

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

ÚNIK AMONIAKU ZE ZIMNÍHO STADIONU V OLOMOUCI

Bakalářská práce

Autor: Tomáš Mervart

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Melichařík

Olomouc 2016

## **Bibliografická identifikace**

**Jméno příjmení autora:** Tomáš Mervart

**Název bakalářské práce:** Únik amoniaku ze zimního stadionu v Olomouci

**Pracoviště:** Fakulta tělesné kultury, Ochrana Obyvatelstva

**Vedoucí práce:** Ing. Zdeněk Melichařík

**Rok obhajoby:** 2016

## **Abstrakt**

Bakalářská práce pojednává a zabývá se využitím vybraných a v České republice dostupných počítačových softwarů určených k provádění analýzy rizik vzniklých při úniku nebezpečných chemických látek a škodlivin. S pokrokem této techniky jsou tyto programy stále více využívány nejen Armádou ČR, ale i například vzdělávacími institucemi, orgány státní správy a složkami IZS ČR. Díky této technologii lze lépe a účinněji eliminovat možné důsledky havárií s únikem nebezpečných škodlivin a ochráně před nimi. Tyto programy jsou využívány při přípravě havarijního plánování, cvičení a výuce při výskytu mimořádné události.

**Klíčová slova:** havárie, toxická látka, amoniak, softwarový nástroj, IZS

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb

**Bibliographical identification**

**Author's first name and surname:** Tomáš Mervart

**Title of the thesis:** Escape of ammonia from ice stadium in Olomouc

**Department:** Faculty of Physical Culture, Civic Defence

**Supervisor:** Ing. Zdeněk Melichařík

**The year of presentation:** 2016

**Abstract:**

Thesis deals with utilization of certain softwares currently available in Czech Republic dedicated to analyzing hazards of leakage of dangerous chemicals and pollutants. The advance of this technology leads to more frequent usage of them, not only by the Armed Force of the Czech Republic, but in civil sector as well, such as educational institutions, government authorities and integrated rescue system of the Czech Republic. Thanks to this technology we are able to eliminate possible consequences of such leaking more easily and with higher efficiency and to help prevent such incidents. These softwares are applied in preparation of emergency planning, teaching and training for extraordinary events.

**Keywords:** crash, toxic substance, ammonia, software tool, IZS

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Zdeňka Melichaříka, uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a řídil se zásadami vědecké etiky.

V Olomouci dne:

Podpis:

Děkuji Ing. Zdeňku Melichaříkovi za odborné vedení bakalářské práce,  
poskytování rad a materiálových podkladů k práci.

## OBSAH:

1 ÚVOD.....	7
2 CÍLE.....	8
3 METODIKA .....	9
3.1 Integrovaný záchranný systém .....	9
3.2 Hasičský záchranný sbor .....	10
3.3 Chemická služba .....	10
3.4 Chemické havárie.....	12
3.4.1 Katastrofy .....	12
3.4.2 Havárie s únikem nebezpečných chemických látek .....	12
3.4.3 Havárie s únikem radioaktivních látek .....	13
3.4.4 Havárie s únikem ropných látek .....	13
3.5 Chemické škodliviny.....	14
3.5.1 Toxické dávky a koncentrace .....	15
3.5.2 Vlastnosti látek a směsí .....	16
3.5.3 Amoniak .....	19
4 SOFTWAREVÉ MODELOVACÍ NÁSTROJE .....	21
4.1 TerEx.....	22
4.2 ROZEX Alarm .....	24
4.3 Zahraniční softwarové programy .....	25
5 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY NA ŠÍŘENÍ OBLAKŮ .....	26
6 VÝSLEDKY .....	28
6.1 Objekty ohrožení územního odboru Olomouc .....	28
6.2 Zimní stadion v Olomouci .....	30
6.3 Simulace havárie na zimním stadionu v Olomouci v SW programu TerEx .....	32
7 ZÁVĚR .....	39
8 REFERENČNÍ SEZNAM .....	40

## 1 ÚVOD

Zpracovatelské firmy a výrobní podniky v rámci své činnosti používají celou škálu chemických látek včetně nebezpečných škodlivin. V rámci manipulace s těmito škodlivinami vzniká riziko úniku do okolí a k ohrožení obyvatelstva, zvířat a majetku. Je proto velmi důležité zabývat se ochranou před těmito možnými situacemi, plánovat záchranné práce a vytvářet podmínky s cílem co nejefektivnějšího snížení možných dopadů úniku škodlivin zejména na zdraví a majetek obyvatelů ČR. Pro plánování těchto situací se využívají počítačové softwary využívající dodaná vstupní data a následně na základě stanovených parametrů vyhodnotí danou konkrétní situaci. S těmito informacemi můžeme následně objektivněji přijímat jednotlivá opatření, zpracovat plán krizové připravenosti, evakuační plán atd. Pro naplnění cíle bakalářské práce bylo použito SW nástroje firmy T-soft Praha, TerEx – teroristický expert. Pro potřeby simulace je využit zimní stadion v Olomouci a únik amoniaku do jeho okolí.

## **2 CÍLE**

Provedení seznámení včetně dílčí analýzy vybraných dostupných SW produktů zabývajících se analýzou a hodnocením rizik při úniku škodlivin do ovzduší se zaměřením na amoniak. Vytvoření modelové situace, vyhodnocení mimořádné události úniku amoniaku ve zvoleném zařízení pomocí programu TerEx.



## 3 METODIKA

### 3.1 Integrovaný záchranný systém

Integrovaný záchranný systém (IZS) České republiky (ČR) vymezuje zákon 239/2000 Sb. o integrovaném systému a o změně některých zákonů. Stanovuje složky IZS a jejich působnost, pokud tak nestanoví zvláštní právní předpis. Působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků, práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na mimořádné události a při záchranných a likvidačních pracích a při ochraně obyvatelstva před a po dobu vyhlášení stavu nebezpečí, nouzového stavu, stavu ohrožení státu a válečného stavu.

Použití IZS ČR lze charakterizovat jako koordinovaný zásah dvou anebo více složek IZS při mimořádné události a potřebě provádět současně záchranné a likvidační práce. Základními složkami jsou hasičský záchranný sbor (HZS) ČR, jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany, zdravotnická záchranná služba a policie ČR. Ostatními složkami jsou vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil, ostatní ozbrojené bezpečnostní sbory, ostatní záchranné sbory, orgány ochrany veřejného zdraví, havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby, zařízení civilní ochrany, neziskové organizace a sdružení občanů, která lze využít k záchranným a likvidačním pracím.

Pro koordinaci složek IZS jsou zřízena operační a informační střediska IZS. Mezi ně se řadí operační střediska HZS kraje a operační a informační středisko generálního ředitelství hasičského záchranného sboru. Tyto střediska jsou povinna:

- přijímat a vyhodnocovat informace o mimořádných událostech;
- zprostředkovávat organizaci plnění úkolů ukládaných velitelem zásahu;
- plnit úkoly uložené orgány oprávněnými koordinovat záchranné a likvidační práce;
- zabezpečovat v případě potřeby vyrozumění základních i ostatních složek integrovaného záchranného systému.

Operační a informační střediska jsou dále oprávněna:

- povolávat a nasazovat síly a prostředky hasičského záchranného sboru a jednotek požární ochrany;
- vyžadovat a organizovat pomoc;

- provést při nebezpečí z prodlení varování obyvatelstva na ohroženém území (Zákon č. 239/2000 Sb., §2).

### **3.2 Hasičský záchranný sbor**

Hasičský záchranný sbor ČR je na základě povahy záchranných prací složkami IZS ČR zpravidla hlavním koordinátorem a velitelem zásahu. To znamená, že pokud je při zásahu na místě více složek IZS, řídí součinnost těchto složek a koordinuje záchranné a likvidační práce. Vyhlásí podle závažnosti mimořádné události odpovídající stupeň poplachu podle příslušného poplachového plánu. Velitel zásahu je při provádění záchranných a likvidačních prací oprávněn:

- zakázat nebo zamezit vstup osob na místo zásahu;
- nařídit bezodkladné provádění nebo odstranění staveb;
- vyzvat právnické osoby nebo fyzické osoby k poskytnutí osobní nebo věcné pomoci;
- zřídit štáb velitele zásahu jako svůj výkonný orgán a určit náčelníka a členy štábu;
- rozdělit místo zásahu na sektory (Zákon č. 239/2000 Sb., §19).

### **3.3 Chemická služba**

Součástí HZS je chemická služba (CHS), která je součástí IZS a operačního řízení.

Chemickou službu vymezuje vyhláška č. 247/2001 Sb. o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany ve znění vyhlášky č. 226/2005 Sb. V jednotce HZS kraje a v jednotce HZS podniku působí CHS, spojová služba, informační služba a technická služba. Chemická služba udržuje v provozu schopnost věcných prostředků požární ochrany, zejména prostředků pro práci s nebezpečnými látkami, pro dekontaminaci, pro detekci plynů a nebezpečných látek, hasiv a prostředků pro práci pod hladinou a dále poskytuje odbornou podporu při zásahu jednotek v prostředí nebezpečných látek na místě zásahu a pro ochranu obyvatel (Vyhláška č. 247/2001., §5).

## Úkoly chemické služby.

### A) v organizačním řízení:

- zajišťuje a udržuje provozuschopnost prostředků CHS a poskytuje podporu ostatním jednotkám požární ochrany (PO) při udržování provozuschopnosti prostředků CHS;
- usměrňuje po odborné stránce činnost CHS v jednotkách PO v rámci své územní působnosti;
- podílí se na zpracování plánů odborné přípravy, a na jejím provádění a ověřování v jednotkách PO v rámci své územní působnosti;
- poskytuje odbornou podporu při odborné přípravě jednotek PO a pro ochranu obyvatelstva;
- provádí odbornou přípravu jednotek PO pro řešení mimořádných událostí s výskytem nebezpečných látek (NL);
- vede evidenci a v platných termínech provádí kontroly prostředků CHS;
- soustřeďuje a vyhodnocuje informace potřebné pro zásahy jednotek PO s výskytem NL;
- udržuje v aktuálním stavu produkty odborné a informační podpory pro zásah jednotek PO v prostředí s výskytem NL a pro ochranu obyvatelstva.

### B) v operačním řízení:

- průzkumu NL;
- označování a vytyčování oblastí s výskytem NL na místě zásahu;
- varování a evakuaci obyvatelstva;
- poskytování odborné podpory při zásahu jednotek PO v prostředí s výskytem NL na místě zásahu a pro ochranu osob v místě zásahu;
- dekontaminaci hasičů a prostředků požární ochrany, zasažených osob v místě zásahu, zasahujících jednotek IZS, zvířat, majetku nebo životního prostředí;
- provádění záchranných a likvidačních prací při mimořádných událostech s výskytem NL (Sbírka interních aktů řízení generálního ředitele HZS ČR, 2006, p. 10).

### **3.4 Chemické havárie**

#### **3.4.1 Katastrofy**

Katastrofa znamená hromadné neštěstí, pohroma nebo zánik a je původem z řečtiny. Pod tímto slovem si můžeme představit spousty závažných událostí jako třeba povodně, požáry, vichřice, sucha nebo průmyslové havárie.

Podle Štětiny et al. (2000) „snaha o porovnání a hodnocení katastrof vedla k pokusům o jejich přehledné uspořádání a vytvoření klasifikace. Nejběžnější klasifikace jsou vytvořeny na podkladech příčin vzniku katastrofy. Klasifikace katastrof podle výboru světové zdravotnické organizace (WHO) používá základní dělení na přírodně-klimatické a antropogenní katastrofy“ (p. 18).

Zvláštní typ katastrofy představují chemické havárie. Obrovská množství chemických látek, která jsou v současné době zpracovávána, skladována, přepravována, spalována či jinak používána a z nichž řada vykazuje velmi nebezpečné účinky, podmiňuje skutečnost, že v případě mimořádných událostí uvedených v předcházejících částech může dojít k úniku těchto látek do okolí. To již samo o sobě může znamenat vážné nebezpečí pro člověka či životní prostředí, popř. může únik nebezpečné látky ještě podstatně zvýšit primární ničivý efekt vlastní katastrofy (Čapoun, Krykorková, Mika, Navrátilová, & Urban, 2009, p. 25).

Podle Čapouna et al. (2009) „pro potřeby klasifikace havárií je třeba doplnit ještě jedno hledisko, kterým je druh unikající nebezpečné látky. Podle tohoto kritéria se lze opět setkat s různým členěním chemických havárií:

- chemické havárie (havárie s únikem nebezpečných chemických látek);
- havárie s únikem radioaktivních látek;
- havárie s únikem ropných látek“ (p. 25).

#### **3.4.2 Havárie s únikem nebezpečných chemických látek**

Mezi chemické havárie se obecně řadí mimořádné situace, doprovázené únikem nebezpečných chemických látek, které bezprostředně ohrožují životy a zdraví osob nebo životní prostředí. Synonymy, se kterými je možné se v odborné literatuře setkat, jsou především havárie s únikem nebezpečných chemických

látek, havárie s únikem průmyslových škodlivin, dále pak (provozní) havárie s únikem (výronem) chemických látek (nebezpečných škodlivin). Pojem „průmyslová škodlivina“ je užší než pojem „nebezpečná látka“ a v literatuře je používán právě pro zvýraznění těchto bezprostředních a přímých účinků. Za uvedeným pojmem je třeba vidět především plyny nebo těkavé kapaliny, které jsou toxické, hořlavé, žíravé, vysoce reaktivní, výbušné ve směsi se vzduchem apod. Na tomto místě je však třeba upřesnit, že žádný z legislativních pramenů nevymezuje přesně pojem „průmyslová škodlivina“ ani tento termín nepoužívá. Ve snaze o dodržování názvoslovných pravidel a schválených zákonných úprav představuje v celém dalším textu pojem „chemická havárie“ uvedenou skupinu havárií s únikem nebezpečných chemických látek a v tomto užším smyslu je také dále používán (Čapoun et al., 2009, p. 25).

### **3.4.3 Havárie s únikem radioaktivních látek**

Podle Čapouna et al. (2009) „jsou pro specifické vlastnosti a účinky produktů havárie, ze kterých vyplývají i zvláštnosti opatření k minimalizaci následků, vyčleňovány zvlášť. Mají svoji vlastní klasifikaci a jsou obsahem zvláštního zákona“ (p. 26).

### **3.4.4 Havárie s únikem ropných látek**

Jsou mimořádné situace doprovázené únikem produktů zpracování ropy, jako jsou různé druhy benzínů, olejů, nafty, mazutu apod. Svoji podstatou tedy patří mezi ostatní chemické havárie, avšak jsou z nich vyčleňovány ze dvou hlavních důvodů. Prvním je skutečnost, že bezprostředně neohrožují osoby - pokud ovšem nejsou doprovázeny požárem či výbuchem - ale mají dalekosáhlý vliv na životní prostředí. Jsou minimálně rozpustné ve vodě a pronikají do spodních vod. Vzhledem k tomu, že jsou lehčí než voda, rozšiřují se po hladině na rozsáhlých vodních plochách, zamezují přístupu vzdušného kyslíku do vody a tím znemožňují samočistící pochody ve vodě. Druhým důvodem je jejich obrovská četnost. Odborná literatura uvádí, že podíl ropných havárií na všech chemických haváriích ve světě činí 70 až 90 % (Čapoun et al., 2009, p. 26).

### 3.5 Chemické škodliviny

Chemické škodliviny zkoumá obor průmyslová toxikologie. Zabývá se studiem účinku chemických látek používaných ve výrobě a způsoby ochrany pracovníků před jejich působením. V literatuře se můžeme setkat i s dalšími různými názvy jako např. průmyslové toxické látky, toxické chemické škodliviny, bojové chemické látky (BCHL) nebo otravné látky (OL).

Chemická škodlivina se vyskytuje v ovzduší pracovišť ve třech skupenských stavech:

- v plynném stavu - plyn, pára;
- v kapalném stavu – mlha;
- v tuhém stavu - dým, kouř, prach.

O chemických látkách a chemických směsích pojednává zákon č. 350/2011 Sb., (chemický zákon) a k němu vydané prováděcí předpisy. Oblast prevence závažných havárií pro objekty a zařízení, ve kterých je umístěna vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemický přípravek, je součástí civilního nouzového plánování. Základním právním předpisem upravující tuto oblast je zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií, ve znění pozdějších předpisů (Šafr et al., 2014, p. 18).

#### Základní vlastnosti

Soubor fyzikálních (fyzikálně chemických) a chemických vlastností je určující pro způsob použití, uvolnění, šíření a chování toxických chemických látek v terénu a ovlivňuje podmínky expozice osob v prostoru činnosti. Rovněž ovlivňuje rozsah patologického procesu zasaženého organismu.

- relativní molekulová hmotnost;
- bod tuhnutí (tání);
- bod varu;
- hustota;
- hustota – relativní hustota par;
- maximální koncentrace;
- tlak nasycených par;

- rozpustnost.

#### Chemické vlastnosti

Z pohledu ochrany proti chemickým toxickým látkám jsou nejdůležitějšími chemickými vlastnostmi chemická struktura, odolnost vůči hydrolýze, oxidaci a jiným chemikáliím, ale také tepelná stálost.

- chemická struktura;
- hydrolýza;
- oxidace;
- odolnost vůči chemikáliím;
- tepelná stálost.

#### Toxické vlastnosti

- toxicita a jed;
- interakce toxické látky s organismem;
- brány vstupu do organismu;
- inhalace;
- pronikání kůží;
- požití;
- toxicita a její vyjádření (Šafr et al., 2014, pp. 19-23).

### 3.5.1 Toxické dávky a koncentrace

PD<sub>50</sub> – střední prahová dávka, mg.kg<sup>-1</sup>, mg;

ED<sub>50</sub> – střední účinná dávka (u zneschopňujících látek odpovídá ID<sub>50</sub>), mg.kg<sup>-1</sup>, mg;

ID<sub>50</sub> – střední zneschopňující dávka, mg.kg<sup>-1</sup>, mg;

LD<sub>50</sub> – střední smrtící (letální) dávka, mg.kg<sup>-1</sup>, mg;

PC<sub>50</sub> – střední prahová koncentrace, mg.m<sup>-3</sup>, ppm, %;

EC<sub>50</sub> – střední účinná (efektivní) koncentrace (u zneschopňujících látek odpovídá IC<sub>50</sub>), mg.m<sup>-3</sup>, ppm, %;

IC<sub>50</sub> – střední zneschopňující koncentrace, mg.m<sup>-3</sup>, ppm, %;

LC<sub>50</sub> – střední smrtící (letální) koncentrace, mg.m<sup>-3</sup>, ppm, % (Šafr et al., 2014, p. 24).

Letální dávka (LD<sub>50</sub>) je v toxikologii označení pro dávku látky podané testovaným jedincům, která způsobí úhyn 50 % testovaných živočichů do 24 hodin od expozice. Udává se v mg/kg živé hmotnosti (Skřehot, Havlová & Trávníček, 2009).

### 3.5.2 Vlastnosti látek a směsí

Nebezpečné látky a směsi jsou podle zákona č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů, látky nebo směsi, které mají jednu nebo více nebezpečných vlastností.

Výrobce, dovozce nebo následný uživatel, který uvádí na trh látku nebo směs, ji v závislosti na intenzitě jejích nebezpečných vlastností při klasifikaci zařazuje do jedné nebo více skupin nebezpečnosti, kterými jsou:

- 1) *výbušné látky nebo směsi*, výbušnou je pevná, kapalná, pastovitá nebo gelovitá látka nebo směs, která může exotermně reagovat i bez přístupu vzdušného kyslíku, přičemž rychle uvolňuje plyny, a která za definovaných zkušebních podmínek detonuje, rychle shoří nebo po zahřátí vybuchuje, pokud je v částečně uzavřeném prostoru;
- 2) *oxidující látky nebo směsi*, oxidující je látka nebo směs, která vyvolává vysoce exotermní reakci ve styku s jinými látkami, zejména hořlavými;
- 3) *extrémně hořlavé látky nebo směsi*, extrémně hořlavou je kapalná látka nebo směs, která má extrémně nízký bod vzplanutí a nízký bod varu, anebo plynná látka nebo směs, která je hořlavá ve styku se vzduchem při pokojové teplotě a tlaku;
- 4) *vysoce hořlavé látky nebo směsi*, vysoce hořlavou je:
  - a) látka nebo směs, která se může samovolně zahřívat a nakonec se vznítí ve styku se vzduchem při pokojové teplotě bez jakéhokoliv dodání energie;
  - b) pevná látka nebo směs, která se může snadno zapálit po krátkém styku se zdrojem zapálení a která pokračuje v hoření nebo shoří po jeho odstranění;
  - c) kapalná látka nebo směs, která má velmi nízký bod vzplanutí;
  - d) látka nebo směs, která ve styku s vodou nebo vlhkým vzduchem uvolňuje vysoce hořlavé plyny v nebezpečných množstvích;
- 5) *hořlavé látky nebo směsi*, hořlavou je kapalná látka nebo směs, která má nízký bod vzplanutí;
- 6) *vysoce toxické látky nebo směsi*, vysoce toxickou je látka nebo směs, která při vdechnutí požití nebo při průniku kůží ve velmi malých množstvích způsobuje smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví;



- 7) *toxické látky nebo směsi*, toxickou je látka nebo směs, která při vdechnutí, požití nebo při průniku kůží v malých množstvích způsobuje smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví;
- 8) *zdraví škodlivé látky nebo směsi*, zdraví škodlivou je látka nebo směs, která při vdechnutí, požití nebo při průniku kůží může způsobit smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví;
- 9) *žiravé látky nebo směsi*, žiravou je látka nebo směs, která může zničit živé tkáně při styku s nimi;
- 10) *dráždivé látky nebo směsi*, dráždivou je látka nebo směs, která může při okamžitém, dlouhodobém nebo opakovaném styku s kůží nebo sliznicí vyvolat zánět a nemá žiravé účinky;
- 11) *senzibilující látky nebo směsi*, senzibilující je látka nebo směs, která může při vdechování, požití nebo při styku s kůží vyvolat přecitlivělost, takže při další expozici dané látce nebo směsi vzniknou charakteristické nepříznivé účinky;
- 12) *karcinogenní látky nebo směsi*:
  - a) kategorie 1; karcinogenní kategorie 1 je látka nebo směs, u níž existuje průkazná souvislost mezi expozicí člověka látce nebo směsi a vznikem rakoviny;
  - b) kategorie 2; karcinogenní kategorie 2 je látka nebo směs, pro kterou existují dostatečné důkazy pro vznik rakoviny na základě dlouhodobých studií na zvířatech;
  - c) kategorie 3; karcinogenní kategorie 3 je látka nebo směs, pro kterou existují některé důkazy pro vznik rakoviny na základě studií na zvířatech, avšak tyto důkazy nejsou postačující pro zařazení látky nebo směsi do kategorie 2;
- 13) *mutagenní látky nebo směsi*:
  - a) kategorie 1; mutagenní kategorie 1 je látka nebo směs, pro niž existují dostatečné důkazy pro souvislost mezi expozicí člověka látce nebo směsi a poškozením dědičných vlastností;
  - b) kategorie 2; mutagenní kategorie 2 je látka nebo směs, pro niž existují dostatečné důkazy pro poškození dědičných vlastností na základě dlouhodobých studií na zvířatech;
  - c) kategorie 3; mutagenní kategorie 3 je látka nebo směs, pro niž existující některé důkazy pro poškození dědičných vlastností na základě studií na zvířatech, avšak tyto důkazy nejsou postačující pro zařazení látky nebo směsi do kategorie 2;

- 14) *látky nebo směsi toxické pro reprodukci:*
- a) kategorie 1; toxická pro reprodukci kategorie 1 je látka nebo směs, pro niž existující dostatečné důkazy pro souvislost mezi expozicí člověka látce nebo směsi a poškozením fertility nebo vznikem vývojové toxicity;
  - b) kategorie 2; toxická pro reprodukci kategorie 2 je látka nebo směs, pro niž existují dostatečné důkazy pro poškození fertility nebo vznik vývojové toxicity na základě dlouhodobých studií na zvířatech;
  - c) kategorie 3; toxická pro reprodukci kategorie 3 je látka nebo směs, pro niž existují některé důkazy pro poškození fertility nebo vznik vývojové toxicity na základě studií na zvířatech, avšak tyto důkazy nejsou postačující pro zařazení látky nebo směsi do kategorie 2;
- 15) *látky nebo směsi nebezpečné pro životní prostředí*, nebezpečnou pro životní prostředí je látka nebo směs, která při vstupu do životního prostředí představuje nebo může představovat okamžité nebo pozdější nebezpečí pro jednu nebo více složek životního prostředí (Zákon č. 350/2011 Sb., § 5).

### 3.5.3 Amoniak

Sumární vzorec:  $\text{NH}_3$

Číslo CAS: 7664-41-7

Bezpečnostní značky:



Registrační číslo CAS

„CAS registrační číslo je kódové číslo pro identifikaci látky a chemické sloučeniny podle Chemical Abstracts Service, kde je evidováno na 18 miliónů chemických látek. Používá se k identifikaci látky a současně jako vyhledávací prvek. Jeho struktura sama o sobě nevypovídá o vlastnostech látky“ (Skřehot et al., 2009, p. 17).

Fyzikální a chemické vlastnosti

Bezbarvý plyn pronikavého čpavého zápachu, lehčí než vzduch, snadno zkapalnitelný. Ve vodě je snadno rozpustný, dobře se rozpouští i ve většině běžných organických rozpouštědel, například v etanolu, acetonu, benzenu. Páry amoniaku ve vzduchu mohou vytvářet výbušnou směs. Při odpařování z kapalného stavu tvoří chladné mlhy, které jsou těžší než vzduch.  $M_r = 17$ , b. t. =  $-77,8\text{ °C}$ , b. v. =  $-33,4\text{ °C}$ , hustota = 0,6,  $p = 861\ 000\ (20\text{ °C})\ \text{Pa}$  (Šafr et al., 2014, p. 28).

Věty nebezpečnosti a o bezpečném zacházení

K označování chemických látek a přípravků jsou používány standardní věty, označující nebezpečnost dané látky a pokyny pro bezpečné zacházení. Můžeme se setkat s dvojím typem značení. Starým typem k označování byly R a S věty („Risk“ a „Safety“), určují rizikovost u dané látky a bezpečnostní zacházení s danou látkou. Novým typem značení jsou H a P věty („Hazard“ a „Precautionary“). Tyto věty vznikly na základě nařízení evropského parlamentu a rady ze dne 16. prosince 2008, č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (Horák, 2013).

R 34	Způsobuje poleptání	H 314
R 23	Toxický při vdechování	H 331
R 20	Zdravý škodlivý při vdechování	H 332
R 42	Podráždění dýchacích cest	H 335
R 50	Toxický pro vodní organismy	H 400
S 61	Zabraňte uvolnění do životního prostředí	P 273
S 36/37/39	Používejte ochranné rukavice/ oděv/ brýle/ obličejový štít	P 280
S 62	Vypláchněte ústa. Nevyvolávejte zvracení.	P 301/330/331
S 26	Při zasažení očí důkladně vypláchněte vodou.	P 305/351/338
S 7/9	Uchovejte obal těsně uzavřený. Na dobře větraném místě.	P 403/233

*Tabulka 1. Srovnání vět R,S a H,P*

#### Vliv na organismus člověka

Amoniak je dobře rozpustný ve vodě, kde vzniká hydroxid amonný. Ten dráždí horní cesty dýchací, vyvolává pálení a bolest poleptaných sliznic. V případě inhalace větší koncentrace amoniaku se projevují silné bolesti v očích, dušení, záchvatový kašel, závratě, zvracení, objevují se závažné poruchy dýchání a krevního oběhu, které vedou až k toxickému edému plic či smrti. Při působení na pokožku způsobuje poleptání, kapalný amoniak způsobuje omrzliny (Šafr et al., 2014).

#### První pomoc

V rámci první pomoci je nutné co nejrychleji přenést postiženého na čerstvý vzduch, uložit do stabilizované polohy a uvolnit těsné součásti oděvu. Při zástavě dechu okamžitě zavést umělé dýchání. Sejmout potřísněné součásti oděvu, postižená místa na těle okamžitě opláchnout vodou a pokrýt sterilním obvazem. Omrzlá místa na těle netřít. Při zasažení očí je nutné co nejrychleji vyplachovat bez přerušování po dobu asi 30 minut velkým množstvím čisté vody při násilném otevření víček. Je vždy důležité co nejrychleji přivolat lékařskou pomoc a transportovat postiženého ve stabilizované poloze (Šafr et al., 2014, p. 28).

## 4 SOFTWAREVÉ MODELOVACÍ NÁSTROJE

Programů na analýzu rizik najdeme už na českém i zahraničním trhu celou řadu. Programy se mohou od sebe lišit, proto musíme dbát na správný výběr programu, který se shoduje s charakteristikou dané situace. Mějme na paměti, že softwarový nástroj nám pouze pomůže ke zpracování dat, ale konečné vyhodnocení je už na nás (Frölich & Melicharová, 2014).

V dnešní době je již většina modelů dostupná v softwarové podobě. Všechny softwarové aplikace jsou postaveny na základních typech modelů úniku a rozptylových modelů, resp. jejich fyzikálních rovnicích. Využití výpočetní techniky může uplatnění daného modelu v praxi významně rozšířit, a to na základě empirických zkušeností přenesených do příslušných algoritmů. Stejně tak ale nemusí být stejný způsob zpracování algoritmů a jejich provázanost správná nebo uživatelské rozhraní přehledné. V takových případech může dojít k paradoxní situaci, kdy jednotlivé SW nástroje generují za stejných podmínek odlišné výstupy (Skřehot et al., 2009, p. 147).

Z těch českých SW nástrojů jsou to např. TerEx, od společnosti T-SOFT a.s., nebo ROZEX Alarm od společnosti tlp-emergency. Ze zahraničních SW nástrojů zde uvedu program ALOHA, který je volně ke stažení z internetových stránek [www.epa.gov](http://www.epa.gov). Vzhledem k tomu, že je tzv. „free“ software nelze od něho očekávat velkou validitu, na rozdíl od ostatních licencovaných programů.

Specializované a z pohledu reálného vyhodnocení velmi účinné vyhodnocovací SW nástroje využívá ke své činnosti např. armáda USA. Pořízení je ovšem velmi nákladnou záležitostí a primárně nejsou určeny k širšímu využívání (ústní sdělení Melichařík, 30. 3. 2016).

## 4.1 TerEx

SW nástroj TerEx (teroristický expert), byl vyvinut firmou T-SOFT a.s. Praha. Tato společnost se zaměřuje především na speciální informační systémy, integraci a bezpečnost. Zákazníky společnosti jsou především veřejná správa, banky, velké podniky a mezinárodní instituce. Hlavní specializací firmy T-SOFT a.s. jsou:

- projekty a realizace IS;
- systémová integrace;
- systémy pro krizové řízení.

SW nástroj TerEx okamžitě vyhodnocuje dopady úniků nebezpečných chemických a otravných látek nebo nástražného výbušného systému. Nabízí obsáhlou databázi chemických látek, simulaci krizových situací, která jsou vhodná pro plánování, výuku a cvičení (T-SOFT a.s., 2014).

SW nástroj TerEx tvoří následující moduly:

Nebezpečné chemické látky:

