

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta

**Porovnání výstupů z programů ALOHA a TerEx
při jejich modelování rozptylu
vybraných nebezpečných látek**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Adam Hendrych

Studijní program: Ochrana obyvatelstva

Studijní obor: Civilní nouzová připravenost

Studijní modul: Ekonomicko-zdravotnicko-organizační

Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Pitschmann, CSc.

Datum odevzdání: 21. 5. 2012

ABSTRAKT

Porovnání výstupů z programů ALOHA a TerEx při jejich modelování rozptylu vybraných nebezpečných látek

V souvislosti se vzrůstajícím množstvím produkovaných průmyslových toxických látek (TIC; Toxic Industrial Compound) roste i přes postupné zavádění stále bezpečnějších technologických procesů a vylepšování bezpečnostních opatření riziko havarijního úniku nebezpečných látek.

Ke zmírnění následků chemické havárie, případně k preventivní přípravě ochranných opatření ještě před vznikem havárie, je zapotřebí znát či alespoň odhadnout průběh havárie. Zejména pak dosah zraňujících a smrtelných účinků havárií. Jedním z nástrojů, kterými lze vyjádřit dopady havárií, jsou modelovací programy.

Předkládaná diplomová práce se zabývá porovnáním výstupů dvou speciálních softwarů – zahraničního programu ALOHA a tuzemského programu TerEx. Cílem práce bylo jednak za využití odborné literatury a konzultací s experty uvést teoretické aspekty související s rozptylem plyných toxických látek v přízemní vrstvě atmosféry a dále popsat modelování dosahu jejich škodlivého působení. V praktické části práce bylo záměrem zjistit, nakolik se výsledky obou programů pro stejné počáteční podmínky liší.

K tomu bylo použito vzájemného porovnání výstupů (např. dosahu zraňující koncentrace) obou programů, které poskytly výsledky pro stejný soubor vstupních dat (druh a množství nebezpečné látky, teplota prostředí, rychlost větru, stupeň oblačnosti, třída stability počasí, typ povrchu terénu).

Po zhodnocení získaných porovnání je možné zevšeobecnit výsledky v konstatování, že program ALOHA je oproti programu TerEx konzervativnější, to znamená, že program ALOHA poskytuje delší předpokládané dosahy ohrožení. Závisí potom na uživateli (odpovědné osobě – krizovému manažerovi, veliteli zásahu, starostovi obce), jaký zvolí nebo doporučí zvolit přístup – připravit na případnou havárii větší či menší území (zajištění informovanosti obyvatelstva, provedení technických opatření vedoucích ke zmírnění dopadů havárie, výše použitých finančních prostředků apod.).

Jako navazující krok by bylo vhodné ověřit teoretické výsledky experimentálně, terénními zkouškami, jež by probíhaly za stejných meteorologických podmínek, za kterých bylo provedeno modelování zmíněnými programy. Byla by tak potvrzena oprávněnost používání speciálního programového vybavení pro účely odhadu dosahu negativních účinků chemických havárií.

ABSTRACT

Comparison of outputs from the software ALOHA and TerEx in dispersion modelling of selected hazardous substances

In the context of an increasing production of industrial toxic substances (TIC; Toxic Industrial Compound), the risk of accidental release of hazardous substances is growing in spite of the gradual implementation of safer technological processes and safety improvement measures.

To mitigate the consequences of chemical accidents or to prepare preventive protective measures before the accident, it is necessary to know or at least estimate the course of accidents. In particular, it applies to the range of traumatic events and fatal accidents. One of the tools that can express the impact of accidents is modelling programs.

This diploma thesis presents a comparison of outputs from two special types of software – a foreign program the ALOHA and the TerEx developed in the Czech Republic. The purpose of the thesis was to indicate theoretical aspects related to gaseous toxic substances diffusion in the ground atmospheric layer and to describe modelling of their ill effects range. To achieve this objective, scientific literature and consultation with experts were used. The practical section of the thesis aimed at determining to what extent the results of both programs differ when initial conditions were identical.

To achieve this goal, the intercomparison of outputs (e. g. harmful concentration range) of the two programs that provided results for the same input data sets (type and quantity of hazardous substances, environmental temperature, wind speed, degree of cloud cover, weather stability class, type of ground surface) was used.

After the assessment of the comparison it is possible to generalize the results stating that the software ALOHA compared to the TerEx is more conservative, which means that the ALOHA software provides longer anticipated ranges of danger. Therefore, it depends on the user (the person responsible – crisis manager, intervention commander, mayor of the village), which approach they select or recommend – to prepare a greater or a smaller area for a possible accident (to ensure public awareness,

to implement technical measures to mitigate the impact of that accident, to assess the amount of financial resources, etc.).

As a subsequent step it would be appropriate to verify the theoretical results experimentally, by field testing, which would be conducted under the same meteorological conditions under which the modelling was made by the mentioned programs. This would thus confirm the legitimacy of the special software use for the purpose of estimating the range of negative effects of chemical accidents.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Praze dne 21. května 2012

Bc. Adam Hendrych

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Vladimíru Pitschmanovi, CSc., vedoucímu diplomové práce, za nepředstavitelnou trpělivost po celé čtyři semestry, vždy cenné (a nedocené) rady a za ochotu nalézt si čas k řešení náhle vyvstalých problémů. Poděkování rovněž náleží zástupcům společnosti T-SOFT a.s., kteří mi umožnili provést část výpočtů v programu TerEx na jejich pracovišti v Praze.

Adam Hendrych

OBSAH

ÚVOD	10
1 SOUČASNÝ STAV	12
1.1 VÝRONY.....	12
1.1.1 Únik látky ze zařízení.....	12
1.1.2 Klasifikace situací při únicích.....	13
1.1.3 Modely úniků.....	16
1.2 ODPAŘOVÁNÍ.....	18
1.2.1 Situace při odpařování.....	18
1.2.2 Výsledek události.....	20
1.2.3 Modely odpařování.....	24
1.3 ROZPTYL.....	25
1.3.1 Modely rozptylů.....	27
1.3.2 Jednorázový únik.....	27
1.3.3 Kontinuální únik.....	27
1.4 KLASIFIKACE SITUACÍ PŘI ROZPTYLECH.....	27
1.5 VLIV VZNÁŠIVOSTI.....	29
1.6 VLIV HYBNOSTI.....	30
1.7 VLIV TYPU ZDROJE.....	30
1.8 VLIV VÝŠKY ZDROJE.....	31
1.9 METEOROLOGICKÉ (POVĚTRNOSTNÍ) VLIVY.....	32
1.9.1 Atmosférická hraniční vrstva.....	32
1.9.2 Teplotní inverze.....	33
1.9.3 Charakteristika větru.....	35
1.9.4 Rychlost větru.....	37
1.9.5 Atmosférická třída stability.....	38
1.10 MÍSTOPISNÉ VLIVY.....	41
1.11 SOUŘADNÉ SYSTÉMY POUŽÍVANÉ PŘI ROZPTYLU PLYNŮ.....	43
1.12 MODEL Y PRO PASIVNÍ ROZPTYL.....	44
1.12.1 Model Robertsův.....	44
1.12.2 Model Suttonův.....	46
1.12.3 Model Pasquillův.....	48
1.12.4 Model Pasquillův-Giffordův.....	48
1.13 ÚČINKY TOXICKÝCH LÁTEK.....	51
1.13.1 Modely toxických následků.....	51
1.13.2 Koncentrace.....	56
1.13.3 Dávka.....	59
1.13.4 Toxikologické vlastnosti látek vybraných pro modelování.....	61
1.14 OCHRANA PROTI TOXICKÝM PRŮMYSLOVÝM LÁTKÁM.....	64
1.15 MODEL Y.....	65
1.16 POPIS PROGRAMU ALOHA.....	66
1.17 POPIS PROGRAMU TEREX.....	70
2 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZA.....	74
2.1 CÍL PRÁCE.....	74
2.2 HYPOTÉZA.....	74

3	METODIKA	75
4	PRAKTICKÁ ČÁST.....	77
4.1	ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ UNIKLÉ LÁTKY	78
4.1.1	<i>Amoniak</i>	78
4.1.2	<i>Chlor</i>	81
4.2	ZÁVISLOST NA MÍŘE POKRYTÍ OBLOHY MRAKY	84
4.2.1	<i>Amoniak</i>	84
4.2.2	<i>Chlor</i>	85
4.3	ZÁVISLOST NA TYPU POVRCHU TERÉNU	88
4.3.1	<i>Amoniak</i>	88
4.3.2	<i>Chlor</i>	89
4.4	ZÁVISLOST NA TŘÍDĚ ATMOSFÉRICKÉ STABILITY	91
4.4.1	<i>Amoniak</i>	91
4.4.2	<i>Chlor</i>	93
4.5	ZÁVISLOST NA RYCHLOSTI PROUDĚNÍ VĚTRU.....	96
4.5.1	<i>Amoniak (1 000 kg; 4 000 kg; 6 000 kg)</i>	96
4.5.2	<i>Chlor (600 kg; 1 000 kg)</i>	100
4.6	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ UNIKLÉHO AMONIÁKU PŘI RŮZNÝCH RYCHLOSTECH PROUDĚNÍ VĚTRU	105
4.7	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ UNIKLÉ LÁTKY ZA ROZDÍLNÝCH TEPLOT A PŘI RŮZNÝCH RYCHLOSTÍ PROUDĚNÍ VĚTRU	109
4.7.1	<i>Amoniak</i>	109
4.7.2	<i>Chlor</i>	115
4.8	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA RYCHLOSTI VĚTRU PŘI ROZDÍLNÉM MNOŽSTVÍ UNIKLÉ LÁTKY	121
4.8.1	<i>Oxid uhelnatý (100 kg/500 kg/1 000 kg)</i>	121
4.9	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ UNIKLÉ LÁTKY PŘI ROZDÍLNÝCH TŘÍDÁCH STABILITY	125
4.9.1	<i>Chlor (třídy stability B/D/F)</i>	125
4.9.2	<i>Oxid uhelnatý (třídy stability B/D/F)</i>	129
4.10	ZÁVISLOST NA TEPLOTĚ PROSTŘEDÍ.....	132
4.10.1	<i>Amoniak</i>	132
5	DISKUSE	135
6	ZÁVĚR.....	140
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	142
8	KLÍČOVÁ SLOVA	147
9	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	148
10	PŘÍLOHY	151

ÚVOD

Již od období průmyslové revoluce a zvláště pak ve XX. století je možno pozorovat stále větší a větší rozvoj chemického průmyslu, vyšší roční produkci rozmanitých chemických látek, přípravků, směsí. Rozmach chemické výroby pokračuje i ve století současném. Nyní si lze jen stěží představit fungující vyspělý svět bez podpory chemického odvětví.

Ruku v ruce se stoupajícím množstvím vyráběných, zpracovávaných, užívaných, skladovaných a přepravovaných chemikálií však roste, přes permanentní vylepšování stávajících technologií a zavádění nových bezpečnějších postupů, riziko nežádoucího úniku nebezpečných látek do okolí.

Moderní společnost (jak firma, tak i stát) si je vědoma podílu své spoluzodpovědnosti za ochranu života, zdraví a majetku lidí i životního prostředí před následky chemických havárií. Neustále se zvyšuje důraz kladený na bezpečnost. A nejen na bezpečnost nakládání s chemickými škodlivinami, nýbrž také na následná opatření v případě havárie.

K přípravě a přijetí adekvátních opatření je nutná znalost chování nebezpečných látek v okolí místa úniku a v prostoru rozptylu. Pomůckou k odhadu jejich chování představuje několik teoretických modelů, které popisují šíření chemických látek v prostředí.

Ve své diplomové práci jsem se zaměřil na tzv. jednorázové úniky několika mnou vybraných plynných látek v ovzduší. K modelování dosahu šíření (ohrožení) bylo Katedrou radiologie a toxikologie Fakulty zdravotně sociální Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích doporučeno použít dvou softwarů – zahraničního programu ALOHA a v České republice vyvinutého programu TerEx.

Cílem práce je podat srovnání výstupů, které poskytují oba zmíněné programy, popsat, v jakých případech se od sebe výsledky více či méně odlišují a uvést, do jaké míry jednotlivé programy upřednostňují konzervativní přístup v modelování vzdáleností ohrožení.

Na pracovištích krizového řízení ve veřejné správě (krajské úřady, hasičské záchranné sbory krajů) i v podnikové sféře (zejména v chemických podnicích) se běžně používá pestrá paleta programů na odhad ohrožující vzdálenosti. Věřím, že závěrečné zhodnocení může posloužit odborníkům z praxe, kteří používají software jak pro účely havarijního modelování (v případě konkrétní havárie), tak i pro potřebu havarijního plánování (předem prováděné modelování dosahu účinků typových havárií), k hrubému porovnání jimi stanovených zón ohrožení. A zároveň k uvědomění si, že veškeré odhady zůstávají odhady, byť jsou založené na výpočtových modelech, v různé úrovni ověřenými terénními experimenty.

1 SOUČASNÝ STAV

1.1 Výrony

1.1.1 Únik látky ze zařízení

K havarijním situacím spojených s výrony chemických látek může vést nepřehledné množství příčin. Mezi nejčastější příčiny úniku látek patří selhání celistvosti zařízení. Současně je ale důležité zvážit také události zahrnující např. úniky z ventilů, které byly nezáměrně či záměrně otevřeny, netěsných přírub nebo čerpadel, porušených záklopek či nestandardní, havarijní úniky při stavech nouze apod.

Mimořádná událost spjatá s únikem nebezpečné látky je spojena s realizací existujícího nebezpečí, jinými slovy s uplatněním zdroje rizika. Sled událostí, které po iniciaci „škodlivého“ potenciálu nebezpečí nastanou, a které ve svém důsledku vedou k nežádoucím následkům, se nazývá scénář událostí (Skřehot, 2009b). Pro účely zákona o prevenci závažných havárií (2006) se potom scénářem rozumí variantní popis rozvoje závažné havárie, popis rozvoje příčinných a následných na sebe navazujících a vedle sebe i posloupně probíhajících událostí, a to buď spontánně probíhajících a nebo probíhajících jako činnosti lidí, které mají za účel zvládnout průběh závažné havárie.

S ohledem na množství rozdílných situací, které vedou k únikům, je nadobytelně obtížné získat smysluplný odhad, výpočet uniklého množství a trvání samotného výtoku. Stadium výronu tak představuje předmět velké neurčitosti. Přesto je toto stadium velmi důležité, protože způsob, jakým únik látky probíhá, může významně ovlivnit sílu a účinek úniku a částečně i charakter oblaku par průmyslových toxických látek, který se při něm vytváří.

Je zde použit termín průmyslová toxická látka. Výklad pojmu průmyslová toxická látka (TIC = Toxic Industrial Compound; někdy se používá podobný výraz průmyslová

škodlivina) není ustálený, v literatuře lze nalézt mnoho různých formulací. Pitschmann (2003) nabízí následující definici:

Průmyslové toxické látky jsou chemická individua, která se vyznačují toxickými účinky na lidský organismus a jednotlivé objekty živé přírody a jsou vyráběny, skladovány a používány v takových množstvích, že při jejich úniku (např. v důsledku chemické havárie) může dojít k vážnému ohrožení zdraví a života obyvatel a k narušení či poškození životního prostředí.

Je třeba se vyvarovat zaměňování s pojmem nebezpečná chemická látka, kterou je míněna látka, jež je svými fyzikálně-chemickými a toxickými vlastnostmi schopna působit na osoby, živé organismy, životní prostředí a majetek. Právně je pojem chemické látky a chemické směsi ošetřen chemickým zákonem (2011).

Toky průmyslových škodlivin při únicích mohou být určeny základními vztahy popsány v mechanice tekutin.

1. 1. 2 Klasifikace situací při únicích

Situace při únicích látek jsou klasifikovány následovně (Lees, 2001):

- ◆ podle fyzikálního stavu unikající látky
 - a) plyn/pára
 - b) kapalina
 - c) směs pára-kapalina

- ◆ podle typu zařízení, z něhož dochází k úniku
 - a) nádoba
 - b) potrubní systém
 - c) jiné zařízení

- ◆ podle otvoru, průrvy, štěrbiny, skrze niž dochází k úniku
 - a) celistvý otvor
 - b) omezený otvor
- ◆ podle uzavřenosti/otevřenosti vzhledem k úniku (viz obr. č. 1)
 - a) únik v budově
 - b) únik na venkovním prostranství

Obr. č. 1: Klasifikace úniků podle uzavřenosti/otevřenosti

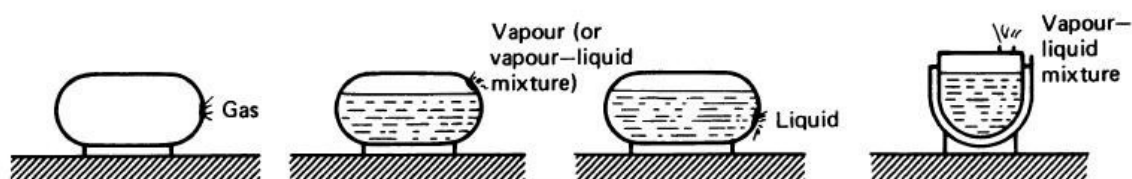


Zdroj: Lees (2001)

- ◆ podle výšky
 - a) pod úrovní terénu
 - b) na úrovni terénu
 - c) v přízemní výšce
- ◆ podle hybné síly, hybnosti
 - a) nízká hybnost
 - b) vysoká hybnost

Unikající látkou může být plyn, pára, kapalina nebo i dvoufázová směs pára-kapalina (viz obr. č. 2)

Obr. č. 2: Charakter unikající látky

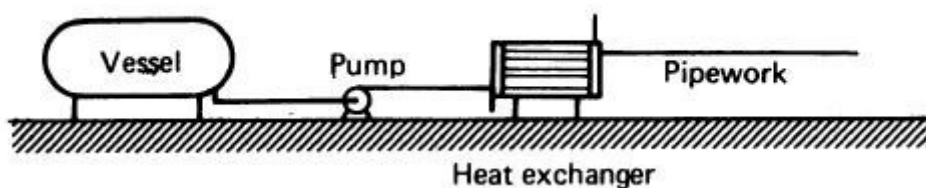


Zdroj: Lees (2001)

Bude-li otvor v zařízení obsahující tekutinu pod tlakem níže, než je výška hladiny, bude probíhat obyčejný výtok kapaliny. Bude-li otvor v zařízení nad úrovní hladiny kapaliny, proběhne únik páry nebo směsi pára-kapalina. Uniklé množství za daného rozdílu tlaků je obvykle mnohem větší v případě kapaliny nebo směsi pára-kapalina než plynu či páry.

Zařízení, z něhož dochází k úniku, může být nádoba, potrubní systém či jiný typ zařízení jako tepelný výměník nebo čerpadlo (viz obr. č. 3). Maximální množství látky, které unikne, závisí na celkové zádrži zařízení a koneckonců i na předem připravených plánech určených k zamezení úniku.

Obr. č. 3: Typ zařízení, z něhož dochází k úniku

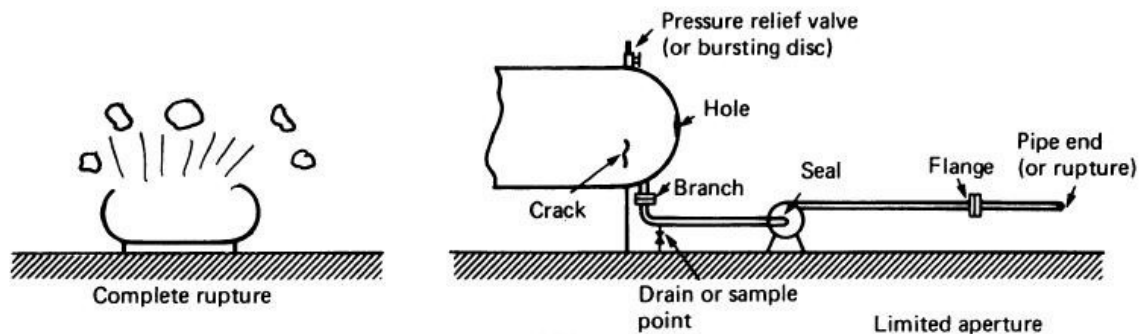


Zdroj: Lees (2001)

Velikost otvoru, jehož prostřednictvím dochází k úniku, se může pohybovat od rozměrově omezené, drobné štěrbiny, přes otvor velikosti mince až po otvor

vzniklý masivním porušením vnější obálky zásobníku při celkovém roztržení nádoby (viz obr. č. 4).

Obr. č. 4: Poloha a velikost otvoru v zařízení, kterým dochází k úniku



Zdroj: Lees (2001)

1. 1. 3 Modely úniků

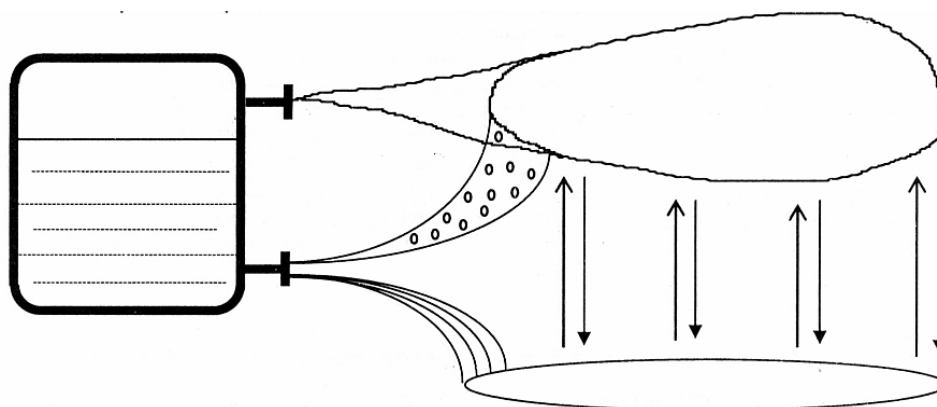
Modely pro výtok kapaliny a plynu bývají dobře známé z aplikací v inženýrské praxi (např. Bernoulliho rovnice). Výběr vhodného modelu odvisí od charakteru fázi (tj. zda únik je či není ve formě kapalné, plynné nebo dvoufázové) a od podmínek unikající látky.

Někdy může nastat situace, při níž únik kapaliny z menšího otvoru v plášti zařízení nebo z potrubí je doprovázen tzv. sprejovým efektem. Při něm dochází k rozstříku drobných kapének látky podél hrany lemující únikový otvor, což má za následek zvýšení přestupu kapalné fáze do ovzduší (Skřehot, 2011b).

Látky mohou obecně unikat z aparátů jako plyny, chladem nebo tlakem zkapalněné plyny nebo jako kapaliny (Paleček, 2006). Ilustrativní zobrazení fyzikálního chování unikajících látek ze zařízení uvádí obr. č. 5. Prezentuje souhrn základních modelů

pro odhad množství nebezpečných látek po jejich úniku ze zařízení do okolního prostředí.

Obr. č. 5: Základní modely úniku látek ze zařízení



Zařízení s chemickou látkou (obecně tekutinou):
 a) stlačený plyn,
 b) plyn zkvalněný tlakem nebo chladem,
 c) kapalina v rovnováze se svou nasycenou parou

Nežádoucí únik chemické látky:
 a) výtok plynu nebo páry,
 b) dvoufázový výtok (plyn/pára a kapénky kapaliny),
 c) výtok kapaliny.

Chování chemické látky v okolním prostředí:
 a) tvorba oblaku plynů/par (nebezpečí vzniku požáru, výbuchu, toxického rozptýlu),
 b) kondenzace plynů/par do kaluže (nebezpečí znečištění půdy, vody),
 c) tvorba kaluže a její odpar do oblaku

Zdroj: Paleček (2006)

Důležitým parametrem je doba trvání úniku. Pokud je tato doba velmi krátká, únik může být považován za jednorázový nebo kvazi-jednorázový. Na druhé straně, pokud je tato doba dlouhá ve srovnání s celkovou dobou trvání nehody, je pak únik považován za kontinuální a podle toho je i modelován. Pro praktické účely se za jednorázový únik považuje takový, který netrvá déle než 3 až 5 minut.

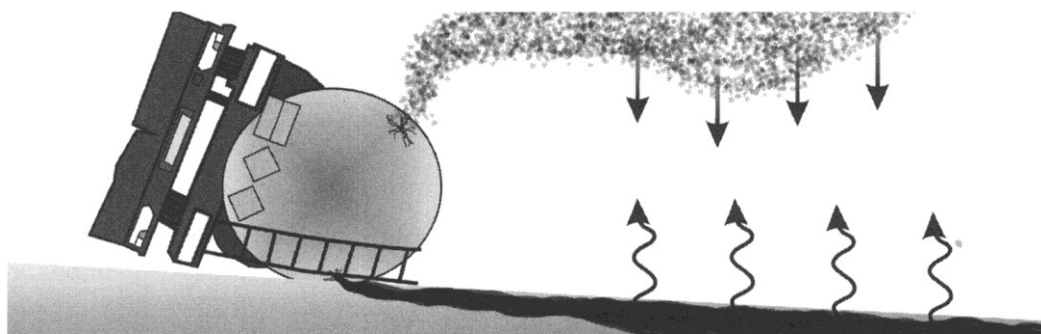
Pro úniky plynu by měly být použity složitější modely a měl by být učiněn rozdíl mezi případem úniku plynu rychlostí supersonickou (nadzvukovou) – z vysokého tlaku – a rychlostí subsonickou (podzvukovou) – z nízkého tlaku (Lees, 2001).

1.2 Odpařování

Jestliže je tekutina, která uniká ze zásobníku, v kapalném stavu, tak před tím, než vznikne oblak par, musí dojít k odpařování. Proces odpařování předurčuje podíl kapaliny, který se odpaří a přejde do oblaku par. Rovněž tak předurčuje množství vzduchu, které vstoupí do oblaku. Oba dva aspekty jsou důležité pro následný rozptyl.

Zjednodušená situace ztvárněná na obr. č. 6 znázorňuje na bok převrácenou automobilovou cisternu. Z horní části tlakové nádoby uniká látka v plynné fázi (primární odpar). Z druhého, níže položeného, otvoru cisterny uniká látka ve fázi kapalně, vytváří se kaluž, z níž se látka pomalu odpařuje (sekundární odpar).

Obr. č. 6: Zjednodušený model dvoufázového úniku látky z autocisterny



Zdroj: Skřehot (2009b)

Do rozptylových modelů se proto za základ pro výpočet šíření zkapalněných plynných látek do okolí místa havárie zadává hmotnost odpařené látky, tj. té, která při havárii vstupuje do ovzduší a nikoli celková hmotnost látky uniklé z porušeného zařízení (Skřehot, 2009b).

1.2.1 Situace při odpařování

Pro vypařování byla navržena řada modelů. Důležitým hlediskem je zde mechanismus přenosu tepla z okolí louže do kaluže, konkrétně, zda je určující přenos

ze zemského povrchu nebo ze vzduchu (Skřehot, 2009b). Výrazněji se může uplatnit také přenos nebo odvod tepla vlivem větru, a také latentní teplo fázové přeměny v případě úniku přehřáté kapaliny (mžikový odpar).

S ohledem na vyvíjení oblaku par z uniklé kapaliny, mohou nastat následující význačné situace (Lees, 2001):

- ◆ těkavá kapalina při atmosférickém tlaku a teplotě (např. aceton)
- ◆ přehřátá kapalina
 - a) při teplotě okolí (vyšší než je bod varu kapaliny) a pod tlakem (např. butan)
 - b) při vysoké teplotě (vyšší než je bod varu kapaliny) a pod tlakem (např. horký cyklohexan)
- ◆ chladem zkapalněný plyn při nízké teplotě, ale při atmosférickém tlaku (např. chladný methan)

Odpařování kapaliny pak probíhá odlišně v každém z výše uvedených příkladů.

V prvním případě je uniklá kapalina přibližně v rovnováze s párami a odpařuje se relativně pomalu.

Ve druhém případě je kapalina přehřátá a při vytékání tryská, přičemž podléhá pomalému odpařování. První skupina přehřátých kapalin, o teplotě okolí a pod tlakem jsou zkapalněné plyny, zatímco druhá skupina, za vysoké teploty a pod tlakem jsou kapaliny zahřáté nad svoji normální teplotu varu.

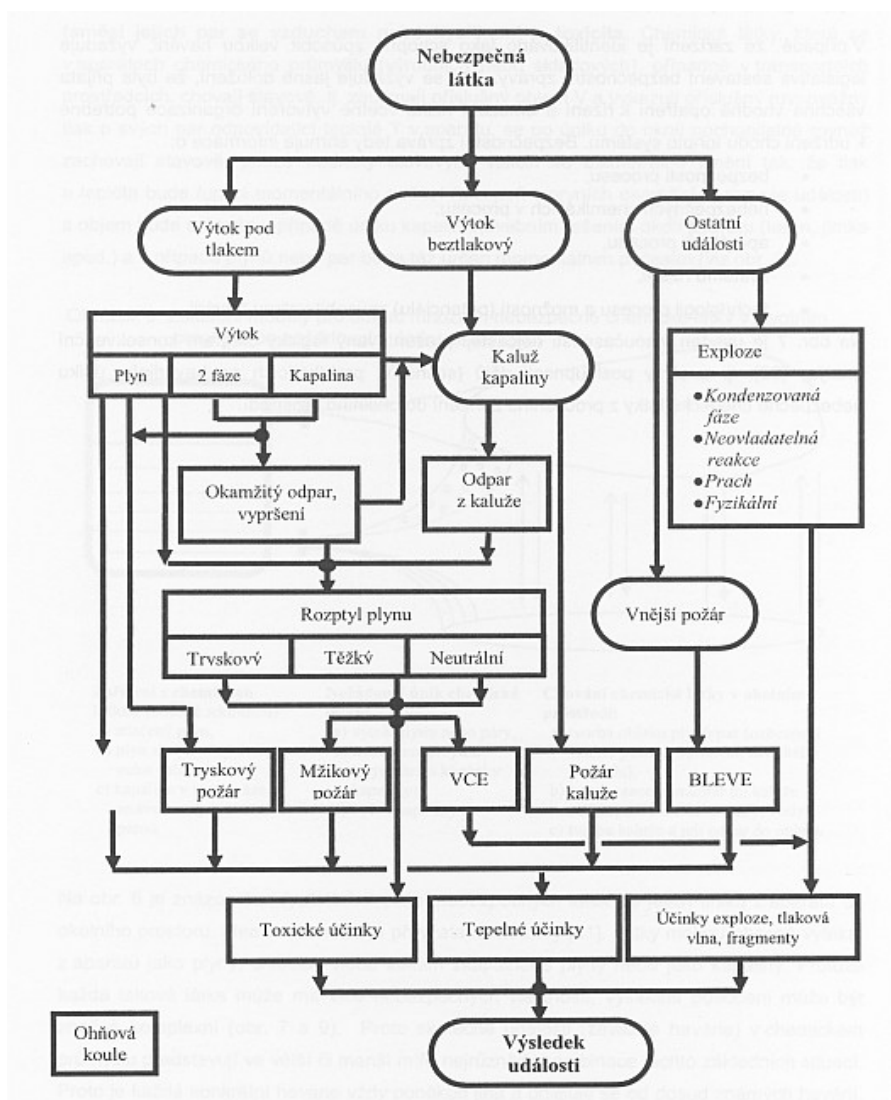
Třetí případ představuje chladem zkapalněné plyny, které se při úniku zpočátku prudce odpařují, posléze pak již odpařování postupuje o něco pomaleji.

1. 2. 2 Výsledek události

Jak uvádí Paleček (2006), při hodnocení velikosti dopadu se jedná o kvantitativní vymezení jediného dopadu výsledku události v rámci specifikace vhodných parametrů dovolujících rozlišení tohoto případu od všech ostatních pro stejný výsledek události.

Názorný přehled posloupnosti možných dějů (scénářů), probíhajících po havarijním úniku nebezpečné chemické látky ze zařízení do okolního prostředí na obr. č. 7.

Obr. č. 7: Diagram posloupnosti dějů po úniku látky ze zařízení



Zdroj: Paleček (2006)

V diagramu jsou použity všeobecně užívané zkratky – VCE a BLEVE.

Exploze oblaku par (VCE = Vapour Cloud Explosion) představuje explozi po iniciaci oblaku směsi hořlavých par, plynu nebo aerosolu se vzduchem (v otevřeném prostoru). Rychlost hoření je dostatečně vysoká pro vznik významného přetlaku. K dosažení ničivých přetlaků je však v oblaku potřeba určitých částečných ohraničení (stěn) nebo překážek (potrubí, vagóny, apod.). VCE může zahrnovat deflagraci nebo detonaci vytvořeného mraku (Sluka, 2010).

Uvolnění vzkypělého obsahu zásobníku a jeho distribuce do okolí se současným hořením (BLEVE = Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) představuje explozi vyplývající z poruchy (náhlého roztržení) nádoby obsahující kapalinu při teplotě významně vyšší než je její bod varu za normálních (atmosférických) podmínek (obecněji: s teplotou vyšší, než její bod varu při tlaku panujícím v okolí nádoby). V kontrastu k mžikovému požáru (Flash Fire) a k explozi mraku par (VCE) kapalina nemusí být hořlavá, aby způsobila jev BLEVE. Nádoba obsahuje kapalinu, nad kterou ve zbytku prostoru nádoby jsou její páry. Pokud nádoba praskne (např. následkem koroze, mechanického nárazu, vadou materiálu při hutním zpracování, nadměrného tlaku v nádobě), pak dojde k rychlému úniku par a k prudkému snížení tlaku v nádobě. Tím dojde k prudkému varu kapaliny, což má za následek vývin velkého množství par. Tlak těchto par je extrémně vysoký a dochází k tlakové vlně (explozi), která může nádobu zcela zničit a současně dochází k rozletu fragmentů po okolí. U toho zůstane v případě nehořlavé kapaliny. Pokud je látka hořlavá, je pravděpodobné, že vzniklý oblak se po jevu BLEVE vznítí a vytvoří ohnivou kouli a možná explozi mraku par se vzduchem (VCE).

Jev BLEVE se obvykle většinou spojuje s úniky hořlavých kapalin z nádob. V těchto případech jsou úniky způsobeny okolními požáry, kdy působením sálavého tepla z okolního požáru nebo přímo ohřevem plamenem nádoby s kapalinou dochází

jednak k odpařování kapaliny v nádobě (popř. varu) a zahřívání jejích par a tím k růstu jejích tlaku, a jednak ke změně pevnosti materiálu nádoby (zvláště v místech, kde stěna není smočena kapalinou). Odtlakování pojišťovacím ventilem nestačí a dojde k roztržení nádoby a k mžikovému odpařování kapaliny. V tomto případě u jevu BLEVE je účinkem kromě tlakové vlny a letících fragmentů nádoby také stoupající ohnivá koule s intenzivní tepelnou radiací po dobu existence této ohnivé koule, protože dojde ke vznícení následkem okolního požáru jako iniciačního zdroje (Bartlová, 2003; Sluka, 2010).

Velikost dopadu konkrétního případu události na osoby, hospodářská zvířata, majetek nebo životní prostředí se odhadne z intenzity škodlivých fyzikálních účinků, které jsou v případě havárií s přítomností nebezpečných chemických látek následující:

- ◆ tepelné záření
- ◆ exploze
 - a) přetlak na čele vlny
 - b) měrný impulz
- ◆ toxická koncentrace
 - a) dávka
 - b) expozice (funkce koncentrace – čas)

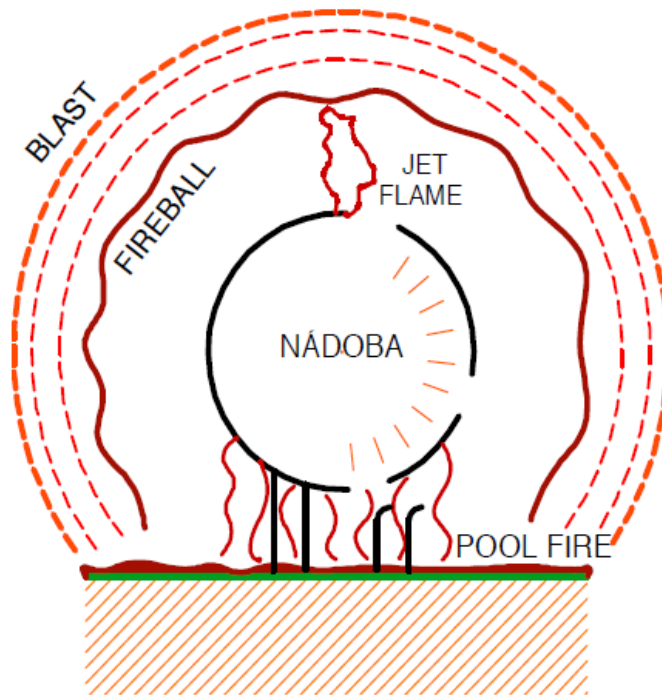
Pochopitelnou představu pro děje, které nastávají při havarijních únicích hořlavých par, podává obr. č. 8 (Suchardová, 2011)

Ze tří kategorií níže vyjmenovaných druhů účinků

- ◆ účinky tepelné radiace
- ◆ účinky rázové přetlakové vlny
- ◆ účinky toxických plynů

se autor bude věnovat převážně posledně jmenovanému typu účinku.

Obr. č. 8: Havarijní projevy při úniku hořlavých par



Zdroj: Suchardová (2011)

Zajímavé schéma možných chemických havárií z hlediska pravděpodobnosti vzniku a dopadů uvádí Mika (2011b) v tab. č. 1, v níž dává do souvislosti kategorie pravděpodobnosti vzniku havárie, ohrožení pro osoby a velikost ekonomických dopadů.

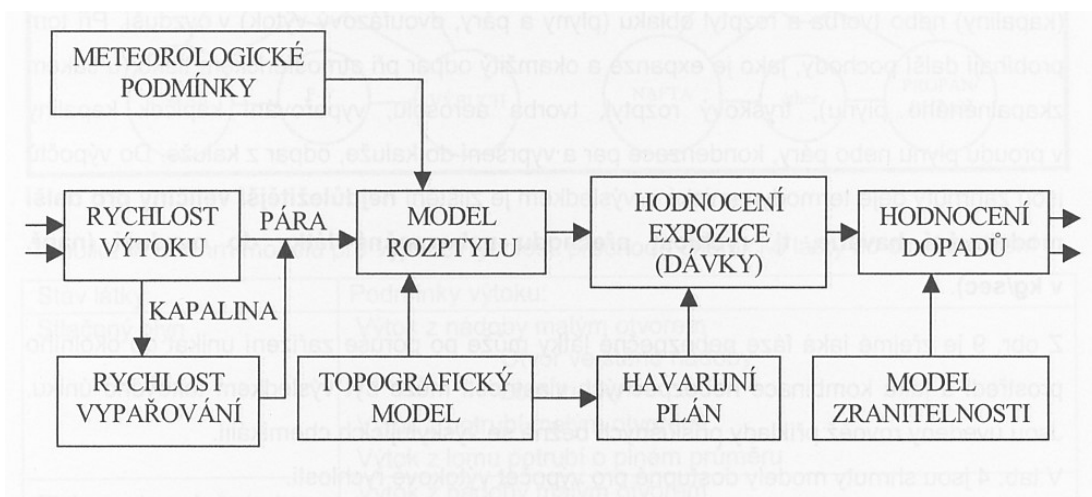
Tab č. 1: Schéma možných chemických havárií z hlediska pravděpodobnosti vzniku a dopadů

Typ chemické havárie	Pravděpodobnost vzniku chemické havárie	Smrtelné nebezpečí pro osoby v okolí	Ekonomický potenciál ztrát
požár	vysoká	malé	střední
exploze	střední	střední	vysoký
výron toxických plynů, par a aerosolů	malá	vysoké	malý

Zdroj: Mika (2011b)

Výsledek události započaté nežádoucím únikem nebezpečné látky, s ohledem na skutečnost, že taková látka může vykazovat vícero nebezpečných vlastností, může být značně rozmanitě a komplexní (Paleček, 2006), jak dokládá dříve uvedený obr. č. 5 (na straně č. 17) a struktura posloupnosti hodnocení modelů úniků látek ze zařízení (viz obr. č. 9).

Obr. č. 9: Komplexní pojetí hodnocení modelů úniků



Zdroj: Paleček (2006)

1. 2. 3 Modely odpařování

Všechny modely vypařování jsou založeny na základních principech termodynamiky. V případě, kdy je dominantním mechanismem přenos tepla z půdy nebo ze vzduchu, je hmotnostní rychlost vypařování dána energetickou rovnováhou, tj. úvahou, kdy je celkový tepelný tok ze vzduchu a zemského povrchu využit pro zahřívání a vypařování uniklé látky. Pokročilejší metody se berou v úvahu v případech, kdy se poloměr kaluže zvětšuje – např. neexistuje záchytná nádrž (Paleček, 2006).

Model přenosu hmoty při odpařování z kapalného povrchu při neměnné teplotě byl odvozen O. G. Suttonem již v roce 1934. Suttonův model byl následně o devět let později upraven F. Pasquillem (Lees, 2001).

Modely odpařování se zde nebude podrobně zabýváno, neboť předkládaná práce se týká jednorázových úniků.

1.3 Rozptyl

Po úniku a odpařování látky následuje šíření utvořeného oblaku par. Popis rozptylu plynu je zahrnut v různém rozsahu v odborné tuzemské (Paleček, 2006; Skřehot, 2011b) i zahraniční (Lees, 2001) literatuře.

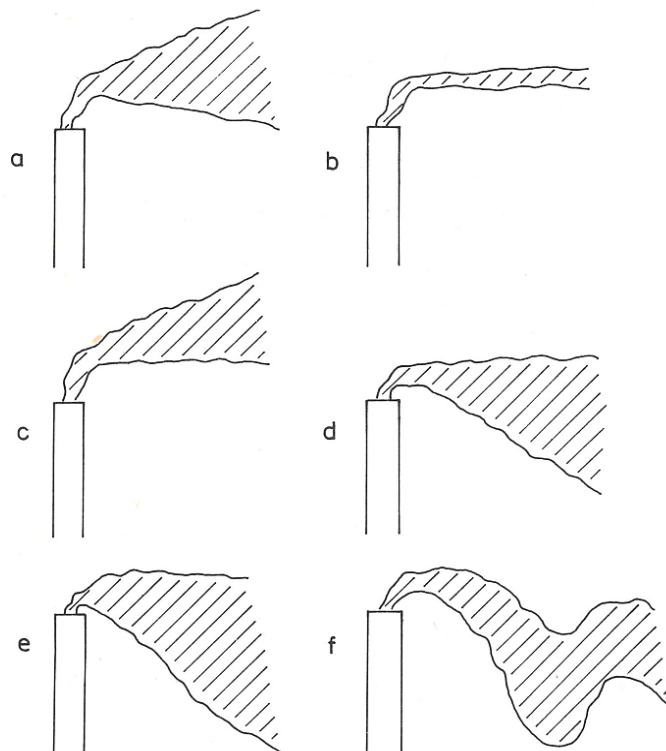
Rozptylové metody užívané v jaderném průmyslu jsou popsány i v příručkách vydávaných Komisí pro jadernou regulaci (NRC = Nuclear Regulatory Commission).

Dostupné práce se v první řadě týkají šíření znečišťujících látek z továrních komínů. Například Bednář (1985) obsáhle charakterizuje šest základních typů kouřových vleček.

Jejich schematizované tvary ukazuje obr. č. 10, přičemž kouřové vlečky jsou pod příslušnými písmeny pojmenovány takto:

- a) vlnění
- b) čeření
- c) unášení
- d) zadýmování
- e) odrážení
- f) přemetání

Obr. č. 10: Typy kouřových vleček



Zdroj: Bednář (1985)

Většina stěžejních prací o rozptylech se vztahuje právě ke zmiňované problematice. Nicméně vzrůstá počet studií o rozptylech nebezpečných látek uniklých při průmyslových nehodách.

S ohledem na existující velkou množinu faktorů, která ovlivňuje rozptyl látek v ovzduší, existuje i značný počet modelů, které se snaží šíření látek popsat. Meteorologické modely chování atmosféry v přízemních výškách (atmosférická stabilita, směr a rychlost vanutí větru, tepelné toky v závislosti na intenzitě slunečního záření a případné oblačné pokrývce, denní nebo noční doba) v kombinaci s rychlostí přechodu nebezpečné látky do ovzduší umožňují určit parametry rozptylových oblaků a vypočítat významné koncentrační meze nebezpečných látek v ovzduší v závislosti na směru a vzdálenosti od zdroje úniku (Paleček, 2006).

1. 3. 1 Modely rozptylů

K modelování rozptylu existuje celá řada rozdílných přístupů, které zahrnují (Lees, 2001):

- ◆ modely přenosu gradientu
- ◆ modely statistické
- ◆ modely podobnostní
- ◆ modely top hat (čepice), box (schránka, krabice) a slab (deska, plát, panel)

1. 3. 2 Jednorázový únik

Model jednorázového úniku látek předpokládá velmi rychlý únik veškerého (nebo takřka veškerého) množství látky ze zařízení. Modely výpočtu vycházejí z množství látky v zásobníku.

1. 3. 3 Kontinuální únik

Model kontinuálního úniku předpokládá únik nebezpečné látky ze zařízení s dlouhou dobou trvání (zpravidla delší než 3 až 5 minut), není předmětem této práce, proto nebude podrobně zkoumán.

1. 4 Klasifikace situací při rozptylech

Rozptylové situace, respektive těkavá látka a zdroj úniku, mohou být tříděny následujícím způsobem (Lees, 2001):

- ◆ podle vznášivosti těkavé látky
 - a) neutrálně vznášivé
 - b) pozitivně vznášivé
 - c) negativně vznášivé

- ◆ podle hybnosti unikající látky
 - a) nízká hybnost
 - b) vysoká hybnost
- ◆ podle geometrie zdroje úniku
 - a) bodový zdroj
 - b) liniový zdroj
 - c) plošný zdroj
- ◆ podle doby trvání úniku
 - a) jednorázový (mžikový) únik
 - b) střednědobý únik
 - c) nepřetržitý únik
- ◆ podle výšky zdroje úniku
 - a) pod úrovní terénu
 - b) na úrovni terénu
 - c) nad úrovní terénu

Látka po úniku do atmosféry vytváří oblak, který je pak rozptylován ve směru větru. Existují dva rozdílné mechanismy pohybu (Lees, 2001; Paleček, 2006):

- ◆ vznášivý (pozitivně vzlínavý) rozptyl pro plyny lehčí než vzduch; tato oblaka jsou pasivně transportována větrem
- ◆ rozptyl těžkého plynu pro plyny nebo směsi těžší než vzduch; v tomto případě existuje nejdříve klesavá fáze, během níž je dominantní silou gravitace

Rozptyl látky se uskutečňuje za specifických meteorologických a topografických podmínek. Některé z těchto nejdůležitější podmínek jsou (Lees, 2001):

- ◆ povětrnostní podmínky
 - a) vítr
 - b) třída stability

- ◆ místopisné podmínky
 - a) nerovnost, drsnost terénu
 - b) blízkost budov a dalších překážek
 - c) městské oblasti
 - d) pobřežní oblasti a moře
 - e) vliv složitosti, komplexnosti terénu

1.5 Vliv vznášivosti

Plyn (pára) může vykazovat neutrální, pozitivní nebo negativní vznášivost. Neutrální vznášivost se obecně uvažuje za standardní předpoklad a užívá se tehdy, blíží-li se hustota směsi plyn-vzduch hustotě vzduchu. To je případ, kdy je hustota uniklé plynné látky blízká hustotě vzduchu, nebo když je koncentrace plynu nízká. Při stanovení hustoty plynu je potřeba brát ohled nejen na molekulovou hmotnost, nýbrž také na teplotu a velikost kapek, částic plynu.

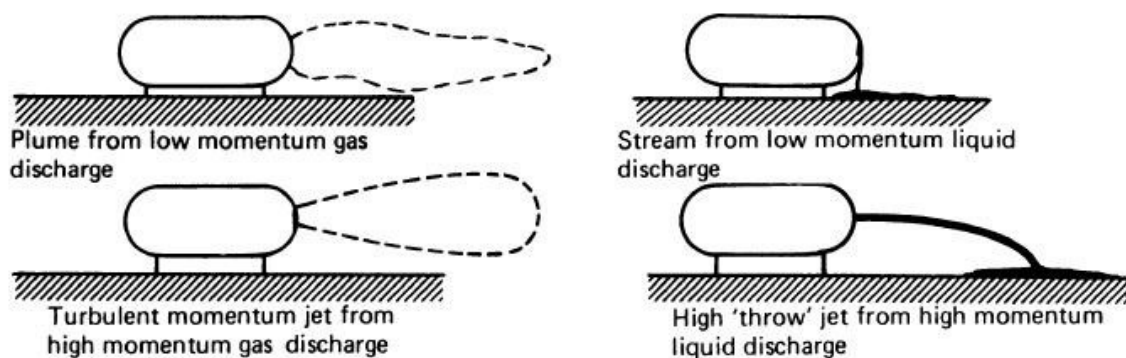
Plyny s pozitivní vznášivostí zahrnují plyny s nízkou molekulovou hmotností a horké plyny. Mnoho nebezpečných látek však vykazuje negativní vznášivost (těžké plyny).

Velké množství základních studií o rozptylu, jakož i modely z nich odvozené, se vztahují k rozptylům plynů s neutrální hustotou, resp. neutrálně vznášivým plynům. Rozptyly plynů, které nejsou pozitivně ani negativně vznášivé, se označují také jako rozptyly pasivní.

1.6 Vliv hybnosti

Kontinuální úniky látek s nízkou kinetickou energií tvoří „vlečku“, jež má tendenci vlnit se (viz obr. č. 11). Při vysoké kinetické energii je tvořen jasně ohraničený proud plynu. Hybnost při úniku má výrazný účinek na rozsah strhávání okolního vzduchu a jeho prolínání. Jestliže je kinetická energie unikajícího plynu vysoká, velké množství vzduchu je unikajícím plynem strháváno. Stupeň, míra vzdušného strhávání (a tedy následné prolínání uniklé plynné látky a vzduchu) ovlivňuje hustotu oblaku a je důležitá pro následný rozptyl.

Obr. č. 11: Vliv hybnosti na charakter úniku látky ze zařízení



Zdroj: Lees (2001)

1.7 Vliv typu zdroje

Základními typy zdrojů užívanými v teoretických modelech rozptylu jsou (Lees, 2001):

- ◆ bodový zdroj
- ◆ liniový zdroj
- ◆ plošný zdroj

Únik z potrubí se chová jako zdroj bodový, zatímco odpařování z kaluže je pojmán jako zdroj plošný.

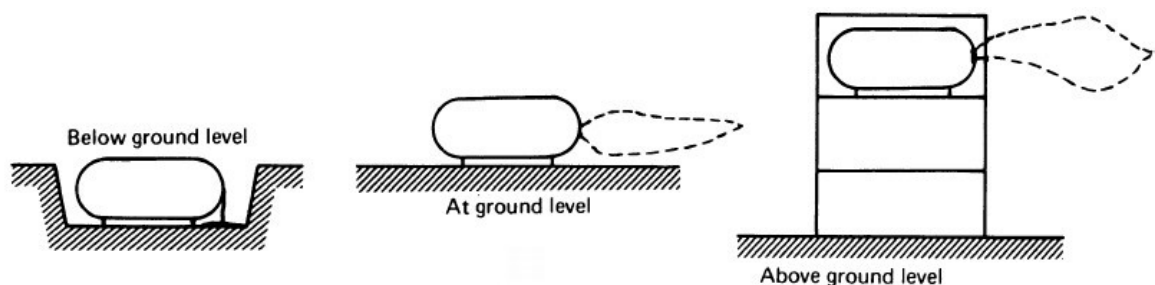
Většina obvyklých scénářů zahrnuje jednorázové úniky z bodového zdroje, označované jako „odfuky“ (angl. PUFF), a úniky nepřetržité (kontinuální) z bodového zdroje, označované jako „vlečky“ (angl. PLUME). Střednědobé úniky je třeba chápat jako pseudojedorázové resp. jako pseudonepřetržité (Lees, 2001).

1.8 Vliv výšky zdroje

Dalším vlivem, který se uplatňuje při rozptylu, je výška zdroje. Zdroje jsou klasifikovány jako (viz obr. č. 12):

- ◆ zdroje v přízemní vrstvě (v úrovni okolí, terénu)
- ◆ zdroje vyvýšené
- ◆ zdroje pod úrovní terénu

Obr. č. 12: Klasifikace zdrojů úniku podle výšky



Zdroj: Lees (2001)

Většina nebezpečných úniků je považována za přízemní zdroje, na úrovni okolního terénu. Komíny jsou popisovány jako vyvýšené zdroje.

1.9 Meteorologické (povětrnostní) vlivy

Rozptyl plynů samozřejmě odvisí od meteorologických podmínek, a rovněž od turbulence. Oba faktory formují jak podobu modelů, které jsou užívány k popisu rozptylů, tak i hodnoty parametrů – používanými těmito modely – odvozenými z meteorologických hledisek.

1.9.1 Atmosférická hraniční vrstva

Plynným obalem Země je atmosféra. Podle změny teploty vzduchu se dělí do pěti vrstev – troposféry, stratosféry, mezosféry, termosféry a exosféry. Zemský povrch je obklopen tzv. mezní vrstvou atmosféry. Mezní vrstva atmosféry je definována jako nejnižší část troposféry, která je přímo ovlivněna přítomností zemského povrchu (zejména třením proudícího vzduchu o povrch terénu) a reaguje na jeho podněty v časovém měřítku kratším než hodina (Zavila, 2007). Nad mezní vrstvou atmosféry se nachází oblast tzv. volné atmosféry, ve které je vliv tření o zemský povrch zanedbatelný. Spodní část mezní vrstvy atmosféry se nazývá přízemní podvrstva.

Konkrétní tloušťka a pohyb v mezní vrstvě atmosféry je ovlivněn (Klouda, 2006):

- ◆ rotací (Coriolisovou silou)
- ◆ vztakovými silami (teplotním rozvrstvením)
- ◆ třením
- ◆ synoptickými (povětrnostními) faktory
 - a) oblačností
 - b) advekci teplého či studeného vzduchu
- ◆ lokálními faktory
 - a) drsností povrchu
 - b) půdní charakteristikou
 - c) zástavbou apod.

1. 9. 2 Teplotní inverze

Teplotní inverze nastává v případě, kdy v určité vrstvě ovzduší teplota roste s výškou. Představuje nejstabilnější typ stavu atmosféry, při němž jsou silně potlačena vertikální mísení ve vzduchové hmotě a je tak výrazně omezen např. rozptyl uniklých nebezpečných látek z prostoru havárie (Bednář, 1985).

Rozlišují se teplotní inverze:

- ◆ přízemní (kdy vrstva s vertikálním růstem teploty leží těsně u zemského povrchu)
- ◆ výškové (kdy se jejich dolní hranice nachází v určité výšce)

Mohou nastat i situace, kdy v atmosféře leží nad sebou více vrstev s teplotní inverzí.

Oba dva použité programy (ALOHA, TerEx) kalkulují pouze s případem přízemní inverze.

Meteorologické příčiny vzniku teplotních inverzí mohou být velice rozmanité. Uvedeny jsou jen vybrané příčiny, které se vztahují k přízemní inverzi (Bednář, 2007).

Přízemní teplotní inverze je možné rozdělit do dvou skupin:

- ◆ přízemní tepelně radiační inverze
- ◆ přízemní advekční inverze

Přízemní teplotní **inverze** bývá často **radiačního (tepelně radiačního) původu**. Zemský povrch, jako každý povrch fyzikálního tělesa, jehož teplota je různá od absolutní nuly, vyzařuje elektromagnetickou radiaci, na což se spotřebovává teplo, a tím se ochlazuje. V noci, kdy chybí kompenzující příkon slunečního záření, může tak nastat jeho značné ochlazení a od podkladu se pak prochlazuje i bezprostředně přiléhající vrstva. V zimě, kdy příkon slunečního záření je na zemském povrchu obecně malý, mohou být, jak potvrzují naše zkušenosti, podmínky pro vznik přízemních radiačních inverzí splněny dokonce i během dne, neboť ztráty tepla způsobené

na zemském povrchu vyzařováním často nejsou dostatečně kompenzovány absorpcí slunečního záření.

Vzniku přízemních radiačních inverzí výrazně napomáhá existence sněhové pokrývky, neboť sníh velmi účinně odráží sluneční záření (čistý, čerstvě napadaný sníh odrazí zhruba 70 % a někdy i více z dopadajícího slunečního záření), a kromě toho brání přívodu tepla z půdy, čímž podstatně přispívá k prochlazování přízemní vrstvy vzduchu.

Výskyt přízemních teplotních inverzí je častý zejména v údolích, uzavřených kotlinách, územích pod svahy apod., neboť zde k radiačním faktorům přistupuje i skutečnost, že těžší vzduch klesá podél svahů dolů a na dnech zmíněných terénních útvarů pak vznikají „jezera“ chladného vzduchu, nad nimiž se nalézá lehčí teplejší vzduch.

Podmínky pro vznik a vývoj radiačních teplotních inverzí jsou zřejmě tím lepší, čím méně jsou tepelné ztráty způsobené vyzařováním elektromagnetické radiace zemským povrchem nebo složkami atmosféry (vodní párou, oblaky) kompenzovány příkonem slunečního záření, a z tohoto důvodu se radiační inverze vyskytují mnohem více v chladné polovině roku.

Dalším typem přízemních teplotních inverzí jsou tzv. advekční inverze. **Přízemní inverze advekčního typu** vznikají tehdy, proudí-li relativně teplý vzduch nad studenější zemský povrch a ochlazuje se od něj.

Tato situace nastává např. v zimě při proudění teplejšího oceánského vzduchu nad prochlazeným kontinentem nebo naopak v létě, proudí-li prohřátá vzduchová hmota kontinentálního původu nad chladnější mořský povrch. Typickým příkladem může rovněž být příliv relativně teplého vzduchu nad území pokryté sněhem (tzv. sněhová inverze).

1. 9. 3 Charakteristika větru

Větrem (vzdušným proudem) se nazývá horizontální proudění vzduchu (Čapoun, 2009). Proudění vzduchu v atmosféře je rozhodující měrou určováno polem atmosférického tlaku, který je zobrazován prostřednictvím izobar. Izobary jsou myšlené čáry, které spojují na zemském povrchu místa se stejným atmosférickým tlakem redukováným na mořskou hladinu (Bednář, 1985).

K základním tlakovým útvarům v zemském ovzduší se počítají především tlakové níže (cyklóny) a tlakové výše (anticyklóny). Tlakovou níží se nazývá oblast, ve které je atmosférický tlak nižší než v okolí a podobně tlaková výše představuje oblast, ve které je atmosférický tlak vzhledem k okolí vyšší (Bednář, 1985).

V důsledku toho, že na různých místech zemského povrchu existují různé hodnoty atmosférického tlaku redukováného na mořskou hladinu (v důsledku rozdílného oteplování zemského povrchu), vznikají v ovzduší horizontální složky síly tlakového gradientu („hnačí síly“ větru), které mají tendenci vyrovnávat zmíněné tlakové rozdíly.

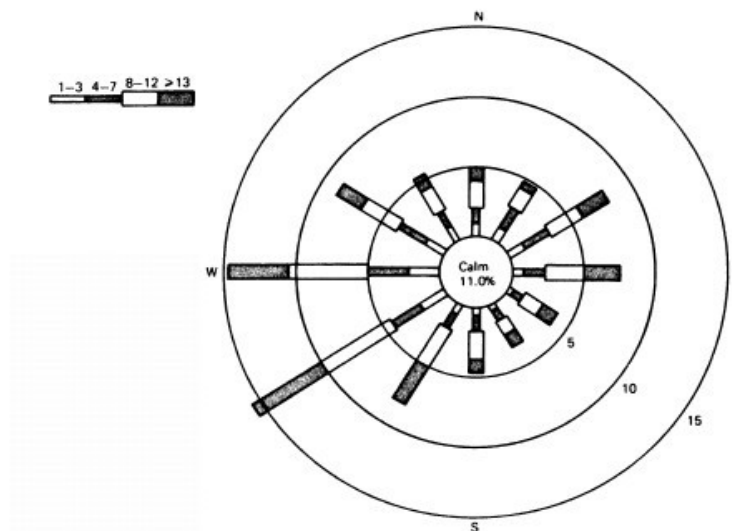
Vítr je zásadní faktor při zkoumání rozptylu. Mezi ústřední charakteristiky větru patří (Lees, 2001):

- ◆ směr
- ◆ rychlost
 - a) při povrchu (v přízemní vrstvě)
 - b) nad povrchem (v nadzemní vrstvě)
- ◆ trvání, úpornost
- ◆ turbulence (vířivost)

Směr větru je definován jako směr, ze kterého vítr vane. Informace o směru větru a jeho rychlosti je v daném místě obvykle vyjádřena stručně tzv. větrnou růžicí

(viz obr. č. 13). Jedná se o kruhový diagram, v němž délka paprsku v dané sekci představuje proporcionálně pozorovanou četnost směru a rychlost větru.

Obr. č. 13: Ukázka větrné růžice



Zdroj: Lees (2001)

Doba, pro kterou je větrná růžice kreslena, činí typicky měsíc nebo rok. Některé větrné růžice sestavené pro různé měsíce ukazují značný stupeň sezónní variace, jiné naproti tomu nikoliv.

Otřísal (2007) nadto uvádí dva následující pojmy:

- ◆ převládající směr větru (průměrný směr přízemního větru, který je měřený zpravidla na otevřeném terénu ve výšce 10 m po dobu 10 minut)
- ◆ převládající rychlost větru (průměrná rychlost přízemního větru, která je měřená zpravidla na otevřeném terénu ve výšce 10 m po dobu 10 minut)

Přízemní vrstva atmosféry obsahuje 78 % dusíku, 21 % kyslíku, nepatrné množství jiných plynů (argon, helium, ...) a vodní páru (která má svůj nezanedbatelný vliv na rozptyl látek v ovzduší).

1. 9. 4 Rychlost větru

Rychlost větru je také důležitým faktorem, který zásadním způsobem ovlivňuje rozptyl látek v atmosféře. Pro účely odhadu nezatíženého nadbytečnou chybou je nutné, aby bylo přihlédnuto k hodnotám naměřených v posuzované lokalitě.

Jak je podrobně uvedeno v článku Českého hydrometeorologického ústavu (Vašíček, 2008), z původní dvanáctistupňové stupnice odhadu síly větru na moři, vytvořené kontraadmirálem britského námořnictva Francisem Beaufortem (7. 5. 1774 – 13. 12. 1857) a rozčleněné podle počtu a druhu plachet při plavbě tehdejší fregaty, se později vyvinula sedmnáctistupňová stupnice definovaná rozsahem rychlostí větru měřených ve výšce 10 m nad povrchem, v současnosti zvaná a známá jako Beaufortova stupnice rychlosti větru (viz tab. č. 2).

Tab. č. 2: Beaufortova stupnice rychlosti větru

(International Meteorological Committee, revize 1946; rychlost větru měřená ve výšce 10 m nad povrchem)

Beaufortův stupeň	Označení větru	Charakteristické znaky	Rychlost větru [m.s ⁻¹]
0	bezvětrí	kouř stoupá kolmo vzhůru	0,0 – 0,2
1	vánek	směr kouře je ovlivněn větrem, ten však neúčinkuje na větrnou korouhev	0,3 – 1,5
2	větrík	je cítit ve tváři, listí stromů šelestí, obyčejná korouhev se začíná pohybovat	1,6 – 3,3
3	slabý vítr	listí stromů a malé větve jsou v trvalém pohybu, vítr napíná praporky, slabě čeří hladinu stojaté vody	3,4 – 5,4
4	mírný vítr	zdvihá prach a útržky papíru, pohybuje slabšími větvemi stromů	5,5 – 7,9
5	čerstvý (svěží) vítr	listnaté keře se začínají hýbat, na stojaté vodě se tvoří menší vlny se zpěněnými hřebeny	8,0 – 10,7
6	silný vítr	pohybuje silnějšími větvemi, telegrafní dráty na sloupech sviští, používání deštníků se stává nesnadným	10,8 – 13,8
7	mírný vichr	pohybuje celými stromy, chůze proti větru je obtížná	13,9 – 17,1

Beaufortův stupeň	Označení větru	Charakteristické znaky	Rychlost větru [m.s ⁻¹]
8	čerstvý víchr	ulamuje větve, chůze proti větru je prakticky nemožná	17,2 – 20,7
9	silný víchr	strhává komíny, tašky a břidlice ze střech	20,8 – 24,4
10	plný víchr (silná bouře)	vyvrací stromy, působí škody na obydlí	24,5 – 28,4
11	vichřice (prudká bouře)	působí rozsáhlá pustošení	28,5 – 32,6
12 – 17	orkány	ničivé účinky (odnáší střechy, hýbe těžkými předměty)	> 32,6

Zdroj: Vašíček (2008)

1. 9. 5 Atmosférická třída stability

Třetí zásadní meteorologickou podmínkou, která výrazně ovlivňuje rozptyl, je kromě směru větru a jeho rychlosti, tzv. stabilita atmosféry (třída stability).

Stabilita atmosféry (někdy nazývané vertikální stálostí atmosféry) předurčuje stupeň promíchání uvolněné chemické látky se vzduchem ve spodních vrstvách atmosféry. Nejjednodušší klasifikace stability atmosféry je (Otrísal, 2007):

- ◆ stálá, stabilní (**inverze**)

Atmosféra je velmi stabilní a k promíchávání jednotlivých vrstev atmosféry v podstatě nedochází. Proto bude koncentrace látky vyšší a dosah ohrožujícího oblaku největší.

- ◆ neutrální (**izotermie**)

Dosah ohrožujícího oblaku uniklé látky i stupeň promíchávání jednotlivých vrstev atmosféry je ve většině případů střední.

- ◆ nestálá, nestabilní (**konvekce**)

Atmosféra je velmi nestabilní, čímž dochází k silnému promíchávání vrstev atmosféry a dosah ohrožujícího oblaku bude nejmenší.

K největší disperzi dochází za nestálých podmínek, k nejmenší potom za podmínek stálých.

Klasifikace tříd stability, navržená F. Pasquilem a F. A. Giffordem (Lees, 2001), vychází z parametrů jako je rychlost větru, intenzita slunečního záření a denní a noční oblačnost. Členění sestává ze šesti tříd v rozsahu od A (extrémně nestabilní) až po F (extrémně stabilní). Obecně platí, že když je počasí stabilní (třídy F, E) nebo neutrální (třída D), pak je očekáváno, že uniklé látky budou putovat na delší vzdálenosti, než u tříd zbývajících (nestabilní A, B, C).

V tabulce č. 3 jsou uvedeny třídy stability počasí převzaté z manuálu programu ALOHA (2007).

Tab. č. 3: Atmosférické třídy stability použité v programu ALOHA

Rychlost přízemního větru [m.s ⁻¹]	DEN			NOC	
	Dopadající sluneční záření			Oblačnost	
	silné	střední	slabé	> 1/2 oblohy	< 1/2 oblohy
< 2	A	A–B	B	E	F
2–3	A–B	B	C	E	F
3–5	B	B–C	C	D	E
5–6	C	C–D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Zdroj: Paleček (2006), ALOHA (2007); úprava autor

Poznámky k tabulce č. 3 (ALOHA, 2007):

- ◆ při úplně zatažené obloze ve dne i v noci se uplatňuje třída stability D bez ohledu na rychlost větru
- ◆ za noc se považuje doba od jedné hodiny před západem slunce do jedné hodiny po východu slunce

- ♦ program ALOHA nabízí (pro zvolené podmínky) v úvahu běžně připadající třídu stability; program ALOHA však umožňuje uživateli vybrat i jinou, než nabízenou variantu

V následující sadě tabulek č. 4 jsou uvedeny typy atmosférické stability převzaté z manuálu programu TerEx (2007).

Tab. č. 4: Atmosférické třídy stability použité v programu TerEx

NOC		Rychlost větru [m.s^{-1}]					
		1	2	3	4	6	8
Oblačnost [%]	0	F	F	F	E	D	D
	25	F	F	F	E	D	D
	50	F	F	E	D	D	D
	75	F	E	D	D	D	D
	100	D	D	D	D	D	D

DEN zima		Rychlost větru [m.s^{-1}]					
		1	2	3	4	6	8
Oblačnost [%]	0	A	B	B	B	C	D
	25	B	B	B	C	C	D
	50	B	B	C	C	D	D
	75	B	C	C	C	D	D
	100	D	D	D	D	D	D

DEN jaro		Rychlost větru [m.s^{-1}]					
		1	2	3	4	6	8
Oblačnost [%]	0	A	A	B	B	C	C
	25	A	A	B	B	C	D
	50	B	B	B	C	D	D
	75	B	C	C	C	D	D
	100	D	D	D	D	D	D

DEN léto		Rychlost větru [m.s^{-1}]					
		1	2	3	4	6	8
Oblačnost [%]	0	A	A	A	B	C	C
	25	A	A	B	B	C	C
	50	A	B	B	B	C	D
	75	B	B	B	C	D	D
	100	D	D	D	D	D	D

DEN		Rychlost větru [m.s ⁻¹]					
podzim		1	2	3	4	6	8
Oblačnost [%]	0	A	B	B	B	C	D
	25	A	B	B	C	C	D
	50	B	B	B	C	D	D
	75	B	C	C	C	D	D
	100	D	D	D	D	D	D

Zdroj: TerEx (2007), úprava autor

Legenda k tabulce č. 4 (TerEx, 2007):

Velkými tiskacími písmeny jsou označeny příslušné typy atmosférické stability, s následujícím významem:

- ◆ typ A a B – konvekce
- ◆ typ C a D – izotermie
- ◆ typ E a F – inverze

Dalšími meteorologickými podmínkami jsou teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, atmosférický tlak, pokrytí oblohy mraky. Kupříkladu rychlost odpařování kapalných toxických průmyslových látek se bude v závislosti na teplotě (ve vazbě na teplotu varu kapaliny) měnit. S růstem teploty prostředí se rychlost odpařování (přecházení kapalně fáze do plynné) zvyšuje a vice versa. Při vyšších teplotách je riziko zasažení toxickými parami stálých i nestálých nebezpečných látek sice téměř stejné, ale zkracuje se doba ohrožení. U méně těkavých kapalin mohou nižší teploty podstatně snížit až vyloučit bezprostřední ohrožení obyvatel (Otrísal, 2007).

1. 10 Místopisné vlivy

Co se týká topografie (tvaru zemského povrchu), standardní podmínkou uplatňovanou při rozptylu je rozptyl přes volnou, středně nerovnou zatravněnou plochu. Existuje však mnoho jiných situací, zahrnujících rozptyly přes povrchy s velmi nízkou nebo naopak s velmi vysokou nerovností, drsností terénu, rozptyly přes terén

s budovami a jinými překážkami, přes městskou oblast, přes pobřežní a mořské zóny až přes složitý, komplexní terén.

Charakter terénu

Typ terénu je další veličinou vstupující do uvažování při modelování rozptylu látek a zvažování ovlivnění atmosférické turbulence. Drsnost povrchu pak ovlivňuje zejména šíření látek, které jsou těžší než vzduch. Nerovnosti terénu způsobují zpomalování oblaku ve směru větru.

Tento parametr hraje důležitou roli při rozptylu uniklých látek, a tím také při hodnocení dopadů, protože fyzikální překážky nebo terénní zvláštnosti mohou ochránit určité oblasti a prostory nebo naopak způsobit velké problémy jiným prostorům a oblastem.

Kupříkladu rozptyl nebezpečných látek v údolích se velmi liší od rozptylů v rovném terénu. Topografie nějakého místa je obvykle reprezentována výškou nějakého bodu. Tzv. **drsnost povrchu** má rovněž velký význam. Při modelování rozptylů softwarovými nástroji je obvykle uvažováno s pěti kategoriemi drsnosti odpovídající některému z často se vyskytujícího typu terénu (níže je uvedena korekce na nerovnost povrchu použitá v programu ALOHA):

- ◆ otevřená krajina
- ◆ oblast města nebo lesa
- ◆ otevřená vodní plocha
- ◆ uživatelské nastavení drsnosti povrchu

Pro uživatelské nastavení hodnoty drsnosti povrchu, terénu poskytuje program ALOHA ve své nápovědě (ALOHA, 2007) několik konkrétních příkladů (např. hladký dehtový makadam (drcené kamenivo jako podklad vozovek): 0, 002 cm; travnatá prairie: 0,64 cm; lán pšeničného strniště 18 cm vysokého: 2,44 cm; 1 až 2 m vysoká vegetace: 20 cm; stromy 10 až 15 m vysoké: 40 až 70 cm; velké město (Tokio): 165 cm).

Podobné hodnoty drsnosti povrchu zveřejněné v odborných časopisech uvádí i Lees (2001), např. velmi hladké terény (bahnité plochy, led): 0,001 cm, drobné traviny (vysoké do 10 cm): 0,7 cm nebo čerstvě posekaná tráva: 0,1 cm, zemědělsko-vesnická oblast: 20 cm, města a lesy: 100 cm.

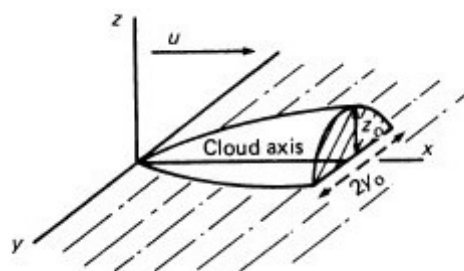
1. 11 Souřadné systémy používané při rozptylu plynů

Třemi široce užívanými souřadnými systémy při modelování rozptylu jsou systémy:

- ◆ pravouhlý
- ◆ sférický
- ◆ cylindrický

Většina modelů rozptylu plynů využívá pravouhlé souřadnice (x, y, z) . Pro rozptyly při jednorázových únicích je někdy výhodné užít souřadnic sférických (r, θ) . Modely jednorázových úniků mohou využívat souřadný systém vázaný na pohybující se oblak.

Obr. č. 14: Souřadný systém pro pozemní zdroj úniku



Zdroj: Lees (2001)

Na obr. č. 14 je znázorněn kartézský systém souřadnic pro zdroj úniku v přízemní vrstvě (na úrovni okolního terénu).

1. 12 Modely pro pasivní rozptyl

Rozptyl plynů s neutrální vznášivostí (též pasivní rozptyl) byl a je předmětem velmi značného množství studií. Některé z časnějších prací se zaměřovaly na bojové otravné látky, ale později se znečišťování ovzduší stalo zásadní záležitostí.

Vzhledem k nízké koncentraci uniklé znečišťující látky se běžně vyskytuje a uvažuje neutrální vznášivost. Lze se s ní setkat i tehdy, je-li hustota plynu blízká hustotě vzduchu. Neutrální vznášivost může být potlačena vnějšími okolnostmi, např. jestliže únik plynu způsobí velké změny v teplotě výsledného oblaku.

Mezi hlavní modely pasivní disperze se řadí:

- ◆ model Robertsův
- ◆ model Suttonův
- ◆ model Pasquillův
- ◆ model Pasquillův-Giffordův

1. 12. 1 Model Robertsův

Základní rovnice difúze byla jako první podána O. F. T. Robertsem již v roce 1923, když analyzoval chování kouře z různých zdrojů úniku.

Následující stat' je založena na pracích O. F. T. Robertse a jejich úpravy O. G. Suttonem z padesátých let dvacátého století (Lees, 2001). Základní vztah pro difúzi plynů, změnu koncentrace v závislosti na čase, popisuje II. Fickův zákon. Rovnice (v pravouhlých (1) resp. sférických (2) souřadnicích)

$$\frac{dc}{dt} = K \left(\frac{d^2c}{dx^2} + \frac{d^2c}{dy^2} + \frac{d^2c}{dz^2} \right), \quad (1)$$

resp.

$$\frac{dc}{dt} = \frac{K}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dc}{dr} \right), \text{ přičemž } r^2 = x^2 + y^2 + z^2, \quad (2)$$

kde c je koncentrace [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$], K je difúzní koeficient [$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$], r je sférická souřadnice [m], x, y, z jsou pravoúhlé souřadnice [m], je použitelná pro mžikový rozptyl z bodového zdroje za bezvětří (rychlost větru je ve směru pravoúhlých souřadnic x, y a z nulová).

Příslušné hraniční podmínky pro rovnici (2) jsou:

$$\begin{aligned} c \rightarrow 0, t \rightarrow 0, r > 0 & \quad (\text{sférické souřadnice}) \\ c \rightarrow 0, t \rightarrow \infty & \quad (\text{pravoúhlé souřadnice}) \end{aligned}$$

Podmínka spojitosti je pak

$$\int_{-\infty}^{\infty} \iint c \, dx dy dz = Q^*,$$

kde Q^* je množství látky uvolněné při jednorázovém úniku [kg].

Řešení rovnice (2) má poté tvar (3a, resp. 3b) – pro mžikový únik z bodového zdroje s rychlostí větru ve směru souřadnice x s počátkem souřadného systému v místě vzniku oblaku (místě mžikového úniku)

$$c(r, t) = \frac{Q^*}{8(\pi K t)^{3/2}} \exp\left(-\frac{r^2}{4Kt}\right) \quad (\text{sférické souřadnice}) \quad (3a)$$

$$c(x, y, z, t) = \frac{Q^*}{8(\pi K t)^{3/2}} \exp\left[-\frac{(x^2 + y^2 + z^2)}{4Kt}\right], \quad (\text{pravoúhlé souřadnice}) \quad (3b)$$

kde t představuje čas [s].

V případě, že rozptyl probíhá anizotropně, platí pro mžikový bodový zdroj úniku vztah (4)

$$c(x, y, z, t) = \frac{Q^*}{8(\pi)^{\frac{3}{2}}(K_x K_y K_z)^{\frac{1}{2}}} \times \exp\left[-\frac{1}{4t}\left(\frac{x^2}{K_x} + \frac{y^2}{K_y} + \frac{z^2}{K_z} + \right)\right]. \quad (4)$$

Tato rovnice platí pro rozptyl z vyvýšeného bodového zdroje, bez uvažování vlivu blízkosti povrchu. Pakliže se zdroj bodového úniku nachází na povrchu terénu, efekt země způsobuje „zdvojnásobení“ koncentrace (vztah (5)).

$$c(x, y, z, t) = \frac{Q^*}{4(\pi)^{\frac{3}{2}}(K_x K_y K_z)^{\frac{1}{2}}} \times \exp\left[-\frac{1}{4t}\left(\frac{x^2}{K_x} + \frac{y^2}{K_y} + \frac{z^2}{K_z} + \right)\right]. \quad (5)$$

Porovnáním výše uvedených vztahů s experimentálními výsledky se ukázalo, že tento model je nevyhovující (Lees, 2001).

Závěrem bylo zjištění, že pro modelování rozptylu v atmosféře není vhodné používat Fickovy difúzní koeficienty K (Lees, 2001).

1. 12. 2 Model Suttonův

Nedostatek jednoduchého modelu Fickovy difuze vybil k hledání více realistických modelů popisujících rozptyl. Prvním zde uváděným modelem je model představený O. G. Suttonem (Lees, 2001).

Základní rovnice (6) odvozená Suttonem pro okamžitý bodový zdroj úniku v úrovni terénu je

$$c(x, y, z, t) = \frac{2Q^*}{\pi^{\frac{3}{2}} C_x C_y C_z (ut)^{\frac{3}{2}(2-n)}} \times \exp \left[- (ut)^{n-2} \left(\frac{x^2}{C_x^2} + \frac{y^2}{C_y^2} + \frac{z^2}{C_z^2} + \right) \right], \quad (6)$$

kde C_x , C_y a C_z jsou difúzní koeficienty ve směru větru, napříč směru větru a ve vertikálním směru (x, y, z) v $[m^{1/2n}]$, n představuje index difuze a souřadnice x, y a z jsou měřeny od místa počátku pohybu středu vytvořeného oblaku větrem o rychlosti u .

Tato rovnice je často psána s předpokládanými isotropními podmínkami, za nichž jsou si difúzní koeficienty rovny

$$C_x = C_y = C_z = C$$

Index difúze n a celkový difúzní koeficient C jsou meteorologickými konstantami. Hodnoty těchto konstant byly podrobně diskutovány také O. G. Suttonem (Lees, 2001).

Index n je funkcí podmínek stability. Limitními hodnotami indexu n je nula resp. jednotka pro podmínky velmi vysoké resp. velmi nízké turbulence. Za běžných podmínek dosahuje index n hodnoty přibližně $\frac{1}{4}$.

Hodnota celkového difúzního koeficientu C je funkcí výšky nad povrchem terénu a podmínek stability. Hodnoty těchto parametrů jsou uvedeny níže v tab. č. 5, tak, jak je uvádí O. G. Sutton (Lees, 2001).

Tab. č. 5: Meteorologické parametry pro Suttonův model (hodnoty pro rychlost větru 5 m.s⁻¹)

Výška zdroje [m]	n	C_y [m]	C_z [m]
0	0,25	0,21	0,12
10	0,25	0,21	0,12
25	0,25	0,12	0,12
30	0,25	0,10	0,10
75	0,25	0,09	0,09
100	0,25	0,07	0,07

Zdroj: Lees (2001)

1. 12. 3 Model Pasquillův

Další obecná soustava rovnic popisující rozptyl byla předložena F. Pasquillem (Lees, 2001). Je všeobecně známa jako model Pasquillův. Základy modelu vycházejí z modelu Suttonova. Oproti němu bere v úvahu relativně malé změny směru větru. Boční šíření resp. vertikální šíření oblaku plynu je určeno pomyslnou obálkou, na jejíž hranici dosahuje koncentrace plynu jedné desetiny hodnoty koncentrace plynu na ose postupu, resp. na úrovni terénu.

Tento model nalézá své uplatnění při modelování déletrvajících či kontinuálních úniků, proto zde nebude již dále popisován.

1. 12. 4 Model Pasquillův-Giffordův

Variantní tvary Suttonových rovnic byly později prezentovány F. Pasquillem a hodnoty disperzních koeficientů užitých v tomto modelu byly získány F. A. Giffordem (Lees, 2001). O těchto rovnicích je hojně zmiňováno jako o rovnicích Pasquillova-Giffordova modelu, který je popsán níže.

Ve vztazích se zavádí veličiny

$$\sigma_x^2 = \frac{C^2}{2}(ut)^{2-n}, \quad \sigma_y^2 = \frac{C^2}{2}(ut)^{2-n}, \quad \sigma_z^2 = \frac{C^2}{2}(ut)^{2-n},$$

kde σ_x , σ_y a σ_z jsou standardní odchylky nebo též disperzní koeficienty, ve směru větru, kolmo ke směru větru a ve směru vertikálním (x, y, z).

Pro situace jednorázových úniků podal D. H. Slade (Lees, 2001) přibližné rovnice k výpočtu hodnot σ_x , σ_y a σ_z . Vztahy uvedené v tab. č. 6 se dosazují do rovnice (7).

Tab. č. 6: Hodnoty a vztahy pro σ_y a σ_z za podmínek jednorázových úniků

Atmosférické podmínky stability	x = 100 m		x = 4 000 m		Přibližná rovnice	
	σ_y [m]	σ_z [m]	σ_y [m]	σ_z [m]		
B nestabilní	10	15	300	220	$\sigma_y = 0,14x^{0,92}$	$\sigma_z = 0,53x^{0,73}$
D neutrální	4	3,8	120	50	$\sigma_y = 0,06x^{0,92}$	$\sigma_z = 0,15x^{0,70}$
F velmi stabilní	1,3	0,75	35	7	$\sigma_y = 0,024x^{0,89}$	$\sigma_z = 0,05x^{0,61}$

Zdroj: Lees (2001)

Obvykle se předpokládá, že hodnoty σ_x jsou rovny hodnotám σ_y (Lees, 2001).

Rovnice (7) pro mžikový bodový únik v úrovni zemského povrchu se uvádí ve tvaru

$$c(x, y, z, t) = \frac{2Q^*}{(2\pi)^{\frac{3}{2}} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \times \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2} \right) \right], \quad (7)$$

kde mají souřadnice x, y, z počátek ve středu právě vytvořeného oblaku pohybujícího se rychlostí větru u .

Eventuálně, mají-li souřadnice x, y, z počátek v místě úniku, ve tvaru (8)

$$c(x, y, z, t) = \frac{2Q^*}{(2\pi)^{\frac{3}{2}} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \times \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{(x-ut)^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2} \right) \right] \quad (8)$$

Nachází-li se zdroj jednorázového úniku v přízemní vrstvě, v úrovni okolního terénu a uvažujeme-li neutrálně vznášivé látky, které se šíří horizontálně, vertikální složka $z = 0$, potom lze rovnici pro koncentraci, která je měřená od počátku pohybu oblaku plynu (páry) v daném čase t , psát ve tvaru (9)

$$c(x, y, 0, t) = \frac{2Q^*}{(2\pi)^{\frac{3}{2}} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \times \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} \right) \right]. \quad (9)$$

Pro koncentraci v přízemní výšce $c_{př,obl}$ a ve středu oblaku (tj. $x = y = 0$) přechází rovnice (9) na tvar rovnice (10)

$$c_{př,obl} = \frac{2Q^*}{(2\pi)^{\frac{3}{2}} \sigma_x \sigma_y \sigma_z}. \quad (10)$$

U některých látek je potřeba pracovat nikoliv s dávkou, nýbrž se zatížením (účinkem) L definovaným rovnicí (11)

$$L = \int_0^{\infty} c^n dt, \quad (11)$$

kde n značí index.

Pro model Pasquillův-Giffordův bylo Ch. K. Tsaem a W. W. Perryem (Lees, 2001) ukázáno, že pro úniky typu „odfuk“ je zatížení v přízemní vrstvě dáno vztahem (12)

$$L = \left[\frac{2Q^*}{(2\pi)^{\frac{3}{2}} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \cdot \frac{\pi^{\frac{1}{2}}}{(2n)^{\frac{1}{2}}} \right]^n \cdot \frac{\sigma_x}{u} \cdot \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{n^{\frac{1}{2}} c}{2^{\frac{1}{2}} \sigma_x} \right) \right] \cdot \exp \left(-n \frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right), \quad (12)$$

kde erf je chybová funkce.

1. 13 Účinky toxických látek

Obecně lze říci (Čapoun, 2009), že jed je látka, která způsobuje otravu i v jednorázových dávkách, nebo poškozuje organismus v nepatrných dávkách, jejichž účinek se sčítá. Vystavení lidského organismu toxickým účinkům nebezpečných látek se nazývá **expoze**. V širším slova smyslu se expozičí označuje celý pochod vniknutí látky do těla, její transport k vlastním místům účinku, její osud v těle a vztahy mezi koncentrací v ovzduší a velikostí účinku. Expozice je možné rozdělit na jednorázové a opakované. Dále se rozlišují expoze akutní (do organismu vnikne najednou nebo v krátké době větší množství látky) a expoze chronické (látka působí dlouhodobě).

Toxický účinek je výsledkem interakce živé hmoty a látky. Působení látky na organismus a působení organismu na látku jsou jediný komplexní proces, který závisí na řadě faktorů, u nichž však není jednoduché definovat tendence závislosti. V první řadě není většinou lehké stanovit velikost účinku. Látky působí na organismus složitým způsobem, projevují se rozličné příznaky a je těžké hodnotit je jak z hlediska kvantitativní, tak z hlediska kvalitativní stránky.

Hlavní vliv na celkový účinek látky má:

- ◆ druh látky
- ◆ dávka
- ◆ expoze
- ◆ organismus
- ◆ účinky dalších látek

1. 13. 1 Modely toxických následků

Pro hodnocení dopadů expoze toxických látek na lidské zdraví se používají modely toxických dopadů. Z mnoha důvodů je obtížné přesně ocenit účinek expoze toxických látek. Hlavními důvody jsou skutečnosti, že existují rozmanité účinky

(např. podráždění, dušení, slepota, poškození smyslových orgánů, poleptání, smrt...) a rozmanité stupně odezvy jednotlivců v typické populaci. Navíc existuje výrazný nedostatek klinických dat týkajících se těchto účinků. Toxikologická data jsou obvykle získávána z řízených experimentů s laboratorními zvířaty (Skřehot, 2009b).

Toxikologické expoziční limity

Pro účely provedení odhadu toxických účinků v rámci modelování havarijních scénářů událostí se využívá srovnání předpokládaných (vypočítaných) koncentrací nebezpečných látek s expozičními hladinami některých „bezpečnostních hladin“. Tyto toxikologické limitní hodnoty se nazývají expozičními limity.

Jsou pro každou látku specifické a zahrnují v sobě informaci o koncentraci, době expozice a popisu příslušného zdravotního následku.

Čapoun (2009) uvádí specifické hodnoty koncentrací nebezpečných látek určenými pro řešení havarijních situací i plánování havarijních opatření, které by přímo vypovídaly o možnosti určité činnosti po danou dobu a o riziku dané činnosti. Pro uvedené hodnoty se vžilo označení zásahové koncentrace či havarijní koncentrace. Níže je uveden přehled několika zavedených pojmů.

Jako pomůcka pro zásahy německých hasičů byly vydány hodnoty zásahových tolerovatelných koncentrací ETW (Čapoun, 2009).

◆ ETW (Einsatztoleranzwert); Zásahová tolerovatelná koncentrace

Vyjadřuje maximální koncentraci plynů a par v ovzduší, kterým může být vystaven záchranář při zásahu bez ochrany dýchacích cest po dobu 4 hodin.

Pro potřebu protichemických opatření a ochranu obyvatelstva v podmínkách České republiky byly navrženy (Čapoun, 2009) tzv. havarijní přípustné koncentrace (HPK) a havarijní akční úrovně (HAU).

◆ **HPK-10; Havarijní přípustná koncentrace (10 min.)**

Představuje limitní koncentraci plynu, páry nebo aerosolu v ovzduší, jíž se mohou vystavit záchranáři při záchraně osob bez prostředků individuální ochrany po dobu 10 minut.

Uplatňují se dvě omezení:

- 1) koncentrace nesmí vyvolat nevratná onemocnění
- 2) koncentrace smí vyvolat vratná onemocnění, která jsou adekvátní významu zásahu, kterým je záchrana života, popř. zdraví více osob

◆ **HPK-60; Havarijní přípustná koncentrace (60 min.)**

Představuje limitní koncentraci plynu, páry nebo aerosolu v ovzduší, jíž se mohou vystavit záchranáři při záchraně osob bez prostředků individuální ochrany po dobu jedné hodiny.

Uplatňují se dvě omezení:

- 1) koncentrace nesmí vyvolat nevratná onemocnění
- 2) koncentrace smí vyvolat vratná onemocnění, která jsou adekvátní významu zásahu, kterým je záchrana života, popř. zdraví více osob

◆ **HAU-20; Havarijní akční úroveň (20 min.)**

Představuje limitní koncentraci plynu nebo aerosolu látky v ovzduší, při které je nutné obyvatelstvo vyvést ze zamořeného prostoru do 20 minut od zahájení inhalace.

Uplatňují se dvě omezení:

- 1) koncentrace nesmí vyvolat nevratná onemocnění
- 2) látka při dané koncentraci může mít pouze vratné a lehčí snesitelné účinky na dospělé osoby i děti

◆ **HAU-120; Havarijní akční úroveň (120 min.)**

Představuje limitní koncentraci plynu nebo aerosolu látky v ovzduší, při které je nutné obyvatelstvo vyvést ze zamořeného prostoru do dvou hodin od zahájení inhalace.

Uplatňují se dvě omezení:

- 1) koncentrace nesmí vyvolat nevratná onemocnění
- 2) látka při dané koncentrace může mít pouze vratné a lehčí snesitelné účinky na dospělé osoby i děti

Národní institut pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (NIOSH = National Institute for Occupational Safety and Health) je ve Spojených státech amerických federální agentura odpovědná za provádění výzkumu a doporučení pro prevenci pracovních úrazů a nemocí. NIOSH je součástí Centra pro kontrolu a prevenci nemocí (CDC = Centers for Disease Control and Prevention) v rámci amerického ministerstva zdravotnictví a sociálních služeb. NIOSH zavedl hodnoty IDLH původně jako pomůcku pro výběr vhodných ochranných prostředků (dýchací přístroj, ochranná maska, ochranný oblek, ...). Hodnoty IDLH jsou nyní definovány pro mnohé chemické látky (Sluka, 2010).

◆ **IDLH**

(Immediately Dangerous to Life or Health; Okamžitě ohrožující zdraví nebo život)

Představuje nejvyšší koncentraci látky v ovzduší, které může být zdravý pracovník vystaven po dobu až 30 minut a ještě být schopen uniknout bez ztráty života nebo bez nevratných poškození zdraví (Skřehot, 2009).

The National Advisory Committee for AEGls vydává hodnoty úrovně akutní expozice k popisu rizika působení chemických látek rozptýlených ve vzduchu na osoby pro různě vztažené doby expozice nepřesahující 8 hodin (5 minut, 30 minut, 1 hodina, 4 hodiny, 8 hodin) a pro různé stupně závažnosti toxických účinků (Sluka, 2010). Tři úrovně závažnosti toxických následků se označují AEGl-1, AEGl-2, AEGl-3.

AEGLs

(Acute Exposure Guideline Levels; Směrné úrovně akutní expozice)

- ◆ **Hodnota AEGL-1** představuje koncentraci nebezpečné látky v ovzduší, nad kterou se předpokládá, že běžná populace, včetně vnímavých jedinců, může zakusit patrné nepohodlí, podráždění, nebo určité, smysly nepostřehnutelné, symptomatické příznaky. Účinky nejsou oslabující, jsou přechodné a vratné po přerušení expozice (Skřehot, 2009b).
- ◆ **Hodnota AEGL-2** představuje koncentraci nebezpečné látky v ovzduší, nad kterou se předpokládá, že běžná populace, včetně vnímavých jedinců, může zakusit nevratné nebo jiné vážné, dlouhotrvající nepříznivé zdravotní účinky nebo může dojít ke zhoršené schopnosti úniku (Skřehot, 2009b).
- ◆ **Hodnota AEGL-3** představuje koncentraci nebezpečné látky v ovzduší, nad kterou se předpokládá, že běžná populace, včetně vnímavých jedinců, může zakusit zdravotní účinky ohrožující život nebo může dojít k smrti (Skřehot, 2009b).

Tyto koncentrace pro mnoho látek jsou uvedeny v databázi programu Aloha.

Společnostmi ORC (Organisation Resources Counselors, Inc) a AIHA (American Industrial Hygiene Association) byly vypracovány hodnoty jednohodinových koncentrací nebezpečných látek, které mají vysokou toxicitu svých par, a které se používají pro plánování bezpečnostních opatření (Sluka, 2010). Hodnoty existují ve třech kategoriích ERPG-1, ERPG-2 a ERPG-3.

ERPGs

(Emergency Response Planning Guidelines)

- ◆ **Hodnota ERPG-1** vyjadřuje maximální koncentraci látky v ovzduší, do které je možno se domnívat, že téměř všichni jednotlivci by mohli být nechráněni po dobu jedné

hodiny, aniž by zakusili jiné nežli mírné přechodné nepříznivé účinky na svém zdravotním stavu nebo postřehli zřetelně nepříjemný zápach.

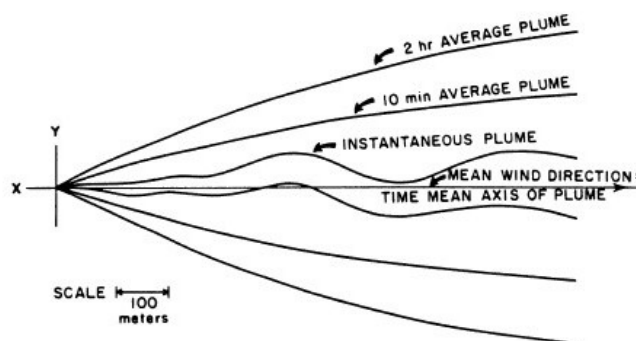
♦ **Hodnota ERPG-2** vyjadřuje maximální koncentraci látky v ovzduší, do které je možno se domnívat, že téměř všichni jednotlivci by mohli být nechráněni po dobu jedné hodiny, aniž by zakusili nebo se u nich vyvinuly nevratné nebo další vážné účinky nebo příznaky, které by mohly poškodit jejich schopnost podniknout záchrannou činnost.

♦ **Hodnota ERPG-3** vyjadřuje maximální koncentraci látky v ovzduší, do které je možno se domnívat, že téměř všichni jednotlivci by mohli být nechráněni po dobu jedné hodiny, aniž by zakusili nebo se u nich vyvinuly účinky ohrožující zdraví nebo život.

1. 13. 2 Koncentrace

Neutrálně vznášivé látky se při kontinuálním úniku šíří terénem ve směru vanutí větru (jak názorně dokládá obr. č. 15). Podobně se chová oblak plynu při jednorázovém úniku.

Obr. č. 15: Znárodnění kontinuálního šíření látky ze zdroje

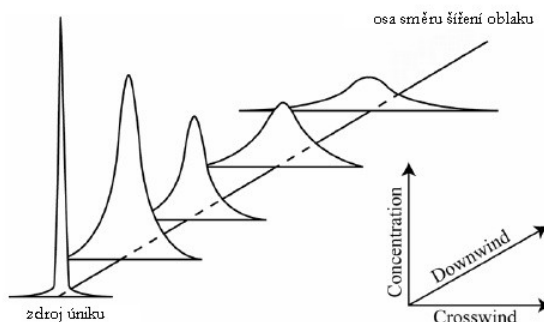


Zdroj: Lees (2001)

V místě úniku dosahuje koncentrace právě uniknuvší látky svého maxima. S čím dál větší vzdáleností (a s narůstajícím časem) se vzniklý oblak látky rozšiřuje nejen ve směru proudění vzduchu, nýbrž i do stran. Koncentrace látky postupně klesá v ose

postupu tak, jak oblak nabývá na svém objemu a stává se širším a plošším (viz obr. č. 16).

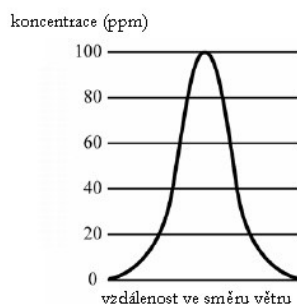
Obr. č. 16: Koncentrační profil pohybujícího se oblaku škodliviny v ose šíření



Zdroj: ALOHA (2007), upraveno autorem

Na konkrétním bodě (vhodně zvoleném kupříkladu na ose šíření) lze ukázat průběh koncentrace látky při přemísťování jejího oblaku skrze toto zvolené místo (viz obr. č. 17).

Obr. č. 17: Koncentrační profil pohybujícího se oblaku škodliviny v konkrétním jednom bodě



Zdroj: ALOHA (2007), upraveno autorem

V okamžiku úniku škodliviny ze zařízení je její koncentrace ve zkoumaném místě nulová. Po zformování oblaku a po přiblížení jeho okraje k referenčnímu bodu dochází k nárůstu koncentrace. Dosažení maximální hodnoty koncentrace uniklé látky v určitém

čase znamená, že daným bodem právě přechází střed oblaku látky. Tak, jak se oblak látky pohybuje dál, koncentrace se snižuje.

Pro účely modelování v praktické části práce se použily autorem uvážlivě vybrané hodnoty z odborné literatury (Kroupa, 2004; Marhold, 1980; ALOHA, 2007).

V případě **amoniaku (NH₃)** se jedná o hodnoty uvedené v tab. č. 7.

Tab. č. 7: Významné hodnoty koncentrací, odpovídající příznaky (NH₃)

Koncentrace	Doba působení	Příznaky
5 000 ppm	do 10 minut	udušení následkem otoku plic, zástava dýchání, smrt
2 450 ppm	do 30 minut; latence i několik hodin	poleptání horních cest dýchacích, otok plic, poruchy srdeční činnosti, poškození ledvin, perforace rohovky
1 730 ppm	do 2 až 5 minut	poruchy dýchání a krevního oběhu, ohrožení života
1 100 ppm	60 minut	AEGL-3
1 000 ppm	do 30 minut	záchvaty kašle, kýčání, slzení, pocení, křeče, zástava vylučování moči, ohrožení života
750 ppm	60 minut	ERPG-3
300 ppm	30 minut	IDLH

Zdroj: Kroupa (2004)

V případě **chloru (Cl₂)** se jedná o hodnoty uvedené v tab. č. 8.

Tab. č. 8: Významné hodnoty koncentrací, odpovídající příznaky (Cl₂)

Koncentrace	Doba působení	Příznaky
100 ppm	během 1 minuty	bezvědomí
50 ppm	do 15 minut; doba latence několik hodin	akutní otok plic; AEGL-3 (10 min)
30 ppm	do 30 minut	akutní rozedma plic, křeče
20 ppm	během 2 až 3 minut působení	křečovité dýchání, zmodrání, nekoordinované pohyby, otok plic; AEGL-3 (60 min); ERPG-3
10 ppm		IDLH; AEGL-3 (4 h)
6 ppm	po několika nadechnutích	kašel, chraptot

Zdroj: Kroupa (2004)

V případě **oxidu uhelnatého (CO)** se jedná o hodnoty uvedené v tab. č. 9.

Tab. č. 9: Významné hodnoty koncentrací, odpovídající příznaky (CO)

Koncentrace	Doba působení	Příznaky
200 000 ppm	během 1 minuty	smrt
100 000 ppm	během 10 minut	smrt
20 000 ppm	do 60 minut	hluboké bezvědomí
10 000 ppm	do 60 minut	zvracení
5 000 ppm	do 60 minut	závratě
1 200 ppm	30 minut	IDLH

Zdroj: Kroupa (2004)

Níže jsou v tab. č. 10 uvedeny i další koncentrace s popsányými symptomy (příznaky) uváděné v literatuře (Čapoun, 2009; ALOHA, 2007)

Tab. č. 10: Zásahové hodnoty koncentrací pro vybrané látky

Látka	ETW [ppm]	HPK-10 [ppm]	HPK-60 [ppm]	HAU-20 [ppm]	HAU-120 [ppm]
amoniak	50	1 500	200	500	200
chlor	1	6	3	3	1
oxid uhelnatý	100	200	100	100	50

Zdroj: Čapoun (2009)

1. 13. 3 Dávka

Zpracovaná literární data o lidských obětech průmyslových havárií jsou obvykle zpracována jako log-log grafy koncentrace c [ppm] versus čas expozice t [minuty] pro různé stupně obtíží (Paleček, 2006).

$$c^n \cdot t = konst$$

Toxická dávka je součin koncentrace toxického plynu a doby expozice, kde „toxicitní index“ n odvisí od způsobu, jakým plyn vyvolává toxický účinek.

Při pokusu studovat a analyzovat účinky toxických látek byly definovány určité prahové hodnoty, např. LC50, LD50, IDLH.

Je potvrzeno, že se škody způsobené populaci stejnou dávkou stejné látky významně liší v závislosti na síle, zdravotním stavu a charakteristice jednotlivců. Pojem toxické dávky je potom určen vztahem:

$$D = \int_0^T c^n(t) dt$$

D	toxická dávka [$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{min}^{-1}$] nebo [$\text{ppm}\cdot\text{min}^{-1}$]
c	koncentrace toxické látky v ovzduší [$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$] nebo [ppm] proměnlivá s časem
t	čas [min]
T	celková doba trvání expozice [min]
n	empirická konstanta charakteristická pro příslušnou toxickou látku

Celková integrální dávka D_{tid} nebo jednodušeji dávka D je

$$D = \int_0^{\infty} c dt . \tag{13}$$

V Suttonově modelu je pro únik typu „odfuk“ dávka v přízemní vrstvě na ose postupu dána vztahem (14)

$$D(x, y, z) = \frac{2Q^*}{\pi C^2 u (ut)^{2-n}} \quad (14)$$

V Pasquillově-Giffordově modelu pro úniky typu „odfuk“ je dávka D v přízemní vrstvě a v přízemní vrstvě na ose postupu dána vztahy (15a) a (15b)

$$D(x, 0, 0) = \frac{Q^*}{\pi \sigma_y \sigma_z u} \quad (15a)$$

a

$$D(x, y, 0) = \frac{Q^*}{\pi \sigma_y \sigma_z u} \times \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right) \quad (15b)$$

Jak je patrné z posledního vztahu a z obr. č. 17 (na str. 57), celková dávka, kterou obdrží příjemce nacházející se na ose šíření oblaku škodliviny a ve vzdálenosti x od zdroje úniku, je dána součtem infinitezimálně malých „okamžitých“ dávek v závislosti na růstu, resp. poklesu okamžitých hodnot koncentrace škodliviny.

1. 13. 4 Toxikologické vlastnosti látek vybraných pro modelování

Amoniak (NH₃)

Amoniak je bezbarvý, hořlavý plyn, intenzivně štiplavého zápachu. Standardně se skladuje a dopravuje ve formě zkapalněného plynu. Je lehčí než vzduch, při úniku má tendenci stoupat vzhůru, ale se vzdušnou vlhkostí (nebo v místě odpařování z kapalné fáze) vytváří mlhu, která je těžší než vzduch a může „zatékat“ do níže položených prostor (Folwarczny, 2006).

Amoniak (čpavek) je plyn, jak již bylo uvedeno, ostrého zápachu (dobré varovné vlastnosti), který má výrazné dráždivé účinky. Ve vodě se rozpouští na hydroxid amonný NH_4OH . Je cítit při koncentraci 5 ppm ($3,5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$), při koncentraci 2 500 ppm je životu nebezpečný a při 5 000 ppm rychle usmrcuje (především zástavou dechu) a možností vzniku edému plic. Amoniak je vysoce nebezpečný pro oči, delší expozice amoniaku může vést až ke slepotě. 10% roztok NH_4OH má zpuchýřující účinky, při vniknutí do oka dochází k hlubokému poleptání rohovky, letální dávka při požití je 20–30 g (Rusek, 2001).

Vstupní cestou expozice plynného amoniaku jsou sliznice dýchací soustavy a exponovaná část kůže. Koncentrace amoniaku vyšší než 10 000 ppm (1 % obj.) poškozuje již kůži a je tedy nebezpečná i tehdy, když jsou dýchací orgány chráněny. Vysoké koncentrace amoniaku způsobují zástavu dechu. Nejčastěji je to zástava přechodná, může však dojít i k velmi rychlé smrti. Hlavním nebezpečím je při delším pobytu ve vyšších koncentracích možnost vzniku edému plic. Může dojít rovněž k dráždění ústředního nervstva, křečím, mohou být poškozeny ledviny. U žen může dojít ke krvácení z rodidel, u těhotných žen k potratu (Folwarczny, 2006).

Chlor (Cl_2)

Chlor se vyskytuje za obvyklých podmínek jako žlutozelený plyn, standardně se skladuje a přepravuje ve formě zkapalněného plynu. Je těžší než vzduch a při úniku má tendenci držet se při zemi, vyplňovat prohlubně a prostory pod úrovní terénu. Na fyziologické úrovni působí především ve formě vodného roztoku (Folwarczny, 2006).

Chlor je vysoce iritační plyn (oči, horní cesty dýchací, plíce – edém) a silné oxidační činidlo ($\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O} + 2\text{HCl}$). Při styku s živou tkání není vyloučen ani vznik chlorovaných látek. Byl zneužit jako bojová chemická látka. Chlor je pro život nezbytný – v organismu je přítomen výhradně jako chloridový anion Cl^- (Rusek, 2001).

Vstupní cestou plynného chloru v případě chemické havárie je primárně inhalace. Chlor v plynném stavu dráždí kůži i oči. Dýchání malého množství chloru po krátký časový úsek může nepříznivě působit na dýchací systém jedince, může způsobovat kašel nebo bolesti na hrudi a vést až k zadržování vody v plicích a k otoku plic. Při vyšších koncentracích dochází již po zcela krátké expozici ke krvácení z plic (Folwarczny, 2006).

Oxid uhelnatý (CO)

Oxid uhelnatý je plyn bez barvy, chuti a zápachu, jen nepatrně rozpustný ve vodě. Je obtížně zkapalnitelný a hořlavý (Florus, 2007).

Oxid uhelnatý je z hlediska bezpečnosti velmi zákeřný plyn (není detekován smyslovými orgány člověka), jeho průmyslové emise jsou řazeny ihned za emise oxidu uhličitého. Dominantním účinkem oxidu uhelnatého je přeměna hemoglobinu na karboxyhemoglobin (HGCO). Afinita oxidu uhelnatého k hemoglobinu je asi 200–300 × větší než afinita kyslíku k hemoglobinu, s kterým vytváří oxyhemoglobin. Příznaky otravy se objevují již při přeměně 10 % hemoglobinu na karboxyhemoglobin. Děj je reversibilní. Následkem je snížení přenosu kyslíku a dušení organismu. Velké množství oxidu uhelnatého může způsobit smrt během několika vteřin. Menší expozice – bolesti hlavy, spavost, bezvědomí, syčení v uších. Tkáň je růžová. Na nedostatek kyslíku reaguje nejcitlivěji centrální nervová soustava, mozková kůra a srdce. Mladí lidé jsou citlivější na oxid uhelnatý, stejně tak muži více než ženy, velmi citlivé jsou však ženy těhotné (Rusek, 2001).

Akutní otrava malými koncentracemi je provázena bolestmi hlavy, pocitem stisknutí hlavy ve spáncích, bušením krve ve spáncích a tlakem na prsou. Těžší otrava je charakterizována žaludeční nevolností a zvracením, někdy bolestmi břicha. Při těžkých otravách přechází postižený do bezvědomí, v němž se mohou nejprve objevit křeče, později je bezvědomí hluboké. Tep je rychlý, nitkovitý, dech je nepravidelný. V tomto stavu může nastat smrt. Velmi vysoká koncentrace oxidu uhelnatého může způsobit

smrt v několika sekundách. Současná expozice amoniaku jedovatost oxidu uhelnatého zvyšuje (Florus, 2007).

Velice dobře jsou údaje k ostatním, nejen k toxikologickým vlastnostem, dohledatelné v tzv. bezpečnostních listech. Bezpečnostní list (MSDS = Material Safety Data Sheet) je dokument k chemickým látkám nebo směsím (chemický zákon, 2011), který obsahuje souhrn identifikačních údajů o výrobcí nebo dovozci a soubor preventivních, ekologických, fyzikálně-chemických, přepravních a dalších informací pro bezpečné nakládání s nimi.

V příloze diplomové práce jsou vloženy bezpečnostní listy látek, které byly použity pro modelování (amoniak, chlor, oxid uhelnatý).

1. 14 Ochrana proti toxickým průmyslovým látkám

Ochranu proti průmyslovým toxickým látkám lze chápat (Pitschmann, 2003) jako soubor opatření, jehož cílem je minimalizovat následky chemické havárie, vojenského nebo teroristického použití, případně nebezpečné (zejména toxické) projevy těchto látek v jiných souvislostech, například při dlouhodobém zatěžování pracovního a životního prostředí.

Z praktického hlediska se opatření na ochranu proti průmyslovým toxickým látkám rozdělují na opatření (Pitschmann, 2003):

- ◆ technická
- ◆ organizační
- ◆ legislativní

Mezi organizační opatření lze zařadit i opatření zaměřená zmírnění následků možných chemických havárií. K odhadu potenciálního ohrožení, dosahů negativních

účinků se používá řada numerických modelovacích programů, kterým je věnována v odborné literatuře různých profesních oborů značná pozornost (Mika, 2011a; Říman, 2007a; Suchardová, 2011; Wiederlechner, 2008).

Ochrany proti průmyslovým toxickým látkám si všímají i právní předpisy. Od implementované směrnice EU (tzv. direktiva SEVESO II) převzaté do právního řádu České republiky jako zákon o prevenci závažných havárií (2006) až po prováděcí předpisy k chemickému zákonu (2011).

1.15 Modely

V předkládané práci jsou využívány výstupy z modelovacího softwaru. Nejen tyto, nýbrž i ostatní počítačové programy určené k výpočtu prognózy chemické havárie jsou postavené na využití modelů. K popisu proudění látek v mezní vrstvě atmosféry, a tím i šíření nebezpečné látky se používají metody (Klouda, 2006):

- ◆ matematické modelování
(spočívající v numerickém řešení pohybových rovnic – nelineárních parciálních diferenciálních rovnic)
- ◆ fyzikální modelování
(spočívající v analogii mezi prouděním v okolí zemského povrchu a prouděním u stěny ve speciálním aerodynamickém tunelu)
- ◆ přímé měření v terénu (in-situ)
(spočívající v přímém měření ve vybraném reálném prostředí, lokalitě)

Modely jsou určitým vyobrazením predikované skutečnosti. Předpokládaná skutečnost, v daném případě proces (modelování vývoje chemické situace), je předmětem modelování (Horák, 2004).

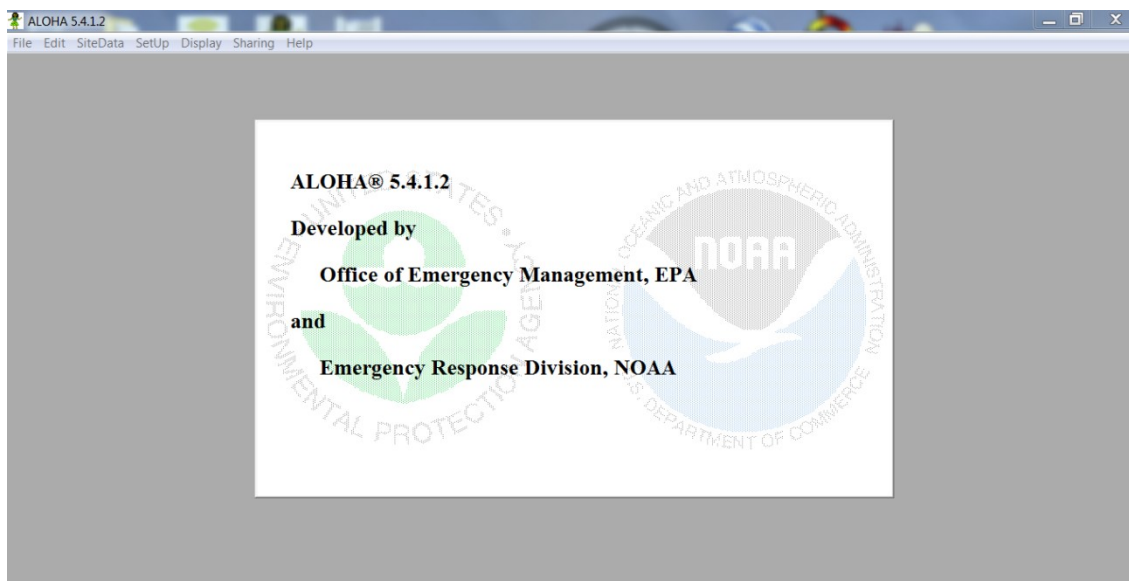
Modelem se zpravidla zobrazují jen určité vlastnosti, které tvůrce nebo budoucího uživatele v daném konkrétním případě budou zajímat. Ostatní vlastnosti se opomíjí. Rozhodnutí o tom, které vlastnosti se využijí při vytváření modelu, se odvíjí od účelu, k němuž má model být využit. Při modelování se neustále sleduje vytváření takového prostředí, které usnadňuje poznání vlastností nebo zákonitostí příslušné situace či procesu (Horák, 2004). Jednoduše řečeno, modelování je činnost vedoucí k napodobení určité části reality, která je pro řešitele směrodatná. Model je potom produktem této činnosti, jinými slovy napodobenina vytýčené části reality, která má se svou předlohou určité spektrum společných vlastností, dle zájmu řešitele (Zavila, 2007).

Horák (2004) konstatuje, že model má sloužit k získání podkladů pro rozhodovací proces takové kvality, která se blíží realitě. K dosažení uvedeného požadavku se musí zjišťovat pravdivost modelu. Pokud lze modelované vlastnosti měřit, postupně získané vymodelované hodnoty se ověřují porovnáváním se skutečností. V případě modelování rozptylu chemických plynných látek se ověřování modelu provádí terénními zkouškami. Známé množství konkrétní látky se za známých (změřených) podmínek kontrolovaně vypustí a vhodně rozmístěnými detektory se i s časovým záznamem zaregistrují a vyhodnotí. Konstrukce modelu se následně adekvátně upraví, aby vhodněji odpovídala skutečnosti.

1. 16 Popis programu ALOHA

Program ALOHA (akronym slov Areal Locations of Hazardous Atmospheres) byl vyvinut pro potřeby amerických federálních agentur EPA (Environmental Protection Agency; Agentura pro ochranu životního prostředí) a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration; Národní úřad pro oceán a atmosféru). Náhled úvodní obrazovky je zobrazen na obr. č. 18

Obr. č. 18: Úvodní obrazovka programu ALOHA



Zdroj: program ALOHA

Program ALOHA, řazený mezi pokročilé modely, je považován za komplexní software, který je zaměřen na řešení specifických problémů spojených s rozptylem látek na malé vzdálenosti (Skřehot, 2009b). Je softwarovým nástrojem pro zjišťování následků úniku nebezpečných látek. Obsahuje databázi nejčastěji používaných chemických látek a jejich fyzikálně chemických vlastností. Výsledkem je jednoduchý průmět předpokládané hranice zraňující či smrtelné koncentrace v terénu (Bartlová, 2003).

Program je určen pro operační systém MS Windows. Existuje verze i pro operační systém používaný u počítačů Macintosh. Umožňuje modelovat rozptyl látek v ovzduší po jejich úniku, a to jak plynů, tak kapalin (ALOHA, 2007).

Program pracuje s následujícími vstupními informacemi (Bartlová, 2003):

- ◆ informace o uniklé látce – program obsahuje 652 chemických látek používaných v průmyslu, včetně jejich fyzikálně-chemických vlastností

- ◆ informace o stavu atmosféry – třídy atmosférické stability, rychlost a směr větru, teplota vzduchu, drsnost zemského povrchu, oblačnost, vlhkost vzduchu
- ◆ informace o zdroji úniku – lze zadat čtyři druhy zdrojů a jejich parametry (1. přímý zdroj; 2. louže; 3. zásobník; 4. potrubí)

1. Přímý zdroj

Tento typ zdroje je vhodné použít, je-li známo celkové množství uniklé látky, která vstupuje přímo do atmosféry. Při tomto výpočtu není počítáno s vypařováním kapaliny, lze jej použít pro látky v plynném skupenství.

Při výpočtu jsou zadávány parametry – typ úniku (jednorázový nebo kontinuální); množství uniklé látky nebo rychlost úniku; výška zdroje nad zemí.

2. Louže

Tato volba zdroje je vhodná pro modelování vypařování rozlité kapaliny z louže látky, která již neuniká. Při výpočtu jsou zadávány parametry – plocha rozlité kapaliny; objem, hmotnost nebo hloubka louže; typ podkladu; teplota podkladu; teplota uniklé látky.

3. Zásobník

Tento modul lze využít pro modelování úniku látky z poškozeného zásobníku a následného vypařování do ovzduší. Při výpočtu jsou zadávány parametry – typ zásobníku a jeho prostorová orientace (kulový, válcový vertikální, válcový horizontální); průměr, výška nebo objem zásobníku; stav látky v zásobníku; teplota uskladněné látky; hmotnost nebo objem látky; typ a rozměry únikového otvoru (obdélníkový nebo kruhový); typ úniku (proražená díra v plášti nebo krátké potrubí), výška otvoru nad dnem; typ podkladu a jeho teplota; přítomnost záchytné jímky a případně její rozměry. Modul je schopen automaticky vyhodnotit tlak v zásobníku.

4. Potrubí

Tento modul je vhodný pro modelování rozptylu plynu unikajícího z potrubí. Modul nelze použít pro kapaliny. Při výpočtu jsou zadávány parametry – průměr a délka potrubí; zda je poškozené potrubí napojeno na zásobník; drsnost, teplota a tlak v potrubí.

V předkládané práci bylo uvažováno s případem jednorázového úniku, zadávaly se tedy parametry přímého zdroje.

Výstupními údaji jsou s ohledem na zvolený typ zdroje a model (Bartlová, 2003):

- ◆ maximální rychlost úniku [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$; $\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$], u kapalin se jedná o rychlost vypařování, nikoliv o rychlost úniku
- ◆ maximální minutový průměr rychlosti úniku (průměrná rychlost úniku po dobu minimálně jedné minuty); u kapalin se jedná opět o rychlost vypařování; u zařízení pod tlakem může dojít vlivem prudkého počátečního úniku k nadhodnocení
- ◆ celkové uniklé množství látky za dobu maximálně jedné hodiny
- ◆ maximální dosah nebezpečné zóny, ve které koncentrace dosáhne zadanou hodnotu
- ◆ maximální koncentrace uniklé látky v libovolně zadaném místě. Koncentrace jsou uvedené pro venkovní terén i pro prostor uvnitř budovy
- ◆ maximální dávka ve zvoleném místě, kterou by po úniku přijal organismus během jedné hodiny

Program pracuje se dvěma matematickými modely rozptylu látek v ovzduší. Při modelování neutrálního plynu (plyn s přibližně stejnou hustotou jako vzduch) nebo plynu lehčího než vzduch se používá Gaussův disperzní model. Tento model je použit, pokud chybí některé potřebné informace o vlastnostech látky nebo uniklo-li malé množství. Pro látky těžší než vzduch je použit tzv. model rozptylu těžkého plynu. Tento model je používán tehdy, když je látka skladována v podchlazeném stavu nebo pokud dochází k dvoufázovému úniku.

U výstupu z programu ALOHA se vzdálenosti dosahu negativních účinků větší než 1 km zaokrouhlují na stovky metrů. Avšak program ALOHA poskytuje výsledky odhadů do vzdálenosti maximálně 10 km. Odhady nad tuto vzdálenost považuje již za nevěrohodné. Je-li dosah menší nebo roven 10 m, uvádí program 10 m (ALOHA, 2007).

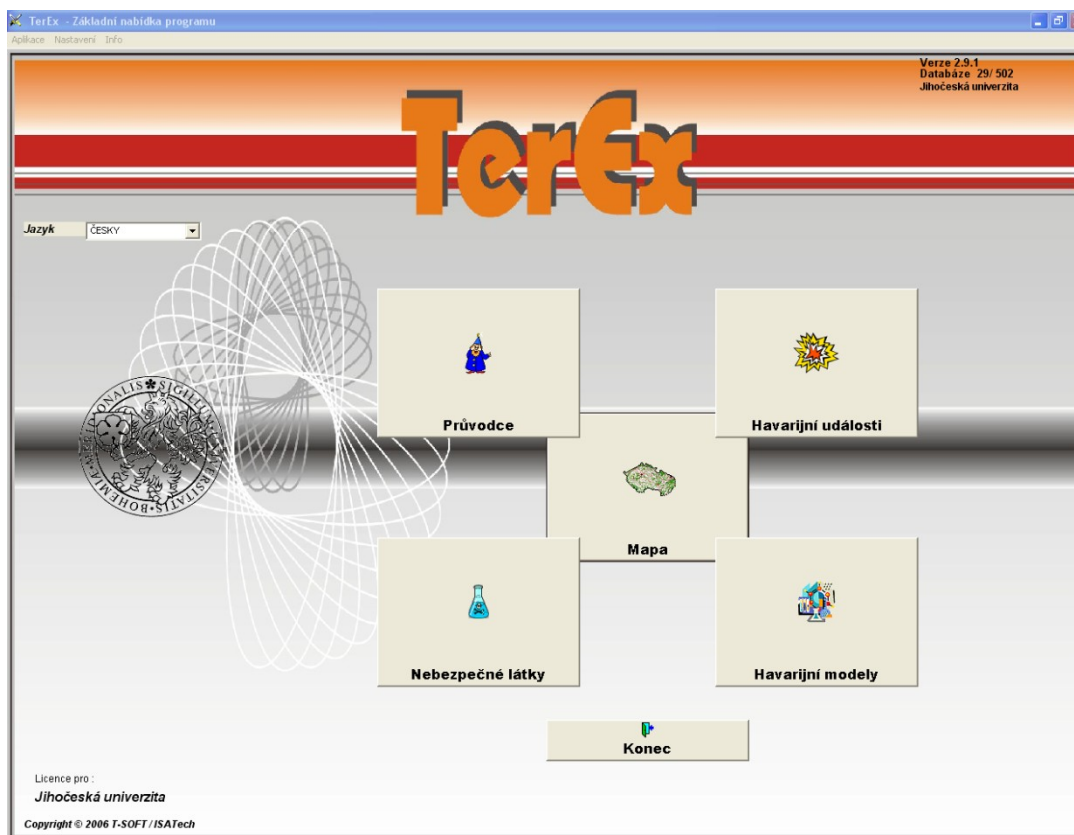
1. 17 Popis programu TerEx

Program TerEx (akronym slov Teroristický Expert) je softwarem pro rychlý odhad následků havárií a teroristických útoků. Software byl vyvinut českou firmou T-SOFT. Grafické rozhraní se dá popsat jako uživatelsky přívětivé (viz obr. č. 19). Model je vytvořen jako počítačový program s návazností na grafický informační systém pro přímé zobrazení výsledků v mapách (TerEx, 2007).

Program TerEx je nástroj, který se dá zařadit spíše do skupiny jednoduchých modelů pro určení bezpečných zón při havarijním zásahu (Skřehot, 2009b).

Produkt je určen zejména pro operativní použití jednotkami integrovaného záchranného systému při zásahu, pro rychlé určení rozsahu ohrožení a realizaci následných opatření ochrany obyvatelstva. TerEx je využitelný velitelem zásahu přímo na místě nebo operačním důstojníkem v řídicím středisku. Stejně tak je vhodný pro analýzy rizik při havarijním plánování. Program poskytuje výsledky i při nedostatku přesných vstupních informací (Bartlová, 2003).

Obr. č. 19: Úvodní obrazovka programu TerEx



Zdroj: program TerEx

TerEx nabízí uživateli možnost vyhodnocení čtyř základních havarijních situací.

- ◆ modely typu TOXI – vyhodnocují dosah a tvar oblaku, které jsou dány zvolenou koncentrací toxické látky
- ◆ modely typu UVCE – vyhodnocují dosah působení rázové vlny, vyvolané detonací směsi látky se vzduchem

U výše zvolených modelů uživatel určí, zda se jedná o jednorázový únik (PUFF) nebo únik kontinuální (PLUME), u nichž se dále upřesní:

- u modulu PUFF:
 - jednorázový únik plynu do oblaku
 - jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku

- u modulu PLUME:
 - déletrvající únik plynu do oblaku
 - déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
 - pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku

- ◆ modely typu FLASH FIRE – vyhodnocují velikost prostoru ohrožení osob plamennou zónou, a to buď efektem BLEVE, Jet Fire nebo Pool Fire
 - efekt BLEVE – výbuch par expandující vroucí kapaliny
 - efekt Jet Fire – déletrvající plamenný únik plynu nebo kapaliny pod vysokým tlakem
 - efekt Pool Fire – požár rozlité kapaliny

- ◆ model typu TEROR – vyhodnocuje možné dopady detonace výbušných systémů na volném prostranství

Výsledky výpočtu modelů v programu TerEx jsou uspořádány velmi jednoduše, srozumitelně a především jednoznačně, takže usnadňují rychlé rozhodování (Bartlová, 2003).

Výstup sestává z hlášení „Ohrožení osob toxickou látkou“, které obsahuje informaci „Nezbytná evakuace osob“ a „Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa“ (Skřehot, 2009b).

Programu TerEx je oproti některým jiným programům vybaven vlastní databází nejčastěji používaných chemických látek. Neobsahuje tolik látek jako ALOHA, pro účely programu však plně postačuje. Ke každé látce lze po kliknutí na tlačítko „Vlastnosti“ zjistit řadu informací (Skřehot, 2009b):

- ◆ základní informace o dané látce (R-věty, S-věty, symboly nebezpečnosti)
- ◆ fyzikálně-chemické vlastnosti látky

- ◆ havarijní a toxické vlastnosti látky
- ◆ možné havarijní modely, které lze pro danou látku použít
- ◆ vlastní popis dané látky (zraňující projevy, první pomoc při zasažení danou látkou, hasební prostředky, způsob ochrany)

2 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZA

2.1 Cíl práce

Předkládaná diplomová práce se zabývá popisem modelování dosahů havarijních projevů nebezpečných látek při jejich únicích ze zařízení a vzájemným porovnáním výsledků, které byly získány ze dvou zvolených počítačových programů – ALOHA a TerEx.

Cíl práce č. 1:

Popsat teoretické aspekty, které souvisejí s problematikou šíření plynných látek v přízemní vrstvě atmosféry a s modelováním dosahu jejich škodlivého působení.

Cíl práce č. 2:

Zjistit, nakolik se liší výsledky, které poskytnou oba dva programy při obdobných počátečních vstupních podmínkách.

2.2 Hypotéza

Výstupy z obou použitých programů se budou lišit, přičemž rozdíly mezi odpovídajícími si výsledky nebudou vykazovat lineární závislost.

3 METODIKA

Cesta ke splnění prvního cíle, popsání teoretických základů práce, vedla skrze vyhledání, shromažďování, zhodnocení, třídění a výběru relevantních informací, jakož i k pořizování excerpce z tuzemské i zahraniční odborné literatury. Autor taktéž vypátral a navštívil přední české experty, kteří se řadí mezi uznávané tuzemské kapacity, a konzultoval s nimi předmětnou problematiku.

S ohledem na existenci značného počtu programů, které se zabývají modelováním dosahů ohrožujících účinků nebezpečných chemických látek při únicích, bylo autorovi Katedrou radiologie a toxikologie ZSF JČU v Českých Budějovicích doporučeno zvolit k porovnání výstupů dvou softwarů – zahraničního programu ALOHA (volně stažitelného ze stránek amerického federálního úřadu EPA – Environmental Protection Agency) a v České republice vyvinutého programu TerEx (instalovaného na učebnách ZSF a používaného jejími studenty při výuce).

Modelování bylo prováděno v případě programu ALOHA ve verzi 5.4.1.2, v případě programu TerEx ve verzi 2.9.1 (v prostorách speciální počítačové učebny Zdravotně sociální fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích) respektive ve verzi 3.1.1 (v sídle firmy T-SOFT a.s. na Praze 4).

Jako látky určené ke sledování výstupů z programu byly zvoleny:

- ◆ amoniak (NH_3)
- ◆ chlor (Cl_2)
- ◆ doplňkově oxid uhelnatý (CO)

K dané volbě autora vedla snaha použít k modelování plyn těžší vzduchu (Cl_2), plyn lehčí vzduchu (NH_3 – i když se vzdušnou vlhkostí tvoří aerosol, „mlhu“, která je těžší než vzduch a tudíž klesá k zemi) a doplňkově neutrálně vznášivý plyn (CO).

U každého z obou programů bylo třeba zadat stejný soubor vstupních hodnot (typ nebezpečné plynné látky, teplotu prostředí, rychlost větru, třídu stability atmosféry, stupeň oblačnosti, typ povrchu okolního terénu, ...).

V případě ALOHY bylo při modelování rozptylu uvažováno o rovnosti teploty látky v zařízení s teplotou okolního prostředí. Obdobně v případě softwaru TerEx se považovala teplota kapaliny v zařízení totožná s teplotou okolí (s výjimkou modelování závislosti dosahu účinků na teplotě). Pro vzájemné porovnání vzdálenosti, dosahu ohrožení poskytnuté programy ALOHA a TerEx bylo uživatelem zadáno více referenčních hodnot nebezpečných koncentrací vybraných autorem z literatury (Kroupa, 2004; Marhold, 1980; ALOHA, 2007).

Softwarem se nechal provést výpočet. Výstupní hodnoty se zaznamenaly. Následně se jeden ze vstupních parametrů pozměnil. Po provedení výpočtu s pozměněnou hodnotou se nové výsledky opět zaznamenaly. Postup se opakoval. Dílčí soubory získaných výsledků za oba dva programy se vzájemně mezi sebou porovnaly. Závěrem autor výsledky podrobil zhodnocení a okomentoval.

4 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části práce jsou prezentovány původní údaje, které byly získány modelováním rozptylu na zmíněném programovém vybavení. Data jsou seříděna dle jednotlivých závislostí (na uniklém množství, rychlosti větru, meteorologických podmínkách, typu povrchu).

V první části tabulky jsou přehledně uvedeny jednotlivé vstupní parametry, proměnlivé údaje jsou podtrženy. Druhá část tabulky již obsahuje originální výstupy. Pro ilustraci jsou k jednotlivým tabulkám vytvořené grafy, které čtenáři přiblíží míru rozdílnosti ve výstupech jednotlivých programů.

4.1 Závislost na množství uniklé látky

4.1.1 Amoniak

Představu o závislosti dosahu ohrožení na množství jednorázově uniklého amoniaku za daných podmínek poskytují tab. č. 11 (modelování v prostředí ALOHA) a tab. č. 12 (modelování v programu TerEx).

Tab. č. 11: Závislost na množství – amoniak; dosahy ohrožení (ALOHA)

PUFF	NH ₃		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	proměnlivé	Oblačnost	5/10 (50 %)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	C (izotermie)

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 5 000 ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 000 ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
20	21	31	36	45	45	55	88
50	34	49	58	72	75	88	138
100	48	68	81	102	107	124	196
250	75	108	128	161	169	196	310
500	107	153	182	229	240	277	439
600	117	168	200	251	263	304	479
750	131	188	224	280	294	340	531
1 000	152	217	258	324	340	393	603
1 500	186	266	316	398	417	479	713
2 000	215	307	366	458	479	547	797
2 500	240	344	409	509	531	603	866
3 000	263	377	448	553	576	652	926
5 000	340	484	567	686	713	797	1 100
6 000	373	526	614	738	766	854	1 200
7 500	417	582	674	804	833	926	1 300
10 000	479	657	755	894	926	1 000	1 400
15 000	576	772	879	1 000	1 100	1 200	1 600

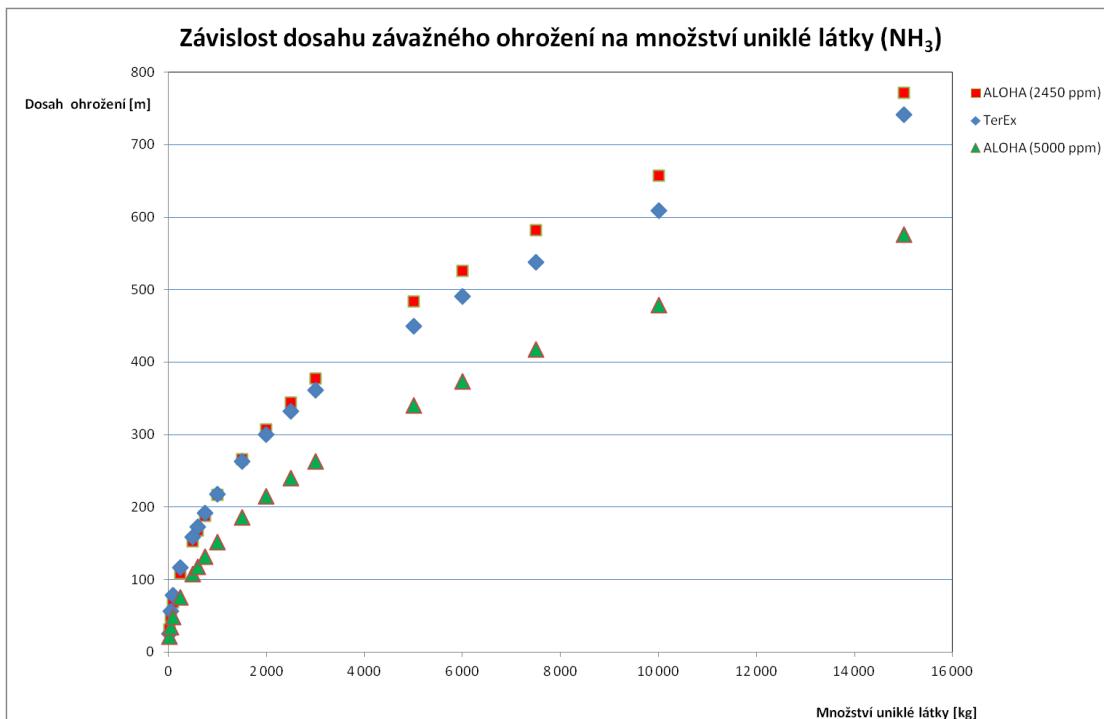
Tab. č. 12: Závislost na množství – amoniak; dosahy ohrožení (TerEx)

PUFF	NH ₃ (l)		TerEx (2.9.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	proměnlivé	Pokrytí oblohy mraky	50 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-zima
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	C (izotermie)

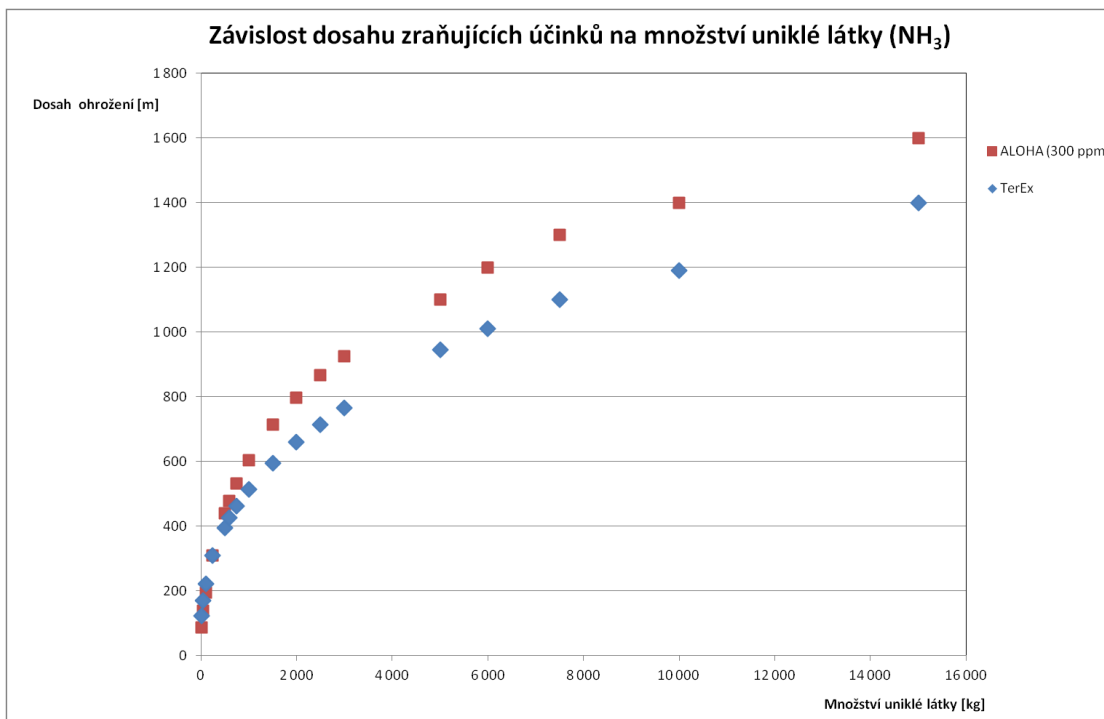
Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
20	25	123	14	35,5	26,5	57,5
50	56	171	20	47,5	36,5	78,5
100	78	222	26	61,5	46,5	99,5
250	116	309	37	84,5	64,5	136
500	159	396	48	108	83,0	173
600	173	426	52	116	88,5	185
750	192	462	56	125	95,5	199
1 000	218	513	62	137	105	219
1 500	263	594	73	158	122	252
2 000	300	660	81	175	135	278
2 500	332	714	88	189	146	300
3 000	361	765	95	203	158	322
5 000	450	945	115	244	190	384
6 000	491	1 010	125	258	200	407
7 500	538	1 100	135	279	217	439
10 000	609	1 190	155	314	246	491
15 000	741	1 400	175	359	281	561

Grafické znázornění vybraných dosahů ohrožení poskytnuté oběma programy je uvedeno na grafu č. 1 a grafu č. 2.

Graf č. 1: Závislost dosahu závažných účinků na uniklém množství (NH₃)



Graf č. 2: Závislost dosahu zraňujících účinků na uniklém množství (NH₃)



4.1.2 Chlor

Závislosti dosahu ohrožení na množství jednorázově uniklého chloru za daných podmínek nabízí tab. č. 13 (modelování v prostředí ALOHA) a tab. č. 14 (modelování v programu TerEx).

Tab. č. 13: Závislost na množství – chlor; ohrožení osob toxickou látkou (ALOHA)

PUFF	Cl ₂		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	proměnlivé	Oblačnost	5/10 (50 %)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	C (izotermie)

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 100 ppm [m]	Dosah 50 ppm [m]	Dosah 30 ppm [m]	Dosah 20 ppm [m]	Dosah 10 ppm [m]	Dosah 6 ppm [m]
20	168	243	318	394	565	728
100	382	553	716	869	1 200	1 500
250	619	866	1 100	1 300	1 700	2 000
500	856	1 200	1 400	1 700	2 200	2 600
600	924	1 300	1 500	1 800	2 300	2 800
750	1 000	1 400	1 700	2 000	2 500	3 100
1 000	1 200	1 500	1 900	2 200	2 800	3 400
1 500	1 300	1 800	2 100	2 500	3 200	3 800
2 000	1 500	1 900	2 400	2 700	3 500	4 200
2 500	1 600	2 100	2 500	2 900	3 700	4 400
3 000	1 700	2 200	2 700	3 100	3 900	4 700
5 000	2 000	2 700	3 200	3 700	4 700	5 700
7 500	2 300	3 000	3 700	4 300	5 500	6 500
10 000	2 400	3 200	3 900	4 500	5 800	7 000
15 000	2 700	3 600	4 400	5 200	6 700	8 000

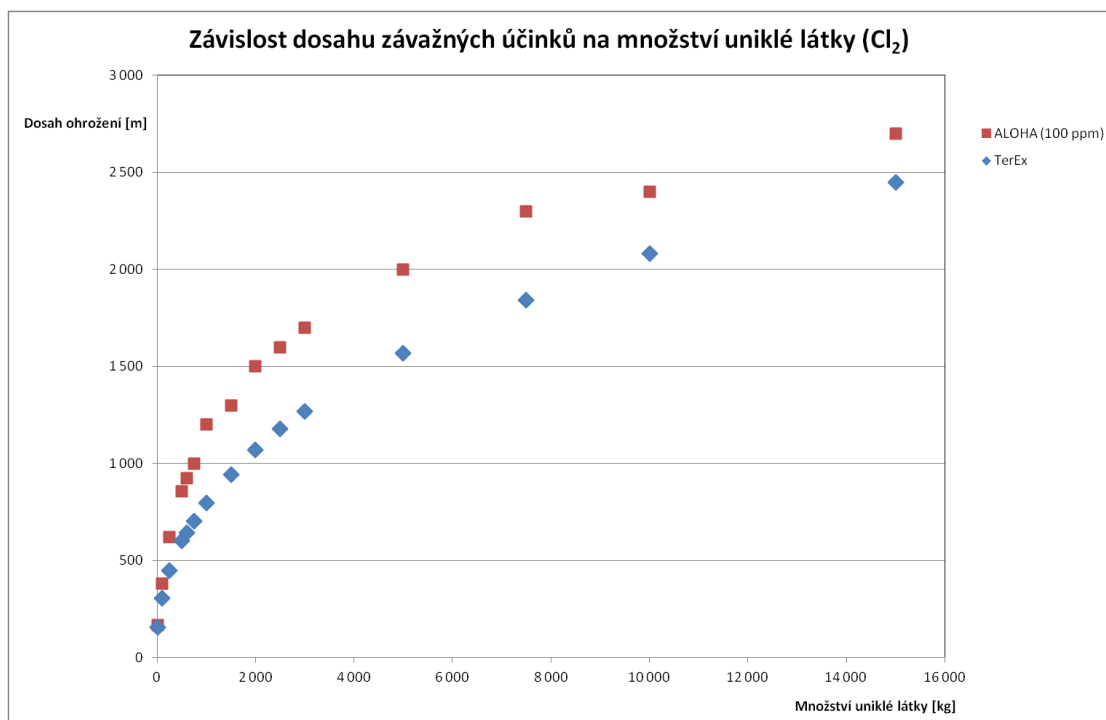
Tab. č. 14: Závislost na množství – chlor; ohrožení osob toxickou látkou (TerEx)

PUFF	Cl ₂ (g)		TerEx (2.9.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	proměnlivé	Pokrytí oblohy mraky	50 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-zima
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	C (izotermie)

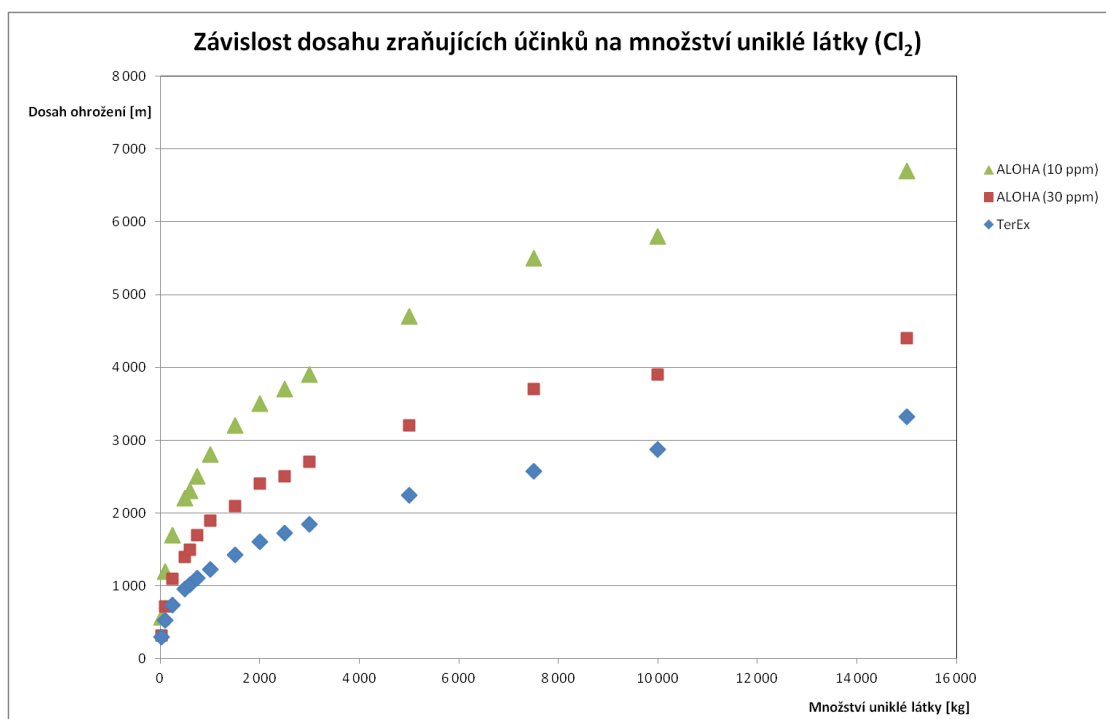
Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
20	155	294
100	306	531
250	449	741
500	601	957
600	645	1 020
750	705	1 110
1 000	798	1 230
1 500	943	1 430
2 000	1 070	1 610
2 500	1 180	1 730
3 000	1 270	1 850
5 000	1 570	2 240
7 500	1 840	2 570
10 000	2 080	2 870
15 000	2 450	3 320

Grafické znázornění vybraných dosahů ohrožení poskytnuté oběma programy pro látku chlor je uvedeno na grafu č. 3 a grafu č. 4. Pro ukázkou v případě zraňujících účinků byly zvoleny hodnoty 10 ppm (stávající hodnota IDLH po revizi organizací NIOSH) a hodnota 30 ppm (původní hodnota IDLH před revizí organizací NIOSH).

Graf č. 3: Závislost dosahu závažných účinků na uniklém množství (Cl₂)



Graf č. 4: Závislost dosahu zraňujících účinků na uniklém množství (Cl₂)



4.2 Závislost na míře pokrytí oblohy mraky

4.2.1 Amoniak

Představu o závislosti dosahu ohrožení na míře pokrytí oblohy mraky (oblačnosti) podává tab. č. 15 (modelování v programu ALOHA) a tab. č. 16 (modelování v programu TerEx).

Poznámka: Tvůrci programu TerEx na základě vstupních podmínek, které zadává uživatel (míra oblačnosti, doba vzniku a průběhu havárie a rychlost větru) určují „na pevno“ typ atmosférické stálosti, zatímco autoři programu ALOHA třídu atmosférické stability doporučí, ale ponechají uživateli možnost tento faktor pozměnit.

Tab. č. 15: Závislost na oblačnosti – amoniak; dosahy ohrožení (ALOHA)

PUFF	NH ₃		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	6 000 kg	Oblačnost	proměnlivá
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	(B/C/D)

Pokrytí oblohy mraky [%]	Třída stabi- lity	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
0	B	69	89	211	266	373	438	534	556	623	868
10	B	69	89	211	266	373	438	534	556	623	868
20	B	69	89	211	266	373	438	534	556	623	868
30	B	69	89	211	266	373	438	534	556	623	868
40	C	92	119	293	373	526	614	738	766	854	1 200
50	C	92	119	293	373	526	614	738	766	854	1 200
60	C	92	119	293	373	526	614	738	766	854	1 200
70	C	92	119	293	373	526	614	738	766	854	1 200
80	C	92	119	293	373	526	614	738	766	854	1 200
90	D	130	169	419	524	705	807	957	991	1 100	1 500
100	D	130	169	419	524	705	807	957	991	1 100	1 500

Tab. č. 16: Závislost na oblačnosti – amoniak; dosahy ohrožení (TerEx)

PUFF	NH ₃ (l)		TerEx (2.9.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	6 000 kg	Pokrytí oblohy mraky	proměnlivé
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-zima
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	(B/C/D)

Pokrytí oblohy mraky [%]	Třída stability	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
0	B	329	735	95	228	170	377
12,5	B	329	735	95	228	170	377
25,0	B	329	735	95	228	170	377
37,5	C	491	1 010	125	258	200	407
50,0	C	491	1 010	125	258	200	407
62,5	C	491	1 010	125	258	200	407
75,0	C	491	1 010	125	258	200	407
87,5	D	709	1 340	165	298	240	447
100	D	709	1 340	165	298	240	447

4. 2. 2 Chlor

Představu o závislosti dosahu ohrožení na míře pokrytí oblohy mraky (oblačnosti) podává tabulka č. 17 (modelování v programu ALOHA) a tabulka č. 18 (modelování v programu TerEx).

Platí zde totéž, co již bylo napsáno v části vztahující se k látce amoniaku. Tvůrci programu TerEx na základě vstupních podmínek, které zadává uživatel (míra oblačnosti, doba vzniku a průběhu havárie a rychlost větru) určují „na pevno“ typ

atmosférické stálosti, zatímco autoři programu ALOHA třídu atmosférické stability sice doporučí, ale stále ponechávají uživateli možnost tento faktor pozměnit.

Tab. č. 17: Závislost na oblačnosti – chlor; ohrožení osob toxickou látkou (ALOHA)

PUFF	Cl ₂		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	600 kg	Oblačnost	proměnlivá
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	(B/C/D)

Pokrytí oblohy mraky [%]	Třída stability	Dosah 100 ppm [m]	Dosah 50 ppm [m]	Dosah 30 ppm [m]	Dosah 20 ppm [m]	Dosah 10 ppm [m]	Dosah 6 ppm [m]
0	B	786	1 100	1 300	1 600	2 000	2 400
10	B	786	1 100	1 300	1 600	2 000	2 400
20	B	786	1 100	1 300	1 600	2 000	2 400
30	B	786	1 100	1 300	1 600	2 000	2 400
40	C	924	1 300	1 500	1 800	2 300	2 800
50	C	924	1 300	1 500	1 800	2 300	2 800
60	C	924	1 300	1 500	1 800	2 300	2 800
70	C	924	1 300	1 500	1 800	2 300	2 800
80	C	924	1 300	1 500	1 800	2 300	2 800
90	D	992	1 400	1 700	2 000	2 600	3 200
100	D	992	1 400	1 700	2 000	2 600	3 200

Tab. č. 18: Závislost na oblačnosti – chlor; ohrožení osob toxickou látkou (TerEx)

PUFF	Cl ₂ (l)		TerEx (2.9.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	600 kg	Pokrytí oblohy mraky	proměnlivé
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-zima
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	(B/C/D)

Pokrytí oblohy mraky [%]	Třída stability	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
0	B	455	756
12,5	B	455	756
25,0	B	455	756
37,5	C	645	1 020
50,0	C	645	1 020
62,5	C	645	1 020
75,0	C	645	1 020
87,5	D	922	1 390
100	D	922	1 390

4.3 Závislost na typu povrchu terénu

4.3.1 Amoniak

Závislosti dosahu ohrožení na typu povrchu terénu (jeho tzv. hrubosti nebo též drsnosti) za daných podmínek nabízí tabulka č. 19 (modelování v prostředí ALOHA) a tabulka č. 20 (modelování v programu TerEx).

Tab. č. 19: Závislost na typu povrchu – amoniak; dosahy ohrožení (ALOHA)

PUFF	NH ₃		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	6 000 kg	Oblačnost	5/10 (50 %)
Drsnost povrchu	proměnlivá	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	C (izotermie)

Typ povrchu	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
otevřená krajina	104	135	335	591	794	907	1 100	1 100	1 200	1 700
město nebo les	66	85	208	373	526	614	738	766	854	1 200
otevřená vodní plocha	104	135	335	591	794	907	1 110	1 100	1 200	1 700
řídký travnatý porost (do 50 cm)	104	135	335	591	794	907	1 100	1 100	1 200	1 700
stromy (10 až 15 m vysoké)	66	85	208	373	526	614	738	766	854	1 200

Tab. č. 20: Závislost na typu povrchu – amoniak; dosahy ohrožení (TerEx)

PUFF	NH ₃ (l)		TerEx (2.9.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	6 000 kg	Pokrytí oblohy mraky	50 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	<u>proměnlivý</u>	Doba vzniku a průběhu havárie	den-zima
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	C (izotermie)

Typ povrchu	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
rovina	603	1 160	155	288	230	437
zemědělská krajina	560	1 100	145	278	220	427
kultivovaná krajina	527	1 040	135	268	210	417
obytná krajina	491	1 010	125	258	200	407
průmyslová plocha	459	945	115	253	195	402

4.3.2 Chlor

Závislosti dosahu ohrožení na typu povrchu terénu (jeho tzv. hrubosti nebo též drsnosti) za daných podmínek nabízí tabulka č. 21 (modelování v prostředí ALOHA) a tabulka č. 22 (modelování v programu TerEx).

Z hodnot uvedených v tabulkách jak pro program ALOHA tak i pro program TerEx vyplývá, že volba typu povrchu terénu, v němž dochází k rozptylu plynných látek, je velmi podstatný krok, který musí uživatel podstoupit a který významně ovlivňuje výsledek modelování.

Tab. č. 21: Závislost na typu povrchu – chlor; ohrožení osob toxickou látkou (ALOHA)

PUFF	Cl ₂		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	600 kg	Oblačnost	(5/10) 50 %
Drsnost povrchu	proměnlivá	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	C (izotermie)

Typ povrchu	Dosah 100 ppm [m]	Dosah 50 ppm [m]	Dosah 30 ppm [m]	Dosah 20 ppm [m]	Dosah 10 ppm [m]	Dosah 6 ppm [m]
otevřená krajina	1 100	1 400	1 700	2 000	2 500	3 000
město nebo les	924	1 300	1 500	1 800	2 300	2 800
otevřená vodní plocha	1 600	2 000	2 400	2 700	3 400	4 000
řídký travnatý porost (do 50 cm)	1 000	1 400	1 700	1 900	2 500	3 000
stromy (10 až 15 m vysoké)	924	1 300	1 500	1 800	2 300	2 800

Tab. č. 22: Závislost na typu povrchu – chlor; ohrožení osob toxickou látkou (TerEx)

PUFF	Cl ₂ (l)		TerEx (2.9.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	600 kg	Pokrytí oblohy mraky	50 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	proměnlivý	Doba vzniku a průběhu havárie	den-zima
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	C (izotermie)

Typ povrchu	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
rovina	776	1 180
zemědělská krajina	730	1 120
kultivovaná krajina	688	1 070
obytná krajina	645	1 020
průmyslová plocha	615	975

4. 4 **Závislost na třídě atmosférické stability**

Závislost na třídě atmosférické stability je propojeno, jak je uvedeno v teoretické části, s dobou vzniku a průběhu havárie, s rychlostí větru, jakož i se stupněm oblačnosti.

V prostředí softwaru TerEx bylo zapotřebí (u obou látek, amoniaku i chloru) pozměňovat dobu vzniku a průběhu havárie, která (za neměnnosti ostatních parametrů) odpovídá rozdílným typům atmosférické stálosti (dáno nastavením tvůrců programu).

- Pro typ atmosférické stálosti B (konvekce)
 - doba vzniku a průběhu havárie: den-jaro; den-léto; den-podzim
- Pro typ atmosférické stálosti C (izotermie)
 - doba vzniku a průběhu havárie: den-zima
- Pro typ atmosférické stálosti E (inverze)
 - doba vzniku a průběhu havárie: noc, ráno nebo večer

U programu ALOHA bylo nastavení třídy atmosférické stability nastaveno „ručně“.

4. 4. 1 *Amoniak*

Závislosti dosahu ohrožení na třídě atmosférické stability za daných podmínek poskytuje tab. č. 23 (modelování v prostředí ALOHA) a tab. č. 24 (modelování v programu TerEx).

Grafické znázornění dosahů ohrožení při různých třídách atmosférické stability poskytnuté oběma programy pro amoniak je uvedeno na grafu č. 5.

Tab. č. 23: Závislost na třídě stability počasí – amoniak; dosahy ohrožení (ALOHA)

PUFF	NH ₃		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	6 000 kg	Oblačnost	5/10 (50 %)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	proměnlivá

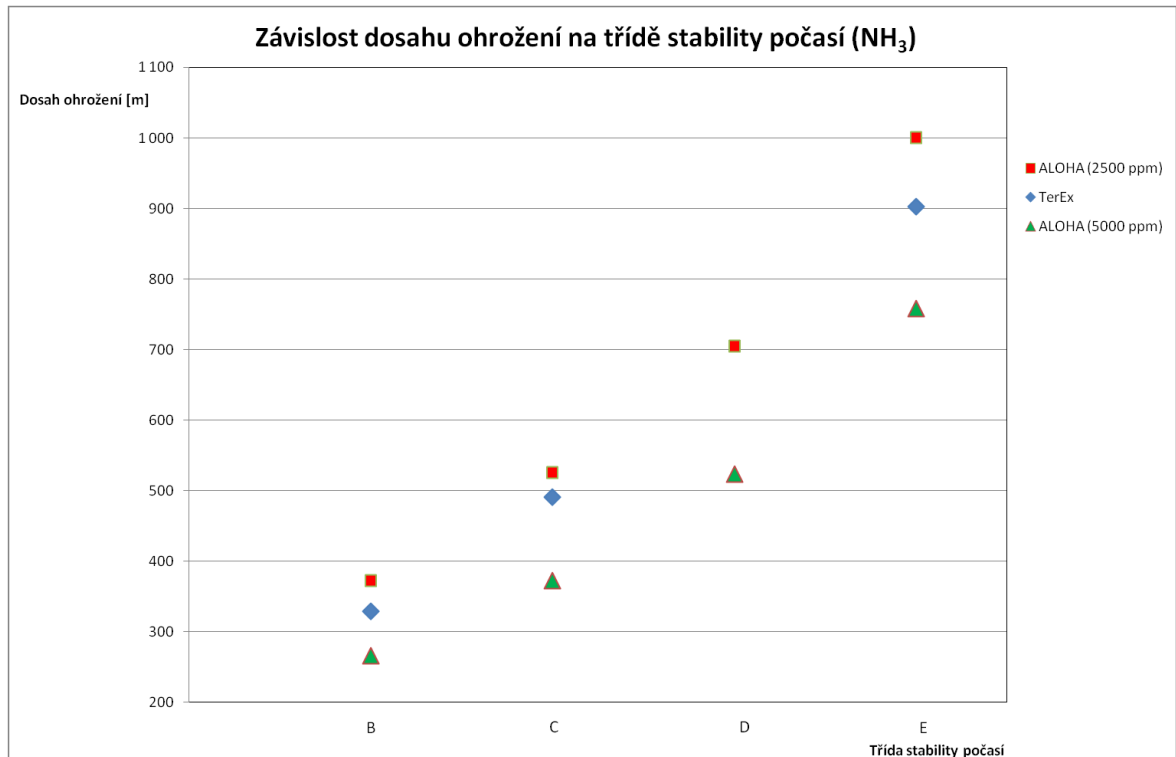
Třída stability	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
B	49	63	152	266	373	438	534	556	623	868
C	66	85	208	373	526	614	738	766	854	1 200
D	92	120	298	524	705	807	957	991	1 100	1 500
E	147	193	465	758	1 000	1 200	1 400	1 400	1 600	2 400

Tab. č. 24: Závislost na třídě stability počasí – amoniak; dosahy ohrožení (TerEx)

PUFF	NH ₃ (I)		TerEx (2.9.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	6 000 kg	Pokrytí oblohy mraky	50 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	proměnlivá
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	proměnlivý

Třída stability	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prolehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
B	329	735	95	228	170	377
C	491	1 010	125	258	200	407
E	903	1 640	205	338	280	487

Graf č. 5: Závislost dosahu závažných účinků na třídě stability počasí (NH₃)



4.4.2 Chlor

Závislosti dosahu ohrožení na třídě atmosférické stability za daných podmínek poskytuje tab. č. 25 (modelování v prostředí ALOHA) a tab. č. 26 (modelování v programu TerEx).

Grafické znázornění dosahů ohrožení při různých typech atmosférické stálosti poskytnuté oběma programy pro chlor je uvedeno na grafu č. 6.

Tab. č. 25: Závislost na třídě stability počasí – chlor; ohrožení osob toxicitou (ALOHA)

PUFF	Cl ₂		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	600 kg	Oblačnost	(5/10) 50 %
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	<u>proměnlivá</u>

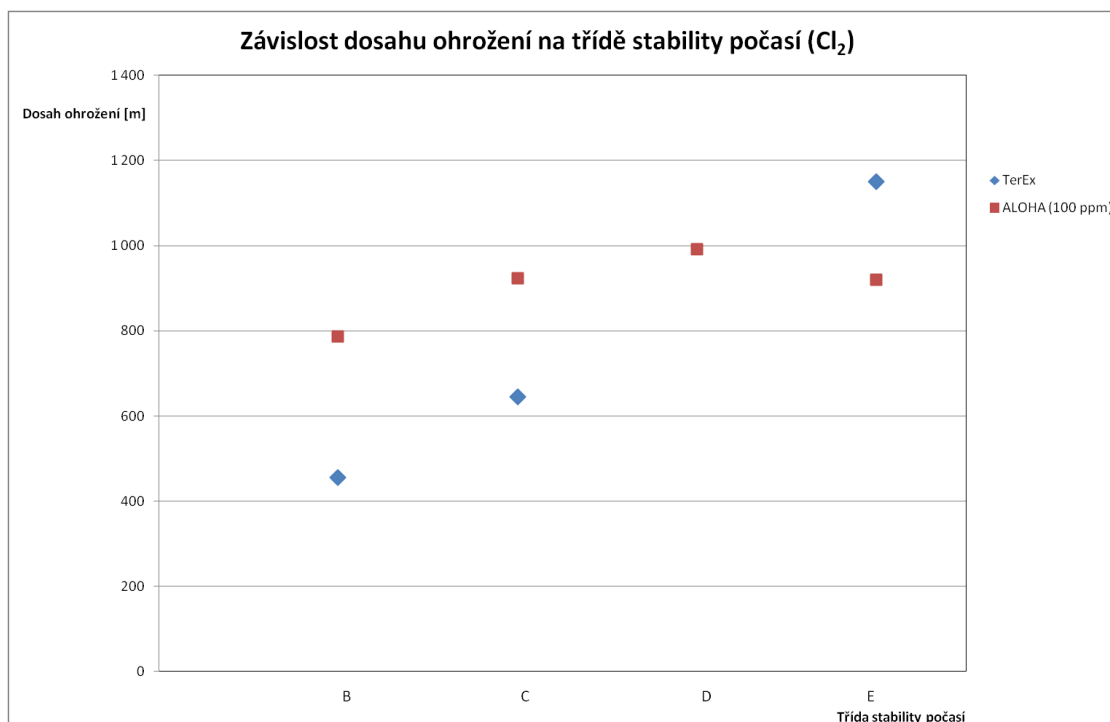
Třída stability	Dosah 100 ppm [m]	Dosah 50 ppm [m]	Dosah 30 ppm [m]	Dosah 20 ppm [m]	Dosah 10 ppm [m]	Dosah 6 ppm [m]
B	786	1 100	1 300	1 600	2 000	2 400
C	924	1 300	1 500	1 800	2 300	2 800
D	992	1 400	1 700	2 000	2 600	3 200
E	920	1 300	1 700	2 000	2 800	3 500

Tab. č. 26: Závislost na třídě stability počasí – chlor; ohrožení osob toxicitou (TerEx)

PUFF	Cl ₂ (l)		TerEx (2.9.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	600 kg	Pokrytí oblohy mraky	50 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	<u>proměnlivá</u>
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	<u>proměnlivý</u>

Třída stability	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
B	455	756
C	645	1 020
E	1 150	1 690

Graf č. 6: Závislost dosahu závažných účinků na třídě stability počasí (Cl₂)



4.5 Závislost na rychlosti proudění větru

4.5.1 Amoniak (1 000 kg; 4 000 kg; 6 000 kg)

Závislost na rychlosti větru byla vymodelována pro množství látek 1 000 kg, 4 000 kg a 6 000 kg. Zvolená množství odpovídají nebo se přibližují hodnotám, které se vyskytují v praxi (např. 4 t amoniaku v chladícím okruhu na zimních stadionech).

Závislosti dosahu ohrožení na rychlosti proudění větru při třech různých množstvích uniklé látky podávají tab. č. 27 (1 000 kg), č. 28 (4 000 kg) a č. 29 (6 000 kg) pro modelování v programu ALOHA a tab. č. 30 (1 000 kg), č. 31 (4 000 kg) a č. 32 (6 000 kg) pro modelování v programu TerEx.

Tab. č. 27: Závislost na rychlosti větru – amoniak (1 000 kg); dosahy ohrožení (ALOHA)

PUFF	NH ₃		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	proměnlivá
Celkové uniklé množství látky	1 000 kg	Oblačnost	5/10 (50 %)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	(B/C/D)

Rychl. větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
1	B	49	63	150	190	257	294	346	358	395	531
2	B	34	44	108	136	192	227	282	295	337	491
3	C	38	49	119	152	217	258	324	340	393	603
4	C	33	42	103	131	188	224	280	294	340	539
5	C	29	38	92	117	168	200	252	263	304	483
6	D	38	48	119	152	218	261	359	346	401	647
7	D	34	45	110	141	202	241	304	320	371	598
8	D	32	42	103	132	188	225	284	298	346	557
9	D	30	39	97	124	177	212	267	280	326	524
10	D	29	38	92	117	168	201	253	266	308	496

Tab. č. 28: Závislost na rychlosti větru – amoniak (4 000 kg); dosahy ohrožení (ALOHA)

PUFF	NH ₃		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	proměnlivá
Celkové uniklé množství látky	4 000 kg	Oblačnost	5/10 (50 %)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	(B/C/D)

Rychl. větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
1	B	96	124	277	331	423	473	546	563	616	813
2	B	69	88	211	265	368	426	508	526	583	791
3	C	75	97	238	304	434	513	627	652	732	1 000
4	C	65	84	207	263	377	450	563	589	675	988
5	C	58	75	185	235	337	401	504	529	612	938
6	D	75	97	241	308	446	535	677	710	819	1 200
7	D	69	89	222	285	412	493	626	658	764	1 200
8	D	65	84	208	266	384	460	583	613	714	1 100
9	D	61	79	196	251	361	432	548	576	671	1 100
10	D	58	75	185	237	342	410	519	545	634	1 000

Tab. č. 29: Závislost na rychlosti větru – amoniak (6 000 kg); dosahy ohrožení (ALOHA)

PUFF	NH ₃		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	proměnlivá
Celkové uniklé množství látky	6 000 kg	Oblačnost	5/10 (50 %)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	(B/C/D)

Rychl. větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
1	B	117	150	322	381	482	538	620	638	697	917
2	B	84	108	256	321	436	498	587	607	669	899
3	C	92	119	293	373	526	614	738	766	854	1 200
4	C	80	103	253	323	462	550	681	711	805	1 100
5	C	71	92	226	288	414	493	619	648	746	1 100
6	D	92	119	296	380	551	660	828	866	990	1 500
7	D	85	110	274	351	508	610	774	812	938	1 400
8	D	80	103	255	327	474	569	723	760	883	1 400
9	D	75	97	241	308	446	535	679	714	833	1 300
10	D	71	92	228	292	422	506	642	675	788	1 300

Tab. č. 30: Závislost na rychlosti větru – amoniak (1 000 kg); dosahy ohrožení (TerEx)

PUFF	NH ₃ (l)	TerEx (2.9.1)	
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	proměnlivá
Celkové uniklé množství látky	1 000 kg	Pokrytí oblohy mraky	50 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-zima
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	(B/C/D)

Rychl. větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prolehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
1	B	241	456	44	120	88	202
2	B	206	456	44	120	88	202
3	C	281	624	62	137	105	219
4	C	263	624	62	137	105	219
5	C	251	625	62	137	105	219
6	D	345	846	85	159	127	241
7	D	337	847	85	158	126	240
8	D	330	848	0	79	47	161
9	D	321	846	0	79	47	161
10	D	314	850	5	84	52	166

Tab. č. 31: Závislost na rychlosti větru – amoniak (4 000 kg); dosahy ohrožení (TerEx)

PUFF	NH ₃ (l)		TerEx (2.9.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	proměnlivá
Celkové uniklé množství látky	4 000 kg	Pokrytí oblohy mraky	50 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-zima
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	(B/C/D)

Rychl. větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prolehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
1	B	449	765	75	195	145	325
2	B	386	770	75	195	145	325
3	C	517	1 035	105	225	175	355
4	C	487	1 060	105	225	175	355
5	C	468	1 075	105	225	175	355
6	D	646	1 410	145	260	210	390
7	D	623	1 435	145	260	210	390
8	D	611	1 480	0	125	75	255
9	D	597	1 485	0	125	75	255
10	D	584	1 450	5	130	80	260

Tab. č. 32: Závislost na rychlosti větru – amoniak (6 000 kg); dosahy ohrožení (TerEx)

PUFF	NH ₃ (l)		TerEx (2.9.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	proměnlivá
Celkové uniklé množství látky	6 000 kg	Pokrytí oblohy mraky	50 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-zima
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	(B/C/D)

Rychl. větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
1	B	548	895	95	228	170	377
2	B	466	890	95	228	170	377
3	C	627	1 215	125	258	200	407
4	C	580	1 220	125	258	200	407
5	C	557	1 225	125	258	200	407
6	D	778	1 650	165	298	240	447
7	D	745	1 645	165	298	240	447
8	D	728	1 640	0	143	85	292
9	D	707	1 665	0	143	85	292
10	D	698	1 650	5	148	90	297

4. 5. 2 Chlor (600 kg; 1 000 kg)

Závislost na rychlosti větru byla vymodelována pro množství látek 600 kg a 1 000 kg. Zvolená množství odpovídají nebo se přibližují hodnotám, které se vyskytují v praxi (např. 600 kg tlakový sud užívaný pro přepravu a následné zapojení do technologie úpraven pitné vody).

Závislosti dosahu ohrožení na rychlosti proudění větru při dvou různých množstvích uniklé látky podávají tabulky č. 33 (600 kg) a č. 34 (1 000 kg) pro modelování v programu ALOHA a tabulky č. 35 (600 kg) a č. 36 (1 000 kg) pro modelování v programu TerEx.

Ilustrativní zobrazení závislosti dosahu závažného ohrožení na rychlosti proudění větru (při odpovídajících třídách atmosférické stability) poskytnuté oběma programy pro 600 kg jednorázově uniklého chloru je uvedeno na grafu č. 7.

Tab. č. 33: Závislost na rychlosti větru – chlor (600 kg); ohrožení osob (ALOHA)

PUFF	Cl ₂		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	proměnlivá
Celkové uniklé množství látky	600 kg	Oblačnost	5/10 (50%)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	(B/C/D)

Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Dosah 100 ppm [m]	Dosah 50 ppm [m]	Dosah 30 ppm [m]	Dosah 20 ppm [m]	Dosah 10 ppm [m]	Dosah 6 ppm [m]
1	B	653	844	1 000	1 200	1 600	1 900
2	B	834	1 100	1 300	1 500	2 000	2 400
3	C	924	1 300	1 500	1 800	2 300	2 800
4	C	851	1 200	1 500	1 800	2 300	2 800
5	C	762	1 100	1 400	1 700	2 300	2 800
6	D	868	1 200	1 600	1 900	2 600	3 200
7	D	805	1 200	1 500	1 800	2 500	3 200
8	D	748	1 100	1 400	1 700	2 400	3 100
9	D	713	1 000	1 400	1 700	2 300	3 000
10	D	674	975	1 300	1 600	2 200	2 900

Tab. č. 34: Závislost na rychlosti větru – chlor (1 000 kg); ohrožení osob (ALOHA)

PUFF	Cl ₂		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	proměnlivá
Celkové uniklé množství látky	1 000 kg	Oblačnost	5/10 (50%)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	(B/C/D)

Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Dosah 100 ppm [m]	Dosah 50 ppm [m]	Dosah 30 ppm [m]	Dosah 20 ppm [m]	Dosah 10 ppm [m]	Dosah 6 ppm [m]
1	B	789	1 000	1 200	1 400	1 900	2 300
2	B	992	1 300	1 500	1 800	2 300	2 700
3	C	1 200	1 500	1 900	2 200	2 800	3 400
4	C	1 100	1 500	1 900	2 200	2 800	3 400
5	C	996	1 400	1 800	2 100	2 800	3 400
6	D	1 100	1 600	2 000	2 400	3 200	3 900
7	D	1 100	1 500	1 900	2 300	3 200	3 900
8	D	980	1 400	1 800	2 200	3 100	3 800
9	D	926	1 300	1 700	2 100	3 000	3 700
10	D	874	1 300	1 700	2 000	2 900	3 600

Tab. č. 35: Závislost na rychlosti větru – chlor (600 kg); ohrožení osob toxicitou (TerEx)

PUFF	Cl ₂ (g)		TerEx (2.9.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	proměnlivá
Celkové uniklé množství látky	600 kg	Pokrytí oblohy mraky	50 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-zima
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	(B/C/D)

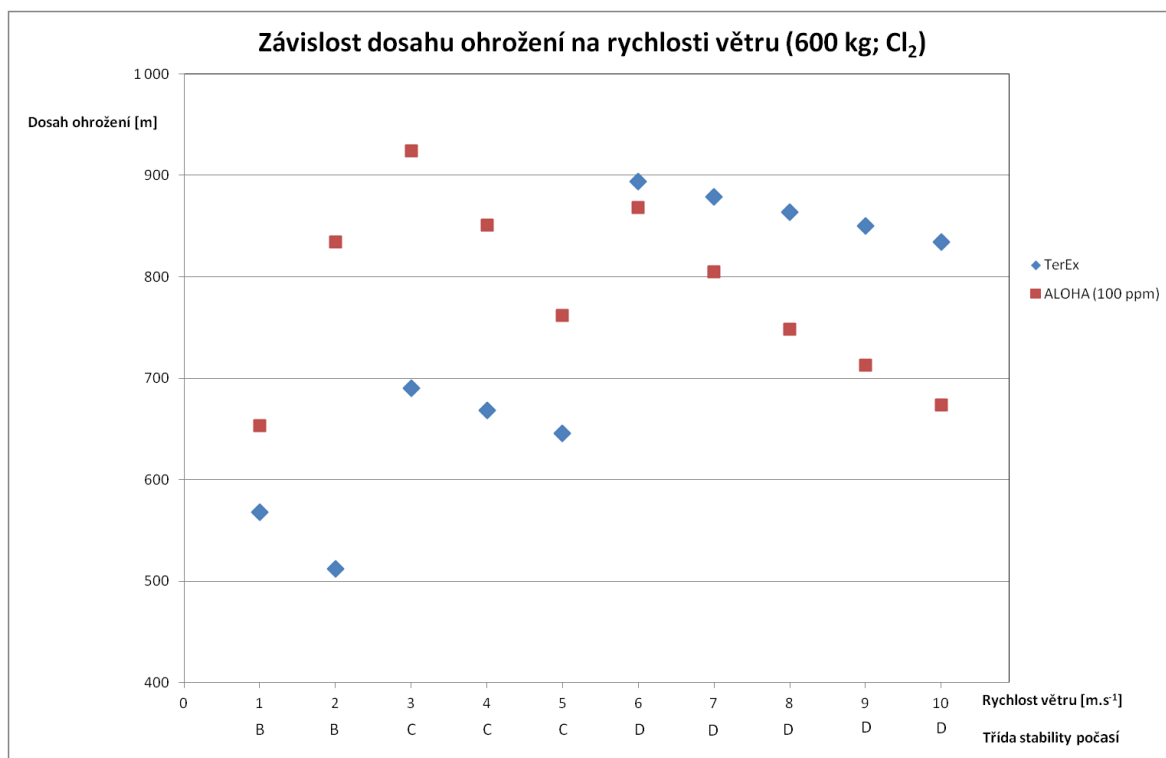
Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
1	B	568	800
2	B	512	800
3	C	690	1 083
4	C	668	1 084
5	C	646	1 085
6	D	894	1 470
7	D	879	1 470
8	D	864	1 472
9	D	850	1 476
10	D	834	1 470

Tab. č. 36: Závislost na rychlosti větru – chlor (1 000 kg); ohrožení osob toxicitou (TerEx)

PUFF	Cl ₂ (g)		TerEx (2.9.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	proměnlivá
Celkové uniklé množství látky	1 000 kg	Pokrytí oblohy mraky	50 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-zima
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	(B/C/D)

Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
1	B	703	966
2	B	643	966
3	C	859	1 305
4	C	820	1 304
5	C	794	1 305
6	D	1 110	1 770
7	D	1 074	1 771
8	D	1 057	1 776
9	D	1 039	1 773
10	D	1 020	1 770

Graf č. 7: Závislost dosahu závažných účinků na rychlosti větru (600 kg; Cl₂)



4.6 Kombinovaná závislost na množství uniklého amoniaku při různých rychlostech proudění větru

Amoniak

Závislosti dosahu ohrožení na množství uniklého amoniaku při různých rychlostí proudění větru podávají tabulky č. 37 a) (rychlost větru 1 m.s⁻¹), č. 37 b) (rychlost větru 5 m.s⁻¹) a č. 37 c) (rychlost větru 10 m.s⁻¹) pro modelování v programu ALOHA a tabulky č. 38 a) (rychlost větru 1 m.s⁻¹), č. 38 b) (rychlost větru 5 m.s⁻¹) a č. 38 c) (rychlost větru 10 m.s⁻¹) pro modelování v programu TerEx.

Tab. č. 37: Kombinovaná závislost na množství látky při rozdílných rychlostech proudění větru – amoniak; dosahy ohrožení (ALOHA)

PUFF	NH ₃		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	1/5/10 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	proměnlivé	Oblačnost	5/10 (50 %)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	30 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	(A/B/D)

Tab. č. 37 a) Rychlost větru 1 m.s⁻¹; třída stability počasí: A; (NH₃; ALOHA)

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
50	10	12	30	38	53	63	79	83	96	149
100	13	17	42	53	75	89	111	116	134	207
500	30	38	92	116	164	194	236	245	275	382
600	32	42	100	127	179	210	254	264	294	407
1 000	42	53	129	163	226	260	309	320	354	481
5 000	92	118	267	320	409	459	530	546	597	789
10 000	129	165	345	407	512	572	657	677	738	971

Tab. č. 37 b) Rychlost větru 5 m.s⁻¹; třída stability počasí: B; (NH₃; ALOHA)

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
50	10	10	16	20	28	33	42	44	50	80
100	10	10	22	28	39	47	59	62	71	111
500	16	20	49	62	88	104	130	136	157	243
600	17	22	53	67	96	114	142	149	171	266
1 000	22	28	69	87	123	146	182	190	219	338
5 000	49	63	150	190	268	316	392	410	470	714
10 000	69	88	211	266	373	439	542	567	646	949

Tab. č. 37 c) Rychlost větru 10 m.s⁻¹; třída stability počasí: D; (NH₃; ALOHA)

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
50	10	10	20	26	37	44	56	58	67	107
100	10	12	29	37	53	63	78	83	96	152
500	20	27	65	83	119	141	178	186	216	346
600	22	29	71	91	130	155	195	205	237	380
1 000	29	38	92	117	168	201	253	266	308	496
5 000	65	84	208	266	384	460	583	614	714	1 200
10 000	92	119	296	380	551	663	843	887	1 000	1 600

Tab. č. 38: Kombinovaná závislost na množství látky při rozdílných rychlostech proudění větru – amoniak; dosahy ohrožení (TerEx)

PUFF	NH ₃ (g)		TerEx (3.1.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	1/5/10 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	proměnlivé	Pokrytí oblohy mraky	25 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-jaro
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	(A/B/D)

Tab. č. 38 a) Rychlost větru 1 m.s⁻¹; třída stability počasí: A; (NH₃; TerEx)

Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
50	95	203	23	63	47	105
100	126	257	30	79	59	133
500	249	447	52	136	101	228
600	270	476	55	145	108	242
1 000	329	567	66	172	128	287
5 000	647	985	115	298	222	494
10 000	862	1 255	145	377	281	624

Tab. č. 38 b) Rychlost větru 5 m.s⁻¹; třída stability počasí: B; (NH₃; TerEx)

Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
50	44	220	18	59	43	101
100	93	285	27	76	56	130
500	193	515	49	133	98	225
600	212	550	52	142	105	239
1 000	266	665	64	170	126	285
5 000	545	1 225	125	303	227	499
10 000	763	1 575	155	382	286	629

Tab. č. 38 c) Rychlost větru 10 m.s⁻¹; třída stability počasí: D; (NH₃; TerEx)

Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
50	82	410	5	46	30	88
100	176	530	5	56	36	110
500	360	950	5	92	57	184
600	384	1 020	5	98	61	195
1 000	486	1 230	5	115	71	230
5 000	1 000	2 250	5	193	117	389
10 000	1 354	2 850	5	242	146	489

4.7 Kombinovaná závislost na množství uniklé látky za rozdílných teplot a při různých rychlostí proudění větru

4.7.1 Amoniak

Závislosti dosahu ohrožení na množství uniklého amoniaku za rozdílných teplot a při různých rychlostí proudění větru předkládá sada tabulek č. 39 a) až f) pro modelování v prostředí programu ALOHA a sada tabulek č. 40 a) až f) pro modelování v programu TerEx.

Tab. č. 39: Kombinovaná závislost na množství uniklé látky za rozdílných teplot a rychlosti větru – amoniak; dosahy ohrožení (ALOHA)

PUFF	NH ₃		ALOHA
Teplota prostředí	5 °C /21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	1/5/10 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	proměnlivé	Oblačnost	5/10 (50 %)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	30 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	(A/B/D)

Tab. č. 39 a) Rychlost větru 1 m.s⁻¹; teplota prostředí: 5 °C; třída stability počasí: A; (NH₃; ALOHA)

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
50	10	12	28	36	52	61	77	81	93	146
500	28	37	89	113	160	189	230	240	269	375
1 000	41	52	125	158	220	254	302	313	348	472
5 000	89	115	261	313	402	451	521	537	587	777
10 000	125	161	338	399	503	562	646	665	726	955

**Tab. č. 39 b) Rychlost větru 1 m.s⁻¹; teplota prostředí: 21 °C;
třída stability počasí: A; (NH₃; ALOHA)**

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
50	10	12	30	38	53	63	79	83	96	149
500	30	38	92	116	164	194	236	245	275	382
1 000	42	53	129	163	226	260	309	320	354	481
5 000	92	118	267	320	409	459	530	546	597	789
10 000	129	165	345	407	512	572	657	677	738	971

**Tab. č. 39 c) Rychlost větru 5 m.s⁻¹; teplota prostředí: 5 °C;
třída stability počasí: B; (NH₃; ALOHA)**

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
50	10	10	15	19	27	33	41	42	49	77
500	15	19	47	60	85	101	126	132	152	237
1 000	21	27	67	85	120	142	177	185	213	330
5 000	47	61	147	185	261	308	382	399	457	696
10 000	67	86	205	258	363	428	528	552	630	929

**Tab. č. 39 d) Rychlost větru 5 m.s⁻¹; teplota prostředí: 21 °C;
třída stability počasí: B; (NH₃; ALOHA)**

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
50	10	10	16	20	28	33	42	44	50	80
500	16	20	49	62	88	104	130	136	157	243
1 000	22	28	69	87	123	146	182	190	219	338
5 000	49	63	150	190	268	316	392	410	470	714
10 000	69	88	211	266	373	439	542	567	646	949

Tab. č. 39 e) Rychlost větru 10 m.s⁻¹; teplota prostředí: 5 °C;

třída stability počasí: D; (NH₃; ALOHA)

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
50	10	10	20	25	36	43	54	56	66	104
500	20	25	63	80	115	137	173	182	210	336
1 000	28	36	89	114	163	195	246	258	299	481
5 000	63	81	202	258	373	447	567	595	694	1 100
10 000	89	116	288	369	535	643	818	861	1 000	1 600

Tab. č. 39 f) Rychlost větru 10 m.s⁻¹; teplota prostředí: 21 °C;

třída stability počasí: D; (NH₃; ALOHA)

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
50	10	10	20	26	37	44	56	58	67	107
500	20	27	65	83	119	141	178	186	216	346
1 000	29	38	92	117	168	201	253	266	308	496
5 000	65	84	208	266	384	460	583	614	714	1 200
10 000	92	119	296	380	551	663	843	887	1 000	1 600

Tab. č. 40: Kombinovaná závislost na množství uniklé látky za rozdílných teplot a rychlosti větru – amoniak; dosahy ohrožení (TerEx)

PUFF	NH ₃ (l)		TerEx (3.1.1)
Teplota kapaliny v zařízení	5 °C/21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	1/5/10 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	proměnlivé	Pokrytí oblohy mraky	25 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-jaro
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	(A/B/D)

**Tab. č. 40 a) Rychlost větru 1 m.s⁻¹; teplota látky: 5 °C;
třída stability počasí: A; (NH₃; TerEx)**

Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
50	54	127	15	40	30	67
500	140	281	32	86	63	144
1 000	187	356	41	109	81	182
5 000	371	625	75	190	142	315
10 000	493	785	95	241	180	398

**Tab. č. 40 b) Rychlost větru 1 m.s⁻¹; teplota látky: 21 °C;
třída stability počasí: A; (NH₃; TerEx)**

Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
50	62	143	17	45	34	76
500	162	316	37	98	73	163
1 000	216	401	46	123	91	205
5 000	428	705	85	214	160	354
10 000	564	885	105	269	201	446

**Tab. č. 40 c) Rychlost větru 5 m.s⁻¹; teplota látky: 5 °C;
třída stability počasí: B; (NH₃; TerEx)**

Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
50	27	135	7	33	23	60
500	104	310	28	83	60	141
1 000	141	405	38	105	77	178
5 000	299	775	75	190	142	315
10 000	405	975	95	241	180	398

**Tab. č. 40 d) Rychlost větru 5 m.s⁻¹; teplota látky: 21 °C;
třída stability počasí: B; (NH₃; TerEx)**

Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
50	30	150	7	36	25	67
500	123	355	33	94	69	159
1 000	167	460	43	119	87	201
5 000	346	875	85	214	160	354
10 000	479	1 075	105	269	201	446

**Tab. č. 40 e) Rychlost větru 10 m.s⁻¹; teplota látky: 5 °C;
třída stability počasí: D; (NH₃; TerEx)**

Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
50	50	250	5	31	21	58
500	194	580	5	61	38	119
1 000	270	750	5	75	47	148
5 000	550	1 350	5	125	77	250
10 000	746	1 750	5	156	95	313

**Tab. č. 40 f) Rychlost větru 10 m.s⁻¹; teplota látky: 21 °C;
třída stability počasí: D; (NH₃; TerEx)**

Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
50	58	290	5	34	23	65
500	230	660	5	68	43	133
1 000	314	850	5	84	52	166
5 000	646	1 550	5	139	85	279
10 000	870	2 050	5	174	106	351

4. 7. 2 Chlor

Závislosti dosahu ohrožení na množství uniklého chloru za rozdílných teplot a při různých rychlostí proudění větru prezentuje sada tabulek č. 41 a) až e) pro modelování v prostředí programu ALOHA a sada tabulek č. 42 a) až e) pro modelování v programu TerEx.

Tab. č. 41: Kombinovaná závislost na množství uniklé látky za rozdílných teplot a rychlosti větru – chlor; dosahy ohrožení (ALOHA)

PUFF	Cl ₂		ALOHA
Teplota prostředí	5 °C/21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	<u>2/5/10 m.s⁻¹</u>
Celkové uniklé množství látky	proměnlivé	Oblačnost	5/10 (50%)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	(B/C/D)

Tab. č. 41 a) Rychlost větru 2 m.s⁻¹; teplota látky: 5 °C; třída stability počasí: B; (Cl₂; ALOHA)

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 100 ppm [m]	Dosah 50 ppm [m]	Dosah 30 ppm [m]	Dosah 20 ppm [m]	Dosah 10 ppm [m]	Dosah 6 ppm [m]
20	159	230	300	369	519	653
50	261	372	478	577	774	950
100	370	520	653	772	1 000	1 200
500	763	1 000	1 200	1 400	1 800	2 200
1 000	957	1 300	1 500	1 800	2 200	2 700
5 000	1 600	2 100	2 600	3 000	3 800	4 600
10 000	2 000	2 600	3 100	3 700	4 800	5 700
15 000	2 300	2 900	3 600	4 200	5 400	6 600
20 000	2 500	3 300	3 900	4 600	6 000	7 300

**Tab. č. 41 b) Rychlost větru 5 m.s⁻¹; teplota látky: 5 °C;
třída stability počasí: C; (Cl₂; ALOHA)**

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 100 ppm [m]	Dosah 50 ppm [m]	Dosah 30 ppm [m]	Dosah 20 ppm [m]	Dosah 10 ppm [m]	Dosah 6 ppm [m]
20	127	181	238	294	423	554
50	203	293	383	475	684	892
100	293	422	553	684	980	1 300
500	676	971	1 300	1 500	2 100	2 600
1 000	974	1 400	1 700	2 100	2 700	3 300
5 000	2 100	2 700	3 300	3 900	5 000	6 000
10 000	2 700	3 500	4 200	4 900	6 200	7 500
15 000	3 100	4 100	4 900	5 700	7 200	8 600
20 000	3 400	4 400	5 300	6 100	7 800	9 300

**Tab. č. 41 c) Rychlost větru 5 m.s⁻¹; teplota látky: 21 °C;
třída stability počasí: C; (Cl₂; ALOHA)**

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 100 ppm [m]	Dosah 50 ppm [m]	Dosah 30 ppm [m]	Dosah 20 ppm [m]	Dosah 10 ppm [m]	Dosah 6 ppm [m]
20	132	187	245	303	436	572
50	209	301	395	490	704	918
100	300	434	569	703	1 000	1 300
500	693	996	1 300	1 600	2 100	2 600
1 000	996	1 400	1 800	2 100	2 800	3 400
2 000	1 400	1 900	2 400	2 800	3 600	4 400
5 000	2 100	2 800	3 400	3 900	5 100	6 100
10 000	2 700	3 500	4 300	5 000	6 400	7 600
15 000	3 200	4 200	5 000	5 800	7 400	8 800
20 000	3 500	4 500	5 400	6 200	8 000	9 500

**Tab. č. 41 d) Rychlost větru 10 m.s⁻¹; teplota látky: 5 °C;
třída stability počasí: D; (Cl₂; ALOHA)**

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 100 ppm [m]	Dosah 50 ppm [m]	Dosah 30 ppm [m]	Dosah 20 ppm [m]	Dosah 10 ppm [m]	Dosah 6 ppm [m]
20	112	160	210	260	374	489
50	179	258	338	419	604	790
100	256	370	486	602	867	1 100
500	597	862	1 100	1 400	2 000	2 600
1 000	852	1 200	1 600	2 000	2 800	3 500
5 000	2 000	2 800	3 500	4 200	5 700	6 900
10 000	2 800	3 800	4 800	5 700	7 400	9 000
15 000	3 300	4 600	5 600	6 600	8 700	10 000
20 000	3 800	5 100	6 300	7 400	9 700	10 000

**Tab. č. 41 e) Rychlost větru 10 m.s⁻¹; teplota látky: 21 °C;
třída stability počasí: D; (Cl₂; ALOHA)**

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 100 ppm [m]	Dosah 50 ppm [m]	Dosah 30 ppm [m]	Dosah 20 ppm [m]	Dosah 10 ppm [m]	Dosah 6 ppm [m]
50	184	266	349	432	622	814
100	263	380	500	619	892	1 200
500	613	886	1 200	1 400	2 000	2 600
1 000	874	1 300	1 700	2 000	2 900	3 600
2 000	1 300	1 800	2 400	2 900	3 900	4 900
5 000	2 000	2 900	3 600	4 300	5 800	7 100
10 000	2 900	3 900	4 900	5 800	7 600	9 200
15 000	3 400	4 700	5 800	6 800	8 900	10 000
20 000	3 900	5 300	6 500	7 600	9 900	10 000

Tab. č. 42: Kombinovaná závislost na množství uniklé látky za rozdílných teplot a rychlosti větru – chlor; dosahy ohrožení (TerEx)

PUFF	Cl ₂ (l)		TerEx (3.1.1)
Teplota kapaliny v zařízení	5 °C/21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	proměnlivá
Celkové uniklé množství látky	proměnlivé	Pokrytí oblohy mraky	50 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-jaro
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	(B/C/D)

**Tab. č. 42 a) Rychlost větru 2 m.s⁻¹; teplota látky: 5 °C;
třída stability počasí: B; (Cl₂; TerEx)**

Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
2	B	50	155	280
2	B	100	208	362
2	B	500	412	658
2	B	1 000	557	852
2	B	5 000	1 094	1 550
2	B	10 000	1 462	2 010
2	B	15 000	1 731	2 330
2	B	20 000	1 948	2 590

**Tab. č. 42 b) Rychlost větru 5 m.s⁻¹; teplota látky: 5 °C;
třída stability počasí: C; (Cl₂; TerEx)**

Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
5	C	50	197	385
5	C	100	265	500
5	C	500	521	895
5	C	1 000	686	1 150
5	C	5 000	1 339	2 075
5	C	10 000	1 804	2 675
5	C	15 000	2 113	3 125

**Tab. č. 42 c) Rychlost větru 5 m.s⁻¹; teplota látky: 21 °C;
třída stability počasí: C; (Cl₂; TerEx)**

Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
5	C	20	156	315
5	C	50	228	440
5	C	100	305	565
5	C	500	593	1 015
5	C	1 000	794	1 305
5	C	2 000	1 067	1 680
5	C	5 000	1 555	2 375
5	C	10 000	2 075	3 025
5	C	15 000	2 455	3 525
5	C	20 000	2 764	3 875

**Tab. č. 42 d) Rychlost větru 10 m.s⁻¹; teplota látky: 5 °C;
třída stability počasí: D; (Cl₂; TerEx)**

Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
10	D	50	256	530
10	D	100	339	680
10	D	500	664	1 220
10	D	1 000	890	1 570
10	D	5 000	1 746	2 850
10	D	10 000	2 314	3 650
10	D	15 000	2 740	4 250

**Tab. č. 42 e) Rychlost větru 10 m.s⁻¹; teplota látky: 21 °C;
třída stability počasí: D; (Cl₂; TerEx)**

Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
10	D	50	294	600
10	D	100	394	770
10	D	500	766	1 380
10	D	1 000	1 020	1 770
10	D	2 000	1 376	2 280
10	D	5 000	1 994	3 250
10	D	10 000	2 678	4 150
10	D	15 000	3 158	4 750
10	D	20 000	3 554	5 350

4.8 Kombinovaná závislost na rychlosti větru při rozdílném množství uniklé látky

4.8.1 Oxid uhelnatý (100 kg/500 kg/1 000 kg)

Závislosti dosahu ohrožení na rychlosti proudění větru při rozdílných množstvích uniklého oxidu uhelnatého podává sada tabulek č. 43 a) až c) pro modelování v programu ALOHA a sada tabulek č. 44 a) až c) pro modelování v programu TerEx.

Tab. č. 43: Kombinovaná závislost na rychlosti větru při rozdílném množství uniklé látky – oxid uhelnatý; dosahy ohrožení (ALOHA)

PUFF	CO		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	proměnlivá
Celkové uniklé množství látky	100/500/1 000 kg	Oblačnost	5/10 (50 %)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	(B/C/D)

Tab. č. 43 a) Množství uniklé látky: 100 kg (CO; ALOHA)

Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Dosah 200 000 ppm [m]	Dosah 100 000 ppm [m]	Dosah 1 200 ppm [m]
1	B	100	10	10	97
2	B	100	10	10	69
3	B	100	10	10	57
4	C	100	10	10	66
5	C	100	10	10	59
6	D	100	10	10	76
7	D	100	10	10	70
8	D	100	10	10	66
9	D	100	10	10	62
10	D	100	10	10	59

Tab. č. 43 b) Množství uniklé látky: 500 kg (CO; ALOHA)

Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Dosah 200 000 ppm [m]	Dosah 100 000 ppm [m]	Dosah 1 200 ppm [m]
1	B	500	17	24	210
2	B	500	12	17	152
3	B	500	10	14	125
4	C	500	11	16	147
5	C	500	10	14	132
6	D	500	13	19	171
7	D	500	12	17	158
8	D	500	11	16	148
9	D	500	11	15	139
10	D	500	10	14	132

Tab. č. 43 c) Množství uniklé látky: 1 000 kg (CO; ALOHA)

Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Dosah 200 000 ppm [m]	Dosah 100 000 ppm [m]	Dosah 1 200 ppm [m]
1	B	1 000	24	34	280
2	B	1 000	17	24	213
3	B	1 000	14	20	175
4	C	1 000	16	23	209
5	C	1 000	14	20	187
6	D	1 000	19	26	244
7	D	1 000	17	24	226
8	D	1 000	16	23	210
9	D	1 000	15	21	198
10	D	1 000	14	20	188

Tab. č. 44: Kombinovaná závislost na rychlosti větru při rozdílném množství uniklé látky – oxid uhelnatý; dosahy ohrožení (TerEx)

PUFF	CO (g)		TerEx (3.1.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	<u>proměnlivá</u>
Celkové uniklé množství látky	<u>100/500/1 000 kg</u>	Pokrytí oblohy mraky	50 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-jaro
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	(B/C/D)

Tab. č. 44 a) Množství uniklé látky: 100 kg (CO; TerEx)

Rychlost větru [m.s⁻¹]	Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
1	B	100	55	140
2	B	100	47	140
3	B	100	28	141
4	C	100	39	196
5	C	100	39	195
6	D	100	54	270
7	D	100	53	266
8	D	100	54	272
9	D	100	54	270
10	D	100	54	270

Tab. č. 44 b) Množství uniklé látky: 500 kg (CO; TerEx)

Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
1	B	500	117	255
2	B	500	99	256
3	B	500	90	255
4	C	500	130	352
5	C	500	123	355
6	D	500	171	480
7	D	500	167	483
8	D	500	161	480
9	D	500	155	477
10	D	500	96	480

Tab. č. 44 c) Množství uniklé látky: 1 000 kg (CO; TerEx)

Rychlost větru [m.s ⁻¹]	Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
1	B	1 000	162	330
2	B	1 000	138	330
3	B	1 000	126	330
4	C	1 000	175	452
5	C	1 000	166	455
6	D	1 000	238	618
7	D	1 000	225	616
8	D	1 000	219	616
9	D	1 000	214	621
10	D	1 000	208	620

4.9 Kombinovaná závislost na množství uniklé látky při rozdílných třídách stability

4.9.1 Chlor (třídy stability B/D/F)

Závislosti dosahu ohrožení na množství uniklého chloru při rozdílných třídách atmosférické stability dokládá sada tabulek č. 45 a) až c) pro modelování softwarem ALOHA a sada tabulek č. 46 a) až c) pro modelování softwarem TerEx.

Tab. č. 45: Kombinovaná závislost na množství uniklé látky při rozdílných třídách stability počasí – chlor; dosahy ohrožení (ALOHA)

PUFF	Cl ₂		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	2 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	<u>proměnlivé</u>	Oblačnost	5/10 (50%)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	<u>B/D/F</u>

Tab. č. 45 a) Třída atmosférické stability: B (konvekce); (Cl₂; ALOHA)

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 100 ppm [m]	Dosah 50 ppm [m]	Dosah 30 ppm [m]	Dosah 20 ppm [m]	Dosah 10 ppm [m]	Dosah 6 ppm [m]
50	266	380	488	588	789	966
100	379	530	665	786	1 000	1 300
200	532	720	887	1 000	1 300	1 600
500	770	1 000	1 200	1 400	1 800	2 200
1 000	992	1 300	1 500	1 800	2 300	2 700
2 000	1 200	1 600	1 900	2 200	2 800	3 400
5 000	1 600	2 100	2 600	3 000	3 800	4 500
10 000	2 000	2 600	3 200	3 700	4 900	5 800
20 000	2 600	3 300	4 000	4 700	6 100	7 400

Tab. č. 45 b) Třída atmosférické stability: D (izotermie); (Cl₂; ALOHA)

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 100 ppm [m]	Dosah 50 ppm [m]	Dosah 30 ppm [m]	Dosah 20 ppm [m]	Dosah 10 ppm [m]	Dosah 6 ppm [m]
50	340	506	645	768	1 000	1 200
100	455	655	839	999	1 300	1 600
200	596	832	1 100	1 300	1 700	2 000
500	782	1 100	1 300	1 600	2 100	2 700
1 000	991	1 300	1 700	2 000	2 600	3 300
2 000	1 200	1 600	2 000	2 300	3 100	3 900
5 000	1 600	2 100	2 600	3 000	4 000	4 900
10 000	2 100	2 700	3 300	3 800	5 000	6 200
20 000	2 700	3 400	4 200	4 900	6 400	7 800

Tab. č. 45 c) Třída atmosférické stability: F (inverze); (Cl₂; ALOHA)

Množství uniklé látky [kg]	Dosah 100 ppm [m]	Dosah 50 ppm [m]	Dosah 30 ppm [m]	Dosah 20 ppm [m]	Dosah 10 ppm [m]	Dosah 6 ppm [m]
50	334	478	616	749	1 000	1 300
100	438	615	785	954	1 300	1 700
200	549	758	961	1 200	1 600	2 000
500	739	1 000	1 300	1 500	2 100	2 600
1 000	915	1 200	1 500	1 800	2 500	3 200
2 000	1 100	1 500	1 900	2 300	3 100	3 800
5 000	1 600	2 200	2 700	3 100	4 200	5 300
10 000	2 200	2 800	3 500	4 100	5 400	6 700
20 000	2 900	3 800	4 600	5 400	7 200	8 800

Tab. č. 46: Kombinovaná závislost na množství uniklé látky při rozdílných třídách stability počasí – chlor; dosahy ohrožení (TerEx)

PUFF	Cl ₂ (l)		TerEx (3.1.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	2 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	proměnlivé	Pokrytí oblohy mraky	50 % (B/F) 100 % (D)
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-jaro (B/D) noc, ráno nebo večer (F)
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	B/D/F

**Tab. č. 46 a) Doba vzniku a průběhu havárie: den-jaro;
pokrytí oblohy mraky: 50 %; typ stálosti: B (Cl₂; TerEx)**

Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
B	50	178	318
B	100	242	412
B	200	321	532
B	500	479	748
B	1 000	643	966
B	2 000	862	1 250
B	5 000	1 254	1 770
B	10 000	1 696	2 270
B	20 000	2 268	2 930

Tab. č. 46 b) Doba vzniku a průběhu havárie: den-jaro;
pokrytí oblohy mraky: 100 %; typ stálosti: D (Cl₂; TerEx)

Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
D	20	253	426
D	50	317	594
D	100	489	766
D	200	657	986
D	500	961	1 376
D	1 000	1 290	1 770
D	2 000	1 698	2 278
D	5 000	2 494	3 190
D	10 000	3 319	4 090
D	15 000	3 926	4 750
D	20 000	4 446	5 270

Tab. č. 46 c) Doba vzniku a průběhu havárie: noc, ráno nebo večer;
pokrytí oblohy mraky: 50 %; typ stálosti: F (Cl₂; TerEx)

Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]
F	50	630	952
F	100	845	1 226
F	200	1 132	1 578
F	500	1 650	2 202
F	1 000	2 191	2 834
F	2 000	2 925	3 644
F	5 000	4 282	5 090
F	10 000	5 661	6 530
F	20 000	7 562	8 410

4. 9. 2 Oxid uhelnatý (třídy stability B/D/F)

Závislosti dosahu ohrožení na množství uniklého oxidu uhelnatého při rozdílných třídách atmosférické stability dokládá sada tabulek č. 47 a) až c) pro modelování softwarem ALOHA a sada tabulek č. 48 a) až c) pro modelování softwarem TerEx.

Tab. č. 47: Kombinovaná závislost na množství uniklé látky při rozdílných třídách stability počasí – oxid uhelnatý; dosahy ohrožení (ALOHA)

PUFF	CO		ALOHA
Teplota prostředí	21 °C	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	2 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	proměnlivé	Oblačnost	5/10 (50 %)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	<u>B/D/F</u>

Tab. č. 47 a) Třída atmosférické stability: B (konvekce); (CO; ALOHA)

Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Dosah 200 000 ppm [m]	Dosah 100 000 ppm [m]	Dosah 1 200 ppm [m]
B	50	10	10	49
B	100	10	10	69
B	500	12	17	152
B	1 000	17	24	213
B	5 000	38	54	442
B	10 000	54	76	572

Tab. č. 47 b) Třída atmosférické stability: D (izotermie); (CO; ALOHA)

Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Dosah 200 000 ppm [m]	Dosah 100 000 ppm [m]	Dosah 1 200 ppm [m]
D	50	10	10	93
D	100	10	14	132
D	500	23	32	297
D	1 000	32	45	404
D	5 000	72	102	747
D	10 000	102	145	956

Tab. č. 47 c) Třída atmosférické stability: F (inverze); (CO; ALOHA)

Třída stability počasí	Množství uniklé látky [kg]	Dosah 200 000 ppm [m]	Dosah 100 000 ppm [m]	Dosah 1 200 ppm [m]
F	50	14	19	182
F	100	19	27	252
F	500	43	61	495
F	1 000	61	88	650
F	5 000	141	199	1 200
F	10 000	199	274	1 600

Tab. č. 48: Kombinovaná závislost na množství uniklé látky při rozdílných třídách stability počasí – oxid uhelnatý; dosahy ohrožení (TerEx)

PUFF	CO (g)		TerEx (3.1.1)
Teplota kapaliny v zařízení	21 °C	Rychlost větru v přízemní vrstvě	2 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	proměnlivé	Pokrytí oblohy mraky	50 % (B/F) 100 % (D)
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-jaro (B/D) noc, ráno nebo večer (F)
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	<u>B/D/F</u>

Tab. č. 48 a) Doba vzniku a průběhu havárie: den-jaro; stupeň oblačnosti: 50 %; třída stability počasí: B (konvekce); (CO; TerEx)

Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prolehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
50	34	108	19	46	33	78
100	47	140	24	58	42	99
500	99	256	44	101	74	171
1 000	138	330	57	128	94	216
5 000	290	610	105	225	166	375
10 000	398	790	145	292	219	482

Tab. č. 48 b) Doba vzniku a průběhu havárie: den-jaro; stupeň oblačnosti: 100 %; třída stability počasí: D (izotermie); (CO; TerEx)

Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
50	77	206	37	60	47	92
100	107	266	47	76	60	117
500	221	478	86	132	105	202
1 000	303	616	111	169	135	257
5 000	618	1 100	205	300	241	450
10 000	846	1 430	265	382	309	572

Tab. č. 48 c) Doba vzniku a průběhu havárie: noc, ráno nebo večer; stupeň oblačnosti: 50 %; třída stability počasí: F (inverze); (CO; TerEx)

Množství uniklé látky [kg]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
50	138	330	59	77	64	109
100	189	426	76	98	82	139
500	393	766	138	172	145	242
1 000	537	986	178	221	187	309
5 000	1 096	1 790	325	395	336	545
10 000	1 493	2 290	415	502	429	692

4. 10 Závislost na teplotě prostředí

Závislost dosahu ohrožení na teplotě prostředí, resp. teplotě kapaliny v zařízení (bylo uvažováno, počítáno s případem, kdy teplota kapaliny v zařízení je rovna teplotě okolního prostředí) dokládá tabulka č. 49 (modelování v prostředí ALOHA) a tabulka č. 50 (modelování v programu TerEx).

4. 10. 1 Amoniak

Tab. č. 49: Závislost na teplotě – amoniak; dosahy ohrožení (ALOHA)

PUFF	NH ₃		ALOHA
Teplota prostředí	proměnlivá	Rychlost větru ve výšce 3 m nad povrchem	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	6 000 kg	Oblačnost	5/10 (50 %)
Drsnost povrchu	město nebo les	Vlhkost	50 %
Inverzní podmínky	ne	Třída atmosférické stability	C (izotermie)

Teplota prostředí [°C]	Dosah 160 tis. ppm [m]	Dosah 96 tis. ppm [m]	Dosah 16 tis. ppm [m]	Dosah 5 tis. ppm [m]	Dosah 2 450 ppm [m]	Dosah 1 730 ppm [m]	Dosah 1 100 ppm [m]	Dosah 1 tis. ppm [m]	Dosah 750 ppm [m]	Dosah 300 ppm [m]
-10	87	113	277	352	500	585	706	733	819	1 100
0	89	114	282	359	509	595	717	744	830	1 200
1	89	115	282	360	510	595	718	746	832	1 200
5	89	116	284	363	513	600	722	750	836	1 200
10	90	117	287	366	517	604	727	755	842	1 200
15	91	117	290	369	522	609	732	760	847	1 200
20	92	119	292	372	526	613	737	765	852	1 200
25	92	120	294	376	530	617	742	770	858	1 200
30	94	121	297	379	534	622	747	775	863	1 200
40	95	123	302	385	542	630	757	785	874	1 200
50	97	125	307	391	550	639	766	794	883	1 200
60	98	127	312	397	557	647	775	803	894	1 200
65	99	127	314	400	561	651	779	808	899	1 200

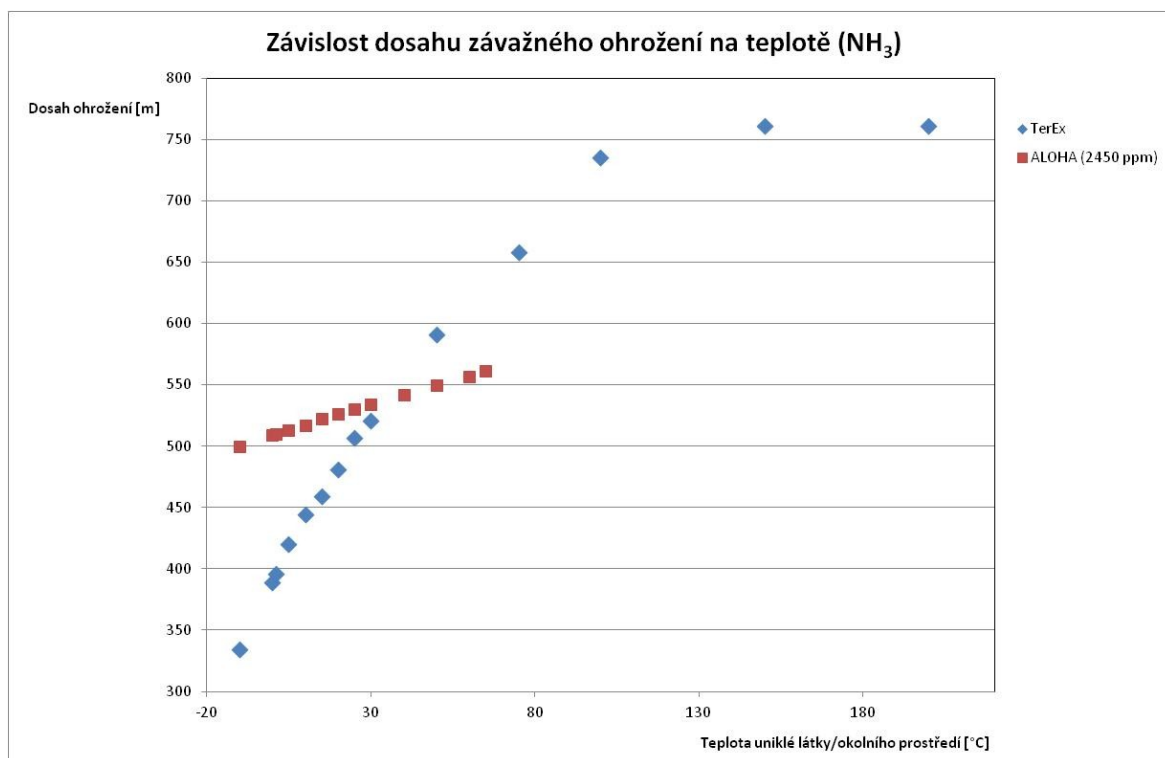
Tab. č. 50: Závislost na teplotě – amoniak; dosahy ohrožení (TerEx)

PUFF	NH ₃ (l)		TerEx (2.9.1)
Teplota kapaliny v zařízení	proměnlivá	Rychlost větru v přízemní vrstvě	3 m.s ⁻¹
Celkové uniklé množství látky	6 000 kg	Pokrytí oblohy mraky	50 %
Typ povrchu ve směru šíření látky	obytná krajina	Doba vzniku a průběhu havárie	den-zima
Sprejový efekt	ano	Typ atmosférické stálosti	C (izotermie)

Teplota kapaliny v zařízení [°C]	Nezbytná evakuace osob (Ohrožení osob toxickou látkou) [m]	Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku [m]	Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku [m]	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním [m]	Závažné poškození budov [m]	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem [m]
-10	334	723	89	191	148	303
0	389	825	105	221	173	348
1	396	855	105	223	173	351
5	420	885	115	232	181	365
10	444	915	115	242	189	381
15	459	945	125	252	197	396
20	481	1 010	125	257	200	405
25	507	1 040	125	266	207	419
30	521	1 070	135	275	215	432
50	591	1 160	145	300	233	471
75	658	1 280	165	334	262	522
100	735	1 370	175	357	280	558
150	761	1 430	175	365	284	573
200	761	1 430	175	365	284	573

Ilustrativní zobrazení závislosti dosahu závažného ohrožení na teplotě prostředí/látky poskytnuté oběma programy pro 6000 kg jednorázově uniklého amoniaku je znázorněno na grafu č. 8. Pro vysvětlení je třeba uvést, že autoři programu ALOHA omezili volbu teploty prostředí na interval teplot -100 °C až +65 °C (-100 °F až +150 °F).

Graf č. 8: Závislost dosahu závažných účinků na teplotě (6 000 kg; NH₃)



5 DISKUSE

K nežádoucím únikům chemických látek neustále dochází, přestože se zavádějí stále novější a účinnější bezpečnostní zařízení i organizační opatření. V praxi se ukazuje, že jak pro prvotní odhad dosahu negativních účinků havárie, tak i k preventivní přípravě na takové mimořádné události je nutné mít alespoň orientační představu o dosahu ohrožení uniklou nebezpečnou látkou.

Jedním ze způsobů odhadnutí dosahu ohrožení je použít v současné době populárních modelovacích počítačových programů. V práci byly použity dva doporučené softwary – ALOHA a TerEx.

Záměrem bylo porovnat výsledky, které výše zmíněné programové nástroje poskytly při obdobných vstupních podmínkách.

Jak je patrné z mnoha tabulek, příkladně z tabulek č. 11 a č. 12 při porovnání dosahu účinků amoniaku v závislosti na uniklém množství a názorněji z grafů č. 1 a č. 2 na str. 80, ukazuje se, že ALOHA poskytuje větší vzdálenosti, či chcete-li, dosahy ohrožení oproti vzdálenostem vypočtených programem TerEx. Lineární závislost rozdílů výsledků nebyla na dané ukázce prokázána.

Podobně z tabulek č. 23 a č. 24, resp. z grafu č. 5 na str. č. 93 je zřejmé nadhodnocení dosahu závažných účinků amoniaku v závislosti na třídě stability počasí u programu ALOHA v porovnání s programem TerEx. Opět zde nebyla zjištěna linearita v rozdílech vypočtených dosahů.

Poněkud odlišná situace nastává např. u závislosti dosahu závažných účinků na teplotě u amoniaku (tab. č. 49 a č. 50, resp. graf č. 8 na str. č. 134). Do teploty

cca 30 °C má konzervativnější přístup program ALOHA, nad touto teplotou potom program TerEx. V daném případě může vysvětlení spočívat v použití odlišných výpočtových rovnic (u programu TerEx je manuál skoupější k uvádění podrobnějších informací k „pozadí chodu“ softwaru).

U programu ALOHA je možné společně se Skřehotem (2009b) velmi kladně hodnotit, kromě přívětivého uživatelského rozhraní a dobře zpracované uživatelské příručky, také kvalitu získaných výstupů. Tím se rozumí jednak způsob, jakým jsou výsledky uživateli předloženy, jednak i kvalitu vypočtených dat. To lze velmi dobře potvrdit při výpočtu pro událost v Bhópálu, pro kterou právě ALOHA poskytla nejpřesnější a nejobsáhlejší výsledky (Skřehot, 2009b). Z tohoto důvodu jsou často pro hodnocení výsledků z modelování rozptylu toxických plynů (například amoniaku) použity výstupy z programu ALOHA jako referenční hodnoty. Jako určitou nevýhodu z uživatelského hlediska Skřehot (2009b) u programu ALOHA spatřuje v tom, že volně přístupná verze neumožňuje provádět export grafických výstupů do mapového podkladu (jiných než předpřipravených pro území USA) a dále, že grafické výstupy nelze ukládat ve formátu jpg. Veškeré výstupy je možné buďto exportovat přímo do tisku (bez možnosti uložení), anebo musí uživatel provést tisk z obrazovky (funkcí Print Screen). Autor této práce však dodává, že je možné si na osobní počítač nainstalovat virtuální tiskárnu, která umožňuje „tisk“ do souboru (ať již do formátu pdf nebo ps). S formátem pdf je možné dále pracovat, provádět v něm výřezy, které se dají dále upravovat například v grafickém editoru.

Skřehot (2009b) uvádí, že již od samého počátku vývoje programu většina uživatelů pozitivně hodnotila, že ALOHA požaduje pouze takové vstupní údaje, které jsou buď snadno dostupné, anebo které lze odhadnout na základě znalostí o průběhu a charakteru události. Tyto závěry autor práce může na základě nabytých zkušeností potvrdit.

Uživatelské rozhraní i charakter výstupů programu TerEx Skřehot (2009b) výstižně popisuje jako velmi jednoduché, což může za určitých okolností být určitou výhodou. Na rozdíl například od některých jiných modelovacích programů, kde se uživatel bez důkladného prostudování uživatelského manuálu neobejde, TerEx nevyžaduje hluboké znalosti uživatele. Program je velmi jednoduchý a uživatel je jednotlivými dialogovými okny veden ke zdárnému výsledku. Pro nápovědu lze navíc využít funkční klávesy „Průvodce“. Tuto možnost ocení nejvíce uživatel, který není specialistou v oboru chemie či havarijního plánování. Princip řešení za použití funkce „Průvodce“ je postaven na realizaci tří postupných kroků, které průběžně umožňují volit nebo vkládat požadovaná data tak, aby byl vytvořen požadovaný havarijní model (Skřehot, 2009b).

Jak uvádí Skřehot (2009b), z uživatelského manuálu je možné získat informaci, že vzdálenost uváděná ve výstupu jako tzv. „Doporučený průzkum toxické koncentrace“ koresponduje s dosahem koncentrace odpovídající hodnotě IDLH.

Vzdálenost uváděná v textovém výstupu jako tzv. „Nezbytná evakuace osob“, není blíže specifikována a ani v uživatelském manuálu není uvedeno, jakou koncentraci látky v ovzduší tato vzdálenost reprezentuje (Skřehot, 2009b).

Podle vyjádření zástupkyně společnosti T-SOFT a.s., která vyvíjí program TerEx, se vzdálenosti dosahu ohrožení počítají vzhledem ke koncentraci IDLH a koncentracím převzatým z NIOSH (NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, 2010; e-mailové sdělení Havlová, 2011).

Za nedostatek programu lze mít podle Skřehota (2009b) skutečnost, že TerEx neumožňuje počítat dosahy referenčních koncentrací, resp. uživatel nemá možnost tyto koncentrace do programu zadávat. Kromě toho, program neumožňuje ani v rozšířeném uživatelském zadání vstupních dat zadávat třídu stability atmosféry, ale pouze výběr některé z variant, mezi které patří např. „léto-den“ apod. Autor práce tuto vlastnost

považuje za příliš svazující, omezující. I když chápe, že program TerEx je určen pro uživatele s „mírně“ pokročilými znalostmi modelování šíření látek v ovzduší.

Při užívání výstupů z modelovacích programů, metodik či obyčejných nomogramů je třeba mít stále na zřeteli upozornění, které se opakovaně objevuje v odborné literatuře. Uživatelé softwaru mají tendenci přeceňovat poskytované výsledky. Sklon očekávat od pomůcek k modelování havarijních dopadů více, než jsou programy schopny nabídnout, pramení zřejmě z několika důvodů (Pitschmann, 2011). Těmi jsou:

- 1) model zůstává modelem, to jest, poskytuje pouze možnou předpověď vývoje chemické situace (která se může lišit a také zhusta liší od situace reálné)
- 2) čím přesnější výstup uživatel od predikce požaduje, tím přesnější a podrobnější vstupní informace musí být do modelu zadány (a čím méně přesná data uživatel zadá, tím více se výsledek může odchýlit od reálného stavu)
- 3) v leckterých organizacích jsou programy obsluhovány uživateli, kteří neprošli alespoň základní odbornou přípravou nebo kvalifikovaným školením
- 4) ze samotné podstaty konstrukce výpočetních modelů, které mají svá zjednodušení nebo omezení
- 5) autor práce doplňuje, že v programech používané hodnoty zájmových veličin (zraňující koncentrace, doporučený dosah evakuace osob, apod.) jsou opět teoretické povahy, odvozené z pokusů na zvířatech nebo vychází z literatury, v níž se referenční údaje pro daný parametr a pro stejnou látku často i výrazně liší

V neposlední řadě je také třeba upozornit, že sebelépe stanovená a relevantní hodnota zraňující, smrtelné či jinak ohodnocené koncentrace nemá v kontextu s dobou vystavení účinkům toxické látky (expozici) velkou vypovídací schopnost, neboť až obdržená dávka určuje míru a rozsah poškození lidského organismu. I když přesně řečeno, dávka také plně nevystihuje to, s jakým účinkem se projeví působení chemické látky na organismus. Obecně lze jen říci, že po větší dávce bývá účinek větší. A také je třeba zvážit ochrannou funkci budov, v nichž se nacházejí lidé. Setrvání v budově (se zavřenými a těsnícími okny a vypnutou klimatizací), kolem níž se bude po dobu

10 minut pohybovat oblak chemické látky s koncentrací rovnou či převyšující smrtelnou koncentrací nemusí osazenstvu způsobit žádnou zdravotní újmu, zatímco zdravé dospělé osobě chůze po otevřeném prostranství (např. parku, náměstí, ulici), přes niž se pohybuje oblak látky s koncentrací narůstající k hodnotě zraňující koncentrace, aby koncentrace látky po několika minutách vlivem naředění vzduchem klesla pod tuto hodnotu, může způsobit dočasné zdravotní komplikace.

Číselná hodnota smrtelné koncentrace nebo zraňující koncentrace může svádět k jejich leckdy nesprávnému použití. Po jednorázovém úniku toxické látky nejsou jejím účinkům vystaveny osoby hned od počátku určité neměnné koncentraci. S tím, jak se oblak jedovatého plynu formuje a působením větru a dalších faktorů pohybuje „přes“ místo, kde se zkoumaný jedinec nachází, koncentrace látky postupně narůstá, dosahuje svého maxima a poté zase klesá (tak, jak se oblak plynu přesouvá a zároveň rozředí). K odhadu účinku expozice průchodem oblaka jedovatého plynu na vyšetřovaného jedince, je třeba použít integrální dávku (dávku, která se získá integrací postupně narůstajících a následně klesajících hodnot koncentrací v jednotlivých dílčích časových úsecích).

Do budoucna se nabízí provést terénní zkoušky. V České republice byly obdobné praktické zkoušky nedávno provedeny v rámci projektu „Ověření modelování šíření a účinků ohrožujících událostí – SPREAD“ podporovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu.

6 ZÁVĚR

V rámci diplomové práce byly postupně shromážděny dostupné podklady k předloženému tématu (odborná literatura jak tuzemská, tak zahraniční; oslovení odborníků z praxe). Po jejich prostudování, zhodnocení a utřídění byly vybrány relevantní informace, které se použily při zpracování teoretické části práce, v níž byly popsány současné pohledy a aktuální znalosti, které souvisejí s problematikou šíření plynných látek v přízemní vrstvě atmosféry a s modelováním dosahu jejich škodlivého působení. Tím bylo dosaženo prvního stanoveného cíle, což tvořilo nezbytný základ, jakýsi „odrazový můstek“, pro naplnění cíle druhého a k potvrzení či vyvrácení zformulované hypotézy.

Druhým cílem bylo zjistit, zda se budou výrazně lišit výstupy, které poskytnou k modelování zvolené programy (ALOHA a TerEx). Hypotéza byla zformulována jako tvrzení, že výstupy z obou dvou programů se budou lišit, přičemž rozdíly mezi odpovídajícími si výsledky nebudou vykazovat lineární závislost. Ve druhé části práce byl proto za účelem porovnání výsledků obou softwarů zadán obdobný soubor vstupních hodnot (typ a množství nebezpečné látky, atmosférické podmínky, vlastnosti okolního prostředí). Po provedení výpočtu se výsledky zaznamenaly a následně se uspořádaly do tabulek. Postup se opakoval pro různé počáteční podmínky. Dílčí sady výsledků se za oba dva programy mezi sebou navzájem porovnály.

Jak je rozebráno v diskusní části, dle zjištěných výsledků a jejich analýzy je možné konstatovat, že hypotéza byla potvrzena. Existující rozdíly mezi dosahy ohrožení, které vypočetly zvolené počítačové nástroje, nevykazují lineární závislost. Vzdálenosti škodlivého působení vypočtené programem ALOHA jsou oproti vzdálenostem vypočtené programem TerEx větší, tj. ALOHA poskytuje konzervativnější odhad dosahu ohrožení.

Je žádoucí uvést několik vlastních návrhů a zaměření případných pokračujících výzkumů. Jedním z nástinů do budoucna je provést ověřující reálné terénní zkoušky (za přesně zjištěných atmosférických podmínek definovaným způsobem vypustit známé množství plynné látky a ve vhodných vzdálenostech umístěnými detektory kontinuálně v čase zaznamenávat změny hodnot okamžité koncentrace). Jistě by také bylo zajímavé zjistit, jaké modelovací programy pro hodnocení dopadů chemických havárií se používají v České republice (zvlášť za oblast veřejné správy, zvlášť za oblast provozovatelů zařízení s umístěnými chemickými látkami).

Závěrem je možné si přát, aby výsledky předkládané práce posloužily odborníkům z praxe, zvláště těm, kteří se zabývají havarijním modelováním. Jednak si mohou porovnat své prognózy vývoje chemické situace po úniku se zde představenými reprezentativními situacemi. A druhak si uvědomit, že sebelepší model je a zůstane modelem, který je třeba interpretovat v konturách mnoha zjednodušení s ohledem na konkrétní podmínky skutečné a jedinečné situace – chemické havárie.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

I. Odborné publikace a články

HENDRYCH, Adam. *Výpočet rozptylu plynných látek v ovzduší při jejich jednorázovém úniku ze zařízení*. Pardubice, 2008. 39 s. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická. Vedoucí práce Břetislav Janovský.

Bartlová (2003)

BARTLOVÁ, Ivana a Miloš PEŠÁK. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II: Analýza rizik a připravenost na průmyslové havárie*. 1. vydání. Ostrava: SPBI, 2003, 138 s. SPBI Spektrum, sv. 33. ISBN 80-86634-30-2.

Bednář (1985)

BEDNÁŘ, Jan a Otakar ZIKMUNDA. *Fyzika mezní vrstvy atmosféry*. 1. vydání. Praha: Academia, 1985, 248 s.

Čapoun (2009)

ČAPOUN, Tomáš et al. *Chemické havárie*. 1. vydání. Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2009, 149 s. ISBN 978-80-86640-64-8.

Folwarczny (2006)

FOLWARCZNY, Libor a Jiří POKORNÝ. *Evakuace osob*. 1. vydání. Ostrava: SPBI, 2006, 125 s. SPBI Spektrum, Sv. 47. ISBN 80-86634-92-2.

Horák (2004)

HORÁK, Rudolf et al. *Průvodce krizovým řízením pro veřejnou správu*. Praha: Linde Praha, 2004, 407 s. ISBN 80-7201-471-4.

Klouta (2006)

KLOUDA, Karel, Klára BEZPALCOVÁ a Zbyněk JAŇOUR. Fyzikální modelování šíření nebezpečných látek na Staroměstském náměstí a v jeho okolí. In *Sborník příspěvků z konference Nebezpečné látky 2006*. Ostrava: SPBI, 2006, s. 61-75. ISBN 80-86634-91-4.

Kroupa (2004)

KROUPA, Miroslav. *Chování obyvatelstva v případě havárie s únikem nebezpečných chemických látek*. Praha: MV-GŘ HZS ČR, 2004, 46 s. ISBN 80-86640-23-X.

Lees (2001)

LEES, Frank P. *Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control*. 2nd ed. F. P. Lees. Boston: Butterworth-Heinemann, 1996, reprinted 2001, 15/1-15/357. ISBN 978-0-7506-1547-1.

Marhold (1980)

MARHOLD, Josef. *Přehled průmyslové toxikologie: Anorganické látky*. 2. vydání. Praha: Avicenum - zdravotnické nakladatelství, 1980.

Mika (2011a)

MIKA, Otakar J. Modelování havarijních dopadů nebezpečných chemických látek. *Rescue Report: Časopis pro záchranáře, hasiče, policisty a krizové manažery*. Brno: SIVILIANIA, 2011, roč. XIII., č. 4, s. 16-18. ISSN 1212-0456.

Mika (2011b)

MIKA, Otakar J. Modelování havarijních dopadů nebezpečných chemických látek pomocí ALOHA. In: *Sborník příspěvků z konference Zásah 2011: Aktuální problémy řešení mimořádných událostí na teritoriu územně samosprávných celků*. Hana Vojáčková. Vydání první. Jihlava: Vysoká škola polytechnická Jihlava, 2011, s. 118-128. ISBN 978-80-87035-38-2.

Otrůsal (2007)

OTŘÍŠAL, Pavel a Daniel SAS. *Vyhodnocování radiační a chemické situace*. Brno: Univerzita obrany, 2007, 232 s. ISBN 978-80-7231-225-2.

Paleček (2006)

PALEČEK, Miloš et al. *Prevence rizik*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství Oeconomica, 2006, 256 s. ISBN 80-245-1117-7.

Pitschmann (2011)

PITSCHMANN, Vladimír et al. *Chemické zbraně a ochrana proti nim*. 1. vydání. Praha: MANUS, 2011, 224 s. ISBN 978-80-86571-09-6.

Pitschmann (2003)

PITSCHMANN, Vladimír, Emil HALÁMEK a Zbyněk KOBLIHA. *Průmyslové toxické látky: rizika, vlastnosti a ochrana*. Vyškov: VVŠ PV Vyškov, 2003, 114 s.

Říman (2007a)

ŘÍMAN, Radovan, Petr SKŘEHOT a Radomír BORTL. Modelování následků nehody automobilové cisterny s LPG pomocí numerického programu ALOHA. *CHEMAGAZÍN*. Pardubice: Chemagazín, 2007, roč. XVII, č. 6, s. 14-17. ISSN 1210-7409.

Říman (2007b)

ŘÍMAN, Radovan et al. Využití numerického programu ALOHA pro potřeby modelování následků mimořádných událostí. *Spektrum: Příloha: Synergické účinky v průmyslových zónách*. Ostrava: SPBI, 2007, roč. 7, č. 2/2007, s. 21-24. ISSN 1211-6920.

Skřehot (2009a)

SKŘEHOT, Petr et al. *Prevence nehod a havárií: 1. díl: Nebezpečné látky a materiály*. 1. vydání. Praha: PINK PIG, 2009, 341 s. ISBN 978-80-86973-70-8.

Skřehot (2009b)

SKŘEHOT, Petr et al. *Prevence nehod a havárií: 2. díl: Mimořádné události a prevence nežádoucích následků*. 1. vydání. Praha: PINK PIG, 2009, 595 s. ISBN 978-80-86973-73-9.

Suchardová (2011)

SUCHARDOVÁ, Petra a Aleš BERNATÍK. Modelování a simulace exploze při mimořádných událostech. *Stavebnictví*. 2011, roč. 5, č. 2, s. 48-51. ISSN 1802-2030.

Wiederlechner (2008)

WIEDERLECHNER, Jan. *Šíření nebezpečných látek v atmosféře při haváriích*. Brno, 2008. Disertační práce. Univerzita obrany. Vedoucí práce Josef Kellner.

Zapletalová (1998)

ZAPLETALOVÁ-BARTLOVÁ, Ivana a Karol BALOG. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*. 1. vydání. Ostrava: SPBI, 1998, 193 s. SPBI Spektrum, sv. 7. ISBN 80-86111-07-5.

Zavila (2007)

ZAVILA, Ondřej a Milada KOZUBKOVÁ. Úvod do problematiky matematického modelování turbulence se zaměřením na rozptyl a šíření plynných polutantů v mezní vrstvě atmosféry. In: *Sborník příspěvků z konference Ochrana obyvatelstva 2007*. Ostrava: SPBI, 2007, s. 443-452.

II. Právní předpisy

Zákon o prevenci závažných havárií (2006)

Česká republika. Zákon 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). In: *Sbírka zákonů*. 2006, Částka 25, s. 842-869.

Chemický zákon (2011)

Česká republika. Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). In: *Sbírka zákonů*. 2011, Částka 122, s. 4353-4375.

III. Internetové zdroje

ALOHA (2007)

ALOHA: User's Manual [online]. Washington: U. S. Environmental Protection Agency and National Oceanic and Atmospheric Administration, February 2007, 195 s. [cit. 2010-05-09]. Dostupné z: <http://www.epa.gov/oem/docs/cameo/ALOHAManual.pdf>

ALOHA (2012)

ALOHA: Overview. OFFICE OF RESPONSE AND RESTORATION NOAA. *ALOHA - Office of Response and Restoration* [online]. 2012 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://response.restoration.noaa.gov/aloha>

Bezpečnostní list čpavku 6.0. THE LINDE GROUP. *Stránky Linde Gas* [online]. 2007 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/prodcatlgcz.nsf/Docbyalias/462_3

Bezpečnostní list chloru 2.8. THE LINDE GROUP. *Stránky Linde Gas* [online]. 2007 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/prodcatlgcz.nsf/Docbyalias/464_1

Bezpečnostní list oxidu uhelnatého 3.0. THE LINDE GROUP. *Stránky Linde Gas* [online]. 2007 [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: http://prodkatalog.linde-gas.cz/international/web/lg/cz/prodcatlgcz.nsf/Docbyalias/474_2

Florus (2007)

FLORUS, Stanislav. *Toxikologické aspekty chemických havárií: doplňkové texty pro posluchače kombinované formy studia studijního programu „Ochrana obyvatelstva“* [online]. České Budějovice, 2007, 69 s. [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: http://www.zsf.jcu.cz/structure/departments/kra/informace-pro-studenty/ucebni_texty/ochrana-obyvatelstva-se-zamerenim-na-cbrne-aplikovana-radiobiologie-a-toxikologie-krizova-radiobiologie-a-toxikologie/toxikologicke-aspekty-chemicky-havarii.doc

NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards (2010)

Centers for Disease Control and Prevention: NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards [online]. 2010 [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

Rusek (2001)

RUSEK, Vlastimil. *Základy toxikologie a úvod do problematiky hygieny a bezpečnosti práce v chemické laboratoři* [online]. Pardubice: Univerzita Pardubice, Ústav ochrany životního prostředí, 2001, 125 s. [cit. 2011-01-27]. Dostupné z: <http://stag.upce.cz>

Sluka (2010)

SLUKA, Vilém. *Výkladový terminologický slovník některých pojmů používaných v analýze a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií* [online]. 1. aktualizace 1. vydání. Praha: VÚBP, 2010, 87 s., 2010-07-01 [cit. 2011-01-24]. Dostupné z: <http://www.vubp.cz/index.php/metodiky>

TerEx (2007)

T-SOFT a.s. *Uživatelský manuál TerEx: Software pro rychlý odhad následků havárií a teroristických útoků* [CD]. Verze 2.9. Praha, Květen 2007 [cit. 2011-08-31].

TerEx (2012)

TerEx - Teroristický Expert. T-SOFT a.s. *T-SOFT: Nejlepší řešení pro zítřek* [online]. Praha, 2012 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.t-soft.cz/terex>

Vašíček (2008)

VÁŠÍČEK, Jiří. Beaufortova stupnice síly větru. *Portál ČHMÚ: Odbor letecké meteorologie ČHMÚ* [online]. Praha, 2008, 7. února 2008 [cit. 2012-04-09]. Dostupné z: http://old.chmi.cz/meteo/olm/Let_met/beaufort/Beaufortova_stupnice.htm

IV. Ostatní zdroje

Urban (2010)

URBAN, Iason. *Ústní sdělení*. Institut ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč. Na Lužci 204. Lázně Bohdaneč [2010-10-20]

Havlová (2010)

HAVLOVÁ, Michaela. *Ústní sdělení*. T-SOFT a.s. Novodvorská 1010. Praha 4 [2010-10-21]

Havlová (2011)

HAVLOVÁ, Michaela. T-SOFT a.s. *FW: Dotaz k programu TerEx*. 2. srpna 2011. Osobní e-mailová komunikace. <havlova@tsoft.cz> [cit. 2012-04-29]

Skřehot (2010)

SKŘEHOT, Petr. *Ústní sdělení*. Výzkumný ústav bezpečnosti práce. Jeruzalémská 9. Praha 1 [2010-10-27]

Wiederlechner (2010)

WIEDERLECHNER, Jan. *Ústní sdělení*. 314. centrum výstrahy zbraní hromadného ničení. Hostivice-Břve [2010-10-25]

8 KLÍČOVÁ SLOVA

ALOHA

dosah ohrožení

jednorázový únik

modelování atmosférického rozptylu

šíření plynu

TerEx

KEY WORDS

ALOHA

atmospheric dispersion modelling

gas dispersion

instantaneous release

range of danger

TerEx

9 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

I. Seznam obrázků

OBR. Č. 1:	KLASIFIKACE ÚNIKŮ PODLE UZAVŘENOSTI/OTEVŘENOSTI	14
OBR. Č. 2:	CHARAKTER UNIKAJÍCÍ LÁTKY	15
OBR. Č. 3:	TYP ZAŘÍZENÍ, Z NĚHOŽ DOCHÁZÍ K ÚNIKU	15
OBR. Č. 4:	POLOHA A VELIKOST OTVORU V ZAŘÍZENÍ, KTERÝM DOCHÁZÍ K ÚNIKU	16
OBR. Č. 5:	ZÁKLADNÍ MODELY ÚNIKU LÁTEK ZE ZAŘÍZENÍ	17
OBR. Č. 6:	ZJEDNODUŠENÝ MODEL DVOUFÁZOVÉHO ÚNIKU LÁTKY Z AUTOCISTERNY	18
OBR. Č. 7:	DIAGRAM POSLOUPNOSTI DĚJŮ PO ÚNIKU LÁTKY ZE ZAŘÍZENÍ	20
OBR. Č. 8:	HAVARIJNÍ PROJEVY PŘI ÚNIKU HOŘLAVÝCH PAR	23
OBR. Č. 9:	KOMPLEXNÍ POJETÍ HODNOCENÍ MODELŮ ÚNIKŮ	24
OBR. Č. 10:	TYPY KOUŘOVÝCH VLEČEK	26
OBR. Č. 11:	VLIV HYBNOSTI NA CHARAKTER ÚNIKU LÁTKY ZE ZAŘÍZENÍ	30
OBR. Č. 12:	KLASIFIKACE ZDROJŮ ÚNIKU PODLE VÝŠKY	31
OBR. Č. 13:	UKÁZKA VĚTRNÉ RŮŽICE	36
OBR. Č. 14:	SOUŘADNÝ SYSTÉM PRO POZEMNÍ ZDROJ ÚNIKU	43
OBR. Č. 15:	ZNÁZORNĚNÍ KONTINUÁLNÍHO ŠÍŘENÍ LÁTKY ZE ZDROJE	56
OBR. Č. 16:	KONCENTRAČNÍ PROFIL POHYBUJÍCÍHO SE OBLAKU ŠKODLIVINY V OSE ŠÍŘENÍ	57
OBR. Č. 17:	KONCENTRAČNÍ PROFIL POHYBUJÍCÍHO SE OBLAKU ŠKODLIVINY V KONKRÉTNÍM JEDNOM BODĚ	57
OBR. Č. 18:	ÚVODNÍ OBRAZOVKA PROGRAMU ALOHA	67
OBR. Č. 19:	ÚVODNÍ OBRAZOVKA PROGRAMU TEREX	71

II. Seznam tabulek

TAB. Č. 1:	SCHÉMA MOŽNÝCH CHEMICKÝCH HAVÁRIÍ Z HLEDISKA PRAVDĚPODOBNOTI VZNIKU A DOPADŮ	23
TAB. Č. 2:	BEAUFORTOVA STUPNICE RYCHLOSTI VĚTRU	37
TAB. Č. 3:	ATMOSFÉRIKÉ TRÍDY STABILITY POUŽITÉ V PROGRAMU ALOHA	39
TAB. Č. 4:	ATMOSFÉRIKÉ TRÍDY STABILITY POUŽITÉ V PROGRAMU TEREX	40
TAB. Č. 5:	METEOROLOGICKÉ PARAMETRY PRO SUTTONŮV MODEL (HODNOTY PRO RYCHLOST VĚTRU 5 M.S ⁻¹)	48
TAB. Č. 6:	HODNOTY A VZTAHY PRO σ_y A σ_z ZA PODMÍNEK JEDNORÁZOVÝCH ÚNIKŮ	49
TAB. Č. 7:	VÝZNAMNÉ HODNOTY KONCENTRACÍ, ODPOVÍDAJÍCÍ PŘÍZNAKY (NH ₃)	58
TAB. Č. 8:	VÝZNAMNÉ HODNOTY KONCENTRACÍ, ODPOVÍDAJÍCÍ PŘÍZNAKY (Cl ₂)	58
TAB. Č. 9:	VÝZNAMNÉ HODNOTY KONCENTRACÍ, ODPOVÍDAJÍCÍ PŘÍZNAKY (CO)	59
TAB. Č. 10:	ZÁSAHOVÉ HODNOTY KONCENTRACÍ PRO VYBRANÉ LÁTKY	59
TAB. Č. 11:	ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ – AMONIAK; DOSAHY OHROŽENÍ (ALOHA)	78
TAB. Č. 12:	ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ – AMONIAK; DOSAHY OHROŽENÍ (TEREX)	79
TAB. Č. 13:	ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ – CHLOR; OHROŽENÍ OSOB TOXICKOU LÁTKOU (ALOHA)	81
TAB. Č. 14:	ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ – CHLOR; OHROŽENÍ OSOB TOXICKOU LÁTKOU (TEREX)	82
TAB. Č. 15:	ZÁVISLOST NA OBLAČNOSTI – AMONIAK; DOSAHY OHROŽENÍ (ALOHA)	84

TAB. Č. 16:	ZÁVISLOST NA OBLAČNOSTI – AMONIAK; DOSAHY OHROŽENÍ (TEREX).....	85
TAB. Č. 17:	ZÁVISLOST NA OBLAČNOSTI – CHLOR; OHROŽENÍ OSOB TOXICKOU LÁTKOU (ALOHA)	86
TAB. Č. 18:	ZÁVISLOST NA OBLAČNOSTI – CHLOR; OHROŽENÍ OSOB TOXICKOU LÁTKOU (TEREX).....	86
TAB. Č. 19:	ZÁVISLOST NA TYPU POVRCHU – AMONIAK; DOSAHY OHROŽENÍ (ALOHA)	88
TAB. Č. 20:	ZÁVISLOST NA TYPU POVRCHU – AMONIAK; DOSAHY OHROŽENÍ (TEREX).....	89
TAB. Č. 21:	ZÁVISLOST NA TYPU POVRCHU – CHLOR; OHROŽENÍ OSOB TOXICKOU LÁTKOU (ALOHA) ..	90
TAB. Č. 22:	ZÁVISLOST NA TYPU POVRCHU – CHLOR; OHROŽENÍ OSOB TOXICKOU LÁTKOU (TEREX).....	90
TAB. Č. 23:	ZÁVISLOST NA TŘÍDĚ STABILITY POČASÍ – AMONIAK; DOSAHY OHROŽENÍ (ALOHA).....	92
TAB. Č. 24:	ZÁVISLOST NA TŘÍDĚ STABILITY POČASÍ – AMONIAK; DOSAHY OHROŽENÍ (TEREX)	92
TAB. Č. 25:	ZÁVISLOST NA TŘÍDĚ STABILITY POČASÍ – CHLOR; OHROŽENÍ OSOB TOXICITOU (ALOHA) .	94
TAB. Č. 26:	ZÁVISLOST NA TŘÍDĚ STABILITY POČASÍ – CHLOR; OHROŽENÍ OSOB TOXICITOU (TEREX)....	94
TAB. Č. 27:	ZÁVISLOST NA RYCHLOSTI VĚTRU – AMONIAK (1 000 KG); DOSAHY OHROŽENÍ (ALOHA)..	96
TAB. Č. 28:	ZÁVISLOST NA RYCHLOSTI VĚTRU – AMONIAK (4 000 KG); DOSAHY OHROŽENÍ (ALOHA)..	97
TAB. Č. 29:	ZÁVISLOST NA RYCHLOSTI VĚTRU – AMONIAK (6 000 KG); DOSAHY OHROŽENÍ (ALOHA)..	97
TAB. Č. 30:	ZÁVISLOST NA RYCHLOSTI VĚTRU – AMONIAK (1 000 KG); DOSAHY OHROŽENÍ (TEREX)	98
TAB. Č. 31:	ZÁVISLOST NA RYCHLOSTI VĚTRU – AMONIAK (4 000 KG); DOSAHY OHROŽENÍ (TEREX)	99
TAB. Č. 32:	ZÁVISLOST NA RYCHLOSTI VĚTRU – AMONIAK (6 000 KG); DOSAHY OHROŽENÍ (TEREX)	99
TAB. Č. 33:	ZÁVISLOST NA RYCHLOSTI VĚTRU – CHLOR (600 KG); OHROŽENÍ OSOB (ALOHA).....	101
TAB. Č. 34:	ZÁVISLOST NA RYCHLOSTI VĚTRU – CHLOR (1 000 KG); OHROŽENÍ OSOB (ALOHA).....	101
TAB. Č. 35:	ZÁVISLOST NA RYCHLOSTI VĚTRU – CHLOR (600 KG); OHROŽENÍ OSOB TOXICITOU (TEREX) 102	
TAB. Č. 36:	ZÁVISLOST NA RYCHLOSTI VĚTRU – CHLOR (1 000 KG); OHROŽENÍ OSOB TOXICITOU (TEREX) 103	
TAB. Č. 37:	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ LÁTKY PŘI ROZDÍLNÝCH RYCHLOSTECH PROUDĚNÍ VĚTRU – AMONIAK; DOSAHY OHROŽENÍ (ALOHA).....	105
TAB. Č. 38:	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ LÁTKY PŘI ROZDÍLNÝCH RYCHLOSTECH PROUDĚNÍ VĚTRU – AMONIAK; DOSAHY OHROŽENÍ (TEREX)	107
TAB. Č. 39:	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ UNIKLÉ LÁTKY ZA ROZDÍLNÝCH TEPLOT A RYCHLOSTI VĚTRU – AMONIAK; DOSAHY OHROŽENÍ (ALOHA).....	109
TAB. Č. 40:	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ UNIKLÉ LÁTKY ZA ROZDÍLNÝCH TEPLOT A RYCHLOSTI VĚTRU – AMONIAK; DOSAHY OHROŽENÍ (TEREX)	111
TAB. Č. 41:	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ UNIKLÉ LÁTKY ZA ROZDÍLNÝCH TEPLOT A RYCHLOSTI VĚTRU – CHLOR; DOSAHY OHROŽENÍ (ALOHA)	115
TAB. Č. 42:	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ UNIKLÉ LÁTKY ZA ROZDÍLNÝCH TEPLOT A RYCHLOSTI VĚTRU – CHLOR; DOSAHY OHROŽENÍ (TEREX)	118
TAB. Č. 43:	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA RYCHLOSTI VĚTRU PŘI ROZDÍLNÉM MNOŽSTVÍ UNIKLÉ LÁTKY – OXID UHELNATÝ; DOSAHY OHROŽENÍ (ALOHA)	121
TAB. Č. 44:	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA RYCHLOSTI VĚTRU PŘI ROZDÍLNÉM MNOŽSTVÍ UNIKLÉ LÁTKY – OXID UHELNATÝ; DOSAHY OHROŽENÍ (TEREX)	123
TAB. Č. 45:	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ UNIKLÉ LÁTKY PŘI ROZDÍLNÝCH TŘÍDÁCH STABILITY POČASÍ – CHLOR; DOSAHY OHROŽENÍ (ALOHA)	125
TAB. Č. 46:	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ UNIKLÉ LÁTKY PŘI ROZDÍLNÝCH TŘÍDÁCH STABILITY POČASÍ – CHLOR; DOSAHY OHROŽENÍ (TEREX)	127
TAB. Č. 47:	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ UNIKLÉ LÁTKY PŘI ROZDÍLNÝCH TŘÍDÁCH STABILITY POČASÍ – OXID UHELNATÝ; DOSAHY OHROŽENÍ (ALOHA)	129
TAB. Č. 48:	KOMBINOVANÁ ZÁVISLOST NA MNOŽSTVÍ UNIKLÉ LÁTKY PŘI ROZDÍLNÝCH TŘÍDÁCH STABILITY POČASÍ – OXID UHELNATÝ; DOSAHY OHROŽENÍ (TEREX).....	130
TAB. Č. 49:	ZÁVISLOST NA TEPLOTĚ – AMONIAK; DOSAHY OHROŽENÍ (ALOHA).....	132
TAB. Č. 50:	ZÁVISLOST NA TEPLOTĚ – AMONIAK; DOSAHY OHROŽENÍ (TEREX)	133

III. Seznam grafů

GRAF Č. 1: ZÁVISLOST DOSAHU ZÁVAŽNÝCH ÚČINKŮ NA UNIKLÉM MNOŽSTVÍ (NH ₃)	80
GRAF Č. 2: ZÁVISLOST DOSAHU ZRAŇUJÍCÍCH ÚČINKŮ NA UNIKLÉM MNOŽSTVÍ (NH ₃)	80
GRAF Č. 3: ZÁVISLOST DOSAHU ZÁVAŽNÝCH ÚČINKŮ NA UNIKLÉM MNOŽSTVÍ (CL ₂)	83
GRAF Č. 4: ZÁVISLOST DOSAHU ZRAŇUJÍCÍCH ÚČINKŮ NA UNIKLÉM MNOŽSTVÍ (CL ₂)	83
GRAF Č. 5: ZÁVISLOST DOSAHU ZÁVAŽNÝCH ÚČINKŮ NA TŘÍDĚ STABILITY POČASÍ (NH ₃).....	93
GRAF Č. 6: ZÁVISLOST DOSAHU ZÁVAŽNÝCH ÚČINKŮ NA TŘÍDĚ STABILITY POČASÍ (CL ₂).....	95
GRAF Č. 7: ZÁVISLOST DOSAHU ZÁVAŽNÝCH ÚČINKŮ NA RYCHLOSTI VĚTRU (600 KG; CL ₂).....	104
GRAF Č. 8: ZÁVISLOST DOSAHU ZÁVAŽNÝCH ÚČINKŮ NA TEPLITĚ (6 000 KG; NH ₃)	134

10 PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

- PŘÍLOHA Č. 1: BEZPEČNOSTNÍ LIST AMONIAKU (NH_3)
PŘÍLOHA Č. 2: BEZPEČNOSTNÍ LIST CHLORU (Cl_2)
PŘÍLOHA Č. 3: BEZPEČNOSTNÍ LIST OXIDU UHELNATÉHO (CO)

Bezpečnostní list Amoniak, (čpavek) bezvodý

Datum vytvoření : 28.01.2005
Datum revize : 01.12.2010

Verze : 0.6

CZ / C

Číslo MSDS : 002
Stránka 1 / 3

1 IDENTIFIKACE LÁTKY A SPOLEČNOSTI

1.1 Identifikátor výrobku

Amoniak, (čpavek) bezvodý
Číslo EEC (z EINECS): 231-635-3
Číslo CAS: 7664-41-7
Index-č.: 007-001-00-5

Chemický vzorec: NH₃

Registrační číslo REACH: Není k dispozici

1.2 Příslušná určená použití látky

Průmyslové použití, chladicí medium, technologický plyn

1.3 Podrobné údaje o dodavateli bezpečnostního listu

Linde Gas a.s., U Technoplynu 1324, 198 00 Praha 9,
Tel.: 272 100 111

Telefonní číslo pro naléhavé situace:

Toxikologické informační středisko tel: +420 224 919 293,
Linde Gas a.s. tel.: +420 731 608 608

2 IDENTIFIKACE NEBEZPEČNOSTI

2.1 Klasifikace látky nebo směsi

Klasifikace podle nařízení (ES) 1272/2008/EG (CLP)

Press. Gas - Obsahuje plyn pod tlakem; při zahřívání může vybuchnout.

Flam. Gas 2 - Hořlavý plyn.

Acute tox. 3 - Toxický při vdechování.

Skin Corr. 1B - Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.

Aquatic Acute 1 - Vysoce toxický pro vodní organismy.

- Způsobuje poleptání dýchacích cest.

Klasifikace podle směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES

R10 | T; R23 | C; R34 | N; R50

R10 Hořlavý

R23 Toxický při vdechování

R34 Způsobuje poleptání

R50 Vysoce toxický pro vodní organismy.

2.2 Prvky označení

- Výstražné symboly nebezpečnosti



- Signální slova

nebezpečí

- Věty o nebezpečnosti

H280 Obsahuje plyn pod tlakem; při zahřívání může vybuchnout.
H221 Hořlavý plyn.
H331 Toxický při vdechování.
H314 Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí.
H400 Vysoce toxický pro vodní organismy.
EUH071 Způsobuje poleptání dýchacích cest.

- Věty o bezpečném zacházení

Pokyny pro bezpečné zacházení pro prevenci

P210 Chraňte před teplem/jiskrami/otevřeným plamenem/horkými povrchy. - Zákaz

P280 Používejte ochranné rukavice/ochranný oděv/ochranné brýle/obličejový štít.
P260 Nevdechujte prach, dým, plyn, mlhu, páry, aerosoly.
P273 Zabráňte uvolnění do životního prostředí.
Pokyny pro bezpečné zacházení pro reakci
P377 Požár unikajícího plynu: Nehaste, nelze-li únik bezpečně zastavit.
P381 Odstraňte všechny zdroje zapálení, můžete-li tak učinit bez rizika.
P303+P361+P353+P315 PŘI STYKU S KŮŽÍ: Omyjte velkým množstvím vody a mýdla. Okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření.
P304+P340+P315 PŘI VDECHNUTÍ: Přeneste postiženého na čerstvý vzduch a ponechte jej v klidu v poloze usnadňující dýchání. Okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření.
P305+P351+P338+P315 PŘI ZASAŽENÍ OČÍ: Několik minut opatrně vyplachujte vodou. Vyjměte kontaktní čočky, jsou-li nasazeny a pokud je lze vyjmout snadno. Pokračujte ve vyplachování. Okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření.

Pokyny pro bezpečné zacházení pro skladování

P403 Skladujte na dobře větraném místě.
P405 Skladujte uzamčené.

Pokyny pro bezpečné zacházení pro odstraňování

2.3 Další nebezpečnost

Zkapalněný plyn

3 SLOŽENÍ

Látka

Složky / nečistoty

Amoniak, (čpavek) bezvodý

Číslo CAS: 7664-41-7

Index-č.: 007-001-00-5

Číslo EEC (z EINECS): 231-635-3

Registrační číslo REACH:

Není k dispozici

Neobsahuje žádné jiné složky nebo nečistoty, které ovlivňují klasifikaci produktu.

4 POKYNY PRO PRVNÍ POMOC

4.1 Popis první pomoci

Všeobecné pokyny

Postiženého vždy dopravit na čerstvý vzduch s pomocí nezávislého dýchacího přístroje. Udržovat v klidu a teple. Pokud je postižený v bezvědomí, zajistit základní životní funkce (dýchání a srdeční činnost). Při zástavě dechu zahájit umělé dýchání, při zástavě srdce masáž srdce. Vždy přivolat lékaře.

Inhalace

Pokud postižený není v bezvědomí, vypláchnout ústní a nosní dutinu vodou. Zajistit lékaře.

Zasažení kůže

Bezpečnostní list Amoniak, (čpavek) bezvodý

Datum vytvoření : 28.01.2005
Datum revize : 01.12.2010

Verze : 0.6

CZ / C

Číslo MSDS : 002
Stránka 2 / 3

Může způsobit chemické popálení (poleptání) pokožky. Znečištěný oděv ihned odstranit a zasažené místo oplachovat proudem vody, nejlépe vlažné, po dobu 15 minut. Zajistit lékaře.

Zasažení očí

Může způsobit chemické popálení rohovky s dočasnou poruchou vidění. Okamžitě vyplachovat zasažené oko proudem nejlépe vlažné vody směrem od vnitřního koutku oka ven tak, aby nebylo zasaženo druhé oko. Vyplachovat nejméně 15 minut, předtím vyndat kontaktní čočky. Zajistit lékařskou pomoc

Požiti

Požiti není považováno za potenciální způsob expozice.

4.2 Nejdůležitější akutní a opožděné symptomy a účinky

Dráždí dýchací cesty. Může působit chemické popálení pokožky a rohovky (s dočasnou poruchou vidění)

4.3 Pokyn týkající se okamžité lékařské pomoci a zvláštního ošetření -

5 OPATŘENÍ PRO HAŠENÍ POŽÁRU

5.1 Hasiva

Mohou být použity jakékoli hasicí přístroje. Typ hasiva přizpůsobit látkám hořícím v okolí.

5.2 Zvláštní nebezpečnost vyplývající z látky nebo směsi

Kontejnery vystavené ohni mohou prasknout a vybuchnout.

Rizikové výbušné výrobky

Pokud se vyskytuje v ohni, tepelným rozkladem mohou vznikat toxické nebo žravé výpary.

5.3 Pokyny pro hasiče

Je-li to možné, zastavte únik výrobku. Odstraňte kontejner z dosahu ohně nebo ho ochlaďte vodou z bezpečné vzdálenosti.

Používejte nezávislý dýchací přístroj a protichemicky ochranný oděv

6 OPATŘENÍ V PŘÍPADĚ NÁHODNÉHO ÚNIKU

6.1 Opatření na ochranu osob, ochranné prostředky a nouzové postupy

Evakuujte osoby z oblasti. Používejte nezávislý dýchací přístroj a protichemicky ochranný oděv. Zajistěte přiměřené větrání

6.2 Opatření na ochranu životního prostředí

Pokuste se zastavit uvolňování. Omezte odpařování rozprašováním mlhy nebo vody.

6.3 Metody a materiál pro omezení úniku a pro čištění

Oblast dobře větrejte. Oblast vystříkejte proudem vody. Zamořené zařízení nebo místa průsaku omyjte velkým množstvím vody. Pokud jakákoli rozlitá kapalina dokonale nevyschne, zamezte přístupu osob a zdrojů zažehnutí. Zamezte zmrazkům na podkladu.

7 ZACHÁZENÍ A SKLADOVÁNÍ

7.1 Opatření pro bezpečné zacházení

Používejte jen řádně specifikované zařízení, které je vhodné pro tento výrobek, jeho admisní tlak a teplotu. Při pochybnostech kontaktujte svého dodavatele plynu. Zamezte zpětnému proudění plynu do kontejneru. Zamezte zpětnému vsakování vody do kontejneru. Skladujte mimo zdroje jiskření (včetně statických nábojů) Před plněním plynem zvažte systém vzduchu. Viz pokyny dodavatele pro manipulaci s láhvemi
Při práci nejíst a nekouřit. Po práci si umýt ruce vodou a mýdlem

7.2 Podmínky pro bezpečné skladování látek a směsí včetně neslučitelných látek a směsí

Zajistěte láhve proti pádu. Uchovávejte kontejner při teplotě pod 50°C na dobře větraném místě. Uchovávejte odděleně od oksydujících plynů a ostatních látek podporujících hoření ve skladu.

8 OMEZOVÁNÍ EXPOZICE/OSOBNÍ OCHRANNÉ PROSTŘEDKY

8.1 Kontrolní parametry

Hodnotový typ	hodnota	Poznámky
TLV (ACGIH)	25 ppm	ACGIH 1995 - 1996
PEL	14 ppm	
NPK-P	30 ppm	

8.2 Omezování expozice

Chraňte oči, obličej a pokožku před zásahem plynu.

Individuální ochranná opatření

Ochrana dýchacích orgánů: Při zacházení s produktem nekouřit. Při práci mít v pohotovosti nezávislý dýchací přístroj pro případ nehody
Ochrana očí: při připojování a odpojování tlakové nádoby používat ochranné brýle nebo obličejový štít.

Ochrana rukou: při připojování a odpojování tlakové nádoby používat ochranné rukavice.

Ochrana kůže: používat vhodný pracovní oděv a obuv s pevnou špičkou. Při práci nejezte a nekuřte. Po práci si umyjte ruce vodou a mýdlem.

9 FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI

9.1 Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech

Vzhled / Barva: Bezbarvý plyn

Pach: Amoniakální

Molekulární hmotnost: 17 g/mol

Bod tavení: -77,7 °C

Bod varu: -33 °C

Kritická teplota: 132,4 °C

Teplota samovznícení: 630 °C

Mezní teplota vznícení: 15 %(obj) - 30 %(obj)

Relativní hustota, plyn: 0,6

Relativní hustota, kapalina: 0,7

Tlak páry 20 °C: 8,6 bar

Rozpustnost v mg/l vody: Hydrolyza

9.2 Další data

Ačkoli k této látce existují údaje o hořlavosti, je obtížné ji ve vzduchu zapálit a je klasifikována jako nehořlavá.

10 STÁLOST A REAKTIVITA

10.1 Reaktivita a 10.2 Chemická stabilita

Může prudce reagovat s oksyločivadly. Může prudce reagovat s kyselinami. Reaguje s vodou vytvářením korozivních zásad. Se vzduchem může tvořit výbušnou směs.

10.3 Možnost nebezpečných reakcí

HCl, Cl₂, CO₂, SO₂, H₂

10.4 Podmínky kterým je třeba zabránit

Zdroje vznícení, vysoká teplota, koncentrace v mezích výbušnosti.

10.5 Neslučitelné materiály

Oksyločivadla, kyseliny, voda. Se vzduchem tvoří výbušnou směs

Bezpečnostní list Amoniak, (čpavek) bezvodý

Datum vytvoření : 28.01.2005
Datum revize : 01.12.2010

Verze : 0.6

CZ / C

Číslo MSDS : 002
Stránka 3 / 3

10.6 Nebezpečné produkty rozkladu

Pokud se vyskytuje v ohni, tepelným rozkladem mohou vznikat toxické nebo žíravé výpary – oxidy dusíku. Při teplotách nad 450C vzniká vysoce hořlavý vodík.

11 TOXIKOLOGICKÉ INFORMACE

11.1 Informace o toxikologických účincích

Inhalace velkého množství vede ke křečím průdušek, otoku hrtanu a tvorbě pseudomembrány. Může působit zánět až poleptání dýchacích cest a pokožky.

LC50/1h (ppm) 4000 ppm

12 EKOLOGICKÉ INFORMACE

12.1 Toxicita

Vysoce toxický pro vodní organismy

12.2 Perzistence a rozložitelnost

Odbourává se

12.3 Bioakumulační potenciál -

12.4 Mobilita v půdě -

12.5 Výsledky posouzení PBT a vPvB -

12.6 Jiné nepříznivé účinky

Ve vodných ekologických systémech může působit změny pH.

13 POKYNY PRO ODSTRAŇOVÁNÍ

13.1 Metody nakládání s odpady

Nevypouštějte do míst, kde jeho akumulace může být nebezpečná. Nevypouštět do atmosféry. Potřebujete-li radu, obraťte se na dodavatele. Plyn lze odstraňovat adsorpcí do vody nebo kyseliny sírové.

Katalogové číslo odpadu 16 05 04*

Platný právní předpis: zákon č. 185/2001 Sb., v platném znění

14 INFORMACE PRO PŘEPRAVU

ADR/RID

Třída	2	Kód	2TC
-------	---	-----	-----

Číslo UN a název příslušné dopravy

UN 1005 Amoniak, (čpavek), bezvodý

UN 1005 Ammonia, anhydrous

Nálepka	2.3, 8	Číslo rizika	268
---------	--------	--------------	-----

Pokyny pro balení	P200
-------------------	------

IMDG

Třída	2.3
-------	-----

Číslo UN a název příslušné dopravy

UN 1005 Ammonia, anhydrous

Nálepka	2.3, 8
---------	--------

Pokyny pro balení	P200
-------------------	------

EMS	FC, SU
-----	--------

IATA

Třída	2.3
-------	-----

Číslo UN a název příslušné dopravy

UN 1005 Ammonia, anhydrous

Nálepka	2.3, 8
---------	--------

Pokyny pro balení	P200
-------------------	------

Nebezpečnost pro životní prostředí

Vysoce toxický pro vodní organismy

Zvláštní bezpečnostní opatření pro uživatele

Zajistěte, aby si řidič dopravního prostředku byl vědom možného nebezpečí nákladu a věděl co má dělat v případě nehody nebo nouze.

Před přepravou kontejnerů s výrobkem dbejte na to, aby byly dobře zajištěny a: ventil láhve byl uzavřen a dobře těsnil aby výstupní víčková matice nebo zátka (kde existuje) byla správně nasazena aby ochranné zařízení ventilu (pokud existuje) bylo správně nasazeno existuje přiměřené větrání. soulad s příslušnými pokyny.

15 INFORMACE O PŘEDPÍSECH

Na látku se vztahují následující české právní předpisy:

Zákon č. 356/2003 Sb. o chem. látkách a přípravcích v platném znění včetně platných vyhlášek a nařízení, zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví v platném znění včetně platných vyhlášek a nařízení, zákon č. 111/1994 Sb. o silniční dopravě v platném znění, včetně platných vyhlášek a nařízení zákon č. 185/2001 o odpadech v platném znění včetně platných vyhlášek a nařízení

Na látku se vztahují následující české právní předpisy EU:

Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1272/2008/ ES v platném znění

Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1907/2006/ ES v platném znění

16 DALŠÍ INFORMACE

Zajistěte, aby byly dodržovány všechny národní / místní předpisy. Zajistěte, aby operátoři pochopili riziko toxicity. Uživatelé individuálních dýchacích přístrojů musejí být instruováni. Před použitím tohoto výrobku v jakémkoli novém procesu či pokusu proveďte důkladnou studii kompatibility a bezpečnosti materiálu

Doporučení

Přestože přípravě tohoto dokumentu byla věnována příslušná péče, nemůže být přijata žádná odpovědnost za zranění nebo škodu způsobenou při jeho užití. Podrobnosti udávané v tomto dokumentu jsou v době předání do tisku pokládány za správné.

Další informace

Hommel: Handbook of dangerous goods (Příručka nebezpečných druhů zboží)

Kühn-Birett: Merkblätter gefährliche Arbeitsstoffe (Bulletin nebezpečných látek)

Bezpečnostní pokyny firmy LINDE

Konec dokumentu

Bezpečnostní list Chlór

Datum vytvoření : 28.01.2005
Datum revize : 26.04.2011

Verze : 0.7

CZ / C

Číslo MSDS : 022
Stránka 1 / 3

1 IDENTIFIKACE LÁTKY A SPOLEČNOSTI

1.1 Identifikátor výrobku

Název výrobku

Chlór

Číslo ES (z EINECS): 231-959-5

Číslo CAS: 7782-50-5

Index-č. 017-001-00-7

Chemický vzorec Cl₂

Registrační číslo REACH:

Není k dispozici

1.2 Příslušná určená použití látky

Technologický plyn

1.3 Podrobné údaje o dodavateli bezpečnostního listu

Linde Gas a.s., U Technoplynu 1324, 198 00 Praha 9,

Tel.: 272 100 111

Telefonní číslo pro naléhavé situace:

Toxikologické informační středisko tel nepřetržitě:

+420 224 919 293, +420 224 915 402

Linde Gas a.s. tel.: +420 731 608 608

2 IDENTIFIKACE NEBEZPEČNOSTI

Klasifikace látky

Klasifikace podle nařízení (ES) 1272/2008/EG (CLP)

Press. Gas - Obsahuje plyn pod tlakem; při zahřívání může vybuchnout.

Ox. Gas 1 - Může způsobit nebo zesílit požár; oxidant.

Acute Tox. 2 - Při vdechování může způsobit smrt.

Eye Irrit. 2 - Způsobuje vážné podráždění očí.

STOT SE 3 - Může způsobit podráždění dýchacích cest.

Skin Irrit. 2 - Dráždí kůži.

Aquatic Acute 1 - Vysoce toxický pro vodní organismy.

- Způsobuje poleptání dýchacích cest.

Klasifikace podle směrnice 67/548/EHS a 1999/45/ES

T; R23 | Xi; R36/37/38 | N; R50

R 23 Toxický při vdechování

R 36/37/38 Dráždí oči, dýchací orgány a kůži

R 50 Vysoce toxický pro vodní organismy.

2.2 Prvky označení

- Výstražné symboly nebezpečnosti



- Signální slova

NEBEZPEČÍ

- Věty o nebezpečnosti

H280	Obsahuje plyn pod tlakem; při zahřívání může vybuchnout.
H270	Může způsobit nebo zesílit požár; oxidant.
H330	Při vdechování může způsobit smrt.
H319	Způsobuje vážné podráždění očí.
H335	Může způsobit podráždění dýchacích cest.
H315	Dráždí kůži.
H400	Vysoce toxický pro vodní organismy.

- Věty o bezpečném zacházení

Pokyny pro bezpečné zacházení pro prevenci

P280	Používejte ochranné rukavice/ochranný oděv/ochranné brýle/obličejový štít.
P244	Udržujte ventily i příslušenství čisté – bez olejí a maziv.
P260	Nevdechujte prach, dým, plyn, mlhu, páry, aerosoly.
P220	Uchovávejte mimo dosah hořlavých materiálů.
P273	Zabraňte uvolnění do životního prostředí.

Pokyny pro bezpečné zacházení pro reakci

P304+P340+P315	PŘI VDECHNUTÍ: Přeneste postiženého na čerstvý vzduch a ponechte jej v klidu v poloze usnadňující dýchání. Okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření.
P305+P351+P338+P315	PŘI ZASAŽENÍ OČÍ: Několik minut opatrně vyplachujte vodou. Vyjměte kontaktní čočky, jsou-li nasazeny a pokud je lze vyjmout snadno. Pokračujte ve vyplachování. Okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření.
P302 + P352	PŘI STYKU S KŮŽÍ: Omyjte velkým množstvím vody a mýdla.
P332 + P313	Při podráždění kůže: Vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření.
P370 + P376	V případě požáru: Zastavte únik, můžete-li tak učinit bez rizika.

Pokyny pro bezpečné zacházení pro skladování

P403	Skladujte na dobře větraném místě.
P405	Skladujte uzamčené.

Pokyny pro bezpečné zacházení pro odstraňování

3 SLOŽENÍ

Látka

Složky / nečistoty

Chlór

Číslo CAS: 7782-50-5

Index-č.: 017-001-00-7

Číslo ES (z EINECS): 231-959-5

Registrační číslo REACH:

Není k dispozici

Neobsahuje žádné jiné složky nebo nečistoty, které ovlivňují klasifikaci produktu.

4 POKYNY PRO PRVNÍ POMOC

4.1 Popis první pomoci

Všeobecné pokyny: vysoké koncentrace působí dusivě. Příznaky jsou ztráta orientace, bolesti hlavy, nevolnost, ztráta vědomí. Postiženého dopravit za pomoci nezávislého dýchacího přístroje na čerstvý vzduch. Udržovat v klidu a teple. Při zástavě dechu poskytnout umělé dýchání

Při nadýchání: proti dráždivému kašli kodein. Při podráždění dýchacích cest dát vdechovat každých 10 min. 5 vstříků aerosolového dávkovače s dexamethasonem (Auxison dos. Aerosol) do vymizení potíží. Pozor na možnost vzniku edému plic po latentci (často se skrovným i příznaky) až do 2 dnů. Při

Bezpečnostní list Chlór

Datum vytvoření : 28.01.2005
Datum revize : 26.04.2011

Verze : 0.7

CZ / C

Číslo MSDS : 022
Stránka 2 / 3

bezvědomí zajistit základní životní funkce, uložit do stabilizované polohy a přivolat lékaře.

Při styku s kůží znečištěný oděv odstranit. Zasažený povrch kůže omývat nejméně 15 min vodou. Vyhledat lékaře

Při zasažení očí: dojde-li k vstříknutí do očí, ihned důkladný výplach spojivkového vaku. Neprodleně vyšetřit u lékaře

Při požití: není považováno za možný způsob expozice

4.2 Nejdůležitější akutní a opožděné symptomy a účinky

Při nadýchání způsobuje popáleniny (poleptání) dýchacího ústrojí, poleptání kůže, poleptání očí, poleptání vlhkých sliznic. Plyný chlór má silný dráždivý a dusivý účinek. Nebezpečí vzniku edému plic, často po delší době latence, po nadýchání plynného chlóru.

4.3 Pokyn týkající se okamžité lékařské pomoci a zvláštního ošetření

Další podrobnosti o poskytnutí první pomoci může ošetřující lékař konzultovat s Toxikologickým informačním střediskem, telefon nepřetržitě: +420 224 919 293, +420 224 915 402

5 OPATŘENÍ PRO HAŠENÍ POŽÁRU

5.1 Hasiva

Mohou být použity jakékoli hasicí přístroje.

5.2 Zvláštní nebezpečnost vyplývající z látky nebo směsi

Podporuje hoření. Kontejnery vystavené ohni mohou prasknout a vybuchnout.

Rizikové výbušné produkty

Žádný

5.3 Pokyny pro hasiče

Je-li to možné, zastavte vypouštění výrobku. Odstraňte kontejner nebo ho ochlaďte vodou z bezpečné vzdálenosti.

Zvláštní ochranné vybavení pro hasiče

Používejte nezávislý dýchací přístroj a protichemicky ochranný oděv

6 OPATŘENÍ V PŘÍPADĚ NÁHODNÉHO ÚNIKU LÁTKY NEBO PŘÍPRAVKU

6.1 Opatření na ochranu osob, ochranné prostředky a nouzové postupy

Používejte nezávislý dýchací přístroj a protichemicky ochranný oděv. Evakuujte osoby z oblastí. Vylučte zdroje zapálení. Zajistěte přiměřené větrání.

6.2 Opatření na ochranu životního prostředí

Pokuste se zastavit uvolňování. Vyhněte se vstupu do odpadových prostorů, suterénů a prohlubní a jakéhokoli místa, kde může jeho nahromadění být nebezpečné. Omezte odpařování rozprašováním mlhy nebo vody.

6.3 Metody a materiál pro omezení úniku a pro čištění

Oblast vystříkejte hadicí s vodou. Zamožené zařízení nebo místa průsaku omýjte velkým množstvím vody. Oblast dobře větrejte.

7 ZACHÁZENÍ A SKLADOVÁNÍ

7.1 Opatření pro bezpečné zacházení

Nepoužívejte žádný olej nebo mazivo. Zamezte zpětnému vsakování vody do kontejneru. Zamezte zpětnému plnění do kontejneru. Používejte jen řádně specifikované zařízení, které je vhodné pro tento výrobek, jeho admisní tlak a teplotu. Při pochybnostech kontaktujte svého dodavatele plynu. Viz pokyny dodavatele pro manipulaci s láhvemi

7.2 Podmínky pro bezpečné skladování látek a směsí včetně neslučitelných látek a směsí

Zajistěte láhve proti pádu. Oddělte od hořlavých plynů a dalších hořlavých materiálů ve skladu. Uchovávejte kontejner při teplotě pod 50°C v době větráním místě.

8 ŘÍDICÍ PRVKY EXPOZICE/OSOBNÍ OCHRANA

Hodnota omezení expozice

Hodnotový typ	hodnota	Poznámky
TLV (ACGIH)	0,5 ppm	ACGIH 1995 - 1996
PEL	1,5 ppm	
NPK-P	3 ppm	

Individuální ochranná opatření

Zajistěte dobré větrání. Chraňte oči, obličej a pokožku před rozstříknutou kapalinou. Při manipulaci s výrobkem nekuřte. Mějte stále po ruce samostatný dýchací přístroj pro nouzové použití. Mějte stále po ruce ochranný oděv odolný proti chemickým látkám. Při manipulaci s lahvemi na plyny používejte pracovní rukavice a ochrannou obuv.

9 FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI

Všeobecné informace

Vzhled / Barva: Zelenavý plyn

Pach: Pronikavý

Důležité informace o životním prostředí, zdraví a bezpečnosti

Molekulární hmotnost: 71 g/mol

Bod tavení: -101 °C

Bod varu: -34 °C

Kritická teplota: 144 °C

Teplota samovznícení: Nepoužívá se.

Mezní teplota vznícení: Oxidavadlo

Relativní hustota, plyn: 2,5

Relativní hustota, kapalina: 1,6

Tlak páry 20 °C: 6,8 bar

Rozpustnost v mg/l vody: 8620 mg/l

Jiná data

Plyn / výpary těžší než vzduch. Může se hromadit v uzavřených prostorách, zvláště v přízemí nebo pod ním.

10 STÁLOST A REAKTIVITA

10.1 Reaktivita

Může prudce reagovat s hořlavými materiály S vodou reaguje vytvářením koroziivních kyselin. Může prudce reagovat se zásadami. S vodou způsobuje rychlou korozi některých kovů. Může prudce reagovat s redukčními přípravky. Prudce okysličuje organické materiály.

10.2 Chemická stabilita

Na vzduchu za normálních podmínek není chlór výbušný ani zápalný. S vodíkem, fosforem, antimonem, arsenem, práškovou mědí, zahřátým sodíkem, methanolem, acetylenem a jinými uhlovodíky tvoří výbušné směsi, které vlivem tepla nebo slunečního záření mohou explodovat

10.3 Možnost nebezpečných reakcí

Chlór tvoří dvou nebo vícesložkové výbušné plynné směsi s řadou chemických látek jako je např. vodík, amoniak, methan, methylchlorid apod. Reaguje téměř s každou organickou látkou obsahující vodík nebo dusík. Chlorační reakce probíhají snadno, někdy i při pokojové teplotě a mohou mít i explozivní charakter. Kromě zahřátí mohou být iniciovány i UV zářením nebo statickou elektřinou.

10.4 Podmínky kterým je třeba zabránit

Vyvarovat se teploty nad 50 °C.

10.5 Neslučitelné materiály

Bezpečnostní list Chlór

Datum vytvoření : 28.01.2005
Datum revize : 26.04.2011

Verze : 0.7

CZ / C

Číslo MSDS : 022
Stránka 3 / 3

Organické látky reagující až explozivně jsou např. alkoholy, estery, oleje, rozpouštědla, silikonový olej a silikonová pryž. Zvláště to platí pro mazací oleje, tuky, čisticí prostředky.

10.6 Nebezpečné produkty rozkladu chlór

11 TOXIKOLOGICKÉ INFORMACE

Akutní toxicita

Způsobuje těžké poleptání. Může působit zánět dýchacích cest a pokožky. Možný fatální opožděný otok plic.

LC50/1h (ppm) 293 ppm potkan

Subchronická - chronická toxicita: nemá významný chronický účinek, nedochází k jeho kumulaci v organismu

Zkušenosti u člověka: nadýchání plynu vede k těžkému podráždění dýchacích cest a plic. Riziko plicního edému. Edém plic se může vyvinout s latencí až do 2 dnů. Po nadýchání plynu je proto vždy nutné lékařské vyšetření. Plyn těžce leptá oči a dráždí kůži až k tvorbě puchýřů. Po styku s tekutinou eventuelně i omrzliny. Pálení a bolesti očí, sliznice nosu a hltanu i kůže. Dráždění ke kašli, záchvaty dušení. Krátkodobý účinek: koncentrace 0,1% po dobu 10 min působí smrtelně

12 EKOLOGICKÉ INFORMACE

12.1 Toxicita

Akutní toxicita pro vodní organismy

Toxicita pro ryby LC50 = 390 µg/l, 96 hod, Etheostoma spectabile
Toxicita pro bezobratlé LC50 = 637,5 µg/l, 1hod, ústřice (Crassostrea giga)

Toxicita pro řasy 50 – 1000 µg/l 23 hid, řasy, fytoplankton (Algae)

Fytotoxicita 20 µg/l, 96 dnů, Myriophyllum spicatum

12.2 Perzistence a rozložitelnost

Neuvádí se

12.3 Bioakumulační potenciál

Neuvádí se

12.4 Mobilita v půdě -

12.5 Výsledky posouzení PBT a vPvB

Neuvádí se

12.6 Jiné nepříznivé účinky

Ve vodných ekologických systémech může působit změny pH.

Vysoce toxický pro vodní organismy.

Nesmí proniknout do spodní vody, vodotečí a kanalizace.

13 PODMÍNKY PRO ODSTRAŇOVÁNÍ

13.1 Metody nakládání s odpady

Nevypouštět do atmosféry. Nevypouštějte do míst, kde jeho akumulace může být nebezpečná. Potřebujete-li poradu, obraťte se na dodavatele.

Katalogové číslo odpadu 16 05 04*

Platný právní předpis: zákon č. 185/2001 v platném znění

14 INFORMACE O DOPRAVĚ

ADR/RID

Třída	2	Kód	2TOC
Číslo UN a název příslušné dopravy			
UN 1017 Chlór			
UN 1017 Chlorine			
Nálepka	2.3, 8, 5.1	Číslo rizika	265
Pokyny pro balení	P200		

IMDG

Třída	2.3
Číslo UN a název příslušné dopravy	
UN 1017 Chlorine	
Nálepka	2.3, 8
Pokyny pro balení	P200
Látka znečišťující mořskou vodu	P
EMS	FC-SU

Nebezpečnost pro životní prostředí

Vysoce toxický pro vodní organismy

Jiné informace o dopravě

Nepřepravujte na prostředcích, kde nákladní prostor není oddělen od místa řidiče. Zajistěte, aby si řidič dopravního prostředku byl vědom možného nebezpečí nákladu a věděl co má dělat v případě nehody nebo nouze.

Před přepravou kontejnerů s výrobkem dbejte na to, aby byly dobře zajištěny a: ventil láhve byl uzavřen a dobře těsnil aby výstupní víčková matice nebo zátka (kde existuje) byla správně nasazena aby ochranné zařízení ventilu (pokud existuje) bylo správně nasazeno existuje přiměřeně větrání. soulad s příslušnými pokyny.

15 INFORMACE O PŘEDPÍSECH

Na látku se vztahují následující české právní předpisy:

Zákon č. 356/2003 Sb. o chem. látkách a přípravcích v platném znění včetně platných vyhlášek a nařízení, zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví v platném znění včetně platných vyhlášek a nařízení, zákon č. 111/1994 Sb. o silniční dopravě v platném znění, včetně platných vyhlášek a nařízení zákon č. 185/2001 o odpadech v platném znění včetně platných vyhlášek a nařízení

Na látku se vztahují následující české právní předpisy EU:

Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1272/2008/ ES v platném znění
Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1907/2006/ ES v platném znění

16 JINÉ INFORMACE

Zajistěte, aby byly dodržovány všechny národní / místní předpisy. Zajistěte, aby operátoři pochopili riziko toxicity. Uživatelé individuálních dýchacích přístrojů musejí být instruováni. Před použitím tohoto výrobku v jakémkoli novém procesu či pokusu proveďte důkladnou studii kompatibility a bezpečnosti materiálu

Doporučení

Přestože přípravě tohoto dokumentu byla věnována příslušná péče, nemůže být přijata žádná odpovědnost za zranění nebo škodu způsobenou při jeho užití. Podrobnosti udávané v tomto dokumentu jsou v době předání do tisku pokládány za správné.

Další informace

Hommel: Handbook of dangerous goods (Příručka nebezpečných druhů zboží)
Kühn-Birett: Merkblätter gefährliche Arbeitsstoffe (Bulletiny nebezpečných látek)
Bezpečnostní pokyny firmy LINDE

Konec dokumentu

Bezpečnostní list Oxid uhelnatý, stlačený

Datum vytvoření : 28.01.2005
Datum revize : 01.12.2010

Verze : 0.6

CZ / C

Číslo MSDS : 019
Stránka 1 / 3

1 IDENTIFIKACE LÁTKY A SPOLEČNOSTI

1.1 Identifikátor výrobku

Název výrobku

Oxid uhelnatý, stlačený
Číslo EEC (z EINECS): 211-128-3
Číslo CAS: 630-08-0
Index-č. 006-001-00-2

Chemický vzorec CO

Registrační číslo REACH:

01-2119480165-39-0000

1.2 Příslušná určená použití látky

Laboratorní plyn

1.3 Podrobné údaje o dodavateli bezpečnostního listu

Linde Gas a.s., U Technoplynu 1324, 198 00 Praha 9,
Tel.: 272 100 111

Telefonní číslo pro naléhavé situace:

Toxikologické informační středisko tel: +420 224 919 293,
Linde Gas a.s. tel.: +420 731 608 608

2 IDENTIFIKACE NEBEZPEČNOSTI

Klasifikace látky

Klasifikace podle nařízení (ES) 1272/2008/EG (CLP)

Press. Gas - Obsahuje plyn pod tlakem; při zahřívání může vybuchnout.

Flam. Gas 1 - Extrémně hořlavý plyn.

Repr. 1A - Může poškodit plod v těle matky.

Acute tox. 3 - Toxický při vdechování.

STOT RE 1 - Způsobuje poškození orgánů.

Klasifikace podle směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES

F+; R12 | Repr. Cat.1; R61 | T; R23, R48/23

Může poškodit plod v těle matky

Toxický při vdechování

Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním

Extrémně hořlavý

2.2 Prvky označení

- Výstražné symboly nebezpečnosti



- Signální slova

nebezpečí

- Věty o nebezpečnosti

H280 Obsahuje plyn pod tlakem; při zahřívání může vybuchnout.
H220 Extrémně hořlavý plyn.
H360 Může poškodit reprodukční schopnost nebo plod v těle matky.
H331 Toxický při vdechování.
H372 Způsobuje poškození orgánů.

- Věty o bezpečném zacházení

Pokyny pro bezpečné zacházení pro prevenci

P210 Chraňte před teplem/jiskrami/otevřeným plamenem/horkými povrchy. - Zákaz

P202 kouření.
Nepoužívejte, dokud jste si nepřečetli všechny bezpečnostní pokyny a neporozuměli jim.
P260 Nevdechujte prach, dým, plyn, mlhu, páry, aerosoly.

Pokyny pro bezpečné zacházení pro reakci

P377 Požár unikajícího plynu: Nehaste, nelze-li únik bezpečně zastavit.
P381 Odstraňte všechny zdroje zapálení, můžete-li tak učinit bez rizika.
P304+P340+P315 PŘI VDECHNUTÍ: Přeneste postiženého na čerstvý vzduch a ponechte jej v klidu v poloze usnadňující dýchání. Okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření.
P308 + P313 PŘI expozici nebo podezření na: Vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření.

Pokyny pro bezpečné zacházení pro skladování

P403 Skladujte na dobře větraném místě.
P405 Skladujte uzamčené.

Pokyny pro bezpečné zacházení pro odstraňování

2.3 Další nebezpečnost

Stlačený plyn

3 SLOŽENÍ

Látka / Přípravek: Látka

Složky / nečistoty

Oxid uhelnatý, stlačený

Číslo CAS: 630-08-0

Index-č.: 006-001-00-2

Číslo EEC (z EINECS): 211-128-3

Registrační číslo REACH:

01-2119480165-39-0000

Neobsahuje žádné jiné složky nebo nečistoty, které ovlivňují klasifikaci produktu.

4 POKYNY PRO PRVNÍ POMOC

4.1 Popis první pomoci

Všeobecné pokyny: Postiženého dopravit na vzduch, zajistit základní životní funkce, uložit do stabilizované polohy. Přivolat lékaře

Při nadýchání: postiženého dopravit s pomocí dýchacího přístroje na čerstvý vzduch. Udržovat v teple a klidu. Přivolat lékaře. Při zástavě dechu použít umělé dýchání, je-li možno nasadit kyslík

Při styku s kůží: -

Při zasažení očí: -

Při požití: není považováno za možný způsob expozice

4.2 Nejdůležitější akutní a opožděné symptomy a účinky

Toxické účinky při vdechnutí. Příznaky mohou zahrnovat závrať, bolení hlavy, nevolnost a ztrátu koordinace.

4.3 Pokyn týkající se okamžité lékařské pomoci a zvláštního ošetření

Bezpečnostní list Oxid uhelnatý, stlačený

Datum vytvoření : 28.01.2005
Datum revize : 01.12.2010

Verze : 0.6

CZ / C

Číslo MSDS : 019
Stránka 2 / 3

Přesuňte oběť, vybavenou samostatným dýchacím přístrojem, na nezamořené místo. Udržujte ji v teple a nechte ji odpočívat. Zavolejte lékaře. Pokud se dýchání zastaví, aplikujte umělé dýchání.

5 OPATŘENÍ PRO HAŠENÍ POŽÁRU

5.1 Hasiva

Mohou být použity jakékoli hasicí přístroje.

5.2 Zvláštní nebezpečnost vyplývající z látky nebo směsi

Kontejnery vystavené ohni mohou prasknout a vybuchnout.

Rizikové výbušné výrobky

Žádný.

5.3 Pokyny pro hasiče

Je-li to možné, zastavte vypouštění výrobku. Odstraňte kontejner nebo ho ochlaďte vodou z bezpečné vzdálenosti. Nehaste plamen unikajícího plynu kromě naprosto nutných případů. Plamen se může spontánně znovu objevit.

Může dojít k samovolnému zpětnému zážehu anebo výbuchu. Uhaste jakýkoliv jiný požár.

Zvláštní ochranné vybavení pro hasiče

Používejte nezávislý dýchací přístroj a protichemicky ochranný oděv.

6 OPATŘENÍ V PŘÍPADĚ NÁHODNÉHO ÚNIKU LÁTKY NEBO PŘÍPRAVKU

6.1 Opatření na ochranu osob, ochranné prostředky a nouzové postupy

Evakuujte osoby z oblasti. Vylučte zdroje zapálení. Zajistěte přiměřené větrání. Používejte přenosný dýchací přístroj při vstupu do oblasti, jejíž atmosféra není prokazatelně bezpečná.

6.2 Opatření na ochranu životního prostředí

Pokuste se zastavit uvolňování.

6.3 Metody a materiál pro omezení úniku a pro čištění

Oblast dobře větrejte.

7 ZACHÁZENÍ A SKLADOVÁNÍ

7.1 Opatření pro bezpečné zacházení

Zajistěte řádné uzemnění kontejneru. Zamezte zpětnému vsakování vody do kontejneru. Před plněním plynem zbavte systém vzduchu. Zamezte zpětnému plnění do kontejneru. Používejte jen řádně specifikované zařízení, které je vhodné pro tento výrobek, jeho admisní tlak a teplotu. Při pochybnostech kontaktujte svého dodavatele plynu. Skladujte mimo zdroje jiskření (včetně statických nábojů) Viz pokyny dodavatele pro manipulaci s láhvemi. Při práci nejíst a nekouřit. Po práci si umýt ruce vodou a mýdlem.

7.2 Podmínky pro bezpečné skladování látek a směsí včetně neslučitelných látek a směsí

Zajistěte láhve proti pádu. Uchovávejte odděleně od oxidujícího plynu a ostatních oxidáčů ve skladu. Uchovávejte kontejner při teplotě pod 50°C v dobře větraném místě.

8 OMEZOVÁNÍ EXPOZICE/OSOBNÍ OCHRANNÉ PROSTŘEDKY

8.1 Kontrolní parametry

Hodnotový typ	hodnota	Poznámky
TLV (ACGIH)	25 ppm	ACGIH 1995 - 1996
PEL	30 ppm	
NPK-P	150 ppm	

Individuální ochranná opatření

Zajistěte dobré větrání. Při manipulaci s výrobkem nekuřte. Mějte stále po ruce samostatný dýchací přístroj pro nouzové použití. Zařízení pro únik, jako jsou vhodné filtry by měly dobře držet. Při manipulaci s lahvemi na plyny používejte pracovní rukavice a ochrannou obuv.

9 FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI

Všeobecné informace

Vzhled / Barva: Bezbarvý plyn

Pach: Žádný. Žádné pachové varující vlastnosti.

Molekulární hmotnost: 28 g/mol

Bod tavení: -205 °C

Bod varu: -192 °C

Kritická teplota: -140 °C

Teplota samovznícení: 620 °C

Mezní teplota vznícení: 11 %(obj) - 74 %(obj)

Relativní hustota, plyn: 1

Relativní hustota, kapalina: 0,79

Tlak páry 20 °C: Nepoužívá se.

Rozpustnost v mg/l vody: 30 mg/l

Jiná data

10 STÁLOST A REAKTIVITA

10.1 Reaktivita

Za normálních podmínek stabilní

10.2 Chemická stabilita

Za normálních podmínek stabilní

10.3 Možnost nebezpečných reakcí

Se vzduchem může tvořit výbušnou směs. Může prudce reagovat s oxidujícími látkami.

10.4 Podmínky kterým je třeba zabránit

Teploty nad 50°C

10.5 Neslučitelné materiály

s některými kovy může tvořit vysoce toxické karbonyly

10.6 Nebezpečné produkty rozkladu

Nejsou

11 TOXIKOLOGICKÉ INFORMACE

Akutní toxicita

Poškozuje červené krvinky (hemolytický jed).

LC50/1h (ppm) 3760 ppm

Karcinogenní, mutagenní a teratogenní účinky

Může poškodit plod v těle matky

12 EKOLOGICKÉ INFORMACE

12.1 Toxicita

Akutní toxicita pro vodní organismy: údaj není k dispozici, nepředpokládá se

12.2 Perzistence a rozložitelnost
rozložitelný

12.3 Bioakumulační potenciál
nestanoven

12.4 Mobilita v půdě -

12.5 Výsledky posouzení PBT a vPvB

není k dispozici

12.6 Jiné nepříznivé účinky

Není známo, že tento výrobek ohrožuje životní prostředí.

Bezpečnostní list Oxid uhelnatý, stlačený

Datum vytvoření : 28.01.2005
Datum revize : 01.12.2010

Verze : 0.6

CZ / C

Číslo MSDS : 019
Stránka 3 / 3

13 PODMÍNKY PRO ODSTRAŇOVÁNÍ

13.1 Metody nakládání s odpady

Nevypouštět do atmosféry. Nevypouštějte do míst, kde jeho akumulace může být nebezpečná. Nepoužitý plyn je třeba spálit vhodným hořákem s pojistkou proti zpětnému zážehu. Potřebujete-li poradu, obraťte se na dodavatele.

Katalogové číslo odpadu 16 05 04*

Platný právní předpis: zákon č. 185/2001 v platném znění

14 INFORMACE PRO PŘEPRAVU

ADR/RID

Třída	2	Kód	1TF
-------	---	-----	-----

Číslo UN a název příslušné dopravy

UN 1016 Oxid uhelnatý, stlačený	
UN 1016 Carbon monoxide, compressed	
Nálepka	2.3, Číslo rizika 263
	2.1

IMDG

Třída	2.3
-------	-----

Číslo UN a název příslušné dopravy

UN 1016 Carbon monoxide, compressed	
Nálepka	2.3,
	2.1

Pokyny pro balení	P200
-------------------	------

EMS	FD,SU
-----	-------

IATA

Třída	2.3
-------	-----

Číslo UN a název příslušné dopravy

UN 1040 Ethylene Oxide	
Nálepka	2.3,
	2.1

Pokyny pro balení	P200
-------------------	------

Nebezpečnost pro životní prostředí

Není známo, že tento výrobek ohrožuje životní prostředí

Zvláštní bezpečnostní opatření pro uživatele

Nepřepravujte na prostředcích, kde nákladní prostor není oddělen od místa řidiče. Zajistěte, aby si řidič dopravního prostředku byl vědom možného nebezpečí nákladu a věděl co má dělat v případě nehody nebo nouze.

Před přepravou kontejnerů s výrobkem dbejte na to, aby byly dobře zajištěny a: ventil láhve byl uzavřen a dobře těsnil aby výstupní víčková matice nebo zátka (kde existuje) byla správně nasazena aby ochranné zařízení ventilu (pokud existuje) bylo správně nasazeno existuje přiměřené větrání. soulad s příslušnými pokyny.

15 INFORMACE O PŘEDPÍSECH

Na látku se vztahují následující české právní předpisy:

Zákon č. 356/2003 Sb. o chem. látkách a přípravcích v platném znění včetně platných vyhlášek a nařízení, zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví v platném znění včetně platných vyhlášek a nařízení, zákon č. 111/1994 Sb. o silniční dopravě v platném znění, včetně platných vyhlášek a nařízení zákon č. 185/2001 o odpadech v platném znění včetně platných vyhlášek a nařízení

Na látku se vztahují následující české právní předpisy EU:

Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1272/2008/ ES v platném znění

Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1907/2006/ ES v platném znění

16 DALŠÍ INFORMACE

Zajistěte, aby byly dodržovány všechny národní / místní předpisy. Zajistěte, aby operátoři pochopili riziko hořlavosti. Zajistěte, aby operátoři pochopili riziko toxicity. Uživatelé individuálních dýchacích přístrojů musejí být instruováni. Před použitím tohoto výrobku v jakémkoli novém procesu či pokusu proveďte důkladnou studii kompatibility a bezpečnosti materiálu

Doporučení

Přestože přípravě tohoto dokumentu byla věnována příslušné péče, nemůže být přijata žádná odpovědnost za zranění nebo škodu způsobenou při jeho užití. Podrobnosti udávané v tomto dokumentu jsou v době předání do tisku pokládány za správné.

Další informace

Hommel: Handbook of dangerous goods (Příručka nebezpečných druhů zboží)

Kühn-Birett: Merkblätter gefährliche Arbeitsstoffe (Bulletin nebezpečných látek)

Bezpečnostní pokyny firmy LINDE

Konec dokumentu