a již nenahrazeny z důvodu údajné dostatečné vzdálenosti od zástavby [63]. Historicky však nejde o první havárii, která se stala vlivem zanedbávání údržby a bezpečnostních opatření na úkor finančního zisku, který se ve finále mnohdy ještě hluboce prodražil (například havárie v Bhópalu). Podle dostupných údajů docházelo k úniku 53 tun zemního plynu za hodin, tj. 1300 tun za den, což je přibližně stejné množství úniku, ke kterému docházelo i v Lobodicích, zde ale tento únik netrval 4 měsíce, ale pouhých 19 hodin. Zdroj [59] uvádí, že v oblasti havárie v města Porter Ranch docházelo u obyvatelstva k zdravotním potížím v podobě neurologických, gastrointestinálních a respiračních symptomů. Evakuováno bylo na 2000 rodin (cca 8000 lidí). Výše citované účinky však nebyly způsobeny zemním plynem typicky přirozené podoby, protože zemní plyn v čisté podobě není toxický, a tedy nepředstavuje zdravotní rizika na otevřeném prostranství, přidané merkaptany však ano. Nejde ale o účinky způsobující bezprostřední ohrožení života. Neočekává se ani trvalé nebo dlouhodobé účinky na zdraví. Výše popsané zdravotní účinky lze v podmínkách PZP Štramberk vyloučit, neboť merkaptany se do zemního plynu přidávají až v předávací stanici centrálního areálu PZP Štramberk, tzn. v okamžiku, kdy zemní plyn odchází prostřednictvím distribuční soustavy ke koncovému spotřebiteli. Nicméně zdravotní následky z mého pohledu byli v tomto případě banální oproti způsobené škodě na životním prostředí, neboť zdroj [59] přirovnává denní únik 1300 tun zemního plynu emisi skleníkových plynů odpovídající produkci asi 200 000 aut za rok. Čtyř měsíční únik tedy způsobil emisi skleníkových plynů, co by 200 000 vozidel produkovalo 90 let. Bezpečnostní ventily je nutné na základě zkušeností z Alisonské havárie instalovat

na všech stupačkách, ať jsou, jakkoliv daleko od zástavby. Avšak hlavním poselstvím je uvědomění, že nelze myslet jen na ochranu obyvatelstva, ale je nezbytné do stejné a možná i vyšší priority postavit životní prostředí.

Druhá stanovená hypotéza předpokládající, že stanovené zóny havarijních plánování jsou současnou legislativou naddimenzované se nepodařilo ani potvrdit ani vyvrátit v případě podzemního plynovodu. Pokud bychom nebrali v úvahu bezpečnostní opatření a další faktory, které významně snižují pravděpodobnost vzniku a následky závažné havárie, tak bychom tvrdili, že stanovená zóna 70 metrů v okolí plynovodu je nevyhovující. V případě respektování uvedených faktorů se dostáváme na hranici 70 metrů. Vzhledem k výsledkům této práce by nebylo od věci stanovit tuto zónu alespoň na 80 metrů.

Nutné je doplnit, že únik plynu se nemusí projevit vždy v místě zdroje, viz příloha 8. Zemní plyn může v podloží migrovat na různě dlouhé vzdálenosti. Lépe řečeno v takovém případě stanovená bezpečnostní pásma ztrácejí teoreticky smysl. Za tímto účelem si lze názorně popsat výbuch zemního plynu v městě Hutchinsonu (centrální Kansas). Zdrojem úniku byla porušená stupačka v podzemí vedoucí ze solné kaverny podzemního zásobníku plynu v Yaggu situovaného 7 kilometrů severozápadně od Hutchinsonu. Plyn z porušené stupačky umocněný vysokým tlakem migroval až do města Hutchinson, kde došlo k několika vážným výbuchům a požárům s následkem materiálních, finančních ztrát a k újmě na dvou lidských životech [64]. Identický scénář lze tedy předpokládat i v případě plynovodu uložených v podzemí.

Platná technická pravidla TPG dle Ing. Šimoníka tuto problematiku řeší. Konkrétně proti tomuto jevu vystupuje norma TPG, která řeší ochranu staveb před možným unikem plynu v podzemí, jenž by mohl migrovat, pomocí tzv. vsakovacích rýh. Jedná se o výkop, kde se na odvrácenou stranu umístí folie, zbytek prostoru se vyplní kamením či jinou neplynotěsnou zeminou. V případě úniku zemní plyn bude

stoupat ven skrz tuto štěrkovou strukturu, folie zabrání další případné emigraci. Legislativa je tedy k bezpečnostním opatřením skutečně otevřená ve všech směrech, bohužel plnění v praxi už je problém.

Cílem diplomové práce bylo dále zpracovat návrh plánu konkrétní činností. Pro splnění tohoto cíle byl vypracován plán varování a informování obyvatelstva podle vyhlášky č. 226/2015 Sb., o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího havarijního plánu a jeho struktury. Tento návrh plánu je z důvodu rozsahu diplomové práce umístěn v příloze č.5.

Závěrem je potřeba ještě dodat, že i když modelové scénáře bylo snahou přiblížit co nejbližší realitě, stále je nutné mít na paměti, že jde modelovou předpověď, která ne vždy může mít kvalitní vypovídající hodnotu. Toto tvrzení dokládá Diplomová práce Ing. Hendrycha [54]. Rovněž odhadovaný pohyb osob v okolí zařízení může být variabilní atp. S nadsázkou si dovoluji tvrdit, že nejlepším ukazatelem či modelem je reálné havárie, ze kterých je nejlépe se poučit a zabezpečit její neopakování.

7 ZÁVĚR

Diplomová práce se věnovala ochraně obyvatelstva s hlavním zaměřením na stanovení relevantního ohrožení obyvatelstva objektu innogy Gas Storage, s.r.o. podzemního zásobníku plynu ve Štramberku.

První hypotéza předpokládající dosah závažných následku do vzdáleností limitované stanovenou zónou havarijního plánování a bezpečnostního pásma se potvrdila v případě modelace havarijních scénářů na provozně těžebních sondách. Při výpočtu dosahu letálních následků havarijního scénáře roztržení potrubní přípojky se tato hypotéza však nepotvrdila. ALOHA vypočítala až dvojnásobně převyšující vzdálenost letálních účinku. Program EFFECTS překročil vzdálenost o 5 metrů. Pokud však vezmeme v úvahu stanovená bezpečnostní opatření a následně časovou interpretaci výpočetních programu s přihlédnutím k dalším faktorům viz diskuze, lze konstatovat, že následky havárie a pravděpodobnost jejího vzniku bude čistě na teoretické úrovni.

Druhá stanovená hypotéza předpokládající naddimenzování zóny havarijního plánování současnou legislativou se nepodařilo ani potvrdit ani vyvrátit pro objekt jako celek. V dílčím případě provozně těžebních sond bylo prokázáno bezpečnostní naddimenzování. V případě potrubních přípojek je tato vzdálenost dle čistě výpočetních modelových studií nevyhovující. Na druhou stranu uvážením všech bezpečnostních faktorů, jak bylo uvedeno v diskuzi, je tato hranice vyhovující.

Vzhledem k pochopení celkového ohrožení a projevu havárie je možné doporučit provést informování obyvatelstva o povaze, nebezpečí, a projevu havárie. Lze tak předejít panice, neboť havárie svým především zvukovým projevem může u některých skupiny obyvatel vyvolat hysterické reakce. Inspirací pro provozovatele innogy Gas Storage, s.r.o by mohl představovat například informační kalendář nebo ve skromnější variantě informační leták.

Návrh vybraného plánu konkrétních činností je vzhledem k rozsahu práce umístěny v příloze 5.

Závěrem si nezbývá než přát, aby tato práce svým obsahem a výsledky posloužila příslušníkům Hasičského záchranného sboru Moravskoslezského kraje při zpracovávání vnějšího havarijního plánu

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ALOHA	Areal Locations of Hazardous Atmosphere
DMV	Dolní mez výbušnosti
DN	Diamètre Nominal
ESD	Emergency Shut Down
GIS	Geografický informační systém
HBS	Hydraulický bezpečnostní systém
HMV	Horní mez výbušnosti
IBC	Integrované bezpečností centru
IZS	Integrovaný záchranný systém
JSVV	Jednotný systém varování a vyrozumění
PBV	Povrchový bezpečnostní ventil
PPBV	Podpovrchový bezpečnostní ventil
PVC	Polyvinylchlorid
PZP	Podzemní zásobník plynu
SHZ	Stabilní hasící zařízení
TCP	Transmission Control Protocol
TEG	Triethylenglykol
VAGT	Voest Alpine Gas Tight
ZBZS	Závodní báňská záchranná služba

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MACHÁTOVÁ, Zuzana. Implementace směrnice SEVESO III v České republice i v evropském kontextu. In: *Sborník příspěvků TVIP 2017: Týden výzkumu a inovací pro praxi a životní prostředí*. 21. - 23. 3. 2017, Hustopeče. Praha: CEMC-České ekologické manažerské centrum, 2017, s. 1-8. ISBN 978-80-85990-30-0. Dostupné také z: <http://www.odpadoveforum.cz/TVIP2017/index.html>
- [2] PRAŽÁKOVÁ, Martina a Lenka FRIŠHANSOVÁ. Nový zákon o prevenci závažných havárií a úloha VÚBP, v. v. i. In: *Sborník příspěvků TVIP 2016: Týden výzkumu a inovací pro praxi a životní prostředí*. 15. - 18. 3. 2017, Hustopeče. Praha: CEMC-České ekologické manažerské centrum, 2016, Martina Pražáková, Lenka Frišhansová. ISBN 978-80-85990-28-7. Dostupné také z: <http://www.odpadoveforum.cz/TVIP2016/index.html>
- [3] *Návrh doplňující směrnici rady 96/82/EC, o řízení nebezpečí závažných havárií s nebezpečnými látkami - tzv. SEVESO II direktivu pro Evropský parlament a Radu: (předložený komisi Evropské unie)*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2002. ISBN 80-86634-00-0.
- [4] KELNAR, Lubomír a Šárka VÁCLAVKOVÁ. Podzemní zásobníky plynu (PZP) a prevence závažných havárií (PZH). In: *Sborník příspěvků TVIP 2015: Týden výzkumu a inovací pro praxi a životní prostředí*. 18. - 20. 3. 2017, Hustopeče. Praha: CEMC-České ekologické manažerské centrum, 2015, s. 1-8. ISBN 978-80-85990-26-3. Dostupné také z: <http://www.odpadoveforum.cz/TVIP2015/index.html>
- [5] Moravia Gas Storage spouští nový zásobník plynu v Dambořicích. MND [online]. 2016, 1. 7. 2016 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <https://www.mnd.cz/o-nas/novinky/moravia-gas-storage-spousti-novy-zasobnik-plynu-v-damboricich>

- [6] DÁBKOVÁ, Ivana a Vladimír SLIVKA. Česká republika má studii pro rozšiřování objemu zásobníků plynu. In: *TACR - Technologická agentura ČR* [online]. Praha, 2016, 19. ledna 2016, s. 1-2 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: https://www.tacr.cz/TZ_CR_ma_studii_pro_rozsirovani_objemu_zasobniku_plynu.pdf
- [7] BLAŽKOVÁ, Kateřina a Jana VANKOVÁ. Přístup k zákonu o prevenci závažných havárií v podmínkách Moravskoslezského kraje. In: *Sborník příspěvků TVIP 2015: Týden výzkumu a inovací pro praxi a životní prostředí* [online]. 18. - 20. 3. 2017, Hustopeče. Praha: CEMC-České ekologické manažerské centrum, 2015, s. 1-7 [cit. 2018-05-07]. ISBN 978-80-85990-26-3. Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/TVIP2015/index.html>
- [8] *Ochrana obyvatelstva a krizové řízení: skripta*. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. ISBN 978-80-86466-62-0.
- [9] *Chemické havárie: Projekt monitoringu nebezpečných látek v Moravskoslezském kraji* [online]. Ostrava: Hasičský záchranný sbor Moravskoslezského kraje, oddělení ochrany obyvatelstva a krizového řízení, 2016 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://chemon.hzsmsk.cz/>
- [10] KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše a Libor FOLWARCZNY. *Ochrana obyvatelstva*. 2., aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-134-7.
- [11] *Koncepce ochrany obyvatelstva: do roku 2020 s výhledem do roku 2030 : schválená usnesením vlády č. 805 ze dne 23. října 2013*. Praha: MV - generální ředitelství HZS ČR, 2013. 112.
- [12] ŘEHÁK, David, Bohumír MARTÍNEK a Petra RŮŽIČKOVÁ. *Ochrana obyvatelstva v kontextu aktuálních bezpečnostních hrozeb*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2015. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-169-9.

- [13] Zpráva o stavu ochrany obyvatelstva v České republice v roce 2015.
- [14] Česko. Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů ČR*. 2000. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239>
- [15] Česko. Vyhláška č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva. In: *Sbírka zákonů ČR*. 2002. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-380>
- [16] Česko. Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon). In: *Sbírka zákonů ČR*. 2000. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-240>
- [17] FOLWARCZNY, Libor a Jiří. POKORNÝ. *Evakuace osob*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 80-86634-92-2.
- [18] ADAMEC, Vilém. *Ochrana před povodněmi a ochrana obyvatelstva*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2012. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-118-7.
- [19] 112: *Odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva*. Praha: MV-generální ředitelství HZS ČR, 2018, XVII(2/2018). ISSN 1213-7057.
- [20] KROČOVÁ, Šárka. *Strategie územního plánování v technické infrastruktuře*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-128-6.
- [21] *Profil společnosti: innogy Gas Storage* [online]. 2018 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/profil/>
- [22] *Bezpečnostní zpráva objektu innogy Gas Storage, s.r.o., PZP Štramberk: Část I. Základní informace o objektu, Část II. Popisné, informační a datové části bezpečnostní zprávy, Část VI. Popis preventivních bezpečnostních opatření k omezení možnosti vzniku a následků závažné havárie, Část VII. Závěrečné shrnutí*. Brno, 2017.
- [23] BABINEC, F a kolektiv. *Systematická bezpečnostní studie metodou HAZOP: Provozní (vtlačně-odběrové) sondy v objektu PZP Štramberk*. Brno, 2017.

- [24] *Bezpečnostní list: Zemní plyn, suchý, stlačený*. 2016.
- [25] MAČÁK, Jiří, Jana MAČÁKOVÁ a Jana DVOŘÁČKOVÁ. *Patologie*. 2., dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3530-6.
- [26] ŠIMONÍK, Zdeněk, technik BP a PO innogy Gas Storage, s.r.o. PZP Štramberk. *Osobní sdělení*. Štramberk, 23.1.2018
- [27] NETUŠIL, Michal. Metody sušení zemního plynu. In: *Procesní technika 2010*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, 2010, s. 61-71. ISBN 978-80-01-04580-0.
- [28] KLEMPA, Martin, Vojtěch ZEMAN, Petr BUJOK, Jaroslav STRUNA a Ján PINKA. *Technika a technologie hlubinného vrtání: Multimediální výukový text* [online]. VŠB - Technická univerzita Ostrava: Hornicko - geologická fakulta, Institut geologického inženýrství [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/TECHHLDOB/index.htm>. Fond rozvoje vysokých škol, projekt č. 960/2011.
- [29] GAVENDA, Milan. PODZEMNÍ ZÁSOBNÍKY PLYNU-DŮLEŽITÝ ČLÁNEK V PLYNÁRENSKÉ SOUSTAVĚ. *DIAMO, státní podnik* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://slon.diamo.cz/hpvt/2006/stavby/P11.htm>
- [30] GOLUCH, Petr, vedoucí innogy Gas Storage, s.r.o. PZP Štramberk. *Osobní sdělení*. Štramberk, 23.4.2018
- [31] ŠIMONÍK, Zdeněk, technik BP a PO innogy Gas Storage, s.r.o. PZP Štramberk. *Osobní sdělení*. Štramberk, 23.4.2018
- [32] Česko. Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií) In: *Sbírka zákonů ČR*. 2015. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-224>
- [33] Česko. Vyhláška č. 226/2015 Sb., o zásadách pro vymezení zóny havarijního plánování a postupu při jejím vymezení a o náležitostech obsahu vnějšího

- havarijního plánu a jeho struktury In: *Sbírka zákonů ČR*. 2015. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-226>
- [34] *BEZPEČNOSTNÍ ZPRÁVA objektu innogy Gas Storage, s.r.o., PZP Štramberk: Část III. POSOUZENÍ RIZIK ZÁVAŽNÉ HAVÁRIE*. Praha, 2017.
- [35] Česko. Vyhláška č. 227/2015 Sb., o náležitostech bezpečnostní dokumentace a rozsahu informací poskytovaných zpracovateli posudku. In: *Sbírka zákonů ČR*. 2015. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-227>
- [36] KOTEK, Luboš a František BABINEC. *Selekce zdrojů rizika závažné havárie metodou výběru podle CPR 18E: v objektu společnosti PZP Štramberk*. Brno, 2017.
- [37] BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*. 2. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-005-0.
- [38] ŠENOVSÝ, Michail, Milan ORAVEC a Pavel ŠENOVSÝ. *Teorie krizového managementu*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2012. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-108-8.
- [39] BARTLOVÁ, Ivana a Miloš PEŠÁK. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2003. ISBN 80-86634-30-2.
- [40] *Seznam doporučení pro úpravu zařízení společnosti RWE Gas Storage, s.r.o. – PZP Štramberk: Dílčí výsledky studie bezpečnosti metodou HAZOP*. Štramberk, 2011.
- [41] BABINEC, František. *Hodnocení rizika objektu innogy Gas Storage, s.r.o. PZP Štramberk: Posouzení společenského rizika PZP Štramberk*. Brno, 2017.
- [42] BABINEC, František. *Hodnocení domino-efektů v objektu innogy Gas Storage, s.r.o. PZP Štramberk: Posouzení možnosti vzájemného ovlivnění zdrojů rizika v objektu PZP Štramberk*. Brno, 2017.
- [43] THE CAMEO® SOFTWARE SYSTEM. *ALOHA®: USER'S MANUAL*. Washington, D.C: U.S. Environmental Protection Agency and National

- Oceanic and Atmospheric Administration, 2007. Dostupné také z:
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1003UZB.PDF?Dockey=P1003UZB.PDF>
- [44] *Program ALOHA® 5.4.7*. U.S. Environmental Protection Agency and National Oceanic and Atmospheric Administration. Dostupné z:
<https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>
- [45] *Program MARPLOT® verze 5.1.1*. Washington, D.C: U.S. Environmental Protection Agency and National Oceanic and Atmospheric Administration. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/marplot-software>
- [46] *Program CAMEO® Chemicals verze 2.7*. U.S. Environmental Protection Agency and National Oceanic and Atmospheric Administration. Dostupné z:
<https://www.epa.gov/cameo/cameo-chemicals-software>
- [47] BARTA, Jiří a Tomáš LUDÍK. *ALOHA – modelování a simulace: (Studijní pomůcka pro předmět KRIZOVÉ SCÉNÁŘE)*. Univerzita obrany, 2012, 30 s. Dostupné z:
https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/26279/mod_resource/content/1/Studijni_pomucka_Aloha.pdf
- [48] *VĚTRNÁ RŮŽICE PRO LOKALITU: Štramberk, okres Nový Jičín, N 49° 35.65279', E 18° 5.56025'*. Období výpočtu: 2006 - 2015. ČESKÝ HYDROMETEROLOGICKÝ ÚSTAV ÚTVAR OCHRANY A ČISTOTY OVZDUŠÍ Oddělení modelování a expertíz, 2016.
- [49] BRUMOVSKÁ, Irena. *Speciální chemie pro požární ochranu: učební texty*. Vyd. 3., (přeprac.). Praha: Ministerstvo vnitra, generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2008. ISBN 978-80-86640-88-4.
- [50] BARTLOVÁ, Ivana. *Nebezpečné látky*. 2. rozš. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. ISBN 86-86634-59-0.
- [51] ŠENOVSÝ, Michail. *Nebezpečné látky II*. 2., aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-000-5.

- [52] 112: *Odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva*. Praha: MV-generální ředitelství HZS ČR, 2010, IX (11/2010). ISSN 1213-7057
- [53] V. Koza (2004) <http://zemniplyn.wz.cz>
- [54] HENDRYCH, Adam. *Porovnání výstupů z programů ALOHA a TerEx při jejich modelování rozptylu vybraných nebezpečných látek*. České Budějovice, 2012. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta. Vedoucí práce Doc. Ing. Vladimír Pitschmann, CSc.
- [55] NAJĎONOVÁ, Iva. Stačila jiskra a mohli jsme chytout, vzpomíná na erupci sondy báňský záchranář. In: *Přerovský deník* [online]. 2015 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: https://prerovsky.denik.cz/zpravy_region/stacila-jiskra-a-mohli-jsme-chytnout-vzpomina-na-erupci-sondy-bansky-zachranar-20150609.html
- [56] HOŠÁK, Zdeněk. Prezentace speciálního hasicího zařízení ve společnosti RWE GAS Storage s.r.o., provozující podzemní zásobník plynu - Lobodice. *Hasičský záchranný sbor České republiky* [online]. 2012 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/menu-informacni-servis-zpravodajstvi-2012-listopad-video-prezentace-specialniho-hasiciho-zarizeni-ve-spolecnosti-rwe-gas-storage-s-r-o-provozujici-podzemni-zasobnik-plynu-lobodice.aspx>
- [57] Natural Gas Leak. In: *YouTube* [online]. thegreatbw, 2012 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=fPNkQhaWNCQ>
- [58] Česko. Zákon č. 226/2015 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon) In: *Sbírka zákonů ČR*. 2000. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458>
- [59] *Ensuring Safe and Reliable Underground Natural Gas Storage: Public Health and Environment Subgroup Report: Appendix to the Final Report of the Interagency Task Force on Natural Gas Storage Safety* [online]. In: . NGSS Task Force, 2016, December 2016, s. 1-66 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z:

<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/10/f33/Ensuring%20Safe%20and%20Reliable%20Underground%20Natural%20Gas%20Storage%20-%20Final%20Report.pdf>

- [60] ABRAM, Susan. Two months in, Porter Ranch gas leak compared to BP Gulf oil spill. *Daily News* [online]. 19.12.2015 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.dailynews.com/2015/12/19/two-months-in-porter-ranch-gas-leak-compared-to-bp-gulf-oil-spill/>
- [61] Seismicita ČR. *Seismicita ČR - Zemětřesení* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: https://sites.google.com/site/zemetreseni01/seismicita_cr
- [62] GAZZAR, Brenda. 2 years after the gas leak above Porter Ranch, here's what's changed — and what hasn't. *Daily News* [online]. 21.10.2017 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.dailynews.com/2017/10/21/2-years-after-the-gas-leak-above-porter-ranch-heres-whats-changed-and-what-hasnt/>
- [63] Aliso Canyon gas leak. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2018 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Aliso_Canyon_gas_leak
- [64] *KGS--Hutchinson Response Web Site: Hutchinson Response Project* [online]. Kansas Geological Survey, 2004 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.kgs.ku.edu/Hydro/Hutch/index.html>

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Pohled na centrální areál PZP Štramberk. Zdroj: por. Bc. Martin Sedlář, HZS MSK.....	26
Obrázek 2 Příklady konstrukčního řešení vrtu. Zdroj [28].....	27
Obrázek 3 Základní schéma PPBV. Zdroj [23].....	28
Obrázek 4 Produkční kříž provozně těžební sondy. Zdroj vlastní.....	29
Obrázek 5 Množina 14 bodů na hranici centrálního areálu. Zdroj: innogy Gas Storage, s.r.o.....	33
Obrázek 6 Zakreslení umístění zdroje rizika (přípojky A, B) a ohrožené rodinné domy (bod 1 a 2). Zdroj: innogy Gas Storage, s.r.o.....	34
Obrázek 7 Výsledek kompatibility chemických látek PZP Štramberk generovaný metodou CRW3. Zdroj: innogy.....	40
Obrázek 8 Grafické zobrazení rychlostní růžice a stabilitní růžice. Zdroj: innogy..	44
Obrázek 9 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření).....	45
Obrázek 10 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace v místě, kde vede podzemní potrubí.	46
Obrázek 11 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření).....	47
Obrázek 12 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření).....	50
Obrázek 13 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu v místě, kde vede podzemní plynovod.	51
Obrázek 14 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost úniku).....	53
Obrázek 15 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při roztržení přípojky DN 500.....	54

Obrázek 16 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření).....	56
Obrázek 17 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace v místě, kde vede podzemní potrubí.	57
Obrázek 18 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost úniku).....	59
Obrázek 19 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při 10% uniku z uzavřeného potrubí DN 500.....	60
Obrázek 20 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření).....	62
Obrázek 21 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace při erupci sondy 2 7/8“ bez PPBV	62
Obrázek 22 Graf zobrazující rychlost hoření, (pro tento scénář modelace je směrodatný pouze výsledek prvních cca 20 vteřin)	64
Obrázek 23 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace při erupci sondy 2 7/8" s PPBV	65
Obrázek 24 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost úniku).....	66
Obrázek 25 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při erupci sondy 2 7/8" bez PPBV	67
Obrázek 26 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při erupci sondy 2 7/8" s PPBV.....	69
Obrázek 27 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření).....	70
Obrázek 28 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace při erupci sondy 2 7/8" s PPBV	71
Obrázek 29 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření).....	72

Obrázek 30 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace při erupci sondy 2 7/8" bez PPBV	73
Obrázek 31 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost úniku)	74
Obrázek 32 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při erupci sondy 2 7/8" bez PPBV	75
Obrázek 33 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost úniku)	76
Obrázek 34 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při erupci sondy 2 7/8" s PPBV	77
Obrázek 35 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření).....	78
Obrázek 36 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace při 10% úniku ze sondy 2 7/8"	79
Obrázek 37 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost úniku)	80
Obrázek 38 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při 10% úniku ze sondy 2 7/8"	81
Obrázek 39 Graf zobrazující množství spáleného zemního plynu v čase. (rychlost hoření).....	82
Obrázek 40 Grafické znázornění vypočtených parametrů tepelné radiace při 10% úniku ze sondy 3 1/2"	83
Obrázek 41 Graf zobrazující množství rozptýleného zemního plynu v čase. (rychlost úniku)	84
Obrázek 42 Grafické znázornění vypočtených parametrů rozptylu zemního plynu při 10% úniku ze sondy 3 1/2"	85

11 SEZNAMU POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 Přehled společných vstupních údajů.....	44
Tabulka 2 Vstupní údaje pro modelaci roztržení potrubí DN 500 bez pneumatického uzávěru	45
Tabulka 3 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při roztržení potrubí DN500	45
Tabulka 4 Vstupní údaje pro modelaci roztržení potrubí DN 500 s pneumatickým uzávěrem.....	47
Tabulka 5 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při roztržení potrubí DN500 s pneumatickým uzávěrem	47
Tabulka 6 Vstupní údaje pro modelaci roztržení potrubí DN 500 bez pneumatického uzávěru	50
Tabulka 7 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při roztržení podzemního potrubí DN 500	50
Tabulka 8 Výsledné ohrožení výbušnou energií po iniciaci rozptýleného zemního plynu následkem roztrženého podzemního plynovodu.	52
Tabulka 9 Vstupní údaje pro modelaci roztržení potrubí DN 500 s pneumatickým uzávěrem.....	53
Tabulka 10 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při roztržení podzemního potrubí DN 500	53
Tabulka 11 Vstupní údaje pro modelaci 10% úniku DN 500 bez pneumatických uzávěrů.....	55
Tabulka 12 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při 10% úniku DN500 bez pneumatických uzávěrů	55
Tabulka 13 Vstupní údaje pro modelaci 10% úniku DN 500 s pneumatickými uzávěry	56
Tabulka 14 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při 10% úniku DN500 s pneumatickými uzávěry	56

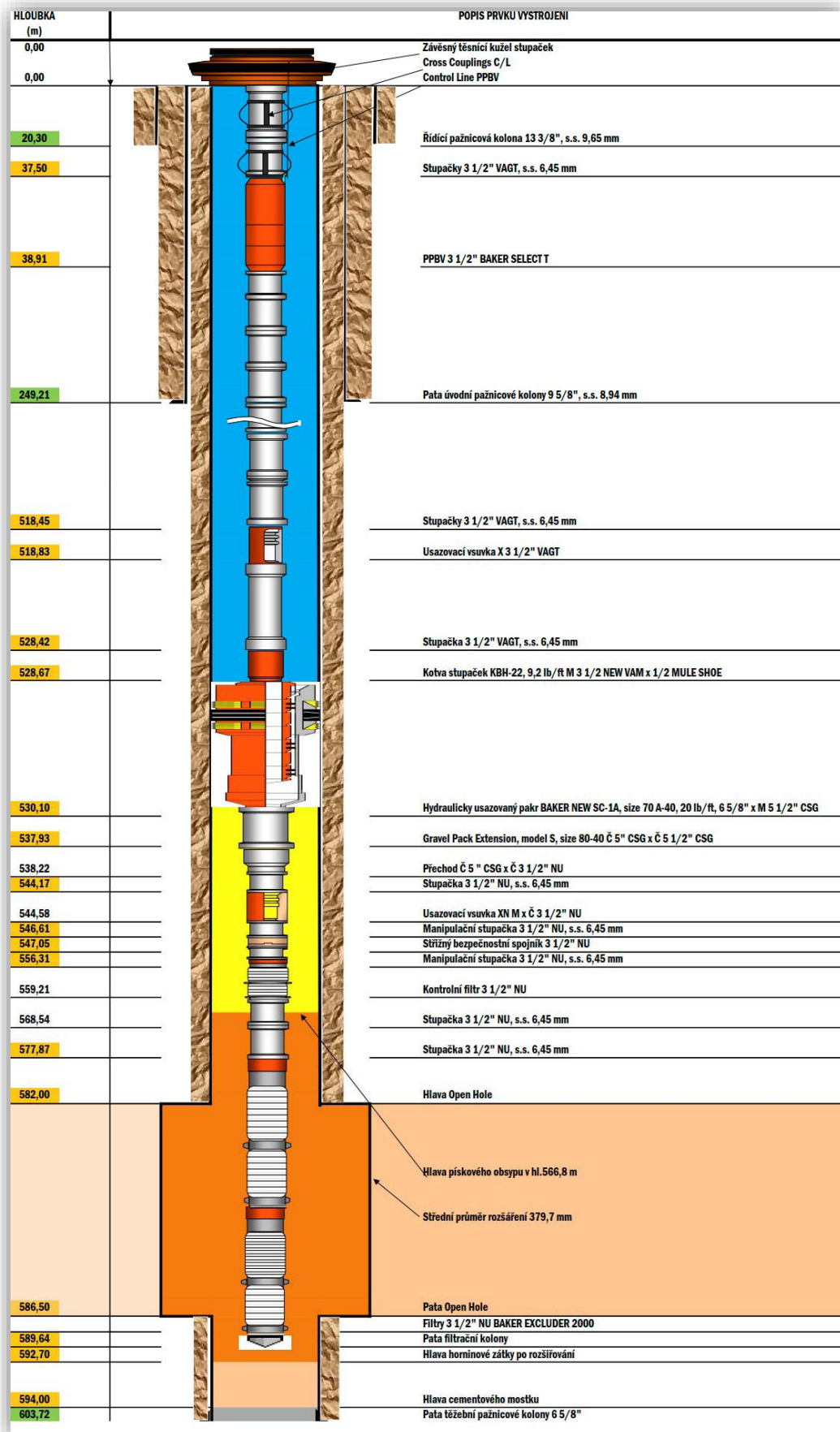
Tabulka 15 Vstupní údaje pro modelaci 10% úniku DN 500 bez pneumatických uzávěrů.....	58
Tabulka 16 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při úniku 10 % DN 500	58
Tabulka 17 Vstupní údaje pro modelaci 10% úniku DN 500 s pneumatickými uzávěry	59
Tabulka 18 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při 10% úniku z potrubí DN 500 s pneumatickým uzavřením	59
Tabulka 19 Vstupní údaje erupce sondy 2 7/8" bez PPBV	61
Tabulka 20 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při erupci sond 2 7/8" bez PPBV ..	61
Tabulka 21 Vstupní údaje erupce sondy 2 7/8" s PPBV	64
Tabulka 22 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při erupci sondy 2 7/8" s PPBV	64
Tabulka 23 Vstupní údaje erupce sondy 2 7/8" bez PPBV	66
Tabulka 24 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při erupci sondy 2 7/8" bez PPBV	66
Tabulka 25 Vstupní údaje erupce sondy 2 7/8" s PPBV	68
Tabulka 26 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při erupci sondy 2 7/8" s PPBV	68
Tabulka 27 Vstupní údaje erupce sondy 3 1/2" bez PPBV	70
Tabulka 28 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při erupci sond 3 1/2" bez PPBV ..	70
Tabulka 29 Vstupní údaje erupce sondy 3 1/2" s PPBV	72
Tabulka 30 Výsledné ohrožení tepelnou radiací při erupci sondy 3 1/2" s PPBV	72
Tabulka 31 Vstupní údaje erupce sondy 3 1/2" bez PPBV	74
Tabulka 32 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při erupci sondy 3 1/2" bez PPBV	74
Tabulka 33 Vstupní údaje erupce sondy 3 1/2" s PPBV	76
Tabulka 34 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při erupci sondy 3 1/2" s PPBV	76
Tabulka 35 Vstupní údaje 10% úniku ze sondy 2 7/8"	78

Tabulka 36 Výsledné ohrožení tepelnou radiací 10% úniku ze sondy 2 7/8"	78
Tabulka 37 Vstupní údaje 10% úniku ze sondy 2 7/8"	80
Tabulka 38 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při 10% úniku ze sondy 2 7/8"	80
Tabulka 39 Vstupní údaje 10% úniku ze sondy 3 1/2"	82
Tabulka 40 Výsledné ohrožení tepelnou radiací 10% úniku ze sondy 3 1/2"	82
Tabulka 41 Vstupní údaje 10% úniku ze sondy 3 1/2"	84
Tabulka 42 Výsledné ohrožení rozptýleným zemním plynem při 10% úniku ze sondy 3 1/2"	84
Tabulka 43 Přehled odhadovaného ohrožení obyvatelstva DN 500 vypočítaný pomocí ALOHY.....	86
Tabulka 44 Přehled odhadovaných následků havárií na sondách dle výpočtu programu ALOHA.....	87
Tabulka 45 Přehled odhadovaných následků havárie plynovodních přípojek A, B (zkompletováno z podkladu provozovatel)	88
Tabulka 46 Přehled odhadovaných následků havárie na sondách (zkompletováno z podkladu provozovatele).....	89

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Popis prvku vystrojení provozní sondy	119
Příloha 2: Názorný příklad provedené metody HAZOP	120
Příloha 3: Přehled odhadovaných následků vypočtených v programu EFFECTS pro jednotlivé typy sond s PPBV	121
Příloha 4: Přehled odhadovaných následků vypočtených v programu EFFECTS pro podzemní potrubí DN 500	122
Příloha 5: Návrh plánu konkrétní činnosti	123
Příloha 6: Znázornění místa ulomení na produkčním kříži sondy LO-40 PZP Lobodice	125
Příloha 7: Fotografie z průběhu řešení havárie sondy LO-40 PZP Lobodice.	126
Příloha 8: Znázornění migrace zemního plynu v podloží	128

Příloha 1: Popis prvku vystrojení provozní sondy



Příloha 2: Názorný příklad provedené metody HAZOP

Objekt: RWE Gas Storage, s.r.o. – PZP Štramberk		Datum: 6. 4. 2011			
HAZOP – systematická bezpečnostní studie		Jednotka: vstupní potrubí DN 500 do objektu – ZP			
Systém: Vstupní potrubí DN500 do objektu (CA) PZP Štramberk, podzemní izolované potrubí – tranzitní plynovod po podzemní dálkové armatury P23 v majetku přepravce ZP (Net4Gas, s.r.o.), nejbližší dálková armatura Net4Gas, s.r.o. (kulový uzávěr) je cca 5 až 10 km od CA – „Libhošť“, vstupní potrubí v CA – od armatury P23 po armatury P07/P05 (vodní objem 9,11 m ³), dálkové armatury P23/P07/P05 jsou vybaveny ochozem s ručními armaturami, potrubní rozvody v CA jsou osazeny měřením tlaku, průtoku a gradientu tlaku P206 (aut. havarijní odstavení CA při poklesu tlaku o 1 MPa za 30 s), ZP: tlak max. 60 bar, teplota cca 35 - 40°C, průtok 7 000 000 Nm ³ /24hod.		Účel/funkce: průtok ZP vstupním potrubím – vtláčení ZP			
		Bezpečnostní výstroj: - dálkové měření tlaku/průtoku v CA, - měření gradientu tlaku P206 (automatické havarijní odstavení CA při poklesu tlaku o 1 MPa za 30 s), - STOP tlačítko (serverovna/PC velín v CA), - dálkové armatury v CA (P23, atd.), - komunikace s Net4Gas, s.r.o., - uzavírací armatury Net4Gas, s.r.o., - pochůzka obsluhy 1x za 3 hod. (čtečka), - hydrantový rozvod v CA, požární nádrž 500 m ³ , - kamerový systém.			
klíčové slovo	odchylka	příčina	následek	bezpečnost. funkce	akce, opatření
není	- není průtok ZP vstupním potrubím do CA,	- významná netěsnost na vstupním potrubí DN500 v objektu resp. v blízkosti hranic objektu PZP Štramberk (před podzemní dálkovou armaturou P23), Pozn.: - potrubní rozvody po armatury P23, P19 a P21 (hraniční armatury) jsou v majetku přepravce ZP (Net4Gas, s.r.o.),	- unik ZP (max. 60 bar, 7 000 000 Nm ³ /24hod.) do objektu PZP Štramberk (CA), výrazný zvukový projev, při iniciaci požár (Jet Flame) nebo tvorba výbušného mraku (rozptyl/Flash Fire/VCE), možnost domino efektu, - významný pokles tlaku ZP v potrubním systému v objektu (CA), při poklesu tlaku v CA o 1 MPa za 30 s automatické havarijní odstavení CA, - podle místa netěsnosti možnost a nastavení tras ZP (zpětný tok přes přepouštěcí stanici Net4Gas, s.r.o.),	- dálkové měření tlaku/průtoku v CA, - měření gradientu tlaku P206 (automatické havarijní odstavení CA), - STOP tlačítko (serverovna/PC velín v CA), - dálkové armatury v CA (P23, atd.), - komunikace s Net4Gas, s.r.o., - uzavírací armatury Net4Gas, s.r.o., - pochůzka obsluhy 1x za 3 hod. (čtečka), - hydrantový rozvod v CA, požární nádrž 500 m ³ , - kamerový systém,	- zásah obsluhy, v případě, že nedojde k automatickému havarijnímu odstavení CA, odstavit havarijně CA, (kontrolovat průběh), - komunikace s Net4Gas, s.r.o., uzavření dálkových armatur (omezení úniku ZP), - při požáru přivolat externí záchranné jednotky a chladit zařízení v CA, Doporučení: - upravit dokumentaci PZP Štramberk (havarijní plán) pro případ velkého úniku ZP nebo požáru v CA, - provést rekonstrukci hydrantového rozvodu v CA s výměnou armatur, - uvážit možnost osazení dálkového odtlakování CA,

Pozn.: Možné zdroje iniciace unikajícího ZP: rozvod el. energie (rozvody v CA včetně osvětlení nejsou v provedení do EX), vysoká teplota (spalování brydových par – 900°C), provoz na komunikacích PZP Štramberk, kontakt mezi pohybujícími se kameny (křemen), jiskra při kontaktu okuje zařízení nebo teoretická možnost samovznícení ZP při expanzi (statická elektřina).

Výsledky studie HAZOP centrálního areálu
PZP Štramberk - seznam doporučení

45

Příloha 3: Přehled odhadovaných následků vypočtených v programu EFFECTS pro jednotlivé typy sond s PPBV

Přehled odhadovaných následků vypočtených v programu EFFECTS pro jednotlivé typy sond s PPBV																					
scénář	sonda	hmot. přítok zemního plynu	max. prac. tlak	pravděpodobnost úniku	pravděpodobnost obmážit /opoždnuté iniciace a rozptylu	typ následku	pravděpodobnost vzniku následku/rok	frustrum lift	výška plamene	šířka plamene/ plocha	výška mraku na DMV	šířka mraku na DMV	hustota tepelné náclace	dosah smrtelné zranění (od místa havárie)	Zasažená plocha v ha	smrtelné zranění v %	Počet zasažených osob v bezpečnostním pásmu	Počet smrtelně zraněných	Počet zasažených osob mimo bezpečnostní pásmo		
Erupce	2 7/8" s PPBV	4,32 kg/s		$f = 0,172 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	0,02 (ANO) > 0,02	Jet Flame	$0,0034 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	4,5 m	15 m (+4,5 m)	-	-	-	-	9,8 kW/m ²	8,8 m	0,024	1% (ve vzdálenosti 4,5 m po dobu 600 sekund)	den 0,24	0,0024	0	
						Flash Fire	$0,0017 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	5 m	9,8 kW/m ²	10 m	0,031	1,48% (ve vzdálenosti 4,5 m po dobu 600 sekund)	den 0,31	0,0024	0		
	3 1/2" s PPBV	7,33 kg/s		$f = 0,172 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	0,98 (NE) > 0,99	Rozpývl	$0,1669 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	noc 0,031	0,0046	0	
						Jet Flame	$0,0034 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	5,5 m	19 m (+5,5 m)	-	-	-	10,75 kW/m ²	12,2 m	0,047	2% (ve vzdálenosti 5 m po dobu 600 sekund)	den 0,47	0,0009	0		
	3 1/2" s PPBV	0,31 kg/s		63 bar	$f = 6,8 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	0,98 (NE) > 0,99	Rozpývl	$0,0017 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	-	-	10,75 kW/m ²	12,2 m	0,047	2% (ve vzdálenosti 5 m po dobu 600 sekund)	den 0,47	0,0009	0
							Flash Fire	$0,1669 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vertikální únik 10% DN	2 7/8" s PPBV	0,472 kg/s		$f = 6,8 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	0,02 (ANO) > 0,02	Jet Flame	$0,136 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	2,0 m	4,5 (+2,0 m)	-	-	-	-	5 kW/m ²	0 m	0	0%	den 0	0	0	
						Flash Fire	$0,067 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	nejjistěna	5 kW/m ²	0 m	0	0%	den 0	0	0		
	3 1/2" s PPBV	0,472 kg/s		$f = 6,8 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	0,98 (NE) > 0,99	Rozpývl	$6,597 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	den 0	0	0	
						Jet Flame	$0,136 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	2,2 m	5,5 m (+2,2 m)	-	-	-	5,9 kW/m ²	0 m	0	0%	den 0	0	0		
	3 1/2" s PPBV	0,31 kg/s			$f = 6,8 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	0,02 (ANO) > 0,02	Flash Fire	$0,067 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	-	nejjistěna	5,9 kW/m ²	0 m	0	0%	den 0	0	0
							Rozpývl	$6,597 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 7/8" s PPBV	0,31 kg/s			$f = 1,6 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	0,02 (ANO) > 0,02	Jet Flame	$0,032 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	1,5 m	7,5 m (+1,5 m)	2,0 m/7,5 m ²	-	-	-	23,2 kW/m ²	9,8 x 2 m	0,02	0-75% (ø 37)	den 0,02	0,0074	0	
						Flash Fire	$0,016 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	nejjistěna	23,2 kW/m ²	9,8 x 2 m	0,02	0-75% (ø 37)	den 0,02	0,0074	0		
3 1/2" s PPBV	0,472 kg/s			$f = 1,6 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	0,98 (NE) > 0,99	Rozpývl	$1,552 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	den 0	0	0	
						Jet Flame	$0,032 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	2,0 m	8 m (+2,0 m)	2,5 m/12,8 m ²	-	-	-	28,2 kW/m ²	12 m	0,024	0-90% (ø 45)	den 0,024	0,0011	0	
Horizontální únik 10% DN	3 1/2" s PPBV	0,472 kg/s		$f = 1,6 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	0,98 (NE) > 0,99	Flash Fire	$0,016 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	-	nejjistěna	28,2 kW/m ²	12 m	0,0024	0-90% (ø 45)	den 0,024	0,0011	0	
						Rozpývl	$1,552 \times 10^5 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	den 0

Příloha 4: Přehled odhadovaných následků vypočtených v programu EFFECTS pro podzemní potrubí DN 500

Přehled odhadovaných následků vypočtených v programu EFFECTS pro podzemní potrubí DN 500																		
scenář potrubí	Hmot. průtok zemního plynu	max. prac. tlak	pravděpodobnost scénáře	pravděpodobnost okamžité opožděné iniciace a rozptylu	typ následku	pravděpodobnost vzniku následku	frustru m litr	výška plamene	výška mraku	šířka mraku na DMV	šířka mraku na DMV	hustota tepelné radiace	dosah smrtelné zranění od místa havárie	Zasažená plocha v ha	smrtelných zranění v %	Počet zasažených osob v bezpečnostním pásmu	Počet smrtelně zraněných	Počet zasažených osob mimo bezpečnostní pásmo
Rozřezání DN 500	1135 kg/s		$f = 5,14 \times 10^3 \text{ rok}^{-1}$	0,25 (ANO) \rightarrow 0,25	Jet Flame	$1,285 \times 10^7 \text{ rok}^{-1}$	20 m	82 m (+20 m)	-	-	-	17,5 kW/m ² (ve vzdálenosti 21 m)	75 m	1,77	35 % (ø 17,5)	den 8 noc 1,5	den 1,55 (2) noc 0,29 (1)	den 0,85 noc 0,17
				0,75 (NE) \rightarrow 0,25	Flash Fire	$0,964 \times 10^7 \text{ rok}^{-1}$	-	do 25 m nad zemí	74 m	48 m	-	-	-	74 x 48 m	0,355	100 % v případě Flash Fire	den 1,775 noc 0,3555	den 1,775 (2) noc 0,3555 (1)
Vertikální/horizontální únik 10% DN	9,567 kg/s	63 bar	$f = 1,40 \times 10^4 \text{ rok}^{-1}$	0,75 (NE) \rightarrow 0,75	Rozptyl	$2,891 \times 10^7 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	den 0 noc 0	den 0 noc 0	den 0 noc 0
				0,02 (ANO) \rightarrow 0,02	Jet Flame	$0,028 \times 10^4 \text{ rok}^{-1}$	6 m	21,2 m (+6 m)	-	-	-	-	-	11,3 kW/m ²	14 m	0,062	3 % při kontinuálním úniku (ø 1,5)	den 0,31 noc 0,062
Skrytý únik 10% DN	9,567 kg/s		$f = 1,40 \times 10^4 \text{ rok}^{-1}$	0,98 (NE) \rightarrow 0,01	Flash Fire	$0,014 \times 10^4 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	340 m	10 m	-	19 m	0,113	100 % v případě Flash Fire	den 0,566 noc 0,113	den 0,566 noc 0,0017	den 0 noc 0
				0,98 (NE) \rightarrow 0,99	Rozptyl	$0,1388 \times 10^4 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	den 0 noc 0
Skrytý únik 10% DN	9,567 kg/s		$f = 1,40 \times 10^4 \text{ rok}^{-1}$	0,02 (ANO) \rightarrow 0,02	Jet Flame	$0,028 \times 10^4 \text{ rok}^{-1}$	6,2 m	21,8 m (+6,2 m)	-	-	-	14,1 kW/m ²	21 m	0,138	13,6 % při kontinuálním úniku (ø 6,8)	den 0,69 noc 0,138	den 0,697 noc 0,009	den 0 noc 0
				0,98 (NE) \rightarrow 0,01	Flash Fire	$0,014 \times 10^4 \text{ rok}^{-1}$	-	-	-	-	-	340 m	10 m	-	5 m pro Flash a 19 m pro Jet Fire	0,008 pro Flash a 0,113 pro Jet Fire	100 % v případě Flash Fire 3 % v případě Jet Fire (ø 1,5)	den 0,04:0,566 noc 0,008:0,0017

Příloha 5: Návrh plánu konkrétní činnosti

PLÁN VAROVÁNÍ A INFORMOVÁNÍ OBYVATELSTVA

Plán sloužící pro potřeby varování a informování obyvatelstva na území zóny havarijního plánování innogy Gas Storage, s.r.o. PZP Štramberk.

A. Zvolený způsob varování informování obyvatelstva, včetně poskytnutí tísňové informace:

- Základní volený způsob varování obyvatelstva v nejbližším okolí je prováděn pomocí koncových prvku varovní jako jsou rotační nebo elektronické sirény spuštěné cestou IBC Ostrava, případně lze obyvatele varovat prostřednictvím místních rozhlasů dotčených obcí.
- Po vyhlášení varovného signálu bude následovat tísňová informace zejména s využitím místních obecních rozhlasů či hromadného zasílání SMS zpráv (pokud jím obce disponují).

B. Zabezpečení realizace zvoleného způsobu organizačními a technickými mechanismy:

1. Zabezpečení realizace

- Varování je na území ČR zabezpečeno zavedeným jednotným signálem varování pro obyvatelstvo před hrozící nebo nastalou mimořádnou událostí. Jedná se o varovný signál „Všeobecná výstraha“ (kolísavý tón pod dobu 140 vteřin). Signál může být vyhlášován třikrát za sebou a přibližně tříminutových intervalech.
- Ověřování provozuschopnosti sirén se provádí každou první středu v měsíci ve 12:00 hod. akustickou zkouškou sirén (trvalý tón po dobu 140 sekund). Zkoušku provádí IBC Ostrava.

2. Organizační zabezpečení varování:

- Obyvatelé jsou varováni cestou IBC Ostrava.

- Zaměstnanci a další osoby pohybující se v areálu PZP Štramberk jsou vyrozuměni a varováni cestou závodního rozhlasu a varovnou sirénou.

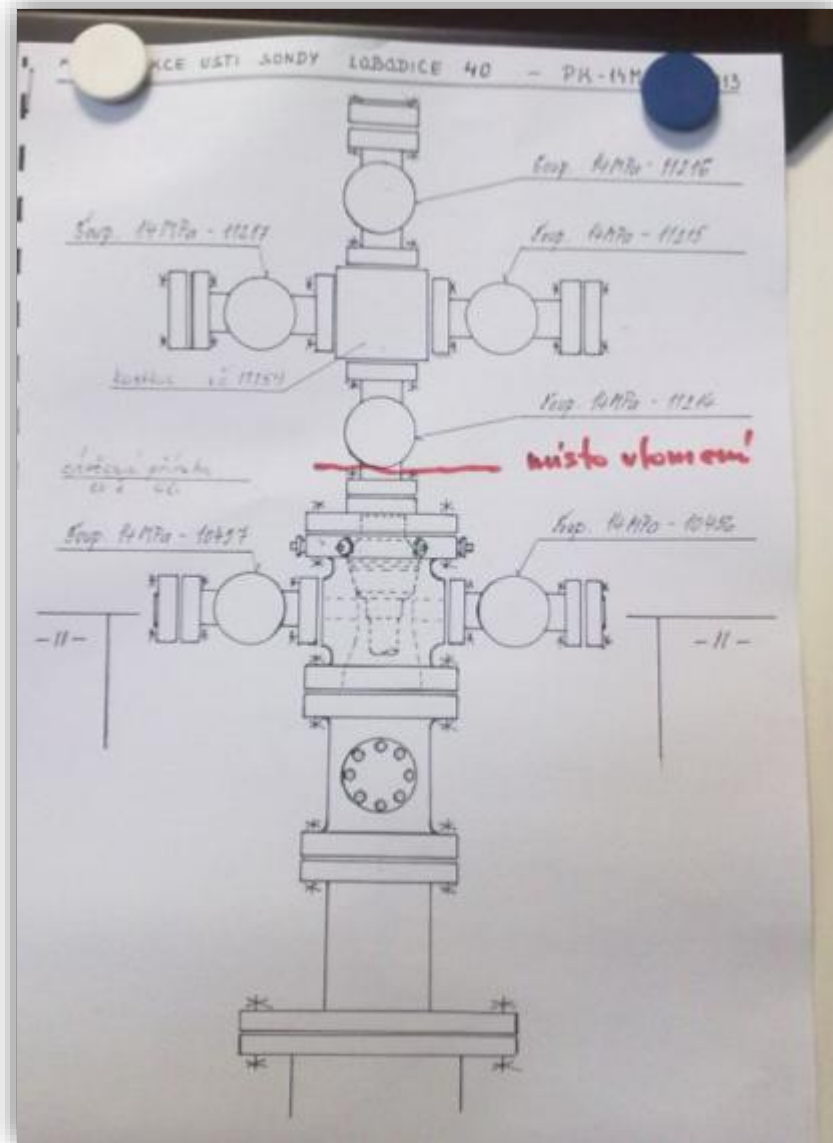
3. Organizačně technické zabezpečení varování

- závodní rozhlas PZP Štramberk – cestou obsluhy ústředny místního rozhlasu (tj. Bezpečnostní agentura – na vrátnici PZP Štramberk) nebo Inspekční služby.
- siréna – se aktivuje IBC Ostrava HZS Moravskoslezského kraje cestou Inspekční služby.
- městský rozhlas – cestou starostů dotčených obcí či zaměstnanců obecních úřadů na základě informace z IBC Ostrava HZS MSK nebo Inspekční služby PZP Štramberk.

C. Náhradní způsob varování a informování obyvatelstva:

- 1) Pro náhradní způsob předávání informací lze využít mobilní sirény:
 - HZS MSK, stanice Nový Jičín (mobilní siréna na vozidle TA – PPLA)
 - JSDH Slatina, Suchdol nad Odrou, Štramberk
- 2) Pro další náhradní způsob lze využít vozidla IZS doplněná o zvláštní výstražné zvukové a rozhlasové zařízení umožňující reprodukci mluveného slova z mikrofonu.
 - Policie České republiky
 - HZS ČR a jednotky zařazené do plošného pokrytí
- 3) Třetí možností varování obyvatel je cestou hromadných informačních prostředků (TV -> ČT 1, rádio -> ČRo 1), zajistí IBC Ostrava HZS MSK.
- 4) Lze využít i přímé varování občanů příslušníky složek IZS, případně dalšími pověřenými osobami.

Příloha 6: Znázornění místa ulomení na produkčním kříži sondy LO-40 PZP Lobodice, zdroj: plk. Ing. Petr Ošlejšek, Ph.D., HZS OLK



Příloha 7: Fotografie z průběhu řešení havárie sondy LO-40 PZP

Lobodice. zdroj: plk. Ing. Petr Ošlejšek, Ph.D., HZS OLK





Anatomy of a gas leak

