

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA

**Následky úniku chloru ze Spolchemie a. s., Ústí n. L. a Spolany a. s.,  
Neratovice při jeho úmyslném zneužití**

**Bakalářská práce**

**Autor: Zdeněk Kadlec**

**Vedoucí práce: Mgr. Zdeněk Hon**

**6. května 2010**

## **Consequences of deliberate chlorine leakage from Spolchemie plc, Usti nad Labem, and Spolana plc, Neratovice**

Most of the current population cannot imagine their contemporary lifestyle without chemical products. This requires the chemical industry, which in some areas of our country is well developed. The consequences of various types of failure, or even deliberate misuse of hazardous chemicals used in the industry, can cause serious impacts on the society as a whole.

Spolana and Spolchemie are large chemical companies, which store huge amounts of chlorine. Chlorine belongs to a group of substances which give rise to overall disease of the organism, with significant changes in the respiratory tract. Chlorine is highly toxic to humans and hazardous to the environment. The most serious chlorine-borne damage is toxic pulmonary edema.

The aim of this study was to evaluate the simulation of leakage of chlorine from Spolana and Spolchemie using TerEx software and see if the two businesses can be important sources of risk for the population in terms of leakage of chlorine.

Results of this study imply much larger consequences that would be caused by potential leakage of chlorine through intentional misuse. This possibility should be of interest to not only integrated emergency services and members of crisis management teams, but also the citizens themselves. Preparing for such an event and knowledge of things in terms of prevention is very important.

This study could be of use for crisis management teams and integrated emergency services to review the situation, while serving citizens to get started in the field and also to gain valuable information in case of emergency involving the loss of chlorine.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zdravotně sociální fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 6. 5. 2010

.....

Zdeněk Kadlec

## **Poděkování**

Rád bych v této části poděkoval panu Mgr. Zdeňku Honovi za jeho odborné vedení mé bakalářské práce, vstřícnost, trpělivost, ochotu, poskytnuté rady a postřehy, dále za poskytnutí materiálů a v neposlední řadě za věnovaný čas.

## OBSAH

ÚVOD .....	7
<b>1. SOUČASNÝ STAV.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1. Chlor.....</b>	<b>8</b>
1.1.1. <i>Základní charakteristika .....</i>	<i>8</i>
1.1.2. <i>Toxické vlastnosti.....</i>	<i>8</i>
1.1.3. <i>Použití .....</i>	<i>9</i>
1.1.4. <i>Zdroje emisí.....</i>	<i>10</i>
1.1.5. <i>Dopady na životní prostředí.....</i>	<i>10</i>
1.1.6. <i>Dopady na zdraví člověka.....</i>	<i>10</i>
1.1.7. <i>Postup při první pomoci .....</i>	<i>11</i>
1.1.8. <i>Ochrana .....</i>	<i>11</i>
1.1.9. <i>Dekontaminace .....</i>	<i>12</i>
<b>1.2. Hlavní faktory ovlivňující šíření škodlivin v ovzduší .....</b>	<b>13</b>
1.2.1. <i>Teplota vzduchu a povrchu půdy.....</i>	<i>13</i>
1.2.2. <i>Teplotní gradient atmosféry v její přízemní vrstvě.....</i>	<i>14</i>
1.2.3. <i>Směr a rychlost proudění větru .....</i>	<i>14</i>
1.2.4. <i>Množství atmosférických srážek .....</i>	<i>15</i>
1.2.5. <i>Vliv nerovností a pokrytosti terénu.....</i>	<i>16</i>
1.2.6. <i>Difuze .....</i>	<i>16</i>
1.2.7. <i>Hustota toxických látek .....</i>	<i>17</i>
<b>1.3. Chování obyvatelstva v případě havárie s únikem nebezpečných látek ..</b>	<b>18</b>
1.3.1. <i>Zásady první pomoci při zasažení nebezpečnými chemickými látkami....</i>	<i>18</i>
1.3.2. <i>Základní zásady chování obyvatelstva.....</i>	<i>19</i>
1.3.3. <i>Obecné zásady.....</i>	<i>24</i>
<b>1.4. Legislativa týkající se chemických havárií.....</b>	<b>25</b>
1.4.1. <i>Zákon č. 356/2003 Sb. ....</i>	<i>25</i>
1.4.2. <i>Zákon o prevenci závažných havárií .....</i>	<i>25</i>
1.4.3. <i>Právní předpisy Evropského společenství.....</i>	<i>28</i>
<b>2. CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY .....</b>	<b>30</b>
2.1. <i>Cíl práce .....</i>	<i>30</i>
2.2. <i>Předpokládané hypotézy.....</i>	<i>30</i>
<b>3. METODIKA .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1. Charakteristika areálu Spolany .....</b>	<b>31</b>
3.1.1. <i>Způsob varování obyvatelstva při vzniku závažné havárie .....</i>	<i>31</i>
3.1.2. <i>Umístění chloru v areálu.....</i>	<i>32</i>
3.1.3. <i>Hlavní výrobky Spolany .....</i>	<i>32</i>
<b>3.2. Charakteristika areálu Spolchemie .....</b>	<b>35</b>

3.2.1.	<i>Způsob varování obyvatelstva při vzniku závažné havárie</i>	35
3.2.2.	<i>Umístění chloru v areálu</i>	36
3.2.3.	<i>Hlavní výrobky Spolchemie</i>	36
3.3.	<b>Program TerEx</b>	37
3.3.1.	<i>Základní charakteristika TerExu</i>	37
3.3.2.	<i>Interpretace výsledků</i>	38
3.3.3.	<i>Standardizace</i>	38
4.	<b>VÝSLEDKY</b>	39
4.1.	<b>Možné scénáře chemického terorismu</b>	39
4.2.	<b>Modelové situace pomocí programu TerEx</b>	40
4.3.	<b>Výsledky simulace úniku chloru ze Spolany</b>	41
4.4.	<b>Výsledky simulace úniku chloru ze Spolchemie</b>	47
5.	<b>DISKUZE</b>	56
6.	<b>ZÁVĚR</b>	59
7.	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	60
8.	<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	64
9.	<b>PŘÍLOHY</b>	65

## ÚVOD

Současný životní styl si většina naší populace nedokáže představit bez chemických výrobků. K tomu je zapotřebí chemický průmysl, který je v některých oblastech naší země značně rozšířen. Mnoho pozitivních rysů chemie a chemického průmyslu přináší také negativní dopady těchto činností na člověka, zvířata, životní prostředí a majetek (9).

Řada chemických havárií, zejména na konci 20. století ukázala, že společnost zdaleka nemá jevy a procesy chemického průmyslu pod kontrolou. Důsledek nejrůznějších selhání, případně úmyslné zneužití nebezpečných chemických látek používaných v průmyslu, může zapříčinit závažné dopady na celou společnost.

Velké průmyslové podniky v okolí Labe využívají mimo jiné chlor k nejrůznějším účelům. Ten je mnohdy skladován ve velkém množství. Chlor je pro živé organizmy a také pro člověka velice nebezpečný, a proto může vybízet k zneužití. Tato skutečnost je obrovskou hrozbou a byla pro mě podnětem při výběru tématu této bakalářské práce.

## 1. SOUČASNÝ STAV

### 1.1. Chlor

#### 1.1.1. Základní charakteristika

Chlor je za normálních podmínek zelenožlutý, nehořlavý plyn s extrémně štiplavým zápachem. Při kontaktu chloru s vlhkým vzduchem dochází ke tvorbě mlhy (9). Ve zkapalněném stavu je tato látka světlá bezbarvá kapalina. Chlor je vysoce toxický a nebezpečný pro životní prostředí. Jedná se o velmi reaktivní plyn, který je schopen oxidovat mnohé kovy již při pokojové teplotě. Je dobře rozpustný ve vodě, s kterou reaguje za vzniku kyseliny chlorovodíkové. Tato rozpustnost se odvíjí od teploty. K této reakci dochází i se vzdušnou vlhkostí. Tlak par při 20 °C je 6,8 bar. Teplota varu je - 34 °C, tání - 101 °C a hustota  $2,5 \text{ kg.m}^{-3}$ , což znamená, že je těžší než vzduch (hustota vzduchu je  $1 \text{ kg.m}^{-3}$ ) (1). Z jednoho litru zkapalněného chloru se může za normálních podmínek vytvořit až 475 litrů plynného chloru. Při přeměně kapalně fáze v plynnou je potřeba obrovské množství energie. Ta je odebírána z okolí a tím dochází k poklesu teploty, která může způsobit omrzliny (9, 10).

#### 1.1.2. Toxické vlastnosti

Chlor patří do skupiny látek vyvolávajících celkové onemocnění organismu s výraznými změnami v dýchacích orgánech. Nejvážnější poškození způsobené chlorem je toxický otok plic. V buňkách plicní tkáně způsobuje hromadění vody uvnitř buněk s následným poškozením mitochondrií. Hromadění vody způsobuje poruchu výměny krevních plynů a vznik toxického otoku. Zvýšený odpor v plicním oběhu vede k selhání srdečního oběhu. Edém plic se může vyvinout s latencí až dvou dnů. Při vyšších koncentracích těžce leptá oči a dráždí pokožku až ke tvorbě puchýřů (11, 15).

Je zjištělný čichem v koncentraci od 0,01 ppm (někdy uváděno rozpětí 0,01 až 5 ppm). Při inhalační expozici dochází k dráždění ke kašli, bolesti na prsou, zvracení (až krvácivému), pocitu dušení, bolestem hlavy. Koncentrace 3 až 6 ppm vede k pálení v očích, škrabání v nose a u citlivých osob ke kašli a chraptu. Koncentrace



15 ppm vede k silnému dráždění provázenému výše uvedenými symptomy. Koncentrace 20 ppm je nebezpečná pro 30 až 60 minutový pobyt. Při 50 ppm může dojít ke vzniku otoku plic a ke krvácení z plic za velmi krátkou dobu. Smrtelná inhalační koncentrace při 30 minutové expozici je uváděna 430 ppm. V koncentraci 100 ppm nelze vydržet déle než minutu. Při koncentracích 1000 ppm dochází ke smrti už po několika vdechnutích (1, 4).

### ***1.1.3. Použití***

V chemickém průmyslu je chlor velmi důležitou surovinou. Velmi hojně se využívá při výrobě mnoha běžných materiálů, například polyvinylchloridu (dále PVC) a mnoha dalších organických hmot. Dále se využívá pro výrobu chloroformu, trichlorbenzenu, propylenoxidu a také lze použít k výrobě chemických zbraní (fosgenu a yperitu). Je také používán pro výrobu anorganických sloučenin a desinfekčních prostředků. Baktericidních vlastností chloru se využívá pro desinfekci pitné vody i vody v nádržích a bazénech určených pro rekreaci. Dále je chlor a jeho sloučeniny využíván v mnohých desinfekčních přípravcích, barvivech, insekticidech, lacích, rozpouštědlech, textilu či lékařství. Při výrobě celulózy a papíru se chlor používá k bělení, ale při těchto procesech se stále více nahrazuje kyslíkem nebo ozonem (1, 11).

Chlorovodík je využíván pro hydrochloraci pryže, ve výrobě vinylchloridu a alkylchloridu, při oddělování bavlny od vlny a při čištění bavlny. Užívá se také pro leptání polovodičových krystalů a je meziproduktem v mnoha průmyslových výrobních procesech. Kyselina chlorovodíková se užívá při moření povrchu oceli. Lze jí využít k odstranění koroze (oxidu železa) před dalším zpracováním oceli. Hojně je používána v elektrochemickém průmyslu při galvanizaci a výrobě baterií. Kromě toho je přítomna při výrobě ingrediencí a aditiv do jídla, aspartamu, fruktosy nebo kyseliny citronové. Kyselina chlorovodíková je látka přirozeně se vyskytující v trávicím traktu mnoha živočichů i člověka, kde se významným způsobem podílí na trávení přijímané potravy (11).

#### ***1.1.4. Zdroje emisí***

Mezi přirozené zdroje emisí můžeme zařadit chlorovodík unikající při vulkanické činnosti a vznikající při přirozených lesních požárech. Vzhledem k možnému ohrožení životního prostředí jsou mnohem významnější antropogenní zdroje emisí, například úniky chloru a chlorovodíku z průmyslu, při bělení papíru a buničiny, při jeho využívání k desinfekčním účelům (chlorování vody, lékařství) a odpařování chloru a jeho sloučenin z rozpouštědel a přípravků (např. SAVO). Další zdroje emisí pocházejí ze spalovacích procesů při spalování paliv, které obsahují chloridy (například uhlí) a vznik chlorovodíku během spalování odpadu s obsahem chloru (plasty) a v neposlední řadě úniky kyseliny chlorovodíkové při zpracování oceli (11).

#### ***1.1.5. Dopady na životní prostředí***

Dostane-li se chlor do životního prostředí, kupříkladu v důsledku havárie, může bezprostředně popálit blízké rostliny, ale pak rychle zareaguje se vzdušnou vlhkostí na chlorovodík. Chlorovodík je velmi korozivní látka, která napadá mnohé kovy a vápenec, což vede k narušení budov i kulturních památek. Plynný chlorovodík se velmi rychle rozpouští ve vodě (i ve vzdušné vlhkosti) za vzniku silné kyseliny chlorovodíkové, která je při vyšších koncentracích toxická pro vodní organismy a poškozují také rostliny (11).

Akutní ohrožení volně žijících živočichů a rostlin emisemi ze spalovacích procesů je však s výjimkou případných havárií nepravděpodobné. Chlorovodík vznikající v atmosféře přispívá ke kyselosti dešťů tím, že se rozpouští ve vodních částicích mraku. Hlavní plyny podílející se na vzniku kyselých dešťů jsou oxid siřičitý a oxidy dusíku, ale i chlorovodík (11).

#### ***1.1.6. Dopady na zdraví člověka***

Chlor je velice nebezpečný a agresivní plyn. Jeho výhodou je velmi silný zápach, který je člověku patrný již při nízkých koncentracích. To varuje před blížícím se nebezpečím a umožňuje zasažený prostor urychleně opustit. Chlor nepříznivě působí

na organismus, zejména při jeho inhalaci nebo kontaktu s kůží a očima, kde způsobuje dráždění nebo leptání. Chlor ihned reaguje s vlhkostí za vzniku agresivního chlorovodíku a kyseliny chlorné. Proto nelze přesně odlišit dopady expozice chlorem a chlorovodíkem. U exponované osoby chlorem se mohou projevit následující rizika a potíže:

- podráždění nosu, dýchacích cest, vznik trhlinek na dýchacích cestách, silné kašláni, krvácení z nosu a bolest na hrudi,
- dráždění plic, dušnost, tvorba tekutiny v plicích (edém) i nebezpečí udušení,
- popálení očí a kůže s nevratným poškozením,
- opakované expozice mohou nenávratně poškodit plíce, zuby a vyvolat vyrážky (1, 11).

#### ***1.1.7. Postup při první pomoci***

Při nadýchání postiženému nasadit prostředek ochrany dýchacích orgánů a dopravit jej na čerstvý vzduch, uvolnit oděv a přivolat lékaře, nebo postiženého dopravit k lékařskému ošetření. Při zástavě dechu zahájit umělé dýchání mimo kontaminovaný prostor. Při zasažení povrchu těla okamžitě svléknout kontaminovaný oděv a omýt zasaženou pokožku velkým množstvím čisté vody. Při zasažení očí je nutné je co nejrychleji vyplachovat bez přerušování po dobu 10 až 15 minut velkým množstvím čisté vody, za občasného odtažení víček od povrchu oka (3). Vždy je po zasažení chlorem třeba ihned vyhledat lékaře (2, 6, 10).

#### ***1.1.8. Ochrana***

Ochrana dýchacích orgánů, očí a obličeje je zajištěna obličejovou maskou s protiplynovým filtrem typu B. Ochrana obličejovou maskou s protiplynovým filtrem je doporučována pro koncentrace chloru v ovzduší od 0,5 do 10 ppm. V koncentracích vyšších než 10 ppm nebo při dlouhodobém pobytu je doporučováno ochranu zajistit pomocí izolačních dýchacích přístrojů. Filtr s náplní aktivního uhlí proti chloru nechrání. K ochraně povrchu těla je třeba použít izolační prostředky hermetického typu (4).

### ***1.1.9. Dekontaminace***

Dekontaminace není nutná, případně lze zasažená místa opláchnout velkým množstvím čisté vody. K dekontaminaci je možné použít i 3% roztok uhličitanu sodného nebo sulfidu sodného (4).

## **1.2. Hlavní faktory ovlivňující šíření škodlivin v ovzduší**

Účinek toxických látek je ovlivněn celou řadou faktorů. Kromě fyzikálních a chemických vlastností samotné toxické látky je to především způsob úniku či použití noxy a vnější příčiny, které limitují stálost toxických látek a opatření nutná k ochraně osob a majetku. Na účinnost použití chemických zbraní a dalších toxických látek, uniklých například při průmyslových chemických haváriích, mají z hlavních prvků vliv zejména teplota vzduchu, teplotní gradient, směr a rychlost proudění větru, množství srážek, vliv nerovností, pokrytosti terénu, difúze a hustota toxických látek(4, 7).

### ***1.2.1. Teplota vzduchu a povrchu půdy***

Teplota vzduchu má vliv na skupenství toxických látek, zejména bod varu a tuhnutí. Teplota zároveň ovlivňuje vstřebatelnost látek na aktivním uhlí a propustnost látek izolačními ochrannými fóliemi ochranných oděvů. S teplotou vzduchu dále souvisí těkavost toxických látek, protože teplota vzduchu ovlivňuje jejich výpar, který ovlivňuje dobu účinku toxických látek a stálost v terénu. Teplota vzduchu ovlivňuje viskozitu látek, schopnost jejího vsakování do půdy, tím i přirozenou dekontaminaci, a také pronikání látek k pokožce oděvem a sorpčními náplněmi filtrů. Velký význam má teplota vzduchu při dekontaminaci. Aby bylo možné použít dekontaminačních prostředků i při nízkých teplotách, jsou např. některé armádní dekontaminační prostředky vybaveny látkami, které při styku s vodou uvolňují teplo, a tím zahřívají dekontaminační směsi na potřebnou teplotu, která je účinná pro dekontaminaci. Teplota vzduchu a půdy ovlivňuje účinnost toxických látek. Z teploty vzduchu se rovněž odvozuje agregátní stav či skupenství toxických látek. Na základě takovýchto znalostí lze i určit pravděpodobnost jejich reálného účinku a chování (4).

Teplota povrchu půdy ovlivňuje intenzitu odpařování kapalných toxických látek a v podstatě určuje jejich stálost v terénu. Při hodnocení stálosti toxických látek je rovněž nutné brát v úvahu průběh teploty vzduchu a půdy během 24 hodin. Musí se k ní také přihlížet při organizaci ochrany před toxickými látkami a výběru dekontaminačních

prostředků při provádění dekontaminace. Ovlivňuje i délku doby nepřetržitého pobytu osob v zařízení kolektivní ochrany (4).

### **1.2.2. Teplotní gradient atmosféry v její přízemní vrstvě**

Vertikální stálost atmosféry popisuje míru promíchávání uvolněné látky se vzduchem ve spodních vrstvách atmosféry. Rozlišují se tři základní stupně vertikální stálosti atmosféry: inverzní, izotermická a konvekční atmosféra.

Inverzní atmosféra je velmi stabilní. K promíchávání jednotlivých vrstev atmosféry téměř nedochází, proto bude koncentrace látky vyšší a dosah oblaku bude největší. Teplo tlačí na spodní vrstvu shora a tím ji uzavírá. V našich klimatických podmínkách tento stav převažuje.

Izotermie je neutrální stálost atmosféry. Dosah oblaku látky i stupeň promíchávání jednotlivých vrstev atmosféry je ve většině případů střední.

Konvekční atmosféra je velmi nestabilní, čímž dochází k silnému promíchávání vrstev atmosféry a dosah kontaminovaného oblaku bude nejmenší (4).

Charakter teplotního zvrstvení má největší vliv na hloubku plošného rozšiřování oblaku toxických látek a účinnost jejich působení na osoby, které se nacházejí v různých vzdálenostech od zdroje kontaminace, a to i na závětrných místech v terénu či v městských aglomeracích. Nejvýhodnějším přízemním zvrstvením z hlediska šíření k hloubkovému přenosu toxických látek je teplotní inverze, při které se může oblak tvořený těkavými látkami přemístit do vzdálenosti až 60 km. Naproti tomu při izotermii je hloubka rozšíření kontaminovaného vzduchu v průměru dvakrát menší. V případě výskytu konvekce bude hloubka rozšíření v porovnání s izotermií menší (4, 7).

### **1.2.3. Směr a rychlost proudění větru**

Směr a rychlost přízemního proudění je nezbytnou meteorologickou charakteristikou pro hodnocení vlivu počasí na efektivnost šíření toxických látek. V důsledku vzestupných nebo sestupných pohybů vzduchu mění oblak kontaminantu svou polohu ve vertikálním směru. U předpovědi chemické kontaminace je nutné takovéto skutečnosti zvažovat. Rovněž při organizaci dekontaminačních prací musí být

brán v úvahu směr přízemního větru ve vztahu k dekontaminačním místům a plochám. Směr větru je nazýván dle světové strany odkud vane. Popis směru větru je udáván v úhlových stupních. Úhel je orientován ve směru pohybu hodinových ručiček (např. severní vítr se udává v 0 nebo 360 stupních) (4).

Rychlost pohybu oblaku toxické látky lze rozdělit na složku horizontální a vertikální (výstupný nebo sestupný pohyb). Trajektorie přemístování oblaku je dána směrem větru a rychlostí jeho pohybu. Na rychlosti větru závisí doba, za kterou oblak dosáhne určitého místa, a rovněž i doba, po kterou oblak bude přes určité místo přecházet (tzv. zdánlivé setrvávání oblaku na místě). Pohyb oblaku tedy ovlivňuje účinek toxických látek a opatření, která je potřeba činit k ochraně osob. Rychlost větru má dvojnásobný vliv na intenzitu změn koncentrace toxických látek v oblaku kontaminovaného vzduchu. Větší rychlost větru způsobuje zpomalení vznosu škodliviny nad zdroj úniku a zároveň urychluje zředění a rychlost šíření toxické látky v horizontálním směru (4).

#### ***1.2.4. Množství atmosférických srážek***

Atmosférické srážky zvyšují v ovzduší mechanické promíchávání, což vede ke snižování koncentrace toxických látek v oblaku zamořeného vzduchu. Kromě toho dochází k vymývání par toxických látek z atmosféry dešťovými kapkami a následnému zmenšování hloubky šíření oblaku. U průmyslových toxických látek mohou srážky způsobovat rozpouštění látky v atmosférické vlhkosti a může dojít k intenzivnímu snižování koncentrace těchto látek v ovzduší a do jisté míry k dekontaminaci přirozenou cestou. Silné dlouhotrvající deště a lijáky snižují stálost kapalných toxických látek v terénu. Částečně u nich probíhá hydrolýza a částečně jsou smývány deštěm z povrchů a terénu (4).

Vysoká relativní vlhkost může mít velký vliv na chování průmyslových toxických látek v ovzduší. Vznikají kapičky, které obsahují část vázané škodliviny. Tyto kapičky pak dále podléhají seskupení, zvětšuje se jejich velikost a dochází k sedimentaci vytvořeného aerosolu. Tím dochází ke snižování koncentrace toxické látky. Při vysoké vlhkosti vzduchu však dochází k zahlcování pórovité struktury

aktivního uhlí vodními parami, což vede k nutnosti častější výměny filtrů. U průmyslových toxických látek však zachycená vlhkost v ochranných filtrech může naopak vést k lepšímu zachytu těchto látek v pórovité struktuře, protože může docházet k rozpouštění těchto látek v sorbované vodě. Obecně však aktivní uhlí velmi špatně sorbuje průmyslové toxické látky, zejména pak látky s nízkou molární hmotností, a proto musí být použity speciální filtry k jejich zachytu (4).

#### ***1.2.5. Vliv nerovností a pokrytosti terénu***

Při hodnocení charakteru terénu z meteorologických hledisek musí být zvažován vliv terénních tvarů (vyvýšeniny, doliny, údolí a rokliny), vodních ploch a toků, rostlinné pokrývky (lesní masivy, plochy porostlé křovím, obilí) a terénních předmětů (sídlíště, jednotlivé stavby apod.).

Šíření vzdušného oblaku látky je výrazně ovlivněno charakterem terénu ve směru větru. Oblak může zatékat do údolí a snížených prostor a zůstávat v děrách, prohlubních nebo sklepích. Toxický oblak má tendenci přecházet nebo obtékat překážky, ale současně může být nerovnostmi terénu zpomalován naopak od rovinnatého terénu, který umožňuje stejnoměrný pohyb oblaku (4).

Vliv terénu na vítr nelze popisovat komplexně. Je-li vertikální překážka pro vzduch nepropustná, vzduch se před ní nashromáždí, stlačuje a jeho rychlost klesá až k nulovým hodnotám. Vytváří se jakýsi polštář, po kterém se další vzduchová hmota přelévá. Nad překážkou se proudnice zhušťují, takže svíse nad ní a v nejbližším okolí se budou vyskytovat vyšší rychlosti proudění. Parametry vzdušného proudění se mění již ve značné vzdálenosti před překážkou. Je-li překážka značně širší než její výška, začíná zrychlování a vyzvedávání proudnic ve vzdálenosti, která odpovídá desetinásobku její relativní výšky. Za překážkou vzniká tzv. aerodynamický stín. Délka aerodynamického stínu je 15 až 20krát delší, než je výška vertikální překážky (4).

#### ***1.2.6. Difuze***

Hlavním mechanismem rozptylu toxické látky v ovzduší je difuze. Působení turbulentních pohybů v ovzduší dochází k promíchávání vzduchu s toxickou látkou,



k rozšiřování oblaku a zákonitě ke snižování objemové koncentrace látky v ovzduší. Intenzita turbulentní difuze je proměnlivá a bude záviset na vzniku a vývoji turbulentních pohybů. Ty jsou podmiňovány mechanickými nebo teplotními příčinami(4).

#### ***1.2.7. Hustota toxických látek***

Na usazování či chování toxických látek ve vzduchu má vedle meteorologických a dalších podmínek vliv především relativní hustota toxických látek. Hustotu lze odvodit z relativní molekulové hmotnosti. Nízké hustoty způsobují rychlý rozptyl látek a nízkou kontaminaci povrchu terénu. Naopak se vzrůstající hustotou roste pravděpodobnost kontaminace terénu a dalších povrchů. Hustota plynů roste obecně se snížením teploty a naopak. Proto je při nižších teplotách stabilita oblaků toxických látek vyšší než při teplotách vyšších. Při nižších teplotách dochází ke kontaminaci rozsáhlé plochy terénu, objektů, a zatékání těchto látek do sklepních prostor (4, 6).

### **1.3. Chování obyvatelstva v případě havárie s únikem nebezpečných látek**

Téměř každý den můžeme sledovat v médiích různá neštěstí, při kterých umírají lidé. V životě lidí mohou nastat neočekávané situace, na které by mělo být obyvatelstvo připraveno. Kromě živelných pohrom, jsou pro Českou republiku pravděpodobné také havárie s únikem nebezpečných chemických látek. K úniku nebezpečných chemických látek může dojít z různých důvodů, a to především: následkem působení člověka, vlivem přírodních účinků, při teroristických útocích nebo následkem válečných operací (6).

K úniku nebezpečných chemických látek může dojít prakticky všude. Mimo zdrojů mobilních to mohou být zdroje stacionární, které představují největší rozsah ohrožení v důsledku úniku nebezpečných chemických látek. U mobilních zdrojů dochází k únikům nejčastěji (6).

Za nebezpečné chemické látky jsou považovány látky vysoce toxické, toxické nebo zdraví škodlivé, které po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou i ve velmi malém nebo malém množství způsobit akutní nebo chronické poškození zdraví nebo smrt.

Zneužití nebezpečných chemických látek a zejména bojových chemických látek nejen ve válce, ale i za mírových stavů, lze považovat za chemický terorismus. Pro teroristické účely mohou být kromě látek nervově paralytických použity i další bojové chemické látky, např. látky zpuchýřující, dusivé a všeobecně jedovaté. Vzhledem k tomu, že většina dusivých látek (chlor, fosgen a další) jsou běžně dostupné průmyslové chemické látky, mohou být teroristy snadno zneužity (6).

#### ***1.3.1. Zásady první pomoci při zasažení nebezpečnými chemickými látkami***

Otrava nebezpečnou chemickou látkou se může podobat např. srdečnímu infarktu, otravě alkoholem, případně také infekčnímu onemocnění. Obecné příznaky otrav se vyznačují vždy potížemi s dýcháním, celkovou slabostí a někdy i halucinacemi. U chloru se projevuje zejména krev ve zvratkách, zrychlený tep nebo bezvědomí.

Základní zásadou první pomoci při zasažení nebezpečnou chemickou látkou je okamžitě zamezení dalšího kontaktu zasažené osoby s touto látkou. Postiženým osobám se okamžitě nasazuje ochranná maska nebo se dodávka vzduchu zajistí dýchacím přístrojem a provede se přemístění z místa zasažení do nezamořeného prostředí. Při známkách dušení se přemístění provádí vleže nebo vpolosedě. Pohyb zasažených osob se nedoporučuje (6).

Po přemístění mimo kontaminovaný prostor se na vhodném místě provádí okamžitě sejmутí oděvu, aby se zamezilo dalšímu vstřebávání látky, pokud je oděv nasycen nebezpečnou chemickou látkou. Dále následuje výplach očních spojivek a dekontaminace povrchu těla. Při poruchách vědomí je nezbytné kontrolovat, zda postižený dýchá. Kontrolou barvy postiženého zejména jsou-li rty, jazyk, uši a špička nosu růžové nebo bledé, ověříme, je-li dýchání dostatečné. V případě, že u postiženého nastala zástava dechu, je nutné provést uvolnění dýchacích cest a zahájit umělé dýchání z plic do plic, nezačne-li postižená osoba po uvolnění dýchacích cest sama dýchat. (6)

Pokud na pomoc nestačí zachránce sám, je nutné přivolání záchranářů nebo alespoň zkušenější osoby. V případě záchrany osob v bezvědomí z nepřístupných prostorů kontaminovaných nebezpečnou chemickou látkou nesmí pracovat zachránce sám. Musí být jištěn z nekontaminovaného prostředí. V místech havárie je nutné při vstupu do zamořeného prostoru zásadně používat dýchací přístroj, resp. ochrannou masku s předepsaným ochranným filtrem v případě, že je v ovzduší dostatek kyslíku, tj. nad 17 %. Do malého prostoru nebo nádrže, zamořené nebezpečnou chemickou látkou nelze vstupovat bez jištění druhou osobou (6).

### ***1.3.2. Základní zásady chování obyvatelstva***

S těmito zásadami by měl být seznámen každý, kdo může být havárií spojené s únikem nebezpečných chemických látek jakkoli ohrožen, zejména ti, co bydlí nebo pracují v místě bezprostředního ohrožení (zóně havarijního plánování). V případě zpozorování mimořádné události je k řešení následků havárie nezbytné neprodleně kontaktovat linky tísňového volání, nejlépe jednotné evropské číslo tísňového volání

112 nebo linku hasičského záchranného sboru 150, Policii ČR 158 a zdravotnickou záchrannou službu 155.

### 1) Nepřibližovat se k místu havárie

V místě úniku nebezpečné chemické látky je koncentrace nejvyšší a tedy nejnebezpečnější. Na návětrné straně je koncentrace minimální naopak na závětrné straně je koncentrace nejvyšší. Koncentrace klesá ve směru větru od místa havárie, a to v závislosti na druhu, množství unikající nebezpečné chemické látky a meteorologických podmínkách. Přiblížení k místu havárie, např. ze zvědavosti, může zvyšovat ztráty nebo počet otrávených (6).

### 2) Vyhledání vhodného úkrytu

Velké množství chemických látek je těžší než vzduch, a proto se drží při zemi. Tak se mohou dostat do sklepních nebo přízemních místností snadněji, než do místností v patrech. Nebezpečné chemické látky lehčí než vzduch bývají většinou prchavé, a tedy v terénu málo stálé, proto není pravděpodobné, že proniknou zavřenými, nebo utěsněnými okny ve vyšších patrech. V případě potřeby je nutné poskytnout úkryt v budově osobám, které se nacházejí mimo budovy. Jestliže jsou k ukrytí připraveny tlakově odolné úkryty, musí být tato skutečnost zpracována v havarijních plánech příslušného kraje a ohrožené obyvatelstvo by mělo být seznámeno s místem a postupem ukrytí (6).

### 3) Utěsnění místnosti

Okna v místnostech, které zvolíme k ukrytí, lze utěsnit různými druhy lepicích pásek, které zamezí průnik nebezpečné látky do místnosti. Dále je možné snížit průnik látky tkaninami nebo záclonami namočenými ve vodě. Dále je nezbytné vypnout a utěsnit veškerou ventilaci v bytě (klimatizaci, digestoře), a také otvory, kde může vzniknout netěsnost (klíčové dírky, průlezy pro domácí zvířata) (4, 6).

#### 4) Připravit si prostředky improvizované nebo individuální ochrany

Současné právní předpisy nezajišťují pro obyvatelstvo výdej prostředků individuální ochrany v případě havárií nebezpečných chemických látek, dle § 17 vyhlášky Ministerstva vnitra č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva. Z tohoto důvodu je vhodné si prostředky individuální ochrany zakoupit ve specializovaných prodejnách. Bez prostředků individuální ochrany je nezbytné použít prostředky improvizované ochrany k ochraně dýchacích cest, popřípadě těla.

Základní pomůcky k improvizované ochraně dýchacích cest jsou sáčky z umělé hmoty, savé a prodyšné tkaniny, pitná voda, zažívací soda a kyselina citrónová. Pokud jde o ochranu povrchu těla, lze použít pro ochranu hlavy a krku např. čepici, klobouk nebo šálu. K ochraně těla jsou vhodné pláštěnky nebo oděvy do deště, gumové holinky nebo jiná vhodná obuv a rukavice (gumové, kožené). Postup improvizované ochrany dýchacích cest je následující: tkanina (nejlépe froté) se namočí do vody se zažívací sodou, v případě úniku chloru a pro případ úniku zásadité látky (amoniaku) se použije kyselina citrónová, resp. kuchyňský ocet. Těchto roztoků lze použít pro namáčení tkanin nebo záclon k utěšňování místností. Z toho vyplývá, že v domácnosti je důležité udržovat zásobu vody a uvedených látek. V nouzovém případě lze použít jen vodu (6, 7).

#### 5) Příprava a provádění dekontaminace

I když ještě nedošlo ke kontaminaci povrchu těla nebezpečnou chemickou látkou, je účelné připravit zásobu vody k omývání těla. Vhodná je příprava dezinfekčních nebo neutralizačních roztoků k ošetření očí. V případě kontaminace povrchu těla je důležité se co nejdříve osprchovat, případně opláchnout zasažená místa. Nutné je vyměnit ošacení (6, 16)

#### 6) Poslech hromadných sdělovacích prostředků

Poslech rozhlasu a televize je nutný, pokud bylo provedeno varování obyvatelstva sirénami. Od 1. 11. 2001 je v celé ČR zaveden pouze jeden varovný signál „VŠEOBECNÁ VÝSTRAHA” pro varování obyvatelstva při hrozbě nebo vzniku

mimořádné události. Signál je vyhlášen kolísavým tónem sirény po dobu 140 sekund. Signál může být opakován třikrát za sebou v třiminutových intervalech. Po zaznění signálu je třeba věnovat zásadní pozornost rozhlasu a televizi. Informace mohou být šířeny i pouličním rozhlasem, vozidly s tlampači, mluvícími sirénami nebo jiným způsobem. Tyto informace obsahují postup činnosti ohrožených obyvatel při vzniklé události. Tyto pokyny je nezbytné respektovat (6, 9).

#### 7) Jednat klidně a s rozvahou

V žádném případě nepodléhat panice a nezmatkovat. Rozvážně postupovat podle těchto zásad, resp. dle konkrétních pokynů ve sdělovacích prostředcích. Chaoticky reagující jednotlivce uklidňovat. Nerozšiřovat poplašné nebo neověřené zprávy (6).

#### 8) Respektovat pokyny a nařízení složek IZS

První kontakt obyvatel se záchranáři by měl představovat značnou úlevu, zejména když dochází k viditelné eliminaci následků havárie. V případě, že došlo k postižení nadýcháním nebezpečné chemické látky, je třeba na tuto skutečnost záchranáře upozornit. Pokyny, které jsou záchranáři vydávány, vycházejí z profesionální zkušenosti a je třeba je s důvěrou respektovat (6).

#### 9) Vyvarovat se větší fyzické námaze

Při zvýšené fyzické námaze se zvyšuje příjem inhalovaného vzduchu, to má za následek zvýšený příjem vzduchu, který může obsahovat nebezpečnou chemickou látku. Při použití prostředků individuální nebo improvizované ochrany se při zvýšené námaze snižuje doba jejich použitelnosti (6).

#### 10) Varování sousedů

Ověřte, zda sousedé vědí, že mají opustit případně utěsnit byt. Pomoc při utěsnění bytu nebo evakuaci potřebují zejména starší, nevidomí a nemocní.

## 11) Příprava na evakuaci a evakuační zavazadlo

K evakuaci dají pokyn složky IZS na základě posouzení hrozící nebo nastalé situace. Případná evakuace při úniku nebezpečné chemické látky je závislá na druhu nebezpečných chemických látek a vývoji havárie. Únik nebezpečné chemické látky může být také dlouhodobý a lze obtížně odhadnout trvání jejího úniku a rozsah šíření. Evakuaci obyvatelstva lze předpokládat tam, kde může dojít ke kontaminaci rozsáhlé oblasti a kde mohou být dlouhodobé i dekontaminační práce. Zpětné nastěhování lze provést až po důkladné dekontaminaci prostředí, se souhlasem odborné složky. Rozhodnutí o evakuaci se odvíjí např. od druhu, množství a odhadu úniku nebezpečné chemické látky a atmosférických podmínek. Evakuační postupy stanoví odborníci, kteří v krizových štábech havárii řeší. Postupy evakuace jsou zpracovány ve vnějších havarijních plánech dle zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky a o změně zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů, ve znění pozdějších předpisů (dále zákon o prevenci závažných havárií) (6, 7).

V krajním případě, kdy není jiné východisko než opustit byt bez doporučení záchranných složek, kdy dosavadní opatření nejsou účinná nebo je nelze provést, je nutné respektovat šíření látek větrem a volit vhodně trasu. To je třeba učinit intuitivně, zpravidla mimo směr šíření unikající nebezpečné chemické látky, popř. kolmo na směr větru. Nejlépe je místo havárie objet na její návětrné straně. Tuto „samoevakuaci“ je možno učinit za předpokladu, že dobře znáte cestu k cílovému místu evakuace (6, 7).

Složení evakuačního zavazadla:

- Základní trvanlivé potraviny, dobře zabalený chléb a pitná voda;
- Předměty denní potřeby, jídelní miska a příbor;
- Osobní doklady, peníze, pojistné smlouvy a cennosti;
- Přenosné rádio s rezervními bateriemi;

- Toaletní a hygienické potřeby;
- Léky, svítilna;
- Náhradní prádlo, oděv, obuv, pláštěnka, spací pytel nebo přikrývka;
- Kapesní nůž, zápalky a další drobnosti denní potřeby (6, 9).

### ***1.3.3. Obecné zásady***

Obecné zásady lze shrnout do tohoto desatera:

1. Zachovejte klid;
2. Dodržujte pokyny složek IZS;
3. Byt opusťte jen na pokyn složek IZS;
4. Uhasťte otevřený oheň v topidlech;
5. Vypněte elektrické a plynové spotřebiče (mimo ledniček a mrazniček);
6. Uzavřete hlavní přívody vody a plynu;
7. Dětem vložte do kapsy oděvu cedulku se jménem a adresou;
8. Domácí zvířata vezměte s sebou;
9. Vezměte s sebou evakuační zavazadlo (označené jménem, adresou a telefonem), uzamkněte byt a dostavte se na určené místo pro shromáždění evakuovaných osob;
10. Při použití vlastních vozidel dodržujte pokyny složek IZS (6).



## **1.4. Legislativa týkající se chemických havárií**

### ***1.4.1. Zákon č. 356/2003 Sb.***

Hlavní legislativní rámec, který řeší v souladu s předpisy evropského společenství (dále ES) práva a povinnosti právnických a fyzických osob v oblasti výroby, klasifikace, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh, používání, vývozu a dovozu chemických látek a chemických přípravků je zákon č. **356/2003 Sb.**, o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů (dále zákon o chemických látkách a chemických přípravcích). Jeho hlavní účel spočívá ve vymezení působnosti správních orgánů při zajišťování ochrany zdraví a životního prostředí před škodlivými účinky látek a přípravků (22).

K upřesnění obsahu zákona slouží následující prováděcí předpisy:

- Vyhláška č. **219/2004 Sb.**, o zásadách správné laboratorní praxe;
- Vyhláška č. **234/2004 Sb.**, o možném použití alternativního nebo jiného odlišného názvu nebezpečné chemické látky v označení nebezpečného chemického přípravku a udělování výjimek na balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků;
- Vyhláška č. **232/2004 Sb.**, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, týkající se klasifikace, balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků;
- Vyhláška č. **139/2009 Sb.**, o omezení nebezpečných chemických látek a nebezpečných chemických přípravků.

### ***1.4.2. Zákon o prevenci závažných havárií***

V prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky se uplatňuje zákon o prevenci závažných havárií. Tento zákon stanovuje systém prevence závažných havárií pro objekty a zařízení, v nichž je umístěna vybraná nebezpečná chemická látka nebo

přípravek. Hlavním cílem tohoto zákona je snížit pravděpodobnost vzniku havárie a omezit následky havárií na zdraví a životy lidí, hospodářská zvířata a životní prostředí. Zákon navazuje na novelizovanou směrnici Seveso II (96/82 EC) (7).

Výkon státní správy v oblasti prevence závažných havárií vykonává a gestorem je Ministerstvo životního prostředí, druhým gestorem je Ministerstvo vnitra. Další pravomoci zejména v kontrolní oblasti jsou stanoveny pro Český báňský úřad, Českou inspekci životního prostředí, krajské úřady, Státní úřad inspekce práce, správní úřady na úseku požární ochrany, ochrany obyvatelstva a integrovaného záchranného systému (dále IZS) a krajské hygienické stanice (23).

Prováděcími předpisy k zákonu o prevenci závažných havárií jsou:

- Nařízení vlády č. **254/2006 Sb.**, o kontrole nebezpečných látek;
- Vyhláška č. **103/2006 Sb.**, o stanovení zásad pro vymezení zóny havarijního plánování a o rozsahu a způsobu vypracování vnějšího havarijního plánu;
- Vyhláška č. **250/2006 Sb.**, stanoví rozsah a obsah bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu nebo zařízení zařazených do skupiny A nebo B;
- Vyhláška č. **255/2006 Sb.**, kterou se stanoví rozsah a obsah bezpečnostních opatření fyzické ochrany objektu nebo zařízení zařazených do skupiny A nebo do skupiny B;
- Vyhláška č. **256/2006 Sb.**, o podrobnostech systému prevence závažných havárií.

V oblasti preventivních opatření zákon o prevenci závažných havárií stanovuje povinnosti právnických a podnikajících fyzických osob, které při svém podnikání provozují objekt nebo zařízení, v nichž je umístěna vybraná chemická látka dle zákona o chemických látkách a chemických přípravcích, s cílem snížit pravděpodobnost vzniku a omezit následky závažných havárií a vymezuje působnost orgánů veřejné správy na úseku prevence závažných havárií (23).

Dle minimálního množství vybrané nebezpečné látky (uvedené v příloze č. 1 tohoto zákona) předložené krajskému úřadu v návrhu na zařazení jsou objekt nebo zařízení zařazeny do skupiny A nebo B (23).

Pro objekty nebo zařízení zařazené do **skupiny A** se zpracovává na základě výsledků analýzy a hodnocení rizik závažné havárie bezpečnostní program, ve kterém jsou uvedeny zásady prevence závažné havárie, struktura a systém řízení bezpečnosti, které zajišťují ochranu zdraví a životů lidí, zvířat, životního prostředí a majetku.

Dále zpracovává plán fyzické ochrany objektu nebo zařízení, ve kterém provozovatel uvede možnosti neoprávněných činností a provedení případných útoků, režimová opatření, fyzickou ostrahu a technické prostředky k ochraně objektu nebo zařízení. Zpracovaný plán fyzické ochrany zasílá provozovatel krajskému úřadu a Policii České republiky (7, 23).

Provozovatel objektů nebo zařízení zařazených do **skupiny B** navíc zpracovává bezpečnostní zprávu, ve které uvede informace o systému řízení s ohledem na prevenci závažné havárie, informace o složkách životního prostředí v oblasti objektu nebo zařízení, technický popis objektu nebo zařízení, postup při identifikaci zdrojů rizik a metody prevence, opatření k omezení dopadů závažné havárie. Dále zpracovává aktualizovaný seznam, obsahující druh, množství, klasifikaci a formu všech nebezpečných látek v objektu nebo zařízení, jmenovitě uvede právnické osoby a fyzické osoby, podílející se na vypracování bezpečnostní zprávy (7, 23).

V součinnosti se zaměstnanci zpracovává vnitřní havarijní plán, ve kterém stanoví opatření uvnitř objektu nebo zařízení při vzniku závažné havárie. Vnitřní havarijní plán obsahuje jména a funkční zařazení osob, které mají pověření realizovat preventivní bezpečnostní opatření, scénáře, odezvy, řízení a odezvy na možné případné havárie, popis možných dopadů závažné havárie, popis nutných činností ke zmírnění dopadů závažné havárie, přehled ochranných zásahových prostředků, kterými provozovatel disponuje, způsob vyznění dotčených orgánů veřejné správy a varování osob, opatření pro výcvik a plán havarijních cvičení, opatření ke zmírnění dopadů závažné havárie mimo objekt a spolupráci se složkami integrovaného

záchranného systému. Provozovatel je povinen předložit vnitřní havarijní plán k evidenci a uložení krajskému úřadu (7, 23).

Dále je povinen vypracovat a předložit krajskému úřadu podklady pro stanovení zóny havarijního plánování a zpracování vnějšího havarijního plánu. Tyto písemné podklady pro zpracování vnějšího havarijního plánu obsahují identifikační údaje provozovatele, jméno osoby odpovědné za zpracování podkladů, popis závažné havárie, která může vzniknout a jejíž dopady se mohou projevit vně objekt nebo zařízení provozovatele, přehled pravděpodobných dopadů závažné havárie, přehled preventivních bezpečnostních opatření vedoucích ke zmírnění dopadů závažné havárie, seznam a popis technických prostředků využitelných při odstraňování následků havárie, které jsou umístěny mimo objekt nebo zařízení provozovatele a další údaje vyžádané krajským úřadem (7, 23).

V neposlední řadě se provozovatel objektu nebo zařízení podílí na předání informací krajskému úřadu, který tyto informace zpracovává a poskytuje veřejnosti v zóně havarijního plánování. Informace se týkají nebezpečí závažné havárie, včetně možného domino efektu, o opatřeních ke zmírnění dopadů, preventivních bezpečnostních opatřeních a potřebném chování obyvatel v případě vzniku závažné havárie (23).

#### ***1.4.3. Právní předpisy Evropského společenství***

Nejvýznamnější právní předpisy Evropského společenství, implementované do zákona o chemických látkách a chemických přípravcích, jsou nařízení Evropského parlamentu a Rady ES č. 1907/2006 a č. 1272/2008. Nařízení Evropského parlamentu a Rady ES č. 1907/2006, je rozšířené pod názvem nařízení **REACH**. Systém REACH upravuje registraci, hodnocení, povolování a omezování chemikálií. Nařízení je závazné a přímo použitelné ve všech členských státech Evropské unie. Stanoví pravidla pro výrobu, uvádění na trh a používání látek samotných nebo obsažených v přípravcích. Účelem tohoto nařízení je zajistit účinné fungování společného trhu pro chemické látky, ochranu lidského zdraví a životního prostředí před nežádoucími účinky chemických

látek. Nařízením REACH byla zřízena **Evropská agentura pro chemické látky**, jako koordinační, kontrolní a poradenský orgán (13).

Nařízení Evropského parlamentu a Rady ES č. 1272/2008, o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení ES č. 1907/2006, tzv. nařízení Globálně harmonizovaného systému (dále GHS), zavádí nový systém klasifikace a označování chemických látek v rámci Evropského společenství. Účelem nařízení GHS je zajistit vysokou úroveň ochrany lidského zdraví a životního prostředí a volný pohyb chemických látek, směsí a některých specifických předmětů (12).

Do 1. 12. 2010 se chemické látky klasifikují, označují a balí podle směrnice 67/548/EHS, tedy dle dosavadního systému. Od 1. 12. 2010 se budou chemické látky označovat a balit výhradně podle nařízení GHS. Do 1. 6. 2015 se budou v případě klasifikace látek uplatňovat oba systémy (12).

## **2. CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY**

### **2.1. Cíl práce**

Vyhodnocení simulace úniku chloru ze Spolany a. s., Neratovice a Spolchemie a. s., Ústí n. L. pomocí programu TerEx.

Zjistit, zdali jsou Spolana a. s., Neratovice a Spolchemie a. s., Ústí n. L. významnými zdroji nebezpečí pro obyvatelstvo z hlediska úniku chloru.

### **2.2. Předpokládané hypotézy**

Spolchemie a. s., Ústí n. L. a Spolana a. s., Neratovice jsou významné stacionární zdroje nebezpečí pro civilní obyvatelstvo v případě úniku chloru.

### 3. METODIKA

K simulaci úniku chloru byl použit program TerEx, který je určen pro rychlý odhad následků havárií a teroristických útoků. Na základě informací získaných z bezpečnostních zpráv daných podniků a z osobních konzultací se zasvěcenými osobami v dané problematice, byly tyto informace dosazeny do programu TerEx, pomocí kterého byly následně vyhodnoceny a zpracovány do grafů, tabulek a mapových podkladů.

#### 3.1. Charakteristika areálu Spolany

Spolana a. s., Neratovice (dále Spolana) patří mezi významné chemické společnosti českého průmyslu. Vznikla 1. května 1992 transformací ze státního podniku. K 1. dubnu 2009 Spolana zaměstnávala 883 zaměstnanců. Sídlem společnosti jsou Neratovice, ležící 25 km severně od Prahy na řece Labi. Společnost se rozkládá na ploše 262,5 hektarů a disponuje vlastním energetickým centrem a velmi rozsáhlou energeticko-produktovou infrastrukturou v celém areálu. Množstvím a druhem nebezpečných látek skladovaných pro potřebu Spolany je začleněna do kategorie „B“ dle zákona o prevenci závažných havárií. V lokalitě areálu je nadprůměrná vlhkost vzhledem k přilehlým vodním plochám řeky Labe. Převládající je západní vítr (19 %). Největší výskyt bouřek je na jaře a na podzim. Průměrná rychlost větru je asi 1,7 m.s<sup>-1</sup>. Nad areálem Spolany je do výšky 300 m a poloměru 1500 m stanovena bezletová zóna pro letecký provoz (17).

Na území Spolany se nachází 40 km kolejí železniční vlečky, meziblokové komunikace, umožňující kamionovou přepravu, a pro přepravu zboží po Labi i vlastní lodní přístav. Spolana se orientuje především na export svých výrobků. V posledních letech bylo exportováno více než 80 % produkce Spolany (17).

##### 3.1.1. Způsob varování obyvatelstva při vzniku závažné havárie

V zóně havarijního plánování areálu Spolany zazní v případě závažné havárie varovný akustický tón sirén „Všeobecná výstraha“. Ihned po tomto signálu následuje

mluvená tísňová informace, kterou jsou sděleny údaje o bezprostředním ohrožení a ochranných opatřeních. Tyto informace jsou sděleny prostřednictvím sirén, obecních rozhlasů a bezdrátových hlásičů cestou městských a obecních úřadů. Následně jsou obyvatelé informováni v rozhlasu (rádio RELAX – 103,4 FM), televizi a na webových stránkách [www.neratovice.cz](http://www.neratovice.cz). V případě selhání varování rozhlasem nebo sirénou budou obyvatelé varování pomocí výstražného zvukového zařízení vozidel Policie střeďočeského kraje, vozidel Hasičského záchranného sboru (dále HZS) Střeďočeského kraje a jednotky sboru dobrovolných hasičů, případně vozidel Městské policie. Lze využít i megafony (14).

### **3.1.2. Umístění chloru v areálu**

V areálu Spolany se nachází 5 zásobníků osahujících chlor, z čehož jeden zásobník je vždy prázdný kvůli přečerpávání. Každý zásobník je konstruován na 85 tun o síle zásobníku 21 mm. Každý je samostatně uložen v betonové vaně. Zásobníky jsou při průniku vody do betonových van samo-odpojitelné, aby nedocházelo k přetrhání potrubí a úniku chloru. Tato inovace vychází ze zkušeností při povodních v roce 2002. Zásobníky jsou umístěny v samostatné budově, která leží přibližně 100 metrů od plotu areálu. Maximální projektované množství, které může být uskladněno, je 463 tun. Toto množství je v běžném provozu nereálné a obvykle se pohybuje okolo 150 tun chloru. Dále bývají v areálu umístěny dvě železniční cisterny, každá o objemu 45 tun chloru.

Při menším úniku je hasičský záchranný sbor podniku vybaven přenosnými vodními clonami, které pohltní velké množství unikajícího chloru. Při telefonickém vyhrožování bombou, které se v minulosti již několikrát opakovalo, má Spolana vypracovanou „Směrnici ohrožení areálu“. Tato směrnice podrobně stanovuje systematický postup prohledávání areálu za součinnosti Policie České republiky s pomocí policejních psů.

### **3.1.3. Hlavní výrobky Spolany**

**Polyvinylchlorid** (dále PVC) s obchodním názvem NERALIT<sup>®</sup> je čistý bílý prášek, který se vyrábí v různých modifikacích a je určen pro výrobky z měkčených



a neměkčených plastových směsí na technologii zpracování vstřikováním, vytlačováním a vyfukováním. Vhodný je pro výrobu okenních profilů, podlahových a střešních krytin, pro výrobu tvarovaných výrobků (kelímků, lahví), kabelů a fólií, vodovodních a kanalizačních trubek. Další využití je ve zdravotnictví, v automobilovém a textilním průmyslu (17).

**Kaprolaktam** patří k velmi žádaným komoditám na evropském trhu, kam se většina produkce exportuje. Kaprolaktam granulovaný je bílá krystalická látka, silně hygroskopická s charakteristickým zápachem. Je základní surovinou pro výrobu umělého vlákna Polyamid 6 (dále PA6), který se dále používá v textilním nebo v plastikářském průmyslu. Polyamidová vlákna mají velmi široké použití při výrobě textilií, kobereců a kordů do pneumatik. Díky nízké propustnosti kyslíku se PA6 ve formě fólie využívá pro balení potravin. Kaprolaktam vykazuje minimum nebezpečných vlastností pro životní prostředí, protože je biologicky snadno odbouratelný (17).

**Hydroxid sodný** je bezbarvá, čirá až zakalená viskózní kapalina je silně alkalická a žíravá. Vzniká spolu s chlorem při elektrolýze roztoku chloridu sodného. Jde o anorganickou chemikálii, která se používá v řadě anorganických a organických výrobcích, ve výrobě papíru a celulózy, umělých vláken, mýdel, v potravinářském průmyslu a podobně. Zatímco většina chloru se spotřebuje pro výrobu PVC, hydroxid sodný Spolana prodává na volném trhu (17).

**Síran amonný** (obchodní název SPOLSAN<sup>®</sup>) je krystalická látka bílé až bílošedé, případně růžovošedé barvy. Vzniká při výrobě kaprolaktamu a používá se jako průmyslové hnojivo. V posledních letech, zejména v souvislosti s odsířením elektráren, je síran amonný stále významnějším hnojivem s obsahem síry a amoniakálního dusíku. Používá se k přímému hnojení nebo jako surovina pro výrobu směsných hnojiv obsahujících síru. Velmi žádaný je v poslední době v granulované podobě, která zamezuje spékání a usnadňuje rozmetání hnojiva v terénu (17).

Spolana produkuje celou řadu dalších chemických výrobků, které jsou určeny jak pro vlastní spotřebu, tak pro prodej na domácím i zahraničním trhu. K nim patří například vinylchlorid monomer, kapalný chlor, chlornan sodný, kyselina sírová nebo

chlorovodíková. Tyto látky nacházejí své uplatnění jako bělicí a oxidační činidla v chemickém, papírenském, textilním průmyslu a v koželužství. Používají se rovněž k dezinfekci užitkové vody a úpravě pitné vody (17).

### 3.2. Charakteristika areálu Spolchemie

Provoz Spolku pro chemickou a hutní výrobu, akciová společnost (dále Spolchemie) se nachází přibližně 500 m od centra stotisícového města Ústí nad Labem. V těsné blízkosti protékají dvě řeky. Jednak náš největší vodní tok řeka Labe a nejznečištěnější tok České republiky, řeka Bílina. K 1. prosinci 2009 Spolchemie zaměstnávala 974 zaměstnanců. Rozhodujícím předmětem činnosti je výzkum, vývoj, výroba a zpracování chemických a biochemických výrobků a obchodování s nimi. Množstvím a druhem nebezpečných látek skladovaných je Spolchemie začleněna do kategorie „B“ dle zákona o prevenci závažných havárií. Spolchemie má navíc, pro svou potřebu, zpracovaný havarijní plán provozu a havarijní karty pro chlor, které při úniku chloru pomáhají zasahujícím složkám k lepší orientaci s touto látkou při zásahu (18).

V lokalitě areálu je nadprůměrná vlhkost vzhledem k přilehlým vodním plochám. Převládající je jihozápadní vítr (22,5 %). Největší výskyt bouřek je na jaře a na podzim. Průměrná rychlost větru je asi  $1,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Nad areálem Spolchemie je do určité výšky stanovena bezletová zóna pro letecký provoz.

Chlor je jednou ze základních surovin pro výrobu dalších chemických látek produkovaných Spolchemií, a to zejména epichlorhydrin. Z něj se pak vyrábějí epoxidové pryskyřice, jeden z hlavních obchodních artiklů Spolchemie. Výroba syntetických pryskyřic je největší ve střední a východní Evropě. Dále se chlor používá k výrobě anorganických i organických sloučenin jako např. chlorovodíku, chlornanu sodného, perchlorethylenu, allylchloridu. Výroba chloru ve Spolchemii je již více než 70 let založena na tzv. amalgámové elektrolýze (rtuťový elektrolytický proces) (18).

#### 3.2.1. *Způsob varování obyvatelstva při vzniku závažné havárie*

V zóně havarijního plánování areálu Spolchemie bude v případě závažné havárie spuštěn celostátní systém varování obyvatelstva a souběžně s ním bude varování zajištěno i způsoby, které jsou k dispozici pouze v zóně havarijního plánování. Po akustickém tónu sirény varovného signálu „Všeobecná výstraha“ bude následovat tísňová slovní informace, která je zabezpečena elektronickými mluvícími sirénami

pomocí varovného a informačního systému města Ústí n/L, který je ovládán z operačního střediska Městské policie. Podrobnou informaci o nastalé situaci s doporučením žádoucího chování osob obdrží i provozovatelé regionálního rozhlasového a televizního vysílání a dispečer Dopravního podniku města Ústí nad Labem. Spuštění sirén zabezpečuje HZS ústeckého kraje a v případě nebezpečí z prodlení má možnost spuštění sirén dispečer Spolchemie. Konec ohrožení je sdělen stejnými prostředky jako při vyhlášení nebezpečí (19).

### **3.2.2. Umístění chloru v areálu**

V areálu Spolchemie se nachází 7 zásobníků osahujících chlor. Tři zásobníky po 65 tunách, dva po 55 tunách a dva po 15 tunách. Jeden největší zásobník musí vždy zůstat prázdný z důvodu přečerpání některého z ostatních zásobníků. Zásobníky jsou umístěny samostatně přibližně ve středu areálu a asi 250 metrů od plotu. Maximální projektované množství, které může být uskladněno, je 1 285 tun. Provozní množství se pohybuje okolo 300 tun chloru.

Při menším úniku jsou v okolí zásobníku umístěny stacionární vodní clony, které jsou k pohlcení chloru nejvíce účinné při bezvětří.

### **3.2.3. Hlavní výrobky Spolchemie**

Spolchemie produkuje okolo 500 výrobků ve třech hlavních výrobních oborech.

**Syntetické pryskyřice** se dělí na základní, modifikované epoxidové pryskyřice, alkydové a polyuretanové pryskyřice, kalafunové lakařské pryskyřice a vodou rozpustné pryskyřice. Syntetické pryskyřice se používají při výrobě nátěrových hmot, ve stavebnictví, v elektrotechnice ve spotřebním průmyslu a dalších (18).

**Základní anorganické sloučeniny** se používají především k elektrolytické výrobě chloru, vysoce čistého hydroxidu sodného a draselného v kapalně a pevné formě. Na výrobu chloru úzce navazuje výroba allylchloridu a epichlorhydrinu. Anorganické výrobky nacházejí uplatnění prakticky ve všech průmyslových oborech,

v chemii, petrochemii, papírenství, sklářství, strojírenství, elektrotechnice, farmacii, potravinářském průmyslu, energetice, při úpravě vody, ve stavebnictví a dalších (18).

**Speciální anorganické sloučeniny** jsou zaměřeny především na výrobu manganistanu draselného a kyseliny fluorovodíkové. Pod tento sektor dále spadá výroba anorganických fluoridů, vysoce čistého oxidu hlinitého a syntetického safíru (18).

Spektrum použití všech těchto výrobků je velice široké počínaje úpravou vody, přes sklářský, chemický či ocelářský průmysl, až po šperkařství (18).

### **3.3. Program TerEx**

#### **3.3.1. Základní charakteristika TerExu**

Program TerEx (teroristický expert) verze 2.9 s platnou licencí pro Jihočeskou univerzitu je softwarový nástroj určený pro rychlou simulaci následků havárií a teroristických nebo vojenských útoku na základě havarijního modelu s využitím základních informací. Má rozsáhlé využití pro operativní jednotky integrovaného záchranného systému. Je vhodný rovněž pro analýzy rizik při územním plánování, navrhování zástavby v okolí komunikací a výrobních závodů, pojišťovnictví apod. Program poskytuje výsledky i při nedostatku přesných vstupních informací (21).

Předpověď následků je založena na konzervativní prognóze – výsledky odpovídají takovým podmínkám, při kterých dojde k maximálním možným následkům (nejhorší varianta). Základem TerExu je zatím devět základních modelů mimořádných událostí, které pokrývají různé typy havárií a teroristických útoku, a dále komplexní databáze nebezpečných látek, ze kterých lze při modelování událostí vybírat nebo zadat uživatelem látku vlastní (21).

TerEx umožňuje dosáhnout kvalitních výsledků nejen odborníkovi, ale i člověku, který není specialistou v oborech chemie či pyrotechniky, například pracovníku krizového řízení. Pomocí jednoduchých kroků je uživatel směřován k přesnému a jednoznačnému výsledku. Princip havarijního modelu je řešen postupnou volbou dostupných informací o havárii. Hlavní informace vycházejí z určení

havarovaného zařízení, stanovení druhu havárie pro dané zařízení a vymezení nebezpečné látky, která událost způsobila (7, 21).

### **3.3.2. Interpretace výsledků**

Výsledky výpočtu programu TerEx jsou uspořádány velmi jednoduše, srozumitelně a především jednoznačně, takže umožňují rychlé rozhodování. Návaznost programu na geografický informační systém zajišťuje přehlednost a srozumitelnost výsledků promítnutím do mapy. Výsledný havarijní model je možno uložit do databáze (7, 21).

### **3.3.3. Standardizace**

TerEx splňuje normy NATO pro systém předávání zpráv ve formátu ADatP-3. Dále generuje výstupní zprávy ve formátu CAP (Common Alerting Protocol) založeném na XML (21).

## 4. VÝSLEDKY

### 4.1. Možné scénáře chemického terorismu

Mezi uskutečnitelný patří scénář jednorázového úniku chloru ostřelováním budovy se zásobníky minometem, například z přilehlého kopce. To je u Spolany velmi pravděpodobné z důvodu polohy areálu. U Spolchemie lze díky hustě zastavěnému okolí ostřelovat z přilehlých budov. Pokud vezmeme přibližně 80 % maximálního dostřelu středních minometů, což je přibližně 5 km, a tímto poloměrem opišeme kružnici okolo areálu, získáme uvnitř kružnice velké množství míst, které jsou k odpalu vhodné. Je to děsivé, jednoduché a může to přijít odkudkoliv. Plocha kružnice má plochu přibližně 20 km<sup>2</sup> a v tom spočívá největší nebezpečí. Tato možnost je pro teroristy velice nenáročná a dostupná v porovnání s jinými možnostmi terorismu. Pořízení minometu je v dnešní době velice snadné a při navádění střel pomocí GPS navigace jim dává vysokou účinnost a šanci na „úspěch“. Další výhoda ostřelování minometem je jejich vysoká kadence a v neposlední řadě dává ostřelování z určité vzdálenosti šanci teroristům ze zamořeného místa utéct bez následků.

Další možnost zneužití je zmanipulování některého ze zaměstnanců, případně proniknutí do areálu přímo teroristou. K odpálení zásobníků stačí takové množství plastické trhavy, které se vejde do igelitové tašky například 2,5 kg PINp 10 nebo Semtex 1A. Toto množství není nikterak velké ani objemné a k proražení cca 2 cm silné stěny zásobníku dostatečné. Při frekvenci proudění vozidel a osob do a z areálu je tato varianta docela reálná. Fyzická ochrana areálu nemůže za těchto podmínek eliminovat pronesení relativně malého množství trhavy. Důslednější kontroly jsou pro podnik ekonomicky více nákladné a také by znepríjemňovaly vstup všem zaměstnancům i návštěvníkům.

V neposlední řadě připadá možnost odpálení zásobníků způsobem sebevražedného atentátníka, který do areálu násilně projede automobilem plným trhavy. V pracovní době je četnost vjezdu vozidel do areálu velká a vjezdu do areálu brání jen slabá závora, kterou lze snadno překonat osobním vozidlem. To by do areálu snadno proniklo a s malou znalostí areálu a orientací místa se zásobníky by nic

nebránilo dojetí k zásobníkům a odpálení připravené nálože ve vozidle aniž by stačil kdokoliv zareagovat a zasáhnout. Sebevražední atentáčníci jsou v dnešní době běžnou praxí teroristů, proto je tato možnost velice reálná a přístupná.

#### **4.2. Modelové situace pomocí programu TerEx**

Na základě možných scénářů byly zpracovány simulace jednorázového úniku chloru. Při simulaci byl použit model PUFF, který vyhodnocuje rozptyl oblaku uvolněné látky při jednorázovém úniku do okolní atmosféry. Ze dvou možností tohoto modelu byl vybrán jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku. Tento model vyhovuje zadání chloru jako nebezpečné látky. Dále je pro přesnější výpočet simulace zadána teplota kapaliny v zařízení, celkové množství kapaliny, rychlost větru, pokrytí oblohy mraky, doba vzniku havárie a typ atmosférické stálosti. Pro co možná nejreálnější výsledek nebylo použito projektované množství skladované kapaliny, ale provozní množství látky, které je v daných podnicích obvykle uskladňováno. Rychlost a směr větru je zadán dle průměrných hodnot českého hydrometeorologického ústavu pro tuto oblast. Dále byla použita nejhorší varianta z hlediska doby vzniku a průběhu havárie. Výsledkem simulace programu TerEx je vymezení zóny zásahu, kde je nezbytné evakuovat obyvatelstvo a zónu doporučeného průzkumu.

Výsledné výstupní údaje programu TerEx jsou orientační a slouží zejména k rychlému posouzení havarijní situace nebo ke stanovení možných dopadů havarijních situací při analýze rizik.



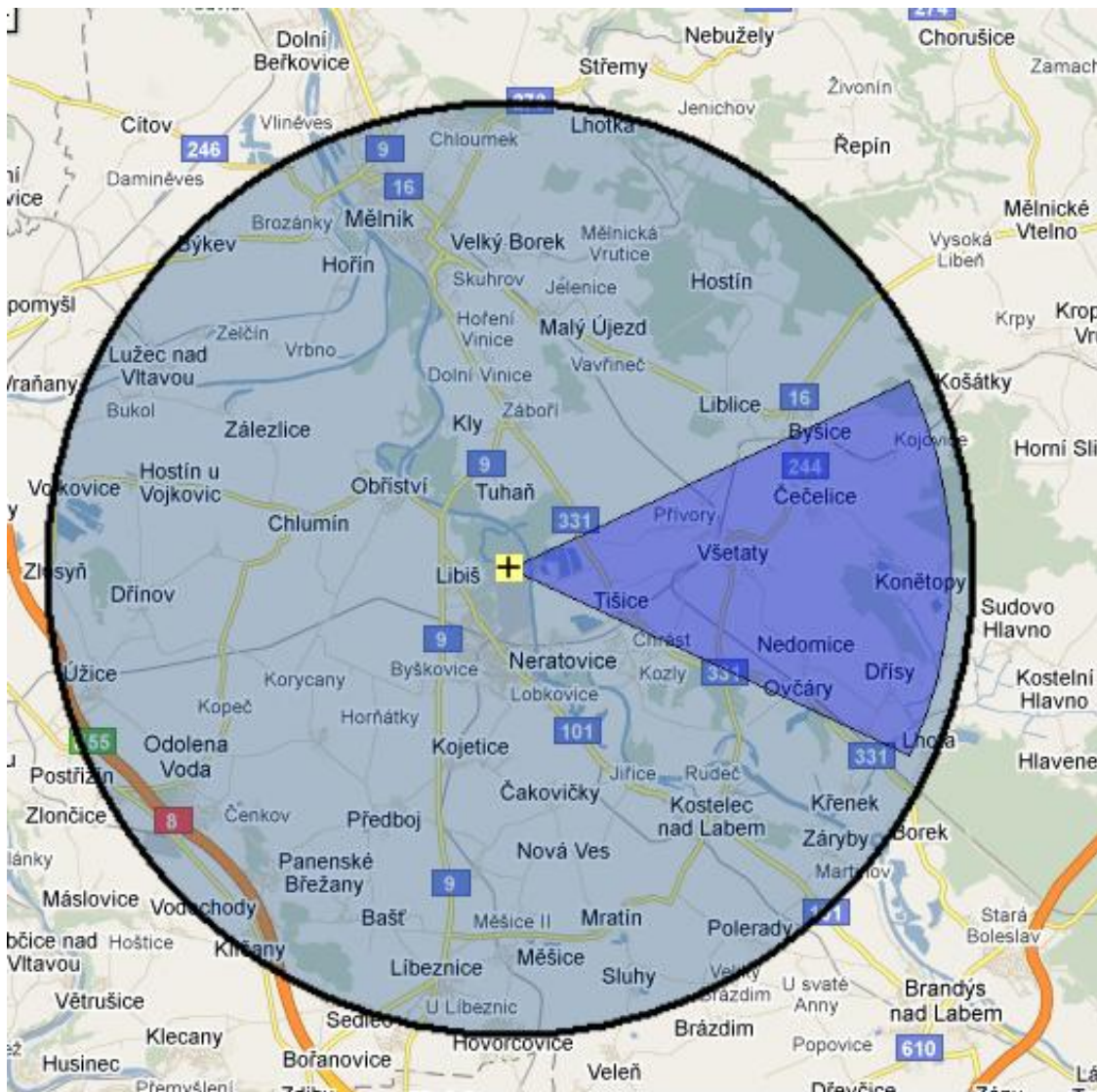
### 4.3. Výsledky simulace úniku chloru ze Spolany

Model	Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Látka	Chlor
Teplota kapaliny	3 °C
Množství uniklé kapaliny	150 000 kg
Rychlost větru	1,7 m.s <sup>-1</sup>
Pokrytí oblohy mraky	0 %
Doba vzniku a průběh havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F - inverze

#### Výsledky vyhodnocení

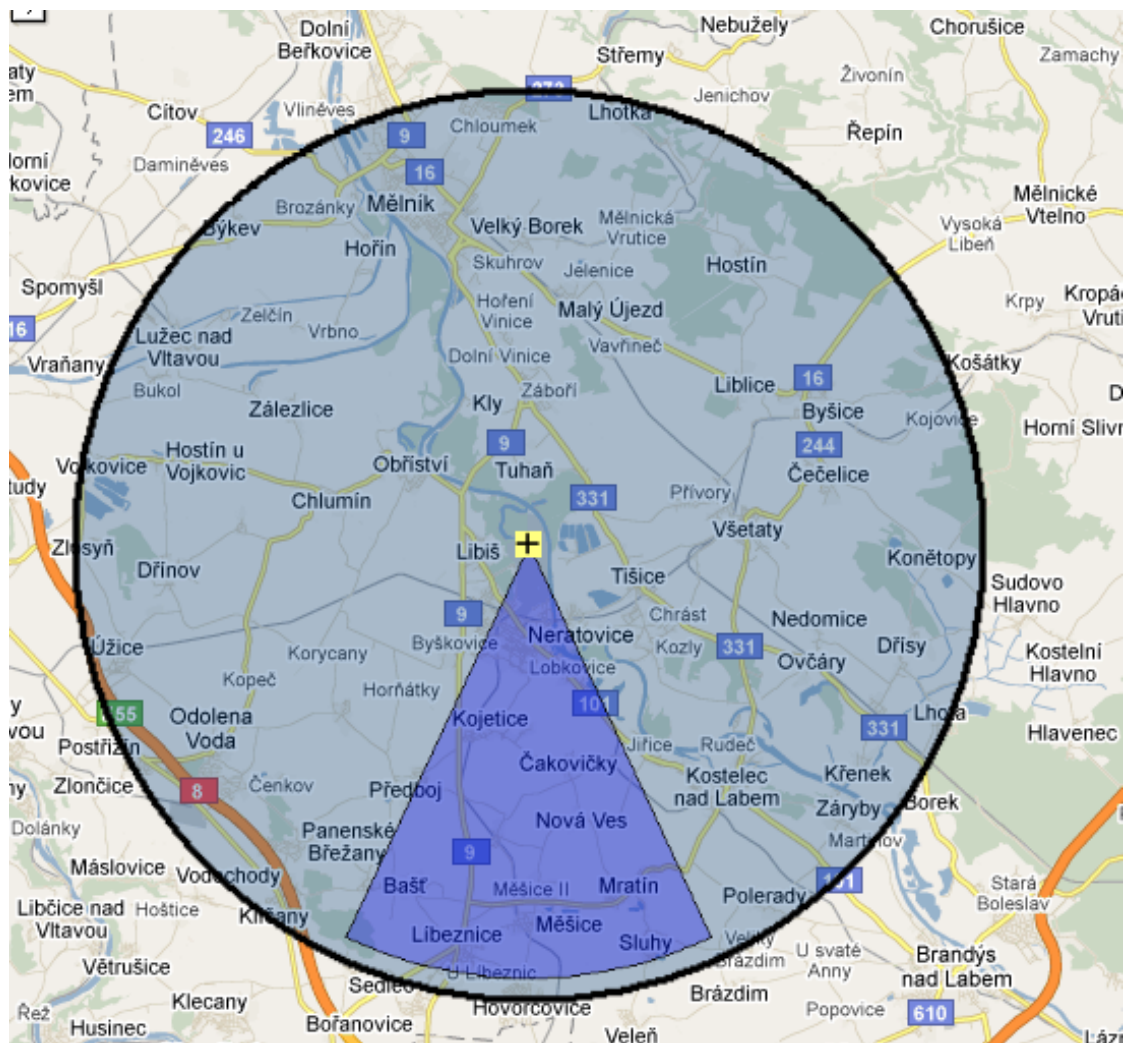
Při zadaných parametrech je nezbytná evakuace osob podle směru větru do vzdálenosti 10 400 m od epicentra úniku. Plocha nezbytné evakuace se rozkládá přibližně na 42,5 km<sup>2</sup>. Doporučený průzkum toxické koncentrace je 11 000 m od místa úniku. Chlor nemá při havarijním úniku působení vzdušné rázové vlny, vyvolané detonací směsi látky se vzduchem ani neohrožuje plamennou zónou.

Mapa č. 1: Rozsah havárie při západním směru větru



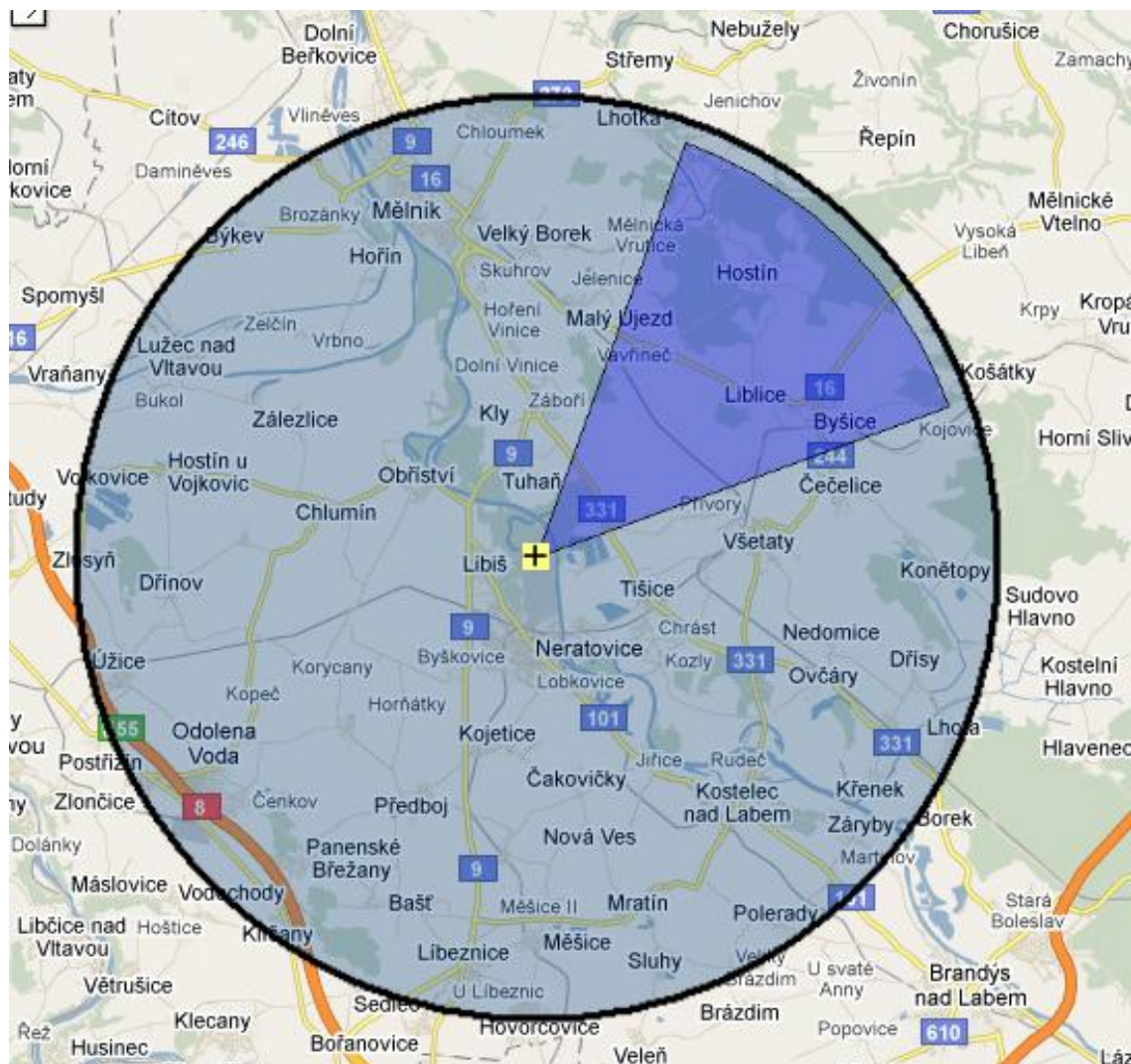
Tmavě modrá výseč znázorňuje prostor nezbytné evakuace osob, kde hrozí bezprostřední ohrožení toxickou látkou. Zbylá část plochy kruhu, znázorněná světle modrou, znázorňuje prostor dosahu toxické koncentrace, kde by měl být proveden průzkum zamoření toxickou látkou. V oblasti nezbytné evakuace, při západním směru větru, se nachází 9 obcí o přibližném celkovém počtu 7 300 obyvatel (8). Město Neratovice by při tomto směru větru nebylo zasaženo.

Mapa č. 2: Rozsah havárie při severním směru větru

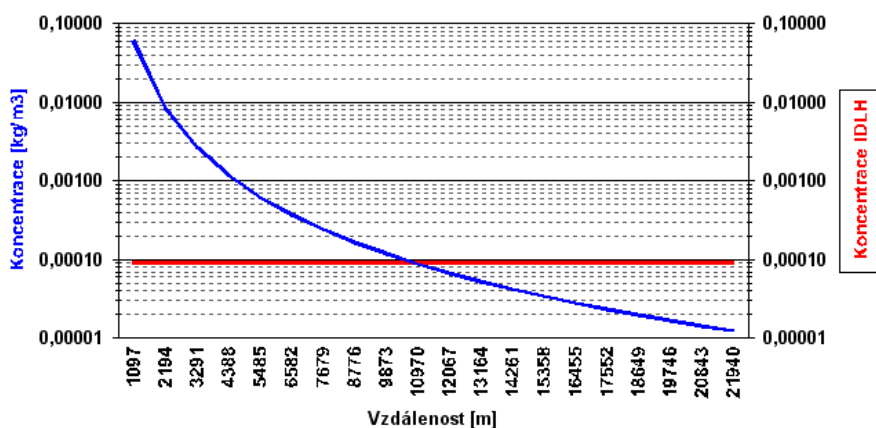


V oblasti nezbytné evakuace, při severním směru větru, se nachází 10 obcí včetně Neratovic o přibližném celkovém počtu 16 600 obyvatel (8). Město Neratovice by při tomto směru větru bylo zasaženo přibližně z 60 %.

Mapa č. 3: Rozsah havárie při jihozápadním směru větru

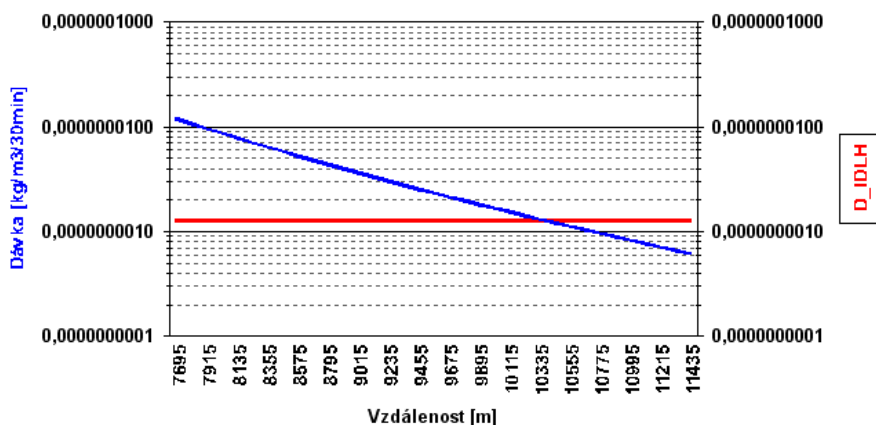


Graf č. 1: Doporučený průzkum toxické koncentrace



Graf znázorňuje ohrožení toxickými vlastnostmi chloru. Modrá křivka ukazuje závislost koncentrace látky na vzdálenosti od místa úniku. Červená přímka znázorňuje hranici maximální koncentrace toxické látky, která bezprostředně ohrožuje život a zdraví (IDLH – Immediately Dangerous to Life and Health). Do této koncentrace může osoba bezpečně uniknout během 30 minut bez příznaků poškození zdraví nebo nevratných účinků na zdraví. Z průsečíku modré křivky a přímky maximální koncentrace vyplývá doporučený průzkum do vzdálenosti 11 000 m od místa úniku.

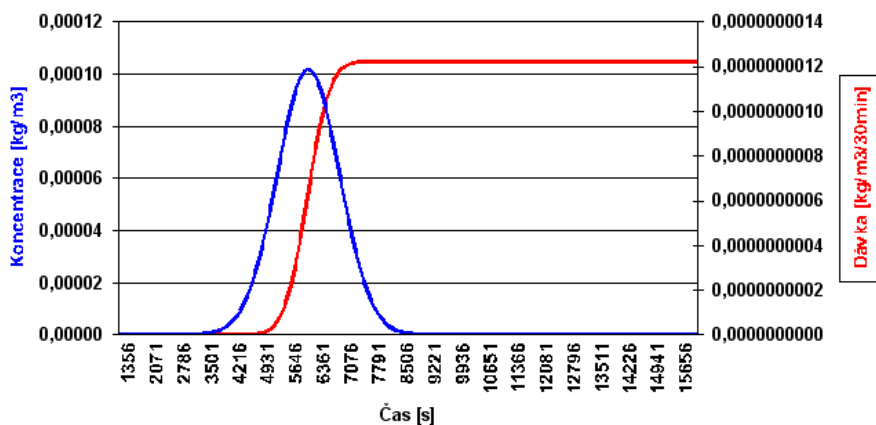
Graf č. 2: Nezbytná evakuace osob



Graf ukazuje závislost dávky znázorněné modrou křivkou a koncentraci bezprostředně ohrožující život a zdraví znázorněné červenou křivkou (D\_IDLH). Bod, ve kterém se protíná dávka s koncentrací, zobrazuje vzdálenost od místa úniku nebezpečné látky, do které by měla být provedena evakuace osob. Z průsečíku modré

křivky a přímky maximální koncentrace vyplývá nezbytná evakuace do vzdálenosti 10 400 m od místa úniku.

Graf č. 3: Časová závislost koncentrace



Graf ukazuje časovou závislost koncentrace toxické látky a celkovou dávku ve vzdálenosti nezbytné evakuace. Koncentrace kulminuje přibližně za 1 hodinu a 37 minut.

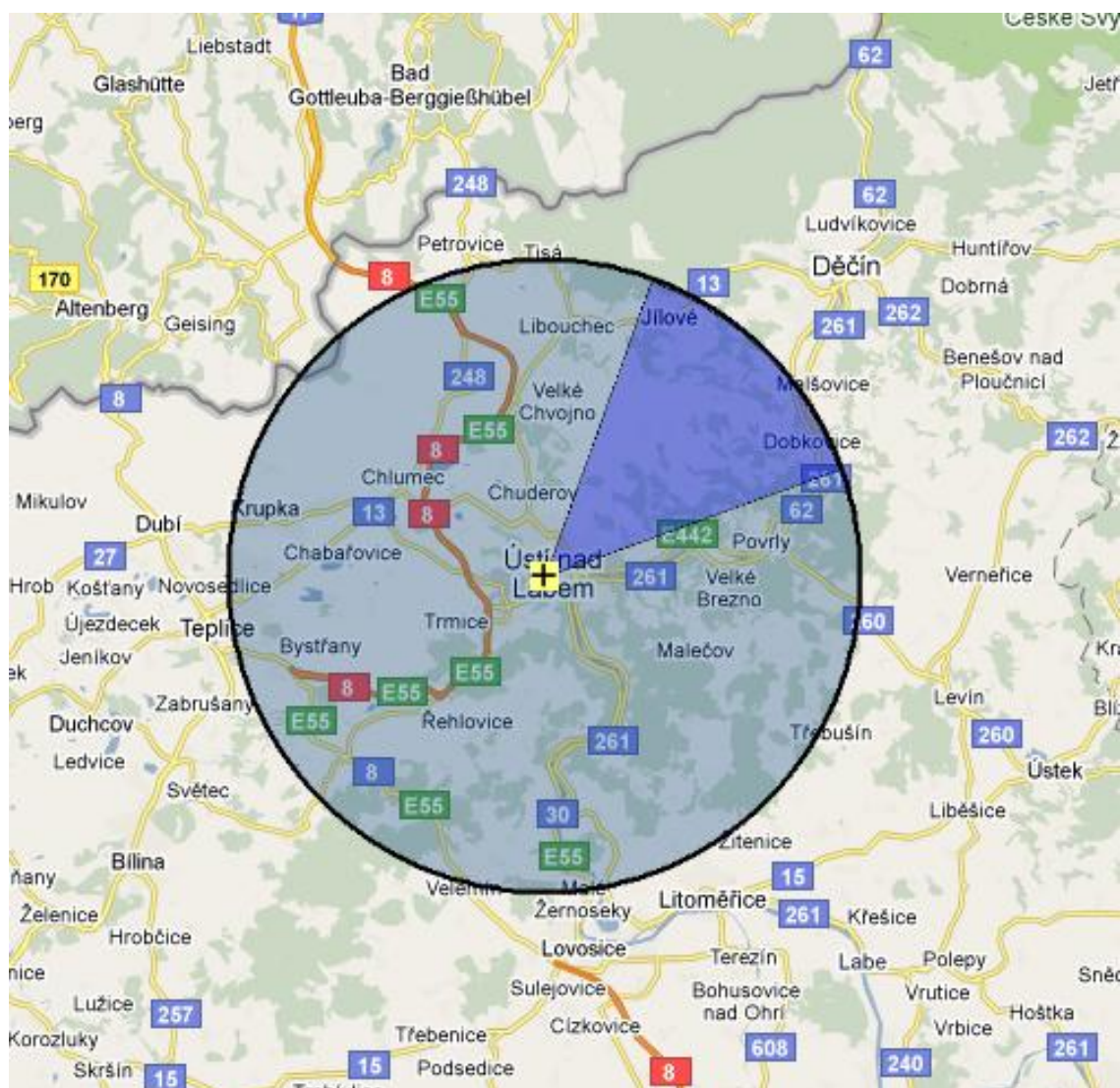
#### 4.4. Výsledky simulace úniku chloru ze Spolchemie

Model	Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
Látka	Chlor
Teplota kapaliny	3 °C
Množství uniklé kapaliny	300 000 kg
Rychlost větru	1,7 m.s <sup>-1</sup>
Pokrytí oblohy mraky	0 %
Doba vzniku a průběh havárie	Noc, ráno nebo večer
Typ atmosférické stálosti	F - inverze

##### Výsledky vyhodnocení

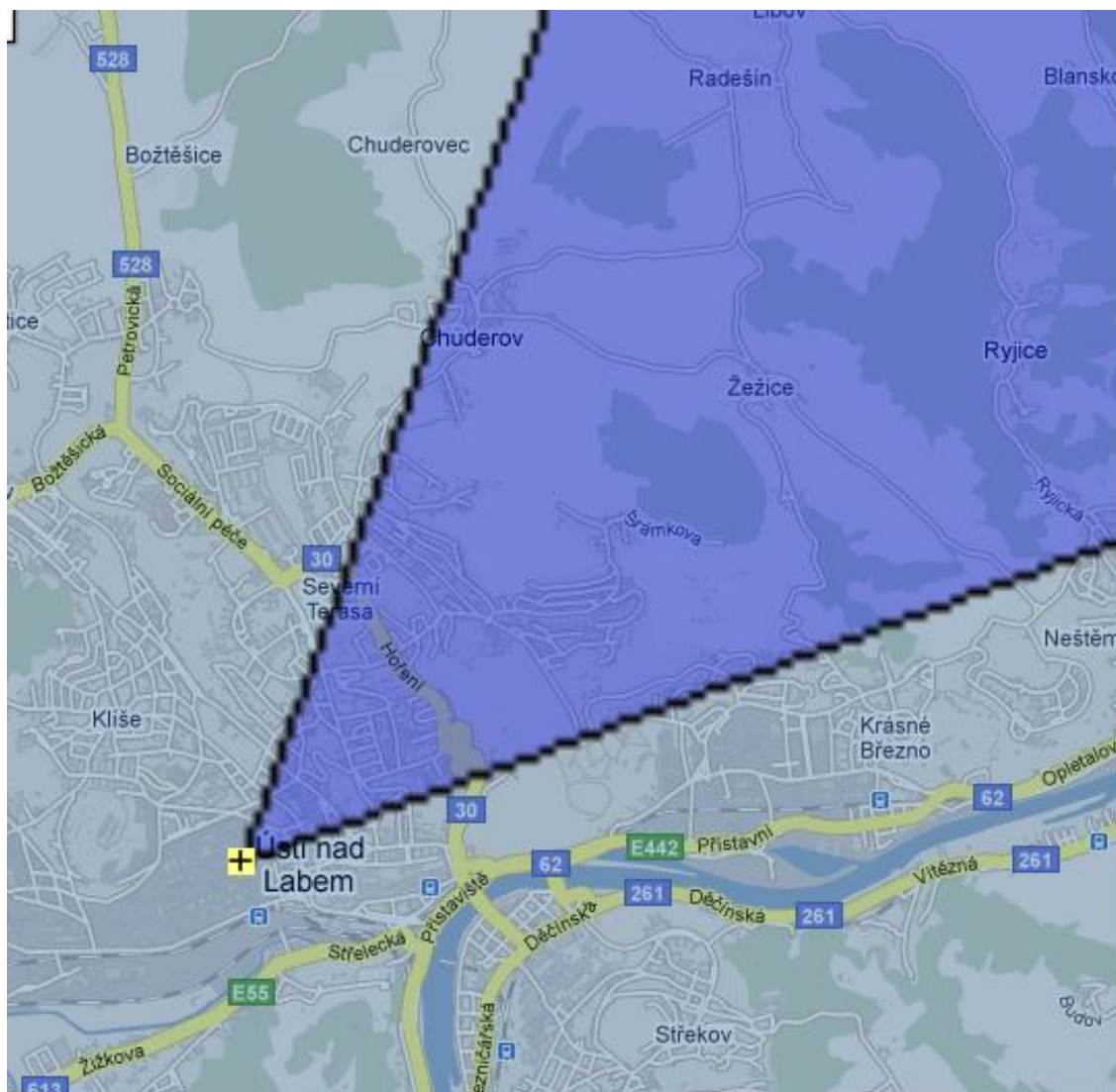
Při zadaných parametrech je nezbytná evakuace osob podle směru větru do vzdálenosti 13 900 m od epicentra úniku. Doporučený průzkum toxické koncentrace je do vzdálenosti 14 000 m od místa úniku. Plocha nezbytné evakuace se rozkládá přibližně na 76 km<sup>2</sup>. Chlor nemá při havarijním úniku působení vzdušné rázové vlny, vyvolané detonací směsi látky se vzduchem ani neohrožuje plamennou zónou.

Mapa č. 4: Rozsah havárie při jihozápadním směru větru





Mapa č. 5: Detailní mapa Ústí nad Labem při jihozápadním směru větru



Mapa č. 6: Rozsah havárie při jižním směru větru

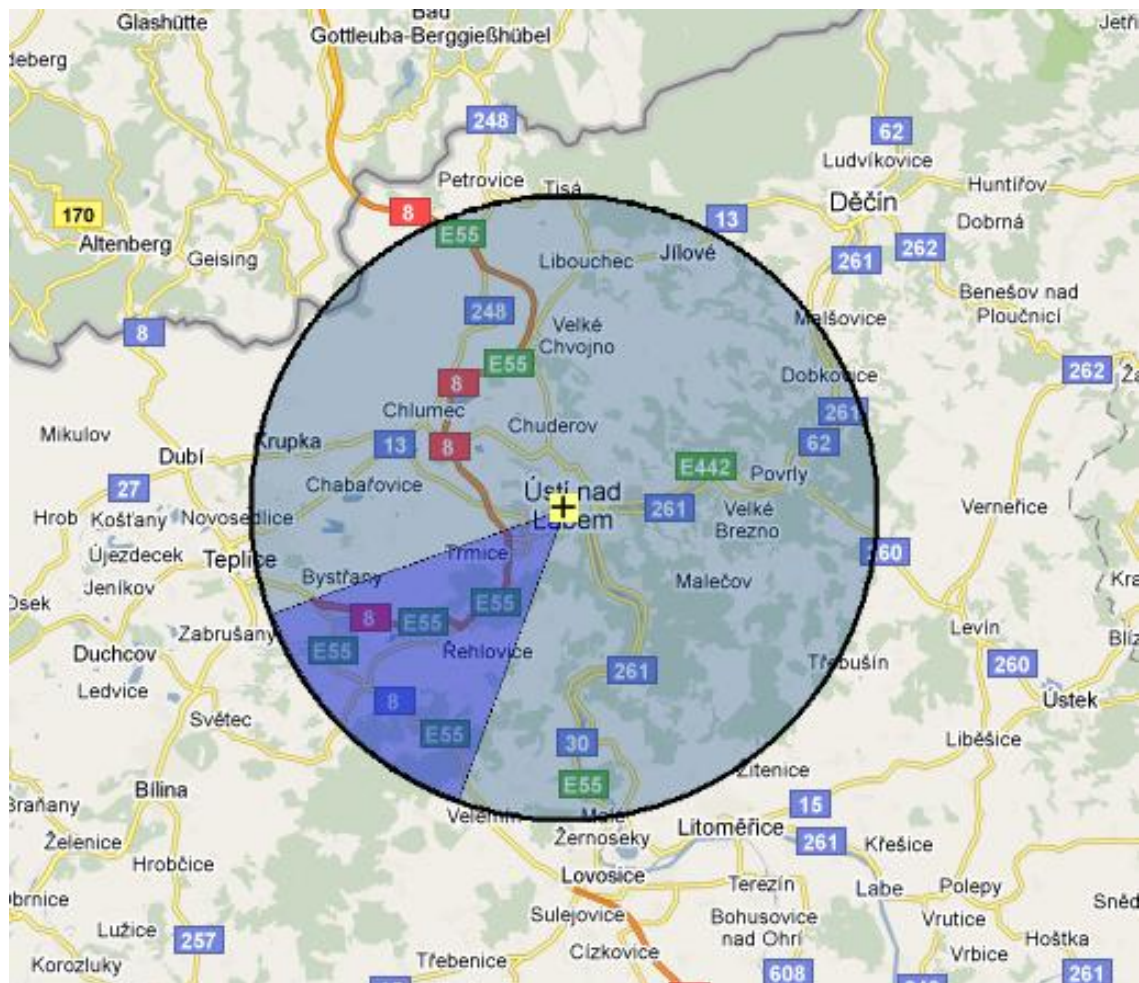


V oblasti nezbytné evakuace, při jižním směru větru, se nachází 13 obcí včetně Ústí nad Labem o přibližném celkovém počtu 52 000 obyvatel (8). Město Ústí nad Labem by při tomto směru větru bylo zasaženo přibližně ze 40 %.

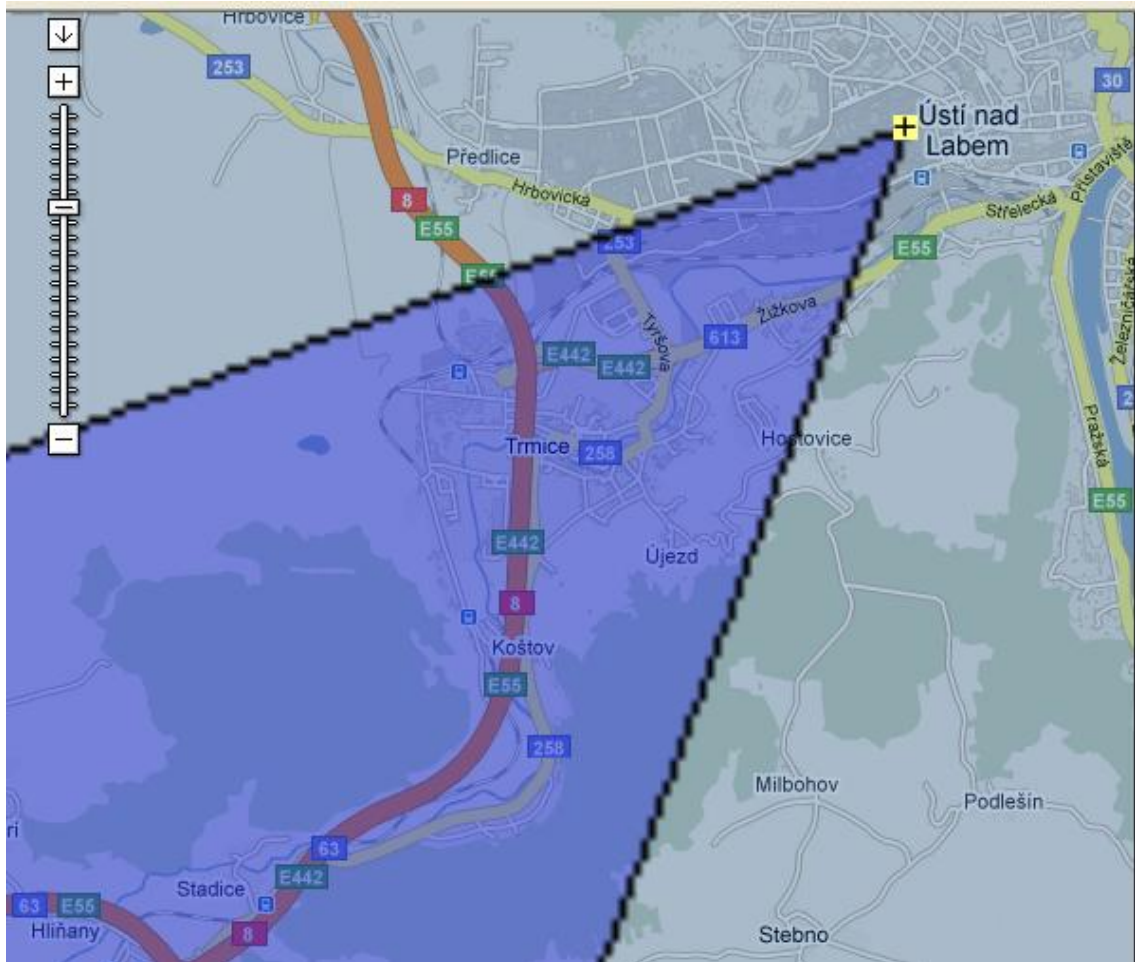
Mapa č. 7: Detailní mapa Ústí nad Labem při jižním směru větru



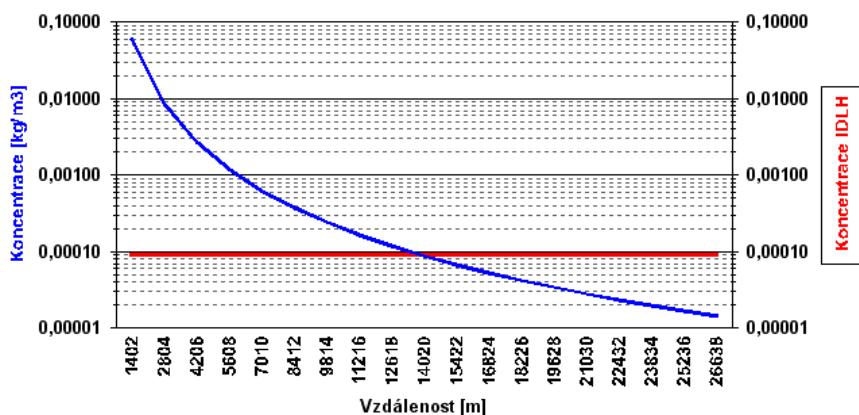
Mapa č. 8: Rozsah havárie při severovýchodním směru větru



Mapa č. 9: Detailní mapa Ústí nad Labem při severovýchodním směru větru

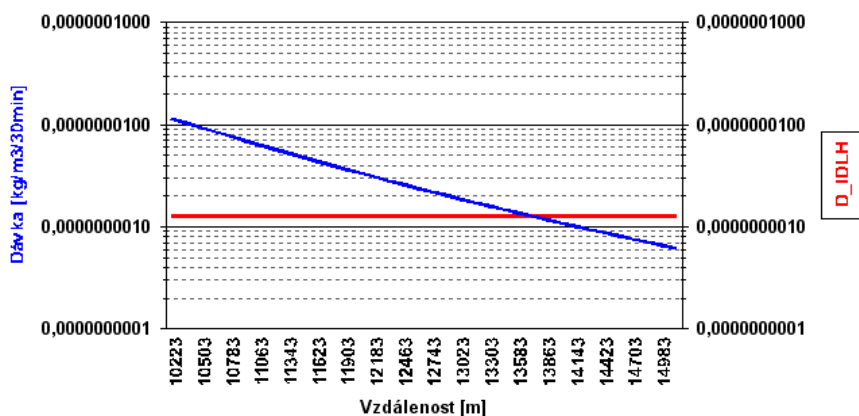


Graf č. 4: Doporučený průzkum toxické koncentrace



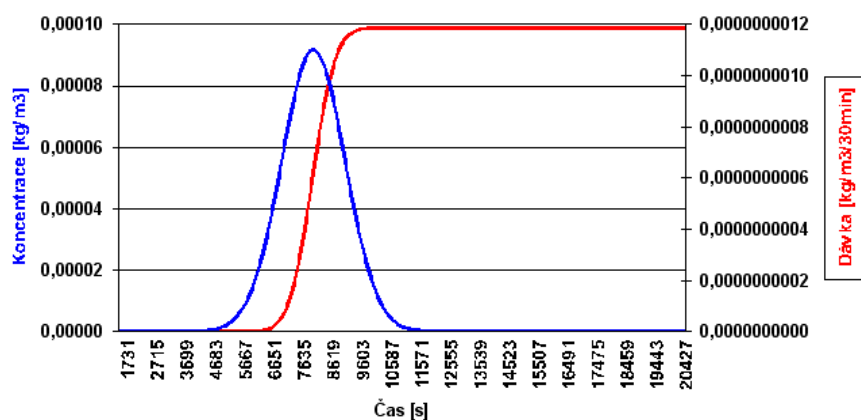
Graf znázorňuje ohrožení toxickými vlastnostmi chloru. Modrá křivka ukazuje závislost koncentrace látky na vzdálenosti od místa úniku. Červená přímka znázorňuje hranici maximální koncentrace toxické látky (IDLH). Z průsečíku modré křivky a přímky maximální koncentrace vyplývá doporučený průzkum do vzdálenosti 14 000 m od místa úniku.

Graf č. 5: Nezbytná evakuace osob



Graf ukazuje závislost dávky znázorněné modrou křivkou a koncentraci bezprostředně ohrožující život a zdraví znázorněné červenou křivkou (D\_IDLH). Bod, ve kterém se protíná dávka s koncentrací, zobrazuje vzdálenost od místa úniku nebezpečné látky, do které by měla být provedena evakuace osob. Z průsečíku modré křivky a přímky maximální koncentrace vyplývá nezbytná evakuace do vzdálenosti 13 900 m od místa úniku.

Graf č. 6: Časová závislost koncentrace



Graf ukazuje časovou závislost koncentrace toxické látky a celkovou dávku ve vzdálenosti nezbytné evakuace. Koncentrace kulminuje přibližně za 2 hodiny a 15 minut.

## 5. DISKUZE

Tato práce poukazuje na riziko chemického průmyslu a hrozbu chemického terorismu, která z tohoto rizika plyne. V dnešní době je tato hrozba velice reálná a na základě této skutečnosti byla stanovena hypotéza, která následky této skutečnosti potvrzuje. Na základě legislativních požadavků v oblasti prevence rizik, které kladou na chemické podniky spoustu požadavků a opatření, mající chemickému terorismu zabránit, je možnost úmyslného zneužití proveditelná. Osobní návštěva obou podniků byla velkou inspirací a obohacením o fakta, která přispěla k napsání možných scénářů k provedení úmyslného zneužití uloženého chloru. Z podstaty možných scénářů byl nasimulován jednorázový únik chloru ze Spolany a Spolchemie při úmyslném zneužití.

K simulaci úniku chloru pomocí programu TerEx byly použity získané informace o množství a teplotě skladované látky, převládajících klimatických podmínkách v daných lokalitách, kvůli co možná nejrealističtějším výsledkům. Množství chloru, které se v podnicích nachází, je přinejmenším děsivé zejména pro ty, kteří si uvědomují účinky tohoto nebezpečného plynu používaného jako bojové otravné látky a následků, které může napáchat únik mezi civilní obyvatelstvo. Z výsledků analýz rizik a porovnání vymezených zón havarijního plánování daných podniků vyplývá, že následky způsobené závažnou chemickou havárií působí mnohem méně ničivě a s menším rozsahem než následky, které ukazují simulace z TerExu. Při těchto simulacích, byly zadány získané hodnoty, které vyplývají z běžného provozu podniků. Pokud by nedošlo k úmyslnému zneužití, nemuselo by uniklé množství chloru představovat velké nebezpečí. Opatření, která mají podniky k dispozici, by měly malé množství unikajícího chloru absorbovat bez napáchání větších škod. Tato možnost je docela běžná a nic nemění na tom, že v případě úmyslného zneužití nemusí být zcela účinná a efektivní.

Při porovnání výsledků z výstupu programu TerEx (popsaných v kapitole výsledky) se zónou havarijního plánování daných podniků (zobrazených jako příloha č. 1 a 4 v kapitole přílohy) byly zjištěny odlišné výsledky. Hranice zóny havarijního plánování u Spolany je přibližně 2 100 m od uloženého chloru. Vzdálenost nezbytné



evakuace podle výsledků simulace v TerExu je 10 400 m od epicentra úniku. Hranice zóny havarijního plánování Spolchemie je přibližně 2 500 m od uloženého chloru ve srovnání se vzdáleností 14 000 metrů nezbytné evakuace podle výsledků simulace v TerExu.

Při úniku 150 000 kg chloru ze Spolany je plocha nezbytné evakuace 42,5 km<sup>2</sup> a při severním větru by bylo potřeba evakuovat přibližně 16 000 osob. Při západním směru větru by bylo potřeba evakuovat přibližně 7 300 osob. U Spolchemie je při úniku 300 000 kg chloru plocha nezbytné evakuace 76 km<sup>2</sup> a při jižním směru větru by bylo potřeba evakuovat přibližně 52 000 osob. Tato čísla vychází z konzervativní prognózy výsledků programu TerEx, které odpovídají situaci, při které dojde k maximálním možným následkům (nejhorší varianta). Pokud by k takové situaci došlo, je potřeba s ní počítat a být na ni připraveni.

Prevence je nejúčinnější způsob předcházení rizik, a proto by mělo být s touto možností počítáno jak ze strany státní správy a zasahujících složek, tak ze strany občanů. Žít s přesvědčením, že se nic takového nestane, není správné. Je sice pravda, že v dnešní době osvěta obyvatel není z hlediska znalostí postupů při mimořádné situaci zanedbatelná díky propagačním letákům, které bývají vylepené například v prostředcích hromadné dopravy nebo internetu, který je jako moderní prostředek ideální k osvětě obyvatelstva. Z hlediska povědomí obyvatel v okolí podniků, které disponují hrozbou jako Spolana a Spolchemie, je vhodné ze strany podniků nebo samosprávy zabezpečit cílenou informovanost, a tím i lepší připravenost obyvatelstva nejen na území zóny havarijního plánování. Jak se ukázalo z výsledků této práce, ale i ze zkušeností při povodních v roce 2002, kdy ze Spolany uniklo velké množství nebezpečných látek, je oblast zamoření toxickým oblakem chloru při úmyslném zneužití mnohem rozsáhlejší než území havarijního plánování daných podniků. Z těchto důvodů by měli být obyvatelé připraveni na možnou hrozbu chemického terorismu i ve vzdálenějších oblastech. Informovanost obyvatel například odbornými semináři by v přílehlých obcích mohly zabezpečovat obecní úřady ve spolupráci s Hasičským záchranným sborem České republiky. I k těmto účelům by mohla být tato bakalářská práce využita.

V případě zasažení chlorem je vždy nezbytné lékařské ošetření, což by při následcích plynoucích z této práce postihlo velké množství obyvatel. Z tohoto důvodu by bylo vhodné tuto skutečnost zakomponovat do traumatologického plánu jako eventualitu, se kterou je dobré počítat.

Terorismus, jako moderní hrozba dnešní doby, může velice snadno využít možnosti zneužití takového množství uloženého chloru. Z tohoto důvodu by měla být bezpečnostní opatření propracovanější, aby zajistila účinnější ochranu před chemickým terorismem. Například násilný vjezd vozidla do areálu (popsaný v kapitole výsledky), je pro teroristy více než snadný a finančně nenáročný, pokud nehodnotíme cenu lidského života sebevražedného atentátníka a zajišťuje nemalou šanci ke spáchání úmyslného zneužití. Velký podíl na úspěšnost chemického terorismu by mělo provedení a naplánování. Pokud by teroristé nebyli dostatečně připraveni, mohlo by dojít k tomu, že kýžený výsledek účinku toxického oblaku nebude takového rozsahu. Například odpálením prázdného zásobníku nebo neznalost faktorů ovlivňujících šíření škodlivin v ovzduší, které jsou popsány v současném stavu, mohou být následky chemického terorismu samotnými teroristy přeceněny.

Hypotéza „Spolchemie a. s., Ústí n. L. a Spolana a. s., Neratovice jsou významné stacionární zdroje nebezpečí pro civilní obyvatelstvo v případě úniku chloru“ byla touto prací potvrzena a ukazuje na jednu z mnoha hrozeb dnešní doby. Možnost využití a dostupnost této hrozby znázorňuje slabost a zranitelnost vymožeností dnešní civilizace.

## 6. ZÁVĚR

V teoretické části této práce jsou popsány účinky a vlastnosti chloru, hlavní faktory, které ovlivňují šíření nebezpečných látek ovzduším, chování obyvatelstva při úniku chloru a legislativní předpisy, které se týkají chemických havárií.

Hypotéza „Spolchemie a. s., Ústí n. L. a Spolana a. s., Neratovice jsou významné stacionární zdroje nebezpečí pro civilní obyvatelstvo v případě úniku chloru“ byla na základě výsledků této práce potvrzena.

Cílem práce bylo vyhodnotit simulaci úniku chloru ze Spolany a Spolchemie pomocí programu TerEx a zjistit, zda jsou oba podniky významnými zdroji nebezpečí pro obyvatelstvo z hlediska úniku chloru.

Výsledky této práce ukazují na obrovské následky, které by způsobil únik chloru při úmyslném zneužití. Tato možnost by měla zajímat nejen složky IZS a orgány krizového řízení, ale i občany samotné. Příprava na mimořádnou událost a znalost problematiky je z hlediska prevence velmi důležitá.

Tato bakalářská práce poukazuje na dostupnost chemického terorismu a jeho možné následky.

Práce by mohla sloužit orgánům krizového řízení a složkám IZS k přehodnocení situace a občanům k zorientování se v problematice a získání cenných informací v případě mimořádné události s únikem chloru, které mohou být život zachraňující. Dále by mohla být využita orgány zodpovědnými za bezpečnostní politiku České republiky alespoň k zamyšlení a nepodceňování takovýchto hrozeb.

## 7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Medical Management Guidelines for Chlorine* [online]. c2007 [cit. 2010-03-16]. Dostupné z: <<http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg172.html>>.
2. Air products. *Bezpečnostní list: chlor* [online]. c2001, poslední revize 2007 [cit. 2010-04-04]. Dostupné z: <[http://www.airproducts.cz/corporate/obecne/pdf/BL209R05\\_Chlor.pdf](http://www.airproducts.cz/corporate/obecne/pdf/BL209R05_Chlor.pdf)>.
3. Centers for Disease Control and Prevention. *Facts about Chlorine* [online]. c2003 - 2006 [cit. 2010-02-02]. Dostupné z: <<http://emergency.cdc.gov/agent/chlorine/basics/facts.asp>>.
4. FLORUS, S. *Toxikologické aspekty chemických havárií* [CD-ROM]. Vyd.1. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zdravotně sociální fakulta, 2008. 68 s. ISBN 978-80-7394-106-2.
5. Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. *Evakuace obyvatelstva* [online]. c2010, poslední revize 2010 [cit. 2010-04-08]. Dostupné z: <<http://www.hzscr.cz/clanek/evakuace-obyvatelstva.aspx>>.
6. KROUPA, M. *Chování obyvatelstva v případě havárie s únikem nebezpečných chemických látek*. Vyd.1. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství HZS ČR, 2004. 46 s.
7. MAŠEK, I., MIKA, O., ZEMAN, M. *Prevence závažných průmyslových Havárií*. Vyd.1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2006. 98 s. ISBN 80-214-3336-1.
8. *Města, obce a vesnice v ČR: Územní členění v České republice* [online]. [cit. 2010-05-02]. Dostupné z: <<http://www.obce-mesta.info/>>.

9. MIKA, O., PATOČKA, J. *Ochrana před chemickým terorismem*. Vyd.1. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. 106 s. ISBN 978-80-7040-934-3.
10. Ministerstvo vnitra – generální ředitelství HZS ČR. Bojový řád jednotek požární ochrany – taktické postupy zásahu. *Zásahy s únikem chloru* [online]. c2005, poslední revize 2005 [cit. 2010-04-04]. Dostupné z:  
<[http://prometheus.vsb.cz/materialy/metodikaJPO/bojovy\\_rad/L.16\\_Zasahy\\_-\\_chlor.pdf](http://prometheus.vsb.cz/materialy/metodikaJPO/bojovy_rad/L.16_Zasahy_-_chlor.pdf)>.
11. Ministerstvo životního prostředí. *Integrovaný registr znečištění* [online]. c2005, poslední revize 2008 [cit. 2010-04-02]. Dostupné z:  
<[http://www.irz.cz/obsah/latky/chlor\\_a\\_anorg\\_sl/](http://www.irz.cz/obsah/latky/chlor_a_anorg_sl/)>.
12. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006. In *Úřední věstník Evropské unie*. 2008. 1355 s.
13. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, o změně směrnice 1999/45/ES a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 793/93, nařízení Komise (ES) č. 1488/94, směrnice Rady 76/769/EHS a směrnic Komise 91/155/EHS, 93/67/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES. In *Úřední věstník Evropské unie*. 2006. 278 s.
14. Neratovice. *Informace určené veřejnosti v zóně havarijního plánování* [online]. c2008 - 2009, poslední revize 2009 [cit. 2010-04-13]. Dostupné z:  
<[http://www.neratovice.cz/VismoOnline\\_ActionScripts/File.aspx?id\\_org=10356&id\\_dokumenty=395976](http://www.neratovice.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.aspx?id_org=10356&id_dokumenty=395976)>.

15. PATOČKA, J. *Vojenská toxikologie*. Vyd.1. Praha: Grada Publishing, spol. s r.o., 2004. 180 s. ISBN 80-247-0608-3.
16. PRYMULA, R. a kol. *Biologický a chemický terorismus: Informace pro každého*. Vyd.1. Praha: Grada Publishing, spol. s r.o., 2002. 152 s. ISBN 80-247-0288-6.
17. Spolana a. s. *Výroční zpráva 2008* [online]. c2009, poslední revize 2009 [cit. 2010-05-02]. Dostupné z:  
<<http://www.spolana.cz/userfiles/file/V%C3%BDro%C4%8Dn%C3%AD%20a%20pololetn%C3%AD%20zpr%C3%A1vy/V%C3%BDro%C4%8Dn%C3%AD%20zpr%C3%A1va%202008.pdf>>.
18. Spolchemie a. s. *Výroční zpráva za rok 2008* [online]. c2004 - 2007, poslední revize 2009 [cit. 2010-05-01]. Dostupné z:  
<<http://www.spolchemie.cz/dwn/uvz08/vz08cz.pdf>>.
19. Statutární město Ústí nad Labem. *Informace určená veřejnosti v zóně havarijního plánování v okolí areálu Spolchemie* [online]. c2007, poslední revize 2007 [cit. 2010-05-02]. Dostupné z:  
<<http://www.usti-nad-labem.cz/cz/ostatni/rychla-orientace/mimoradne-situace/zona-havarijního-planování-v-okolí-areálu-spolchemie.html>>.
20. ŠENOVSKÝ, M., ADAMEC, V., ŠENOVSKÝ, P. *Ochrana kritické infrastruktury*. Vyd.1. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. 141 s. ISBN 978-80-7385-025-8.
21. Uživatelský manuál TerEx. *Software pro rychlý odhad následku havárií a teroristických útoků*. Ver. 2.9. Praha: T-Soft, květen 2007. 49 s.

22. Zákon č. 356/2003 Sb. ze dne 23. září 2003 o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů. In *Sbírka zákonů Česká republika*. 2003. Částka 120. S. 5810 – 5837.
23. Zákon č. 59/2006 Sb. ze dne 2. února 2006 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. In *Sbírka zákonů Česká republika*. 2006. Částka 25. S. 842 - 869.

## **8. KLÍČOVÁ SLOVA**

Chlor

TerEx

Terorismus

Simulace

Havárie

Nebezpečná chemická látka



## **9. PŘÍLOHY**

Příloha č. 1: Zóna havarijního plánování Spolany

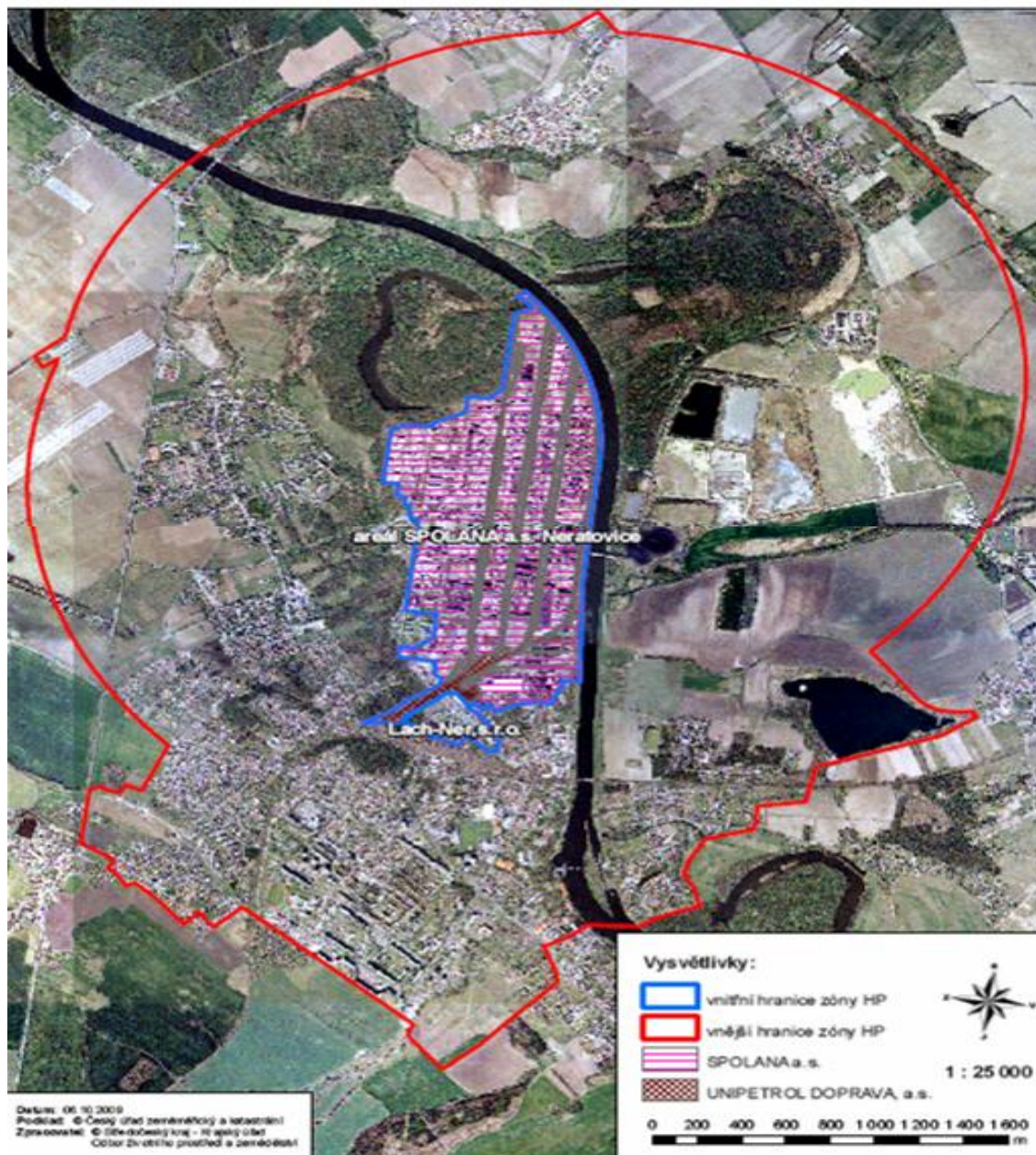
Příloha č. 2: Areál Spolany

Příloha č. 3: Areál Spolany

Příloha č. 4: Zóna havarijního plánování Spolchemie

Příloha č. 5: Areál Spolchemie

Příloha č. 1: Zóna havarijního plánování Spolany



(12)

Příloha č. 2: Areál Spolany



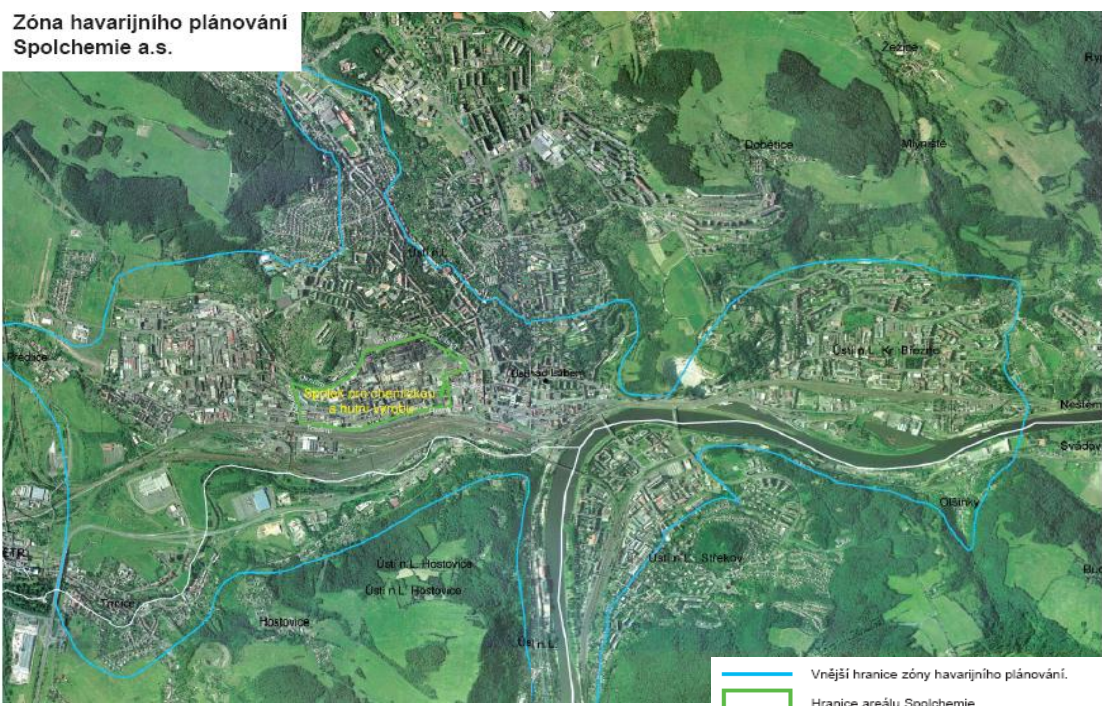
(12)

Příloha č. 3: Areál Spolany



(12)

#### Příloha č. 4: Zóna havarijního plánování Spolchemie



(17)

#### Příloha č. 5: Areál Spolchemie

