

MODELOVÁNÍ PRŮBĚHU HAVÁRIE A HODNOCENÍ MOŽNÉHO RIZIKA

Havárie v areálu firmy Tomegas s. r. o. v Olomouci
dne 7. října 2008

Alena VONDRÁKOVÁ
Olomouc 2009

Zpracováno v rámci DP pod vedením Odboru ochrany Magistrátu města Olomouce

1. Úvod

V každém větším městě se zpravidla nacházejí i takové objekty, které s ohledem na množství skladované nebezpečné látky mohou být potenciálně nebezpečné. Nejinak je tomu v případě Olomouce. Odbor ochrany Magistrátu města Olomouce se těmito rizikovými objekty zabývá, shromažďuje o nich potřebná data a pro svou správní oblast zpracovává podklady pro krizové plány, ve kterých s těmito rizikovými objekty počítá.

Naštěstí se nestává příliš často, že se potenciálně rizikový objekt stane skutečně místem havárie a tím pádem nebezpečím pro své okolí, ať už se to týká životního prostředí nebo osob. Bohužel ale k havárii občas dojde. A v tu chvíli je vždy nejdůležitější znát přesný rozsah a možné následky, aby se jim dalo co nejefektivněji zabránit. A není nic horšího než to, když se předpokládaný viník havárie snaží potřebné údaje ututlat a rozsah havárie banalizovat, aby předešel svému případnému postihu. Tímto jednáním totiž vystavuje obrovskému nebezpečí nejen zasahující členy integrovaného záchranného systému, ale také okolí místa havárie a zvyšuje možnost neblahých následků.

Zda se tak stalo či nikoliv v případě havárie v areálu firmy Tomegas je předmětem šetření orgánů činných v trestním řízení, zda nedošlo k nedbalostnímu trestnému činu obecného ohrožení. Předmětem této práce bylo proběhnutou havárii na základě dostupných údajů namodelovat a odhadnout tak její průběh a možné následky. Bohužel kvůli neochotě zúčastněné firmy, na jejíž cisterně havárie vznikla, poskytovat potřebné údaje, bylo modelování mnohdy prací téměř věšteckou. Nicméně i při tomto nedostatku konkrétních údajů se díky aktivitě pracovní skupiny pod vedením Ing. Radka Zapletala, vedoucího Odboru ochrany MMOL, podařilo k mnohým konkrétním údajům dopočítat nebo jinak zjistit a tak bylo modelování havárie a hodnocení rizik možné. Bohužel však při pohledu na výsledné údaje bylo zřejmé, že havárie měla větší rozsah, než bylo zpočátku tvrzeno, a její důsledky mohly být pro pracovníky v areálu firmy fatální. Jen díky šťastné souhře náhod tomu tak nebylo.

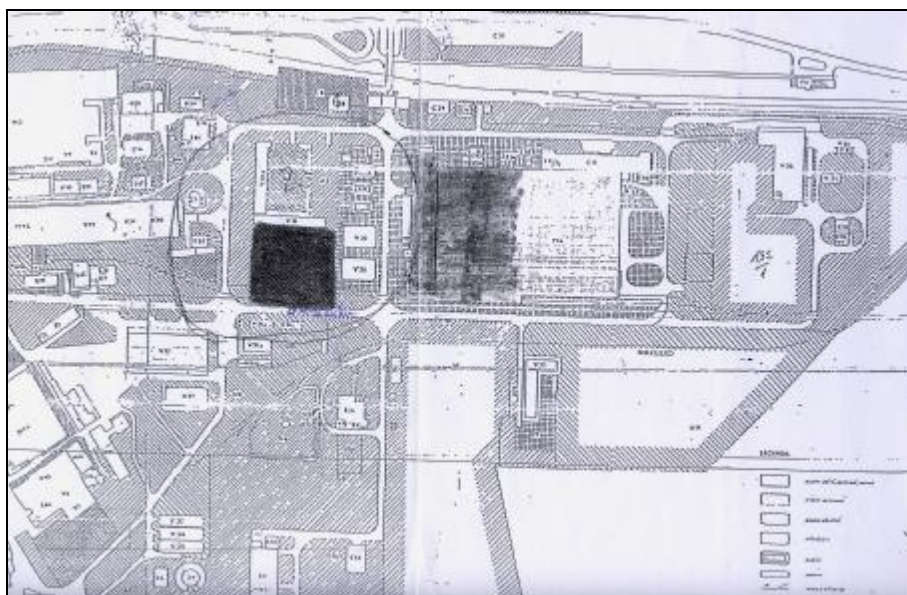
2. Havárie v areálu firmy Tomegas, spol. s r. o. – Olomouc

Firma Tomegas s. r. o. je dodavatelem zkapalněných plynů propanu, propan-butanu a LPG. Patří mezi celorepublikově působící dodavatele zkapalněných plynů s poměrně významnou pozicí na trhu. V Olomouci v areálu Moravských železáren se nachází pobočka firmy.

Termín **havárie** podle zákona č.59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo 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) představuje nežádoucí mimořádnou, částečně nebo zcela neovládanou, časově a prostorově ohraničenou událost, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s provozem technických zařízení, výrobou, užitím, skladováním, zneškodňováním nebo přepravou nebezpečných látek, která vede ke ztrátě života, poškození nebo ohrožení zdraví lidí, živých organismů nebo životního prostředí nebo k prokazatelné újmě na majetku.

Situace, která nastala v úterý 7. října 2008, bezpochyby takovou havárií byla, a závažnost této havárie nedosáhla vyššího stupně nebezpečnosti jen díky šťastné souhře náhod. Situace, při které k havárii došlo, je jednou z posuzovaných rizikových činností firmy, a to pod kategorií Stáčení propan-butanu, konkrétně Stáčení a plnění silničních cisteren. Právě při stáčení propan-butanu do silniční cisterny došlo k úniku kapaliny stlačeného propan-butanu, který ihned změnil své skupenství na plynné a vytvořil následně mrak, který se šířil areálem firmy Tomegas dále do areálu Moravských železáren.

Oblast viditelného mraku je zobrazena na obrázku č. 1, který představuje zákres od zasahujících hasičů do kopie plánu areálu.



Obr. 1 – Areál Moravských železáren se zákresem viditelného mraku.

Kdyby došlo u mraku k následné explozi, byla by ohrožena i další zařízení, nacházející se v areálu firmy. Celkově je v olomoucké pobočce firmy Tomegas evidováno následující množství zásobníků:

Tabulka č. 1 – Množství zásobníků v areálu firmy Tomegas a jejich velikost

Druh zásobníku	Objem v m ³	Počet
stacionární	100	1
stacionární	56	2
železniční cisterna	95	1
železniční cisterna	56	1
autocisterna	24	1

Pro potřeby oznámení i pro potřeby analýzy rizika se počítá 85 % uvedené kapacity, protože zásobníky jsou projektovány na plnění na 85 % a bezpečnostními prvky by mělo být zabráněno případnému přeplnění.

3. Zjištěné údaje

Havárie se stala **dne 7. října 2008 v 8.20 hodin SELČ.**

Na základě měření meteorologů byly atmosférické podmínky následující:

venkovní teplota **9,2 °C**

relativní vlhkost vzduchu **87 %**

rychlost větru dle meteorologického měření **0,5 m/s**, severní

na místě havárie zjištěn velmi mírný vítr, proměnlivý, převážně jihovýchodního směru
počasí **oblačné**

třída stability F podle Pasquilla

lokalizace místa havárie **49° 36' 46,871" N, 17° 13' 40,811" E**

nadmořská výška místa havárie **216,5 m**

dále byla známa lokalizace viditelného mraku – viz obr. 1

Údaje týkající se zdroje havárie, tedy silniční cisterny, do které měl být propan-butan stáčen, stejně jako přesné složení propan-butanu (letní nebo zimní směs) se nepodařila zjistit. Zástupci firmy Tomegas odmítli zúčastněným osobám z krizového managementu města Olomouce na tyto otázky odpovědět.

Pro média, která se o havárii bezprostředně zajímala, zástupci firmy uvedli:

Vedoucí olomoucké pobočky firmy Tomegas únik potvrdil, ale podle něj šlo o závadu cisterny. „*Uteklo asi sto litrů z cisterny, kterou odvezeme na opravu. Vznikl obláček plynu. O evakuaci vůbec nevím, zůstali jsme jako obsluha uvnitř budovy,*“ řekl Josef Neoral z Tomegasu. [1]

V dalších médiích však bylo mj. uvedeno [2]:

Celkem 171 lidí muselo být evakuováno poté, co v úterý krátce po osmé hodině ráno unikly v areálu Moravských železáren v Řepčinské ulici v Olomouci asi tři kubíky propan-butanu.

„*Únik byl nahlášen před půl devátou. Na místě zasahovali profesionální hasiči z Olomouce a místní podnikoví hasiči, kteří ještě před příjezdem profesionálů zahájili evakuaci jednoho provozu, k němuž mířil plynový mrak. Celkem bylo evakuováno 171 osob na volné prostranství,*“ řekla Právu mluvčí Hasičského záchranného sboru Olomouckého kraje Vladimíra Hacsiková.

„*Z předběžného šetření vyplývá, že čtyřadvacetiletý řidič cisterny, který čerpal propan-butan z nádrže, pravděpodobně s vozem popojel, aniž by odpojil hadici vedoucí od nádrže do vozidla a došlo tak k úniku látky,*“ sdělila Právu olomoucká policejní mluvčí Jitka Dolejšová.

Policisté událost vyšetřují pro podezření, že došlo k nedbalostnímu trestnému činu obecného ohrožení. Výše škody zatím nebyla vyčíslena.

Díky pohotovosti zaměstnanců z jiné firmy v areálu Moravských železáren pak byl získán i audiovizuální záznam průběhu havárie.



Obr. 2 – Areál Moravských železáren s šířícím se oblakem po havárii [3].



Obr. 3 – Silniční cisterna, u které při přečerpávání došlo k havárii [3].

4. Chemická analýza

Obecné informace

Propan-butan, často nazýván jako LPG, je směs zkapalněných rafinérských plynů – uhlovodíků, obsahující převážně propan a butan a menší množství vyšších uhlovodíků, přičemž poměr obsahu propanu a butanu v LPG je v různých zemích odlišný. LPG vzniká při rafinaci ropy anebo jako kapalná frakce separovaná od metanu v průběhu těžby zemního plynu. Za normálních atmosférických podmínek se propan-butan vyskytuje v plynné formě. Poměrně snadno, ochlazením nebo stlačením, ho lze převést do kapalného stavu. V kapalném stavu zaujímá pouze 1/260 svého plynného objemu. Snadný přechod mezi oběma skupenstvími je pro praktické využití velmi výhodný. Propan-butan je v současnosti nejvíce využívaný plyn v dopravě, jako automobilové palivo je využíván již několik desetiletí. Jedná se o levné, z ekologického pohledu příznivé palivo [4].

Chemická klasifikace

Název: **propan-butan (PB)**

Informace o složení látky: Výrobek se vyskytuje ve dvou směsích (ČSN 65 6481 Zkapalněné ropné plyny – Topné plyny – Propan, butan a jejich směsi – Technické požadavky a metody zkoušení):

Směs propan-butan **letní** (40/60) a směs propan-butan **zimní** (60/40)

Směsi obsahují tyto nebezpečné látky:

Chemický název:	propan
	obsah v (%): směs letní: min. 30 směs zimní: min. 55
Chemický název:	C4-uhlovodíky (hlavně butan)
	obsah v (%): směs letní: max. 60 směs zimní: max. 40
Chemický název:	C2 – uhlovodíky, C4 – uhlovodíky, vyšší uhlovodíky
	obsah v (%): zbytek

Klasifikace: F+, R12, extrémně hořlavá látka, snadno vznětlivá.

Nejzávažnější nepříznivé účinky na zdraví člověka při používání látky: mírně nebezpečná látka, plyn působí slabě narkoticky, styk s kapalinou působí omrzliny. Vzhledem k silné hořlavosti a lehké vznětlivosti nebezpečí vzniku požáru, dále možnost vzniku nežádoucích reakcí při styku s jinými chemickými látkami. Přípravek je extrémně hořlavá látka. Uvolněná kapalina přechází velmi rychle do plynného stavu, tvoří se velké množství chladné mlhy. Plyn je těžší vzduchu a šíří se do okolí, tvoří se vzduchem výbušnou směs. Uvolněný plyn může vytěsnit vzduch z místnosti a může dojít k zadušení (z 1 kg kapalné fáze při 20 °C a 0,1 MPa vznikne 553 litrů plynu). Při úniku může plynný propan vniknout do kanalizace nebo podzemních prostor, kde vzniká nebezpečí výbuchu. Zapálení je možné působením žhavých povrchů, jiskrou (i jiskra elektrostatické elektřiny) nebo otevřeným plamenem. [6]

Při 20 stupních mají páry butanu tlak 2 atm (přetlak v nádobě s butanem je 1 atm proti atmosférickému tlaku), páry propanu cca 6-7 atm (přetlak 5-6 atm). Plynný propan je 1,55x těžší než vzduch, butan je 2,05x těžší než vzduch. U směsi záleží na poměru.

Nepodařilo se zjistit, zda v případě havárie došlo k úniku letní nebo zimní směsi PB.

5. Popis události a analýza viditelnosti mraku

Analýza události z fyzikálně-chemického pohledu

Když praskne zásobník stlačeného plynu, unikne plyn nad kapalinou a vyrovná se tlak uvnitř a vně nádrže. Snížením tlaku se sníží teplota unikajícího plynu. Kapalina původně o normální teplotě se začne vařit a tím se ochlazuje tak dlouho, až se její teplota sníží na teplotu varu za atmosférického tlaku (cca -20° Celsia). Unikající oblak plynu má tedy vždy nižší teplotu než okolní vzduch – v první řadě původně stlačený plyn, následně pak páry vzniklé varem kapalného propan-butanu po snížení tlaku.

Kvůli chemickému složení a nižší teplotě je hustota unikajícího plynu 2x větší než hustota okolního vzduchu. Proto se oblak plynu nerozptyluje směrem nahoru, ale drží se při zemi, proniká do kanalizace a níže položených míst, v případě větru je hnán větrem a jen postupně se rozmíchává do vzduchu. Na rozhraní mezi okolním vzduchem a oblakem propan-butanu se díky poklesu teploty vzdušná vlhkost sráží a vytváří mlhu, která oblak zviditelňuje. Záleží však na okolní vlhkosti - v suchém a teplém létě může být oblak plynu prakticky neviditelný, zatímco v sychravém počasí se mlha tvoří po celém rozhraní oblaku, i tam, kde koncentrace propan-butanu je menší.

Koncentrovaný oblak propan-butanu je nedýchatelný, člověk se nadechuje, ale nedostává kyslík a během krátké doby ztrácí vědomí. Nepomáhá maska s filtrem, ale jen dýchací přístroj s kyslíkem nebo vzduchem.

Úvaha nad koncentrací PB ve viditelném mraku

Viditelná mlha je vrstva vzduchu, která se ochladila o vrstvu chladného propan-butanu ležící pod ní a tím zkondenzovala vzdušná vlhkost a vznikla mlha. Skutečná velikost oblaku propan-butanu je tedy o něco menší než je hranice oblaku mlhy.

Vzduch 10°C + PB -20°C se smíchá v poměru 90 % vzduch a 10 % PB - teplota klesne na 7°C , parciální tlak vodní páry klesne na 90 % původního, ale díky ochlazení se po promíchání zvýší relativní vlhkost z 85 % na 88,4 %.

$80\% + 20\% \Rightarrow$ teplota klesne na 4°C , tlak páry na 80 %, relativní vlhkost stoupne na 91 %, ale pokud se vzduch o relativní vlhkosti 85 % a teplotě 10°C ochladí o $3,5^{\circ}\text{C}$, tak tím, že se dotýká chladného oblaku plynu (bez promíchání), relativní vlhkost dosáhne 100 % a začne se tvořit mlha.

Viditelný mrak tedy na základě této početní úvahy obsahuje více než 20 % PB, přičemž koncentrace PB stoupá od jeho okrajů směrem dovnitř.

Nebezpečí výbuchu je na okraji oblaku, kde je směs PB a vzduchu ve výbušném poměru. Pokud se oblak valí přes zdroj ohně, tepla či jisker, tak okraj oblaku vybuchne, tím rozmíchá zbytek oblaku se vzduchem a následuje druhý výbuch daleko ničivější. Druhou možností je, že oblak začne vyhořívát a nepřestane, dokud všechen plyn neshoří.

Šíření požáru PB lze přitom velmi špatně zastavit vodou nebo běžnými hasícími prostředky, nejúčinnější je mrak CO_2 .

Úvaha nad koncentrací PB ve viditelném mraku v případě spray efektu

V případě, kdy dojde ke spray efektu (jeden z výsledků modelování prof. Babince), teplota ve chvostu může dosáhnout až -70°C (i když je to hluboce pod bodem varu). Část PB pak nebude ve formě plynu (průhledný), ale ve formě aerosolu (mlha), Úvaha o viditelnosti mraku a koncentraci PB v něm se tak změní. Hustota je v takovém případě o něco větší (místo dvojnásobku může dosahovat např. 2,5x větší hustoty než vzduch). Více klesá teplota vrstvy vzduchu na hranici s PB a mlha tvořená vodní parou je kvůli nižší teplotě intenzivnější, resp.vzniká i při menší koncentraci PB. Hustota každého plynu je nepřímo úměrná absolutní teplotě (měřené ve stupních Kelvina), proto snížení teploty o 27 stupňů (=10% absolutní teploty) způsobí změnu hustoty také o +10% (ale zvýšení, protože úměra je nepřímá). Výsledná velikost a koncentrace ve viditelném mraku by se proto pohybovala v řádu cca 20 procent.

6. Modelování havárie

Pro potřeby analýzy a modelování bylo využito volně šiřitelného softwaru ALOHA[®] verze 5.4.1, vyvinutého Office of Emergency Management, EPA a Emergency Response Division, NOAA (dále jen ALOHA).

ALOHA je jednoduchý 2D simulační software, určený k přibližnému modelování tvaru a rozsahu úniku nebezpečné látky do atmosféry. Výpočty provádí pomocí statistického gaussovského rozdělení nebo modelu »heavy gas« pro simulace pohybu mraků plynů těžších než vzduch. Dále dokáže určit velikost ohrožené oblasti výbuchem či hořením hořlavé látky. Vyvíjí jej americká agentura U.S. EPA a je poskytnut ke stažení zdarma jako Freeware. Je dostupná z [www stránky U.S. EPA](http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/response/ALOHA/). [6]

Prof. Ing. František Babinec, CSc. z Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně souběžně s touto prací analyzoval havárii profesionálně za pomoci komerčního softwaru Effects. Tento program umožňuje stanovit projevy havárie jako jsou tlaková vlna, tepelné záření, koncentrace plynu, apod. Výstupy z programu jsou prezentovány v textové a grafické podobě. Díky možnosti konzultací pak byly výsledky z jeho práce zahrnuty i do analýz v této práci a zjištěné údaje byly zadány do programu ALOHA.

6.1. Postup při modelování

Nejprve byla založena lokalizace místa havárie a pojmenována jako Tomegas.

Poté byly do programu zadány všechny dostupné atmosférické údaje.

Jako látka podléhající havárii byl určen propan. To proto, že kombinace propan-butan se v seznamu látek nevyskytuje, jeho nadefinování není vzhledem ke složitosti procesů možné a v takovém případě se na základě všeobecného konsenzu počítá s horší variantou, kterou za dané situace představuje propan.

Poté byly zadány všechny dostupné údaje o zdroji havárie, tedy o silniční cisterně. Zde se bohužel projevilo v nejhorší možné míře zatajování skutečných údajů reprezentanty firmy. Proto modelování probíhalo takřka metodou „pokus – omyl“. Snahou přitom bylo nastavit neznámé údaje tak, aby došlo k takovému úniku, aby velikost mraku odpovídala zákresu od členů integrovaného záchranného sboru z místa havárie.

Jako nejdůležitější neznámé údaje se ukázalo následující:

- průměr utržené hadice, kterou byl PB přečerpáván a odkud unikal
- množství PB v cisterně
- tlak a teplota v cisterně

6.2. Výsledky modelování

Jediné údaje o množství uniklé látky byly k dispozici od představitelů firmy Tomegas, ať už prostřednictvím médií nebo členů IZS. Pro Olomoucký deník uvedl Josef Neoral z Tomegasu, že šlo pravděpodobně o technickou závadu na cisterně a uniklo „asi“ sto litrů z cisterny. Další média uváděla množství 3 kubické metry.

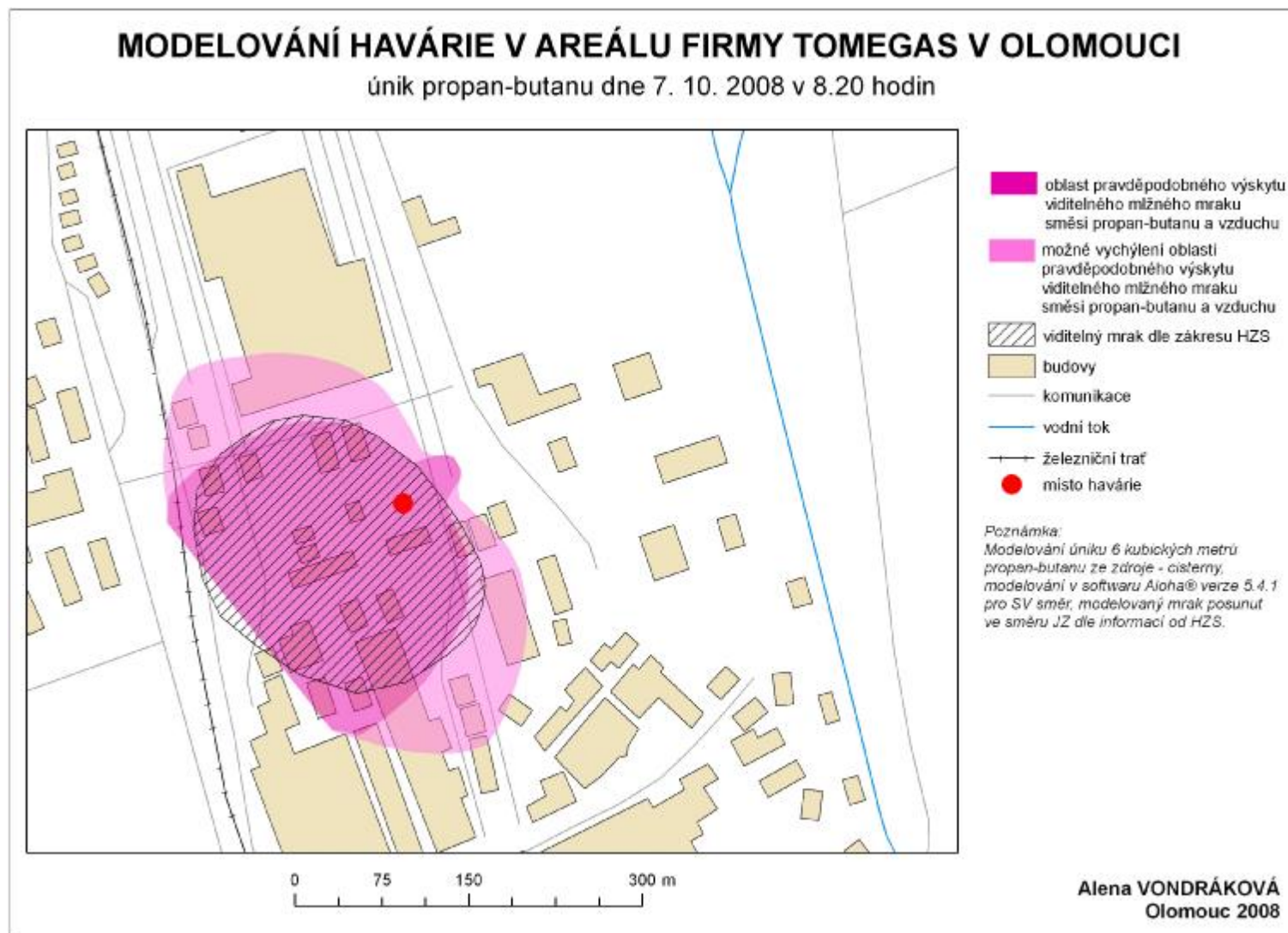
Množství uniklé látky

Modelování v softwaru ALOHA však při předpokladu, aby výsledný mrak odpovídal velikosti zakresleného, tedy skutečného mraku, vedlo ke zjištění, že množství muselo být mnohem větší, a to až 7 kubických metrů.

Prof. Babinec při svém modelování došel ke stejnému závěru a množství uniklé látky odhadl na **6 kubických metrů**. Může se tedy jednat až o dvojnásobek deklarovaného množství!

Proto byli představitelé firmy Tomegas s touto skutečností konfrontováni. Z následujících informací vyplynulo, že 3 kubické metry bylo množství, které do cisterny mělo být dočerpáno, avšak minimálně další 3 kubické metry PB se nacházely uvnitř cisterny. Údaje o tom, kolik PB bylo skutečně přečerpáno či zda něco zůstalo v cisterně, nejsou dostupné.

Výsledná vizualizace úniku 6 kubických metrů je na obrázku 4.

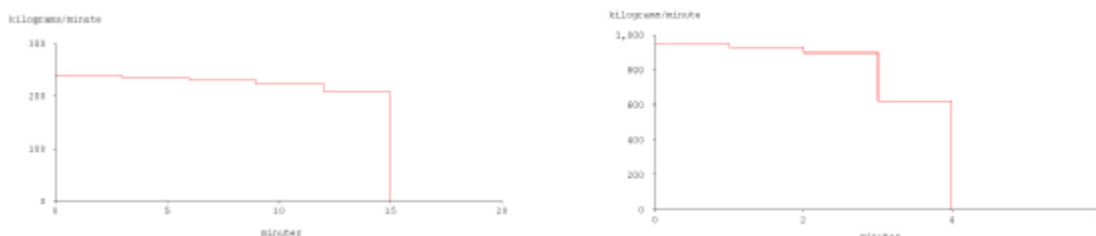


Obr. 4 – Geovizualizace modelování úniku propan-butanu (software ALOHA, vizualizace v softwaru ArcMap 9.2).

Průměr utržené hadice

Na rychlost šíření a úniku z utržené hadice má velký význam její průměr, resp. průměr vzniklé díry, ze které PB unikal. Ani tato informace však nebyla získána.

Prostým výpočtem, za jak dlouho by k úniku došlo a jak dlouho by tedy PB z hadice unikal bylo vypočítáno, že se s největší pravděpodobností jednalo o hadici s průměrem 2 palce, přičemž tento otvor mohl být ještě rozchlípen utržením.



Obr. 5 a 6 – Doba úniku při rozměrech hadice 1 palec (vlevo) a 2 palce (vpravo) (software ALOHA).

Při úniku z díry o průměru 1 palec by totiž vypočtené množství unikalo 15 minut, což neodpovídá realitě. V případě díry o rozměru 2 palce dojde k úniku 6 kubických metrů za dobu 4 minut, což realitě odpovídalo.

Tlak a teplota v cisterně, které byly další neznámou, byly zadány dle informací od jiných přepraveců, tedy jaké hodnoty jsou v dané situaci obvyklé.

6.3. Hodnocení možného rizika na základě modelování

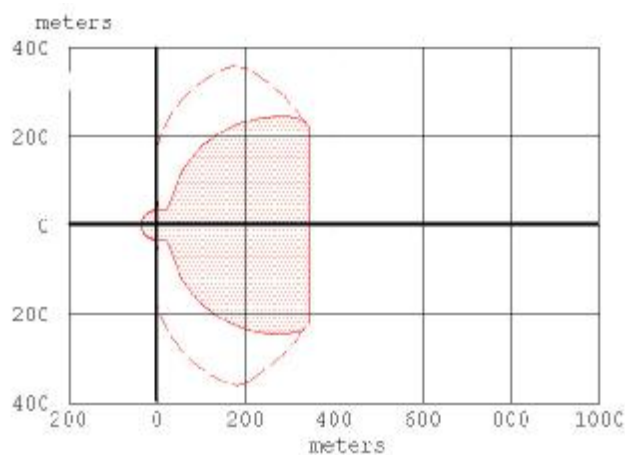
Bohužel se nepodařilo s jistotou říci, jak velký oblak dosahoval hranice výbušnosti. V případě, že navíc došlo při úniku z cisterny ke spray efektu, by se tato oblast vymezovala ještě více ve směru proudění unikající látky než za běžné situace, což je za daných podmínek, kdy nebyla dostupná ani řádná dokumentace místa, nemožné vypočítat.

Na základě modelování prof. Babince vycházel oblak s obsahem PB v rozmezí výbušnosti, jako velmi malý, lokalizován pouze ve chvostu unikajícího plynu. Oproti tomu fyzikálně-chemická analýza předpovídá, že šíření oblaku plynu je natolik nepředpokladatelné (především díky proudění uvnitř mraku), že za potenciálně výbušný by měl být předpokládán celý viditelný mrak mlhy, v případě spray efektu by oblast výbušnosti byla o něco menší než tvořil viditelný mrak.

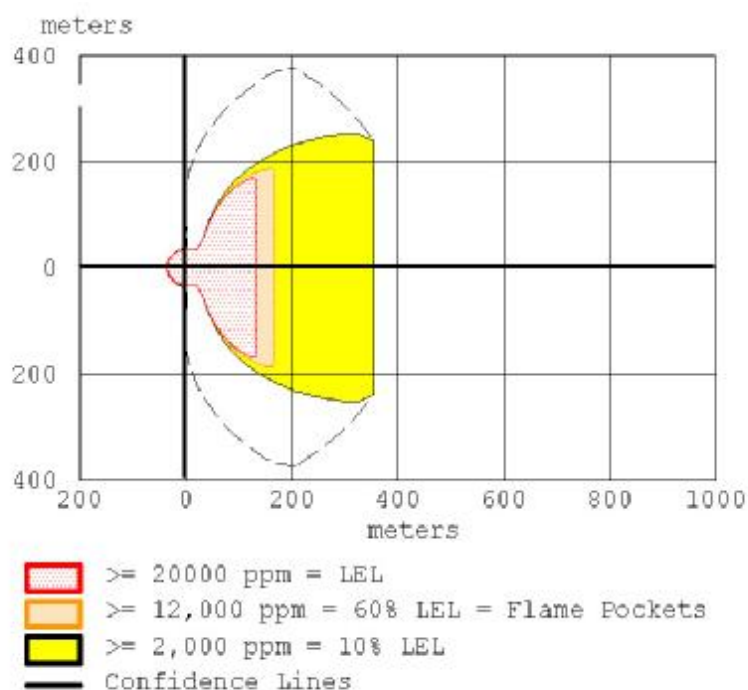
Jak je uvedeno v chemické analýze látky, stačí k iniciaci výbuchu nebo požáru i výboj statické elektřiny nebo horký povrch, nemusí se jednat přímo o otevřený oheň. V případě areálu Moravských železáren je situace o to více alarmující, že nedaleko areálu formy Tomegas, kde k úniku PB došlo, se ve výrobě nachází otevřený oheň. Pouze díky příznivým rozptylovým a atmosférickým podmínkám, které udržely oblak PB uvnitř areálu firmy Tomegas a mrak nebyl odnesen vzdušnými proudy dále do areálu železáren, tak nedošlo ke kritické situaci.

Pro případ, že by byl vývoj havárie jiný, byly vypočítány následující situace:

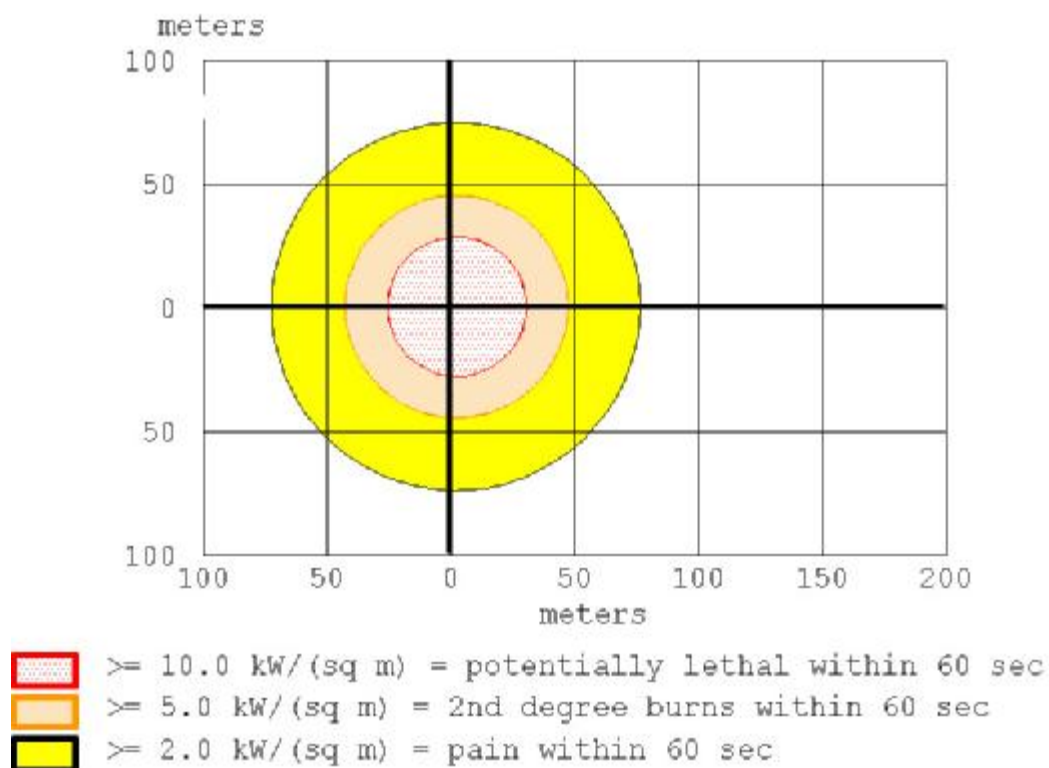
- oblak PB vzplane a vyhoří klasickým ohněm (Obr. 9)
- oblak PB vybuchne, žádné další interakce nebudou uvažovány (Obr. 11)
- oblak PB vybuchne, tím iniciuje výbuch ostatních zásobníků a dojde tak k výbuchu všech zásobníků v areálu firmy Tomegas (Obr. 12)



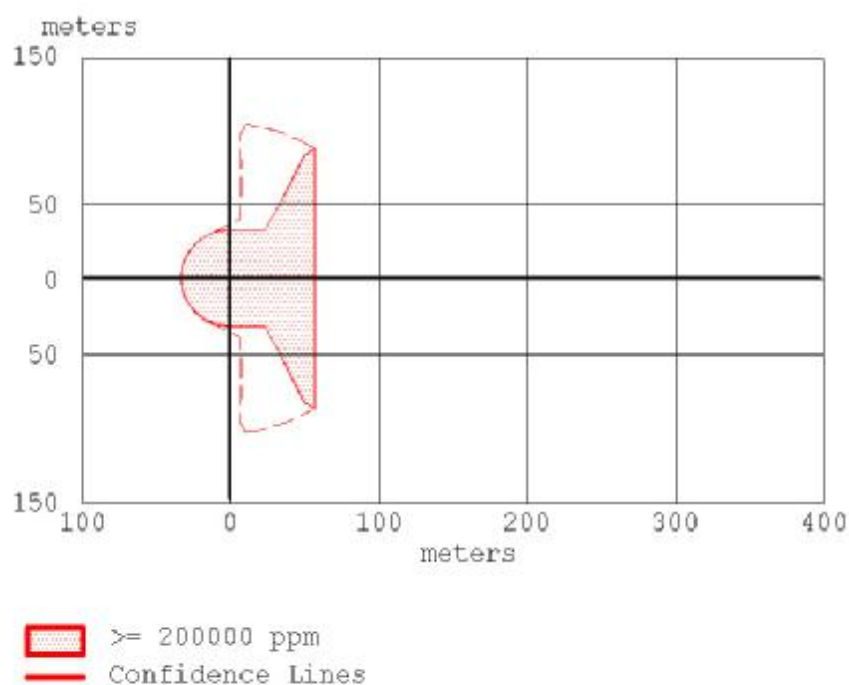
Obr. 7 – Pravděpodobná oblast viditelného mraku PB s mlhou (koncentrace cca 10 % rodmýchaná vzduchovými proudy) (software ALOHA).



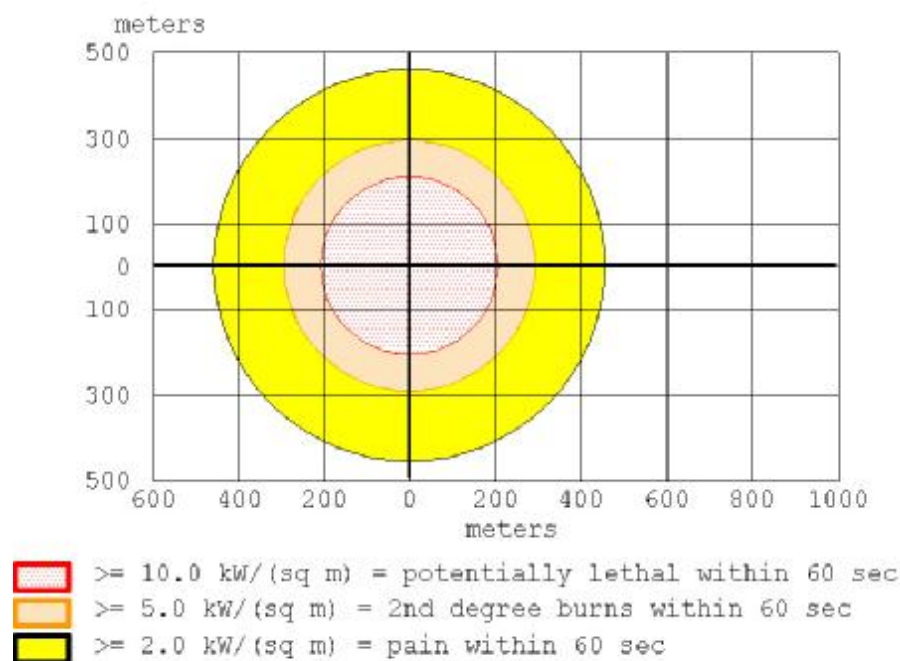
Obr. 8 – Oblast vznětlivosti oblaku PB (software ALOHA).



