

Zpracováno pro:

Plzeňský kraj

Krajský úřad
Škroupova 18
306 13 Plzeň

**Rozšíření analýzy rizik pro objekt
plnárna PB Dýšina
a vymezení nezastavěných ploch
pro bytovou výstavbu**

Dokument je zpracován
na základě požadavků Krajského úřadu
Plzeňského kraje

Zpracoval: F. Babinec

Brno, září 2011

OSNOVA

1. ÚVOD	4
2. ANALÝZA RIZIKA PRO STÁČENÍ ŽELEZNIČNÍ CISTERNY	5
2.1. Okamžitý únik PB ze železniční cisterny na pozici stáčení	5
2.2. Kontinuální únik PB ze železniční cisterny na pozici stáčení	7
3. HODNOCENÍ RIZIKA PRO NADZEMNÍ ZÁSObNÍK $V = 100 \text{ M}^3$	9
3.1. Okamžitý únik PB z nadzemního zásobníku $V = 100 \text{ m}^3$	9
3.2. Kontinuální únik PB z nadzemního zásobníku $V = 100 \text{ m}^3$	11
4. HODNOCENÍ RIZIKA PRO AUTOMOBILNÍ CISTERNU $V = 18 \text{ M}^3$	13
4.1. Okamžitý únik PB z autocisterny na pozici plnění	13
4.2. Kontinuální únik PB z autocisterny na pozici plnění	15
5. KRITÉRIA PRO HODNOCENÍ NÁSLEDKŮ	17
5.1. Stručně vyjádřená kritéria pro odhad následků	17
5.2. Detailní specifikace kritérií pro odhad následků	18
6. VÝSLEDKY ROZŠÍŘENÉ ANALÝZY RIZIKA	22
6.1. Železniční cisterna na pozici stáčení – okamžitý únik	22
6.2. Železniční cisterna na pozici stáčení – kontinuální únik	22
6.3. Nadzemní zásobník – okamžitý únik	22
6.4. Nadzemní zásobník – kontinuální únik	22
6.5. Automobilní cisterna na pozici plnění – okamžitý únik	22
6.6. Automobilní cisterna na pozici plnění – kontinuální únik	22
6.7. Sumární výsledky pro plnění PB	23
7. ZÁVĚR	24
LITERATURA	25

Grafické přílohy

Některé použité zkratky:

PB	kapalný propan-butan (tzv. rafinérský plyn),
propan	složka PB
butan	složka PB
NFPA	National Fire Protection Association

Některé základní pojmy:

DMV	Nejmenší koncentrace hořlavého plynu nebo par ve vzduchu, která umožňuje šíření explozivního hoření.
HMV	Nejvyšší koncentrace hořlavého plynu nebo par ve vzduchu, která umožňuje šíření explozivního hoření.
Flash Point	teplota/bod vzplanutí, páry vzplanou, ale trvale nehoří,
Deflagrace	Šíření chemické reakce látkou, které probíhá v reakčním pásmu pomocí vedení tepla, sáláním a molekulární difúzí. Lineární rychlost šíření reakčního pásma je nižší než rychlost zvuku za místních podmínek.
Detonace	Šíření chemické reakce látkou, které probíhá v ostře odděleném reakčním pásmu konstantní nadzvukovou rychlostí pomocí generované rázové vlny.
Exploze	Děj, při kterém dochází k náhlému uvolnění energie, projevující se vysokým tlakem, teplotou a rychlostí šíření částic. Exploze může probíhat jako deflagrace, nebo detonace.
Rázová vlna	Tlaková kompresní vlna, pro kterou je charakteristická skoková změna tlaku, hustoty a teploty na jejím čele.
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion – Exploze mraku par uvolněných z přehřáté kapaliny, základním projevem je událostí je vznik tlakové vlny, u hořlavých látek dojde k vytvoření tzv. ohnivé koule s intenzivní tepelnou radiací, dalším projevem události je rozlet fragmentů.
VCE	Vapour Cloud Explosion - exploze, která je výsledkem vznícení oblaku hořlavých par nebo plynu ve směsi se vzduchem, kdy rychlost hoření je dostatečně vysoká, aby se vytvořil významný přetlak.
Jet Fire(Flame)	Hoření zkapalněného plynu při dvoufázovém toku na výstupu z potrubí/trysky,
Flash Fire	Děj, při kterém dochází k mžikovému vyhoření mraku výbušných par bez tlakových projevů, lokální teplota koresponduje s teplotou hoření směsi.
Pool Fire	Hoření par nad povrchem louže.

1. Úvod

Stručný popis situace

V objektu plnárny PB v Dýšině (Tankoviště a plnárna PB – Dýšina, Flaga s.r.o.) se nachází sklad PB, který je tvořen skupinou 3 válcových nadzemních tepelně izolovaných zásobníků, objem jednoho zásobníku je $V = 100 \text{ m}^3$. Součástí skladu je jedna pozice stáčení železničních cisteren vybavená stáčecím ramenem a jedna pozice pro plnění autocisteren. Součástí objektu je plnárna PB lahví.

Při analýze rizika objektu plnárny PB v Dýšině je potřeba do hodnocení rizika zahrnout následující bezpečnostní jednotky :

- 1 železniční cisterna na pozici stáčení, objem cisterny $V = 95 \text{ m}^3$,
- 3 nadzemní válcové tepelně izolované zásobníky, objem jednoho zásobníku $V = 100 \text{ m}^3$,
- 1 autocisterna na pozici plnění, objem autocisterny $V = 18 \text{ m}^3$.

Riziko je posouzeno v souladu s doporučeními EU metodik publikovaných v „Purple Book“ a „Reference Manual Bevi Risk Assessments“. Pro posouzení přijatelnosti rizika bylo v souladu s legislativními požadavky přijato kritérium používané pro stávající zařízení, tj. kritérium $F_p = 10^{-3} / N^2 \text{ rok}^{-1}$.

Použité údaje o pravděpodobnostech okamžité iniciace, opožděné iniciace, pravděpodobnosti výskytu jevu BLEVE a relativním podílu Flash Fire / VCE jsou převzaty z publikace „Reference Manual Bevi Risk Assessments, Module B General, National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Centre for External Safety the Netherlands, 2009.

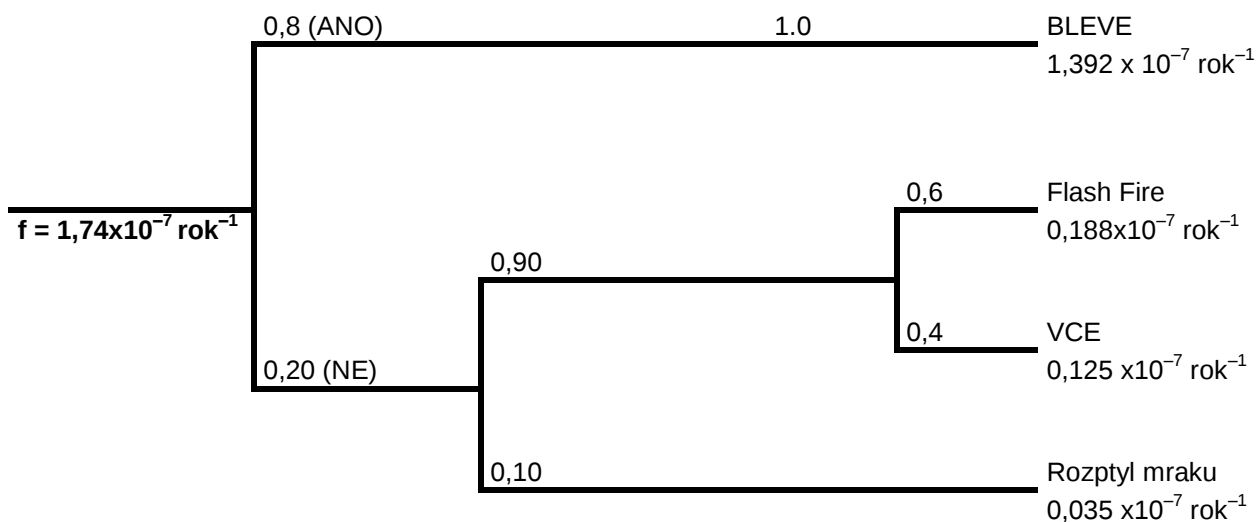
Cílem studie je rozšíření analýzy rizik pro objekt plnárna PB v Dýšině a vymezení nezastavěných ploch pro bytovou výstavbu.

2. Analýza rizika pro stáčení železniční cisterny

2.1. Okamžitý únik PB ze železniční cisterny na pozici stáčení

Rozvoj události po okamžitém úniku PB ze železniční cisterny na pozici stáčení znázorňuje logický graf – strom událostí na obr.1.

okamžitý únik ze železniční cisterny s PB na pozici stáčení (frekvence úniku) při stáčení $f = 5,8 \times 10^{-10} \text{ hod}^{-1}$	pravděpodobnost okamžité iniciace (mobilní zdroj - železniční cisterna) (0,8)	pravděpodobnost opožděné iniciace (vedení vysokého napětí, lokomotiva) (0,9)	pravděpodobnost BLEVE (při okamžité iniciaci pro mobilní zdroj železniční cisternu) (1,0)	podíl Flash Fire/ Exploze (0.6/0.4)	Následek
--	--	--	--	--	----------



obr.1

Z logického grafu je zřejmé, že z hlediska následků je nutno uvažovat s výskytem exploze typu BLEVE, požárem typu Flash Fire (vyhoření mraku par PB bez tlakových účinků) a explozí typu VCE (exploze mraku par PB).

Odhady pravděpodobností do stromu událostí :

Pravděpodobnost okamžité iniciace pro látku kategorie 0 extrémně hořlavý zkapalněný plyn (kategorie 0: bod vzplanutí je nižší než 0 °C a bod varu je nižší než 35 °C) je pro mobilní zdroj rizika (železniční cisternu) v případě okamžitého úniku nebezpečné látky odhadnuta na 0,8 (tab. 8 na str. 20 a tabulka 9 na str. 20 příručky Reference Manual Bevi Risk Assessments, Module B General, verze 3.2., RIVM, Netherlands, 2009). Pravděpodobnost exploze typu BLEVE pro okamžitý únik z mobilního zdroje rovna 1.

Pravděpodobnost opožděné iniciace je s ohledem na přítomnost personálu v podniku, přítomnost motorového vozidla, vedení vysokého napětí v blízkosti podniku a podle doporučení v tabulce č. 11 na str. 22 výše uvedené příručky odhadnuta na 0,9.

Poměr následků Flash Fire a Exploze

Při opožděné iniciaci mraku hořlavých par může dojít k vyhoření mraku (Flash Fire) nebo k explozi typu VCE. Podíl explozí je na základě článku 3.4.6.9. na str. 22 příručky Reference Manual Bevi Risk Assessments, Module B General, verze 3.2., RIVM, Netherlands, 2009), odhadnut na 0,4.

Tabulka č. 2.1.1 – Odhad následků exploze BLEVE (železniční cisterna 95 m³ na pozici stáčení)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	železniční cisterna s PB okamžitý únik	Následek:	BLEVE – vznik ohnivé koule
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	Poloměr ohnivé koule:	100,8 m
Objem železniční cisterny:	95 m ³ , plnění 85 %,	Doba trvání ohnivé koule:	12,884 s
		R_{100%} fatálních zranění	146 m
Hustota látky v železniční cisterně:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	R_{10%} fatálních zranění	172 m
Bod varu:	- 42,25 °C	R_{1%} fatálních zranění	252 m

Uvažován tlak roztržení cisterny p = 19,5 bar

Tabulka č. 2.1.2 – Odhad následků požáru typu Flash Fire (železniční cisterna s PB 95 m³)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	železniční cisterna s PB okamžitý únik	Následek:	Flash Fire, 100 % smrtelně zraněných na zasažené ploše
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka mraku:	310 m
Objem železniční cisterny:	95 m ³ , plnění 85 %,	šířka mraku:	323 m
Hustota látky v železniční cisterně:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	plocha mraku :	7,5 ha ve tř. st. F,
Bod varu:	- 42,25 °C	% fatálních zranění na zasažené ploše	100

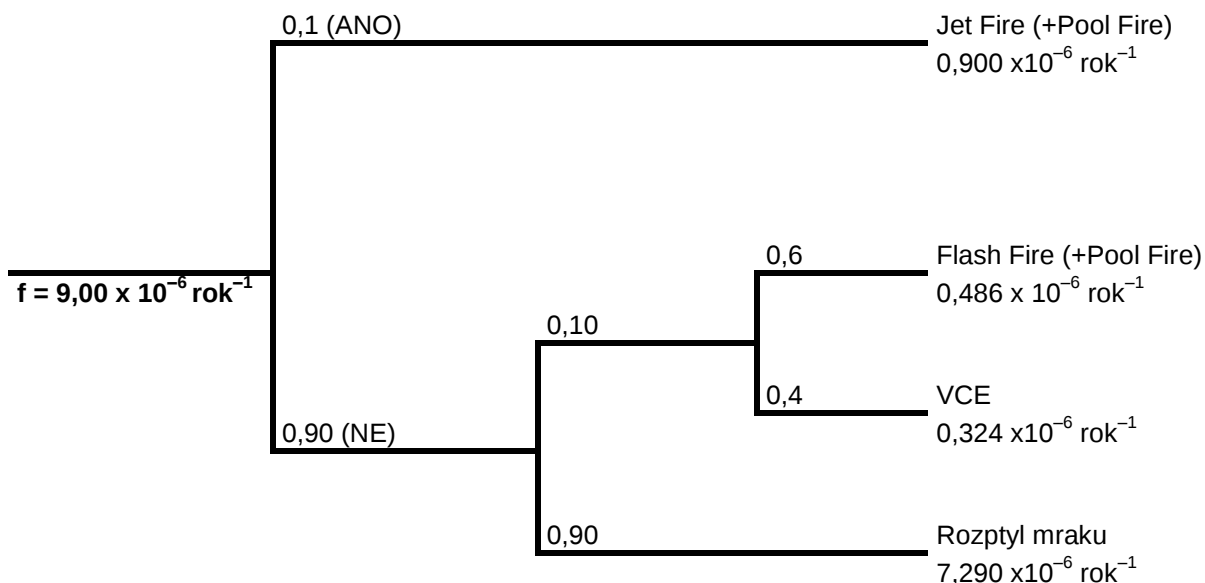
Tabulka č. 2.1.3 – Odhad následků požáru typu VCE (železniční cisterna PB 95 m³)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	železniční cisterna s PB okamžitý únik	Následek:	VCE + Flash Fire, 100% smrtelně zraněných na zasažené ploše
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka mraku:	310 m
Objem železniční cisterny:	95 m ³ , plnění 85 %,	šířka mraku:	323 m
Hustota látky v železniční cisterně:	516,29 kgm ⁻³ @10°C	plocha mraku :	7,5 ha ve tř. st. F,
Bod varu:	- 42,25°C	% fatálních zranění na zasažené ploše	100

2.2. Kontinuální únik PB ze železniční cisterny na pozici stáčení

Rozvoj události při kontinuálním úniku PB ze železniční cisterny znázorňuje logický graf na obr.2.

kontinuální únik ze železniční cisterny s PB roztrženou stáčecí hadicí (frekvence úniku) $f = 3 \times 10^{-8} \text{ hod}^{-1}$	pravděpodobnost okamžité iniciace (železniční cisterna) (0,1)	pravděpodobnost opožděné iniciace (zaměstnanci v objektu) (0,1)	podíl Flash Fire/Exploze (0.6/0.4)	Následek
---	--	--	---------------------------------------	----------



obr. 2

Z logického grafu je zřejmé, že z hlediska následků je nutno uvažovat především s výskytem požáru typu Flash Fire (vyhoření mraku par PB bez tlakových účinků) a explozí typu VCE (exploze mraku par PB). Požár typu Jet Fire neohroží posuzovaná lokality.

Odhady pravděpodobností do stromu událostí:

Pravděpodobnost okamžité iniciace pro látku kategorie 0, extrémně hořlavý zkapalněný plyn (kategorie 0: bod vzplanutí je nižší než 0 °C a bod varu je nižší než 35 °C), železniční cisternu a případ kontinuálního úniku odhadnut na 0,1 (tab. 8 na str. 20 a tabulka 9 na str. 20 příručky Reference Manual Bevi Risk Assessments, Module B General, verze 3.2., RIVM, Netherlands, 2009). Pravděpodobnost exploze typu BLEVE pro kontinuální únik z mobilního zdroje rovna 0.

Pravděpodobnost opožděné iniciace je s ohledem na přítomnost personálu v podniku, přítomnost motorového vozidla, vedení vysokého napětí v blízkosti podniku a podle doporučení v tabulce č. 11 na str. 22 výše uvedené příručky odhadnuta na 0,9.

Poměr následků Flash Fire a Exploze

Při opožděné iniciaci mraku hořlavých par může dojít k vyhoření mraku (Flash Fire) nebo k explozi typu VCE. Podíl explozí je na základě článku 3.4.6.9. na str. 22 příručky Reference Manual Bevi Risk Assessments, Module B General, verze 3.2., RIVM, Netherlands, 2009), odhadnut na 0,4.

Tabulka č. 2.2.1 – Odhad následků požáru Jet Fire (železniční cisterna PB 95 m³, hadice DN50, F)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	železniční cisterna s PB kontinuální únik hadicí DN50,	Následek:	požár typu Jet Fire
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka plamene:	40 m
Objem železniční cisterny:	95 m ³ , plnění 85 %,	šířka plamene:	5 m
Hustota látky v železniční cisterně:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	zasažená plocha	0,020 ha (40 m x 5 m)
Bod varu:	- 42,25 °C	% fatálních zranění na zasažené ploše	při 20 sekundové expozici 52 %

Tabulka č. 2.2.2 – Odhad následků požáru typu Flash Fire (žel. cisterna PB 95 m³, hadice DN50, tř. F)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	železniční cisterna s PB kontinuální únik hadicí DN 50,	Následek:	Flash Fire, 100 % smrtelně zraněných na zasažené ploše
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka mraku:	33
Objem železniční cisterny:	95 m ³ , plnění 85 %,	šířka mraku:	6
Hustota látky v železniční cisterně:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	plocha mraku:	0,015 ha
Bod varu:	- 42,25 °C	% fatálních zranění na zasažené ploše	100

Tabulka č. 2.2.3 – Odhad následků exploze typu VCE (žel. cisterna PB 95 m³, hadice DN50, F)

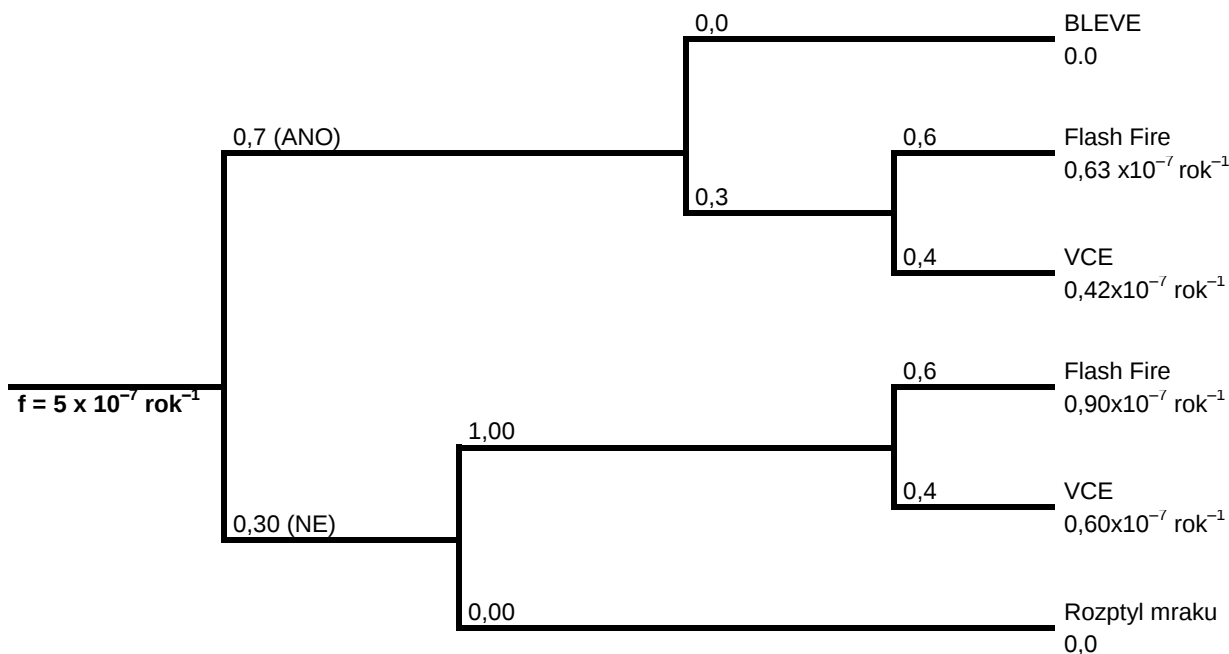
Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	železniční cisterna s PB kontinuální únik hadicí DN 50,	Následek:	Exploze VCE, 100 % smrtelně zraněných přetlakem 300 mbar,
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka mraku:	33
Objem železniční cisterny:	95 m ³ , plnění 85 %,	šířka mraku:	6
Hustota látky v železniční cisterně:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	plocha mraku:	0,015 ha
Bod varu:	- 42,25 °C	% fatálních zranění na zasažené ploše	100 % Flash, zóna 300 mbar možná jen v objektu

3. Hodnocení rizika pro nadzemní zásobník V = 100 m³

3.1. Okamžitý únik PB z nadzemního zásobníku V = 100 m³

Rozvoj události při okamžitém úniku PB z nadzemního tepelně izolovaného nadzemního zásobníku znázorňuje logický graf na obr.3.

okamžitý únik ze stabilního zásobníku PB V = 100 m ³ (frekvence úniku) (f = 5x10 ⁻⁷ rok ⁻¹)	pravděpodobnost okamžité iniciace pro stabilní zdroj (látka kategorie 0, střední reaktivita Q>10 000 kg) (0,7)	pravděpodobnost opožděné iniciace (vedení vysokého napětí, lokomotiva) (1,0)	pravděpodobnost BLEVE pro stabilní zdroj s tepelnou izolací (0,0)	podíl Flash Fire/Exploze (0.6/0.4)	Následek
---	---	---	--	---------------------------------------	----------



obr.3

Z logického grafu je zřejmé, že z hlediska následků je nutno uvažovat především s výskytem požáru typu Flash Fire (vyhoření mraku par PB bez tlakových účinků) a explozí typu VCE (exploze mraku par PB) při opožděné iniciaci mraku par PB na DMV. Následky při okamžité iniciaci (mrak na HMV) nepřesáhnou hranici objektu a neohrozí posuzované lokality.

Odhady pravděpodobností do stromu událostí:

Pravděpodobnost okamžité iniciace pro látku kategorie 0 extrémně hořlavý zkapalněný plyn (kategorie 0: bod vzplanutí je nižší než 0 °C a bod varu je nižší než 35 °C) je pro stabilní zdroj rizika (stabilní zásobník) v případě okamžitého úniku nebezpečné látky odhadnuta na 0,7 (tab. 7 na str. 19 a tabulka 9 na str. 20 příručky Reference Manual Bevi Risk Assessments, Module B General, verze 3.2., RIVM, Netherlands, 2009). Pravděpodobnost exploze typu BLEVE pro okamžitý únik ze stabilního zdroje je rovna 0,7.

Pravděpodobnost opožděné iniciace je s ohledem na přítomnost personálu, přítomnost motorového vozidla v podniku a podle doporučení v tabulce č. 11 na str. 22 výše uvedené příručky odhadnuta na 1,0.

Poměr následků Flash Fire a Exploze

Při opožděné iniciaci mraku hořlavých par může dojít k vyhoření mraku (Flash Fire) nebo k explozi typu VCE. Podíl explozí je na základě článku 3.4.6.9. na str. 22 příručky Reference Manual Bevi Risk Assessments, Module B General, verze 3.2., RIVM, Netherlands, 2009), odhadnut na 0,4.

Tabulka č. 3.1.1 – Odhad následků požáru typu Flash Fire na DMV (zásobník PB 100 m³)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	Nadzemní horizontální zásobník na PB, okamžitý únik zadržé	Následek:	Flash Fire, 100 % smrtelně zraněných na zasažené ploše
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka mraku:	321 m od zdroje 220 m
Objem válcového zásobníku:	100 m ³ , plnění 85 %,	šířka mraku:	325 m
Hustota látky v nadzemním zásobníku:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	plocha mraku :	7,8 ha ve tř. st. F
Bod varu:	- 42,25 °C	% fatálních zranění na zasažené ploše	100

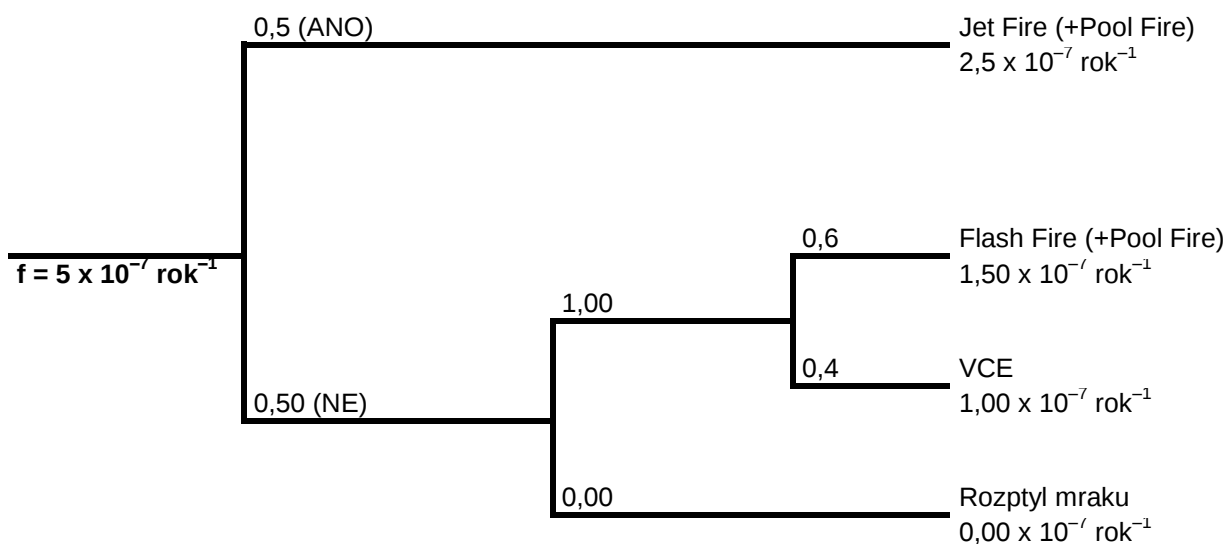
Tabulka č. 3.1.2 – Odhad následků požáru typu VCE na DMV (zásobník PB 100 m³)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	Nadzemní horizontální zásobník na PB, okamžitý únik zadržé	Následek:	Exploze VCE, 100 % smrtelně zraněných přetlakem 300 mbar,
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka mraku:	321 m od zdroje 220 m
Objem válcového zásobníku:	100 m ³ , plnění 85 %,	šířka mraku:	325 m
Hustota látky v nadzemním zásobníku:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	plocha mraku:	7,8 ha ve tř. st. F
Bod varu:	- 42,25 °C	% fatálních zranění na ploše	100

3.2. Kontinuální únik PB z nadzemního zásobníku $V = 100 \text{ m}^3$

Rozvoj události při kontinuálním úniku PB z nadzemního tepelně izolovaného nadzemního zásobníku znázorňuje logický graf na obr.4.

kontinuální únik ze stabilního zásobníku PB (frekvence úniku ze stabilního zásobníku do 10 minut) $f = 5 \times 10^{-7} \text{ rok}^{-1}$	pravděpodobnost okamžité iniciace (látky kategorie 0, střední reaktivita) $10 \text{ kgs}^{-1} < Q < 100 \text{ kgs}^{-1}$ (72,3 kg s^{-1}) (0,5)	pravděpodobnost opožděné iniciace pro stabilní zdroj (vysoké napětí, lokomotivy) (1,0)	relativní podíl Flash Fire/Exploze (0,6/0,4)	Následek
--	---	---	---	----------



obr. 4

Z rozvoje logického grafu – stromu událostí je zřejmé, že z hlediska následků je nutno uvažovat především s výskytem požáru typu Flash Fire (vyhoření mraku par PB bez tlakových účinků) a explozí typu VCE (exploze mraku par PB) při opožděné iniciaci mraku par PB na DMV. Následky požáru typu Jet Fire při okamžité iniciaci nepřesáhnou hranici objektu a neohroží posuzované lokality.

Odhady pravděpodobností do stromu událostí :

Pravděpodobnost okamžité iniciace pro látku kategorie 0, extrémně hořlavý zkapalněný plyn (kategorie 0: bod vzplanutí je nižší než 0°C a bod varu je nižší než 35°C), stabilní zásobník a případ kontinuálního úniku s uvedeným unikajícím množstvím odhadnut na 0,5 (tab. 8 na str. 20 a tabulka 9 na str. 20 příručky Reference Manual Bevi Risk Assessments, Module B General, verze 3.2., RIVM, Netherlands, 2009). Pravděpodobnost exploze typu BLEVE pro kontinuální únik z mobilního zdroje rovna 0.

Pravděpodobnost opožděné iniciace je s ohledem na přítomnost personálu v podniku, přítomnost motorového vozidla, vedení vysokého napětí v blízkosti podniku a podle doporučení v tabulce č. 11 na str. 22 výše uvedené příručky odhadnuta na 1,0.

Poměr následků Flash Fire a Exploze

Při opožděné iniciaci mraku hořlavých par může dojít k vyhoření mraku (Flash Fire) nebo k explozi typu VCE. Podíl explozí je na základě článku 3.4.6.9. na str. 22 příručky Reference Manual Bevi Risk Assessments, Module B General, verze 3.2., RIVM, Netherlands, 2009), odhadnut na 0,4.

Tabulka č. 3.2.1 – Odhad následků požáru Jet Fire (zásobník s PB 100 m³)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	zásobník s PB kontinuální únik do 10 minut, (ekvivalentní otvor DN 62)	Následek:	požár typu Jet Fire
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka plamene:	78,5 m
Objem válcového zásobníku:	100 m ³ , plnění 85 %,	šířka plamene:	9,8 m
Hustota látky v nadzemním zásobníku:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	zasažená plocha	0,077 ha (78,5 m x 9,8 m)
Bod varu:	- 42,25 °C	% fatálních zranění na zasažené ploše	při 20 sekundové expozici 52 %

Tabulka č. 3.2.2 – Odhad následků požáru typu Flash Fire (zásobník s PB 100 m³)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	zásobník s PB kontinuální únik do 10 minut, (ekvivalentní otvor DN 62)	Následek:	Flash Fire, 100 % smrtelně zraněných na zasažené ploše
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka mraku:	186 m
Objem válcového zásobníku:	100 m ³ , plnění 85 %,	šířka mraku:	120 m
Hustota látky v nadzemním zásobníku:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	plocha mraku:	1,67 ha
Bod varu:	- 42,25 °C	% fatálních zranění na ploše	100

Tabulka č. 3.2.3 – Odhad následků exploze typu VCE (zásobník s PB 100 m³)

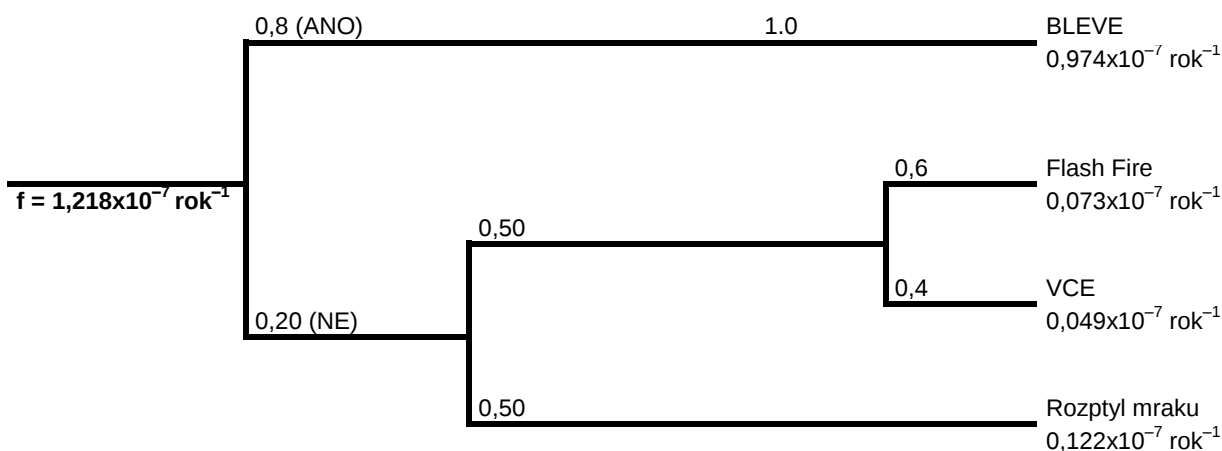
Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	zásobník s PB kontinuální únik do 10 minut, (ekvivalentní otvor DN 62)	Následek:	Exploze VCE, 100 % smrtelně zraněných požárem a přetlakem 300 mbar,
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka mraku:	186 m
Objem válcového zásobníku:	100 m ³ , plnění 85 %,	šířka mraku:	120 m
Hustota látky v nadzemním zásobníku:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	plocha mraku:	1,67 ha
Bod varu:	- 42,25 °C	% fatálních zranění na ploše	100

4. Hodnocení rizika pro automobilní cisternu V = 18 m³

4.1. Okamžitý únik PB z autocisterny na pozici plnění

Rozvoj události po okamžitém úniku PB z autocisterny znázorňuje logický graf na obr.5.

okamžitý únik z autocisterny s PB (frekvence úniku) při plnění $f = 5,8 \times 10^{-10} \text{ hod}^{-1}$	pravděpodobnost okamžité iniciace (mobilní zdroj – autocisterna) (0,8)	pravděpodobnost opožděné iniciace (personál, vozidlo v objektu) (0,5)	pravděpodobnost BLEVE (při okamžité iniciaci pro mobilní zdroj autocisternu) (1,0)	podíl Flash Fire/Exploze (0.6/0.4)	Následek
---	---	--	---	------------------------------------	----------



obr.5

Z rozvoje logického grafu – stromu událostí je zřejmé, že z hlediska následků je nutno uvažovat především s výskytem exploze typu BLEVE, požáru typu Flash Fire (vyhoření mraku par PB bez tlakových účinků) a explozí typu VCE (exploze mraku par PB) při opožděné iniciaci mraku par PB na DMV.

Odhady pravděpodobností do stromu událostí :

Pravděpodobnost okamžité iniciace pro látku kategorie 0 extrémně hořlavý zkapalněný plyn (kategorie 0: bod vzplanutí je nižší než 0 °C a bod varu je nižší než 35 °C) je pro mobilní zdroj rizika (automobilní cisternu) v případě okamžitého úniku nebezpečné látky odhadnuta na 0,8 (tab. 8 na str. 20 a tabulka 9 na str. 20 příručky Reference Manual Bevi Risk Assessments, Module B General, verze 3.2., RIVM, Netherlands, 2009). Pravděpodobnost exploze typu BLEVE pro okamžitý únik z mobilního zdroje rovna 1.

Pravděpodobnost opožděné iniciace je s ohledem na přítomnost personálu, přítomnost motorového vozidla v podniku a podle doporučení v tabulce č. 11 na str. 22 výše uvedené příručky odhadnuta na 0,5.

Poměr následků Flash Fire a Exploze

Při opožděné iniciaci mraku hořlavých par může dojít k vyhoření mraku (Flash Fire) nebo k explozi typu VCE. Podíl explozí je na základě článku 3.4.6.9. na str. 22 příručky Reference Manual Bevi Risk Assessments, Module B General, verze 3.2., RIVM, Netherlands, 2009), odhadnut na 0,4.

Tabulka č. 4.1.1 – Odhad následků BLEVE efektu (autocisterna PB 18 m³)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	Autocisterna PB, 18 m ³ okamžitý únik	Následek:	BLEVE – vznik ohnivé koule
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	Poloměr ohnivé koule:	58 m
Objem autocisterny:	18 m ³ , plnění 85 %,	Doba trvání ohnivé koule:	8,5 s
		R _{100%} fatálních zranění	75 m
Hustota látky v autocisterně:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	R _{10%} fatálních zranění	84 m
Bod varu:	- 42,25 °C	R _{1%} fatálních zranění	126 m

Uvažován tlak roztržení autocisterny p = 19,5 bar

Tabulka č. 4.1.2 – Odhad následků požáru typu Flash Fire (autocisterna PB 18 m³)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	Autocisterna PB, 18 m ³ okamžitý únik	Následek:	Flash Fire, 100 % smrtelně zraněných na zasažené ploše
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka mraku:	155 m
Objem autocisterny:	18 m ³ , plnění 85 %,	šířka mraku:	157 m
Hustota látky v autocisterně:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	plocha mraku:	1,83 ha ve tř. st. F
Bod varu:	- 42,25 °C	% fatálních zranění na zasažené ploše	100

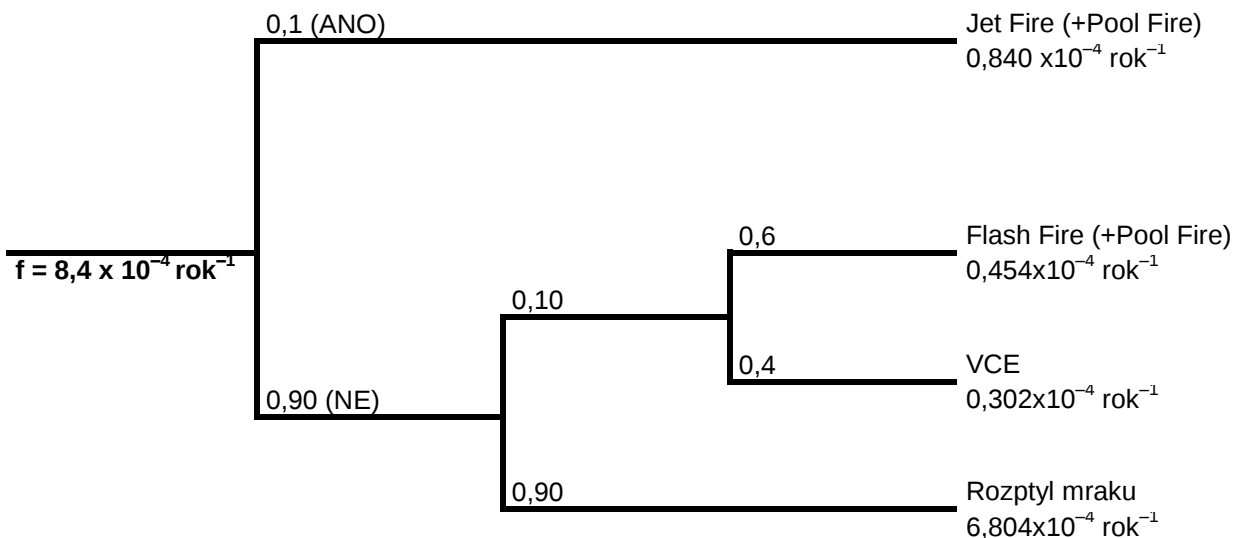
Tabulka č. 4.1.3 – Odhad následků požáru typu VCE (autocisterna PB 18 m³)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	Autocisterna PB, 18 m ³ okamžitý únik	Následek:	Exploze VCE, 100 % smrtelně zraněných na zasažené ploše,
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka mraku:	155 m
Objem autocisterny:	18 m ³ , plnění 85 %,	šířka mraku:	157 m
Hustota látky v autocisterně:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	plocha mraku:	1,83 ha ve tř. st. F
Bod varu:	- 42,25 °C	% fatálních zranění na ploše	100

4.2. Kontinuální únik PB z autocisterny na pozici plnění

Rozvoj události při kontinuálním úniku PB z autocisterny znázorňuje logický graf na obr.6.

kontinuální únik ze železniční cisterny s PB roztrženou stáčecí hadicí (frekvence úniku) $f = 4 \times 10^{-6} \text{ hod}^{-1}$	pravděpodobnost okamžité iniciace (železniční cisterna) (0,1)	pravděpodobnost opožděné iniciace (zaměstnanci v objektu) (0,1)	podíl Flash Fire/Exploze (0.6/0.4)	Následek
---	--	--	---------------------------------------	----------



obr. 6

Z logického grafu je zřejmé, že z hlediska následků je nutno uvažovat především s výskytem požáru typu Flash Fire (vyhoření mraku par PB bez tlakových účinků) a explozí typu VCE (exploze mraku par PB). Požár typu Jet Fire neohroží posuzované lokality.

Odhady pravděpodobností do stromu událostí:

Pravděpodobnost okamžité iniciace pro látku kategorie 0, extrémně hořlavý zkapalněný plyn (kategorie 0: bod vzplanutí je nižší než 0 °C a bod varu je nižší než 35 °C), automobilní cisternu a případ kontinuálního úniku odhadnut na 0,1 (tab. 8 na str. 20 a tabulka 9 na str. 20 příručky Reference Manual Bevi Risk Assessments, Module B General, verze 3.2., RIVM, Netherlands, 2009).

Pravděpodobnost opožděné iniciace je s ohledem na přítomnost personálu, přítomnost motorového vozidla v podniku a podle doporučení v tabulce č.11 na str. 22 výše uvedené příručky odhadnuta na 0,5.

Poměr následků Flash Fire a Exploze

Při opožděné iniciaci mraku hořlavých par může dojít k vyhoření mraku (Flash Fire) nebo k explozi typu VCE. Podíl explozí je na základě článku 3.4.6.9. na str. 22 příručky Reference Manual Bevi Risk Assessments, Module B General, verze 3.2., RIVM, Netherlands, 2009) odhadnut na 0,4.

Tabulka č. 4.2.1 – Odhad následků požáru Jet Fire (autocisterna PB 18 m³)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	autocisterna PB, 18 m ³ kontinuální únik DN 25,	Následek:	požár typu Jet Fire
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka plamene:	24 m
Objem autocisterny:	18 m ³ , plnění 85 %,	šířka plamene:	3 m
Hustota látky v nadzemním zásobníku:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	zasažená plocha	0,007 ha (24 m x 3 m)
Bod varu:	- 42,25 °C	% fatálních zranění na zasažené ploše	při 20 sekundové expozici 52 %

Tabulka č. 4.2.2 – Odhad následků požáru typu Flash Fire (autocisterna PB 18 m³)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	autocisterna PB, 18 m ³ kontinuální únik DN 50,	Následek:	Flash Fire, 100 % smrtelně zraněných na zasažené ploše
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka mraku:	32 m
Objem autocisterny:	18 m ³ , plnění 85 %,	šířka mraku:	5 m
Hustota látky v autocisterně:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	plocha mraku:	0,012 ha
Bod varu:	- 42,25 °C	% fatálních zranění na zasažené ploše	100

Výpočtová frekvence výskytu jevu Flash Fire byla stanovena pomocí stromu událostí, pro kontinuální únik je uvažována frekvence jevu Flash Fire $f_{C-FLASH} = 0,227 \times 10^{-3} \text{ rok}^{-1}$.

Tabulka č. 4.2.3 – Odhad následků požáru typu VCE (autocisterna PB 18 m³)

Popis zdroje rizika		Charakteristiky následků	
Zdroj rizika	Autocisterna PB, 18 m ³ kontinuální únik DN 50,	Následek:	Exploze VCE, 100 % smrtelně zraněných přetlakem 300 mbar,
Nebezpečná chemická látka:	Propan (C ₃ H ₈)	délka mraku:	32 m
Objem autocisterny:	18 m ³ , plnění 85 %,	šířka mraku:	5 m
Hustota látky v autocisterně:	516,29 kgm ⁻³ @10 °C	plocha mraku:	0,012 ha
Bod varu:	- 42,25 °C	% fatálních zranění na zasažené ploše	100 %, Flash zóna 300 mbar nenalezena

5. Kritéria pro hodnocení následků

Pro odhad následků závažných havárií s fatálními následky na člověka je použito kritérií, která jsou uvedena v publikaci Guidelines for Quantitative Risk Assessment CPR 18E, Purple Book, Committee for the Prevention of Disasters, Haag, 1999.

5.1. Stručně vyjádřená kritéria pro odhad následků

Stručně je možno vyjádřit kritéria následovně:

Exploze typu BLEVE

- ohnivá koule – 100 % fatálních zranění (zranění neslučitelná se životem) vně i uvnitř budov,
- tepelný tok $Q \geq 35 \text{ W.m}^{-2}$ - 100 % fatálních zranění vně i uvnitř budov.
- tepelný tok $Q < 35 \text{ W.m}^{-2}$ na základě dávky se stanoví vzdálenost s 1% fatálních zranění vně budov.

Požár typu Flash Fire

- plocha zasažená mrakem par PB – 100 % fatálních zranění (zranění neslučitelná se životem) vně i uvnitř budov.

Exploze typu VCE

účinky na osoby:

- přetlak $> 0,3 \text{ bar(g)}$ - 100 % fatálních zranění vně i uvnitř budov,
- přetlak $> 0,1 \text{ bar(g)}$ - 2,5 % fatálních zranění vně budov,
- přetlak $< 0,1 \text{ bar(g)}$ - pro osoby bez fatálních následků,
- plocha zasažená mrakem par PB při dohořívání mraku – 100 % fatálních zranění (zranění neslučitelná se životem) vně i uvnitř budov

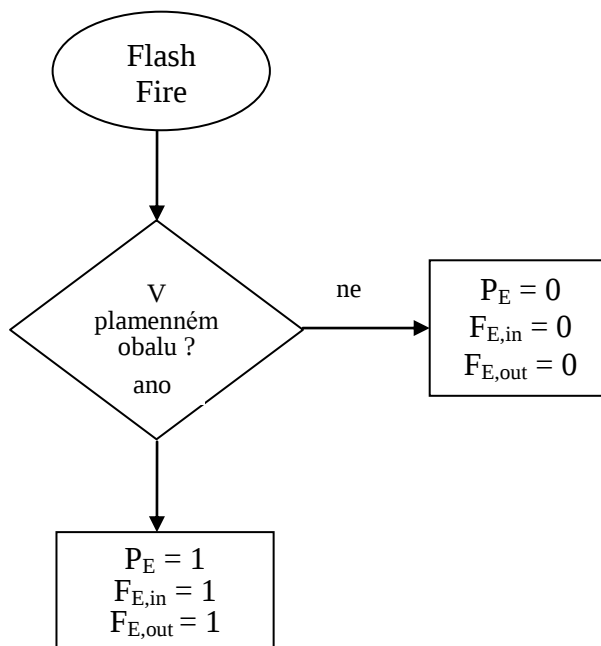
účinky na budovy:

přetlak následky

- 0,70 bar(g) – zničení budov, více než 75 % obvodových stěn zničeno,
- 0,35 bar(g) – závažné poškození budov, 50 - 75 % obvodových stěn těžce poškozeno,
- 0,07 - 0,15 bar(g) – vážné poškození 25 % všech stěn, vážné poškození střech a dalších prvků,
- 0,03 bar(g) – malé poškození budov, rozbití oken.
- 0,015 bar(g) – mírné poškození střech, poškození skleněných panelů.

5.2. Detailní specifikace kritérií pro odhad následků

Detailní kritéria pro odhad následků požáru typu Flash Fire :

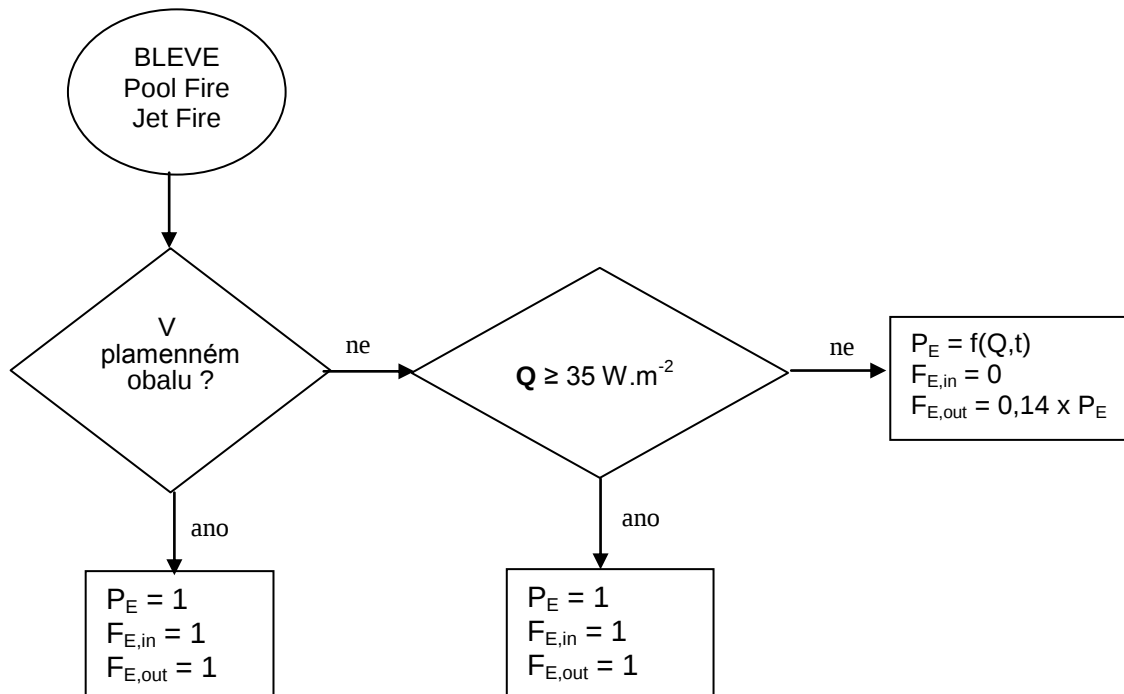


Rozhodovací schéma č.1

Vysvětlivky :

P_E *pravděpodobnosti fatálního zranění,*
 $F_{E, in}$ *zlomek populace fatálně zraněné uvnitř budov,*
 $F_{E, out}$ *zlomek populace fatálně zraněné vně budov.*

Detailní kritéria pro odhad následků požáru typu Pool Fire, Jet Fire a exploze typu BLEVE



Rozhodovací schéma č.2

Vysvětlivky :

P_E *pravděpodobnost fatálního zranění,*
 $F_{E, in}$ *zlomek populace fatálně zraněné uvnitř budov,*
 $F_{E, out}$ *zlomek populace fatálně zraněné vně budov.*

Poznámky pro expozici osob vně a uvnitř budov :

Předpokládá se, že lidé uvnitř budov jsou chráněni proti tepelné radiaci, pokud nedojde ke vznícení budovy. Mezní hodnota tepelné radiace pro vznícení budovy je stanovena na 35 kW.m^{-2} . Pokud dojde k zapálení budovy, je nutno počítat s fatálním zraněním všech osob uvnitř budovy.

Pokud je hustota tepelné radiace $Q \geq 35 \text{ kW.m}^{-2}$, potom se odhaduje $F_{E, in} = 1$,

pokud je hustota tepelné radiace $Q < 35 \text{ kW.m}^{-2}$, potom se odhaduje $F_{E, in} = 0$.

Předpokládá se, že při hustotě tepelné radiace 35 kW.m^{-2} jsou lidé uvnitř budov úplně chráněni.

Při výpočtu společenského rizika se předpokládá, že lidé venku jsou chráněni proti tepelné radiaci oblečením. Ochranné oblečení snižuje počet úmrtí lidí faktorem **0,14**. Mezní hodnota tepelné radiace pro vznícení oděvu je stanovena $Q = 35 \text{ kW.m}^{-2}$, v takovém případě je nutno počítat s fatálním zraněním osob.

Pokud je hustota tepelné radiace $Q \geq 35 \text{ kW.m}^{-2}$, potom se odhaduje $F_{E, out} = 1$,

pokud je hustota tepelné radiace $Q < 35 \text{ kW.m}^{-2}$, potom se odhaduje $F_{E, out} = 0,14 \times P_E$.

V případě exploze BLEVE odpovídá poloměr ohnivé koule 100 % fatálně zraněných.

Pravděpodobnost fatálního zranění pro případ tepelné radiace se stanovuje pomocí vztahu

$$P = 0.5 \times \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\text{Pr} - 5}{\sqrt{2}} \right) \right] \quad (1)$$

Hodnota probitu P_r se stanoví ze vztahu :

$$\text{Pr} = -36.38 + 2.56 \times \ln \left(Q^{\frac{4}{3}} \times t \right) \quad (2)$$

kde:

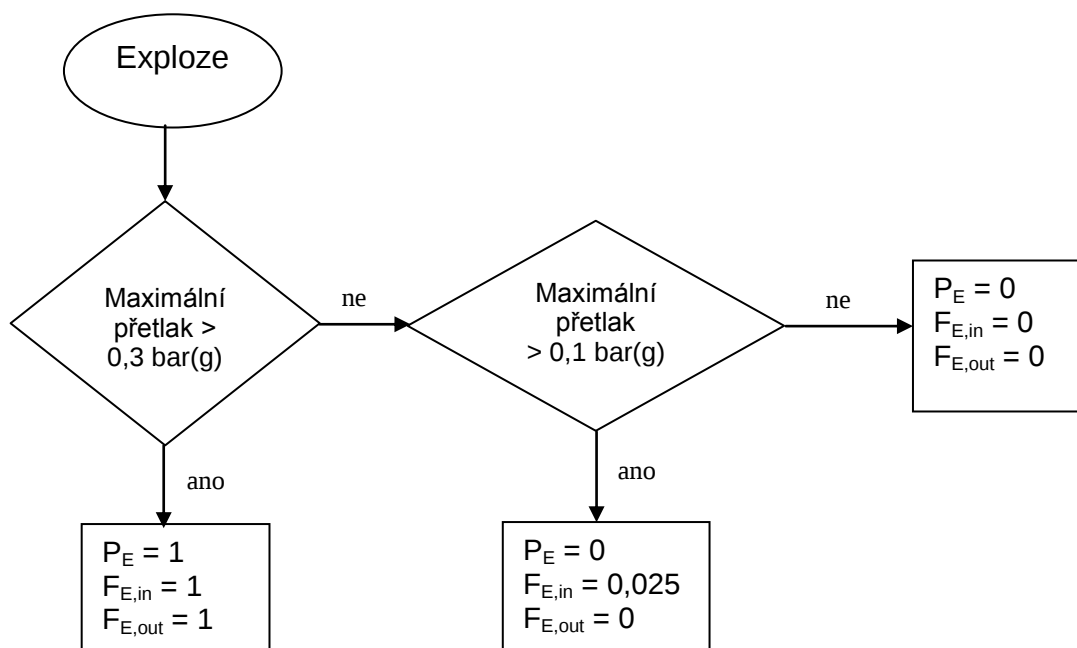
Pr	hodnota probitu	Pr odpovídající pravděpodobnosti P	(-),
Q	tepelná radiace		(W.m ⁻²),
t	doba expozice - ohrožení		(s).

Výpočtová hodnota pravděpodobnosti se stanoví z hodnoty probitu pomocí výše uvedeného vztahu nebo pomocí tabulky.

Tabulka - Probit Pr jako funkce pravděpodobnosti P

P	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0	-	2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
0.1	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
0.2	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
0.3	4.48	4.50	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
0.4	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97
0.5	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23
0.6	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50
0.7	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
0.8	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
0.9	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33

Detailní kritéria pro odhad fatálních zranění při explozi mraku par



Rozhodovací schéma č.3

Vysvětlivky :

P_E *pravděpodobnost fatálního zranění,*
 $F_{E, in}$ *zlomek populace fatálně zraněné uvnitř budov,*
 $F_{E, out}$ *zlomek populace fatálně zraněné vně budov.*

Poznámky :

Přetlak 0,03 bar(g) odpovídá hodnotě přetlaku, při kterém praskají okna.

Při přetlaku 0,1 bar(g) dochází k závažnému poškození 10 % budov, pravděpodobnost fatálního zranění uvnitř budovy je 0,025.

6. Výsledky rozšířené analýzy rizika

6.1. Železniční cisterna na pozici stáčení – okamžitý únik

Následky	charakteristický rozměr [m]	$R_{1\%}$ [m]
BLEVE	$R_{100\%} = 146$ m	252
Flash Fire	310 x 323, od zdroje do vzdálenosti 217 m	-
VCE	310 x 323, od zdroje do vzdálenosti 217 m	-

6.2. Železniční cisterna na pozici stáčení – kontinuální únik

Následky	charakteristický rozměr [m]	$R_{1\%}$ [m]
Flash Fire	33 x 6, (do 33 m od zdroje)	-
VCE	33 x 6, (do 33 m od zdroje)	-

6.3. Nadzemní zásobník – okamžitý únik

Následky	charakteristický rozměr [m]	$R_{1\%}$ [m]
Flash Fire	321x324, od zdroje do vzdálenosti 220 m	-
VCE	321x324, od zdroje do vzdálenosti 220 m	-

6.4. Nadzemní zásobník – kontinuální únik

Následky	charakteristický rozměr [m]	$R_{1\%}$ [m]
Flash Fire	186x120, do vzdálenosti 186 m od zdroje	-
VCE	186x120, do vzdálenosti 186 m od zdroje	-

6.5. Automobilní cisterna na pozici plnění – okamžitý únik

Následky	charakteristický rozměr [m]	$R_{1\%}$ [m]
BLEVE	$R_{100\%} = 75$	126
Flash Fire	155x157, do vzdálenosti 97 m od zdroje	-
VCE	155x157, do vzdálenosti 97 m od zdroje	-

6.6. Automobilní cisterna na pozici plnění – kontinuální únik

Následky	$R_{100\%}$ [m]	$R_{1\%}$ [m]
Flash Fire	32,5 x 5,5 do vzdálenosti 32 m od zdroje	-
VCE	32,5 x 5,5 do vzdálenosti 32 m od zdroje	-

6.7. Sumární výsledky pro plnírnu PB

Díličí výsledky získané modelováním následků je nutno posoudit v souvislosti s situováním jednotlivých zdrojů rizika v objektu plírný PB v Dýšině. Z mapových podkladů je zřejmé, že stávající osídlená plocha je umístěna severozápadním směrem od objektu plírný PB.

Pro charakterizaci poměrů v předmětné lokalitě jsou dominantní dva scénáře závažné havárie s dosahem následků několik set metrů za hranici objektu plírný PB v Dýšině. Jedná se o okamžitý únik propanu ze železniční cisterny v důsledku rozlomení cisterny. Při okamžité iniciaci propanu následuje exploze typu BLEVE, což je z hlediska osob i majetku exploze s nejhrošími následky. Dosah fatálních následků měřený od zdroje rizika (železniční cisterny) je 252 m.

Druhým dominantním scénářem je okamžitý únik propanu ze skladovacího zásobníku v důsledku ztráty integrity tlakové nádoby. Mrak par propanu uvolněný z kapalné fáze dosahuje od zdroje rizika (zásobníku) do vzdálenosti 220 m. Při opožděné iniciaci dojde k požáru typu Flash Fire nebo k explozi typu VCE. Podle dosavadních zkušeností jsou zranění všech osob na zasažené ploše fatální.

Při porovnání grafických výsledků modelování je zřejmé, že pro oba scénáře se zasažené plochy překrývají. Sjednocením grafických výstupů získáme představu o velikosti zasažené plochy. Je možno konstatovat, že do vzdálenosti $R = 252$ m od středu železniční cisterny je nutno počítat s fatálními následky pro osoby nacházející se uvnitř zasažené plochy.

Na zasažené ploše se nachází přibližně 20 domků, při průměrném osídlení 3 osoby na domek se vně objektu plírný na zasažené ploše nachází cca 60 osob. Přijatelná frekvence takového počtu smrtelných zranění je $f = 2,77 \times 10^{-7}$ rok⁻¹. Kumulativní společenské riziko stanovené od zdrojů rizika v objektu plírný se jeví v této chvíli jako přijatelné.

Další zvýšení počtu obyvatel na zasažené ploše výstavbou rodinných domků se projeví nepřijatelným společenským rizikem v lokalitě. Výstavba na vymezené zasažené ploše se proto jeví jako společensky nepřijatelná.

K dokreslení požadavků na přijatelnost společenského rizika je v současné době možno uvést i nová kritéria EU z hlediska ohrožení zdraví (nikoliv života) na místech s větším výskytem osob. Např. z hlediska přípustného tepelného toku se uvádí hodnota hustoty tepelného toku $2 \div 3$ kW/m². V případě exploze typu BLEVE je hustota tepelného toku 3 kW/m² dosaženo ve vzdálenosti 800 m od železniční cisterny, popáleniny 2. stupně lze očekávat ještě ve vzdálenosti 270 m od zdroje, popáleniny 1. stupně ve vzdálenosti 420 m od zdroje.

Následky vzdušné tlakové vlny jsou uvažovány pro případ exploze typu VCE při okamžitém úniku ze zásobníku. Je uvažována maximální velikost mraku ve tř. stability F a silná deflagrace iniciovaného mraku uprostřed obce.

Výsledky modelování naznačují, že ve vzdálenosti 214 m od zdroje (středu zásobníku) bude dosaženo přetlaku 0,3 bar, ve vzdálenosti 250 m bude přetlak 0,2 bar a ve vzdálenosti 345 m přetlak 0,1 bar.

Praktické zkušenosti ukazují, že ve vzdálenosti do 345 budou budovy vystaveny účinkům tlaku, který vyvolá vážné poškození 25 % všech stěn, vážné poškození střech a dalších prvků jakož i rozbití oken. Výstavbu ve vzdálenosti do 345 m od středu zásobníku nelze doporučit.

Řádově nižších hodnot přetlaku bude dosaženo ve vzdálenosti nad 1000 m od zásobníku.

7. Závěr

Analýze rizika byly podrobeny všechny významné bezpečnostní jednotky posuzovaného objektu, tj. 3 nadzemní zásobníky a 100 m³, 1 ŽC na pozici stáčení 95 m³ a 1 AC na pozici plnění 18 m³). Základní scénáře úniku nebezpečné látky byly rozvinuty pomocí stromu událostí ETA až ke konečným scénářům (BLEVE, Flash Fire, VCE a Jet Fire, rozptyl bez následků). Pro logický rozvoj události po úniku bylo použito především podkladů a informací z manuálu (3).

Pomocí systému EFFECTS bylo modelováno široké spektrum následků s cílem získat představu o dosahu následků, se kterými je nutno počítat v důsledku úniku propanu v objektu plnárny.

Porovnáním grafických výsledků modelování všech scénářů se ukázalo, že dominantní scénáře jsou dva, zasažené plochy se pro oba scénáře vzájemně překrývají. Sjednocením grafických výstupů získáme představu o velikosti zasažené plochy. Je možno konstatovat, že do vzdálenosti R = 252 m od středu železniční cisterny je nutno počítat s fatálními následky pro osoby nacházející se uvnitř zasažené plochy.

Zvýšení počtu obyvatel na zasažené ploše výstavbou rodinných domků se projeví nepříjemným společenským rizikem v lokalitě. Výstavba na vymezené zasažené ploše se proto jeví jako společensky nepřijatelná.

S ohledem na možné následky explozivního vyhoření mraku je nutno konstatovat, že ve vzdálenosti do 345 budou budovy vystaveny účinkům tlaku, který vyvolá vážné poškození 25 % všech stěn, vážné poškození střech a dalších prvků jakož i rozbití oken. Výstavbu ve vzdálenosti do 345 m od středu zásobníku nelze doporučit.

Řádově nižších hodnot výbuchového přetlaku bude dosaženo ve vzdálenosti nad 1000 m od zásobníku.

Posouzení vlivu terénních úprav na zmírnění následků:

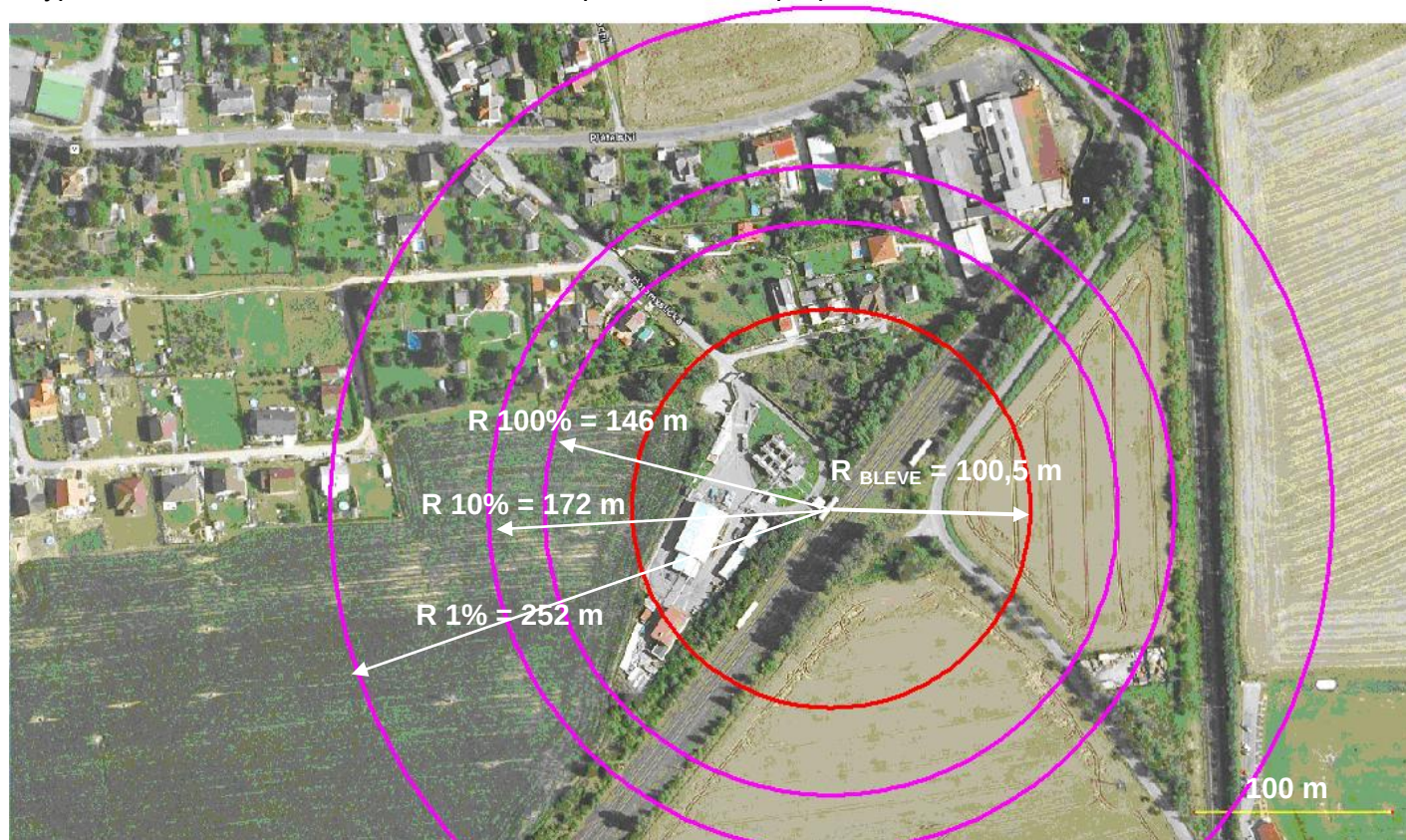
Pro zmírňování následků se zejména ve dřívějších dobách doporučovaly terénní úpravy v okolí objektu se závažnými zdroji rizika. Přínos takových úprav je ve skutečnosti velmi omezený.

- Terénní valy mohou zachytit letící fragmenty nádob a mohou částečně odstínit tepelný tok.
- Při vzniku ohnivé koule BLEVE je zdroj tepelného záření ve výšce cca 100 m, odstínění tepelného toku terénním valem je proto zcela vyloučené.
- Vzdušnou rázovou vlnu terénní val nezachytí, ani ji neodstíní. Experimenty bylo prokázáno, že vzdušná rázová vlna kopíruje tvar terénu (tlak se šíří všemi směry).

Literatura

1. Zákon č. 59/2006 Sb. O prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky a o změně zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií).
2. Guidelines for Quantitative Risk Assessment CPR 18E, Purple Book, Committee for the Prevention of Disasters, Hague, 1999.
3. Reference Manual Bevi Risk Assessments, Module B General, National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Centre for External Safety the Netherlands, 2009.
4. System EFFECTS, version 7, TNO Built Environment and Geosciences, Apeldoorn, Netherlands, 2006.
5. Denkstein J.: Ochrana objektů před účinky havarijních výbuchů I, Vzdušné rázové vlny a vnitřní výbuch, Vysoká škola chemicko-technologická v Pardubicích, Pardubice, 1991.
6. Methods for the determining of possible damage, CPR 16E, Green Book, Committee for the Prevention of Disasters, Hague, 1989.

Následky exploze typu BLEVE, železniční cisterna 95 m³ na pozici stáčení, propan



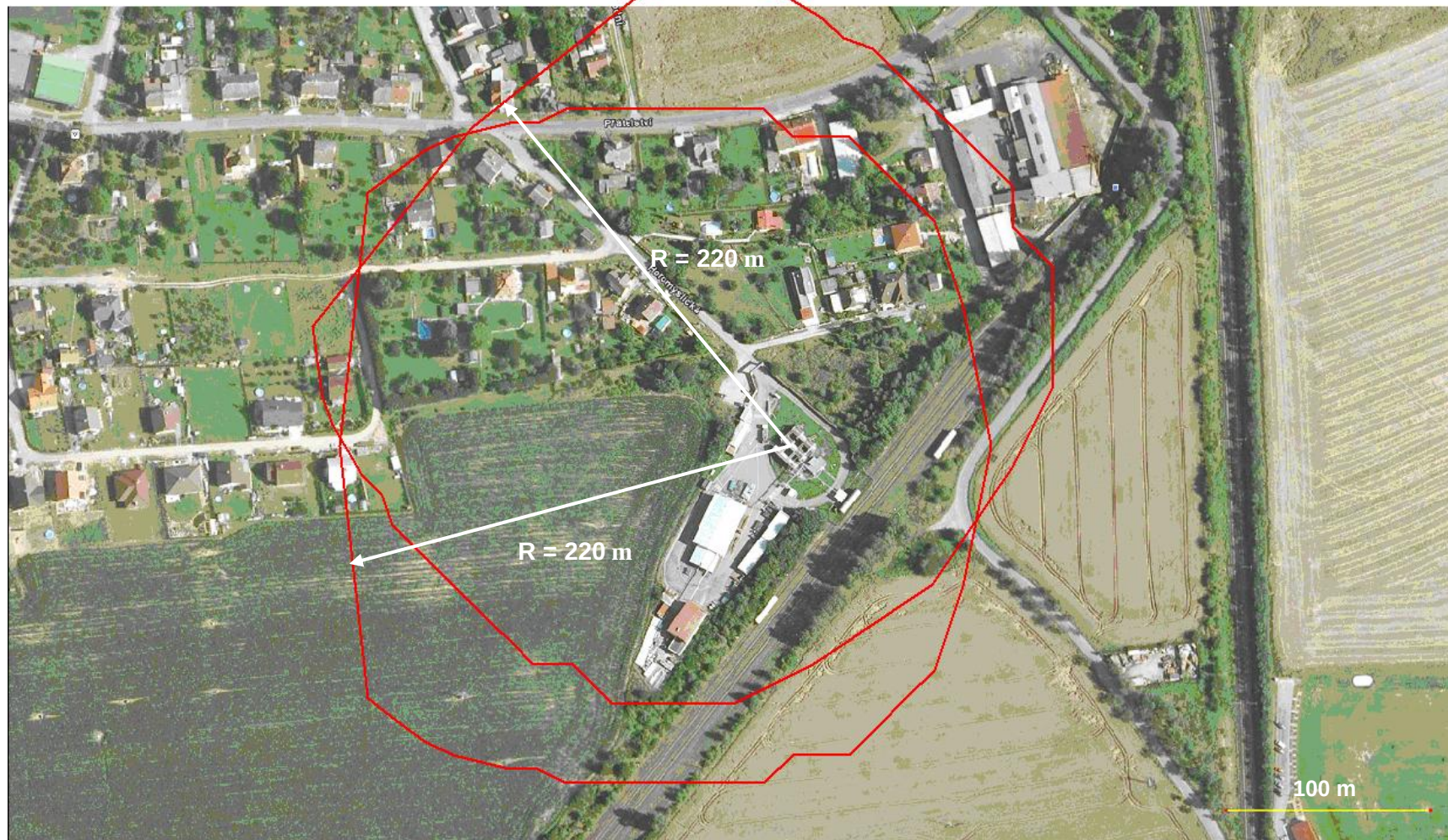
zobrazeno :

R BLEVE = 100,5 m

Následky tepelného toku :

R 100 % smrtelně zraněných	= 146 m
R 10 % smrtelně zraněných	= 172 m
R 1 % smrtelně zraněných	= 252 m

Následky okamžitého úniku propanu ze zásobníku $V=100\text{ m}^3$, tř. stability F, opžděná iniciace, směr větru V a JV



Dosah mraku o koncentraci na DMV je $R = 220\text{ m}$ od středu zásobníku