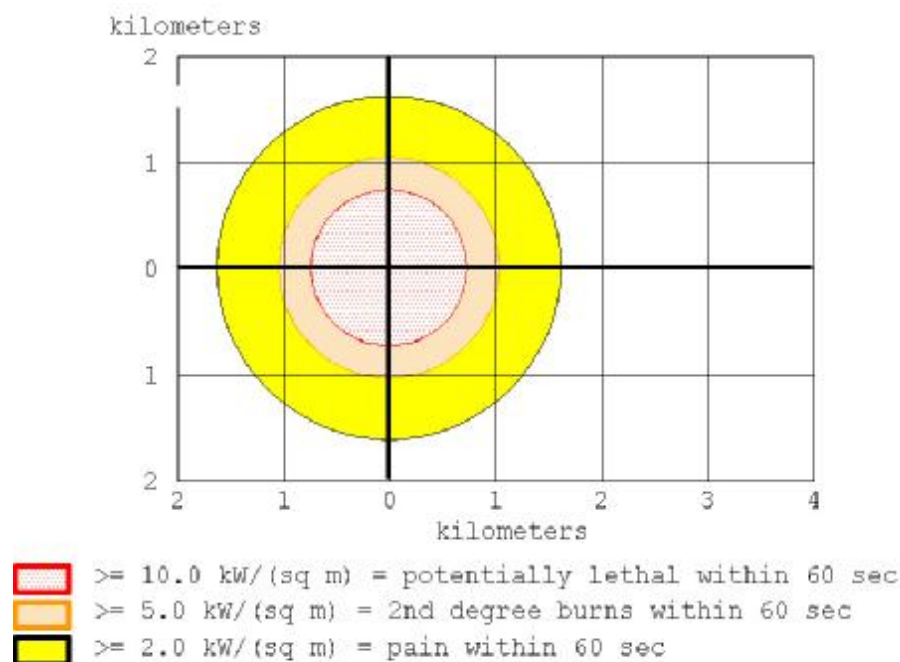
Obr. 9 – Účinek na osoby při vyhoření plamenem, smrtící účinek do cca 20 metrů od zdroje (software ALOHA).



Obr. 10 – Oblast výbušnosti mraku uniklého PB (software ALOHA).



Obr. 11 – Zasažená oblast při výbuchu unikajícího PB při reálné havárii, smrtící efekt je až do vzdálenosti do 200 metrů od zdroje (software ALOHA).



Obr. 12 – Výbuch všech zásobníků v areálu firmy Tomegas při 85 % naplnění, velice nepravděpodobný scénář se smrtícím účinkem během 60 vteřin až do vzdálenosti 700 metrů, nebezpečí popálenin 2. stupně během 60 vteřin až do vzdálenosti jednoho kilometru (software ALOHA).

7. Závěr

Tato práce byla vypracována na základě skutečné havárie, která se uskutečnila dne 7. října 2008 v areálu pobočky firmy Tomegas s. r. o. v prostorách Moravských železáren v Olomouci, místní části Řepčín. Práce přináší analýzu průběhu havárie a analýzu rizik, které by spolu nesla havárie v případě jiného průběhu. Stačila totiž jediná jiskra statické elektřiny a důsledky havárie mohly být fatální.

Velkou nevýhodou při procesu modelování byla skutečnost, že některé důležité údaje nebyly známy (nebyly firmou Tomegas sděleny představitelům krizového managementu MMOL), a proto výpočty probíhaly delší dobu a byly realizovány pro velký počet možných vstupních hodnot. Z průběhu havárie a z výsledků modelování však na konci bylo zcela jasné, které hodnoty byly pro havárii odpovídající.

Modelování v softwaru ALOHA při předpokladu, aby výsledný mrak odpovídal velikosti zakresleného mraku členy IZS, tedy skutečného mraku, vedlo ke zjištění, že uniklé množství muselo být mnohem větší, než to, které představitelé firmy předkládali médiím. Hovořilo se zhruba o 3 kubických metrech PB, výsledkem analýz byl však dvojnásobek této hodnoty, když i Prof. Babinec při svém modelování došel ke stejnému závěru a množství uniklé látky odhadl na **6 kubických metrů**.

Bohužel se nepodařilo s jistotou říci, jak velký oblak dosahoval hranice výbušnosti. Všechny modelované scénáře – vyhoření i výbuch – spadají svým rozsahem mezi **nepříjemná rizika**. Nepříjemným rizikem tak byla i samotná havárie, při níž selhalo hned několik kontrolních mechanismů, které měly úniku PB zabránit (ať už bezpečnostní předpisy týkající se práce obsluhy, tak i mechanické bezpečnostní prvky, jako např. trhací spojky, apod.). Je na dalším vyšetřování, aby bylo zjištěno, zda došlo ke kumulaci chyb lidského faktoru či zda došlo k opomenutí či zanedbání některých z bezpečnostních předpisů.

Z důsledků, které havárie mohla mít (bezprostředně bylo ohroženo na životě 171 osob, které byly v důsledku havárie evakuovány a v případě výbuchu i dalších zásobníků by tento počet ještě dále strmě stoupal) a skutečně jen díky šťastné souhře náhod neměla, je potřeba vyvodit takové závěry, které zamezí nebo budou alespoň eliminovat možnost vzniku havárie obdobné.

8. Použité zdroje

1. *Olomoucký deník - Zpravodajství* [online]. 2008 [cit. 2009-02-15]. Dostupný z:
<http://olomoucky.denik.cz/zpravy_region/unik-plynu-znamenal-evakuaci--osob20081007.html>.
2. *Novinky.cz* [online]. 2008 [cit. 2009-02-15]. Dostupný z:
<<http://www.novinky.cz/krimi/151363-po-uniku-plynu-v-olomouci-muselo-byt-evakuovano-171-osob.html>>.
3. *TN.cz* [online]. 2008 [cit. 2009-02-15]. Dostupný z:
<http://tn.nova.cz/bin/search_adv_media_desc.php?media_id=425988>.
4. *RWE – charakteristika propan-butanu* [online]. 2008 [cit. 2009-02-15]. Dostupný z:
<http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/alternativni_pohonne_hmoty/propan_butan_lpg.html>.
5. *Technické plyny – specifikace PB* [online]. 2008 [cit. 2009-02-15]. Dostupný z:
<http://www.plyny-technicke.cz/editor/image/download2_soubory/propan-butan_shell.pdf>.
6. *Software ALOHA* [online]. 2008 [cit. 2009-02-15]. Dostupný z:
<[http://cs.wikipedia.org/wiki/ALOHA_\(software\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/ALOHA_(software))>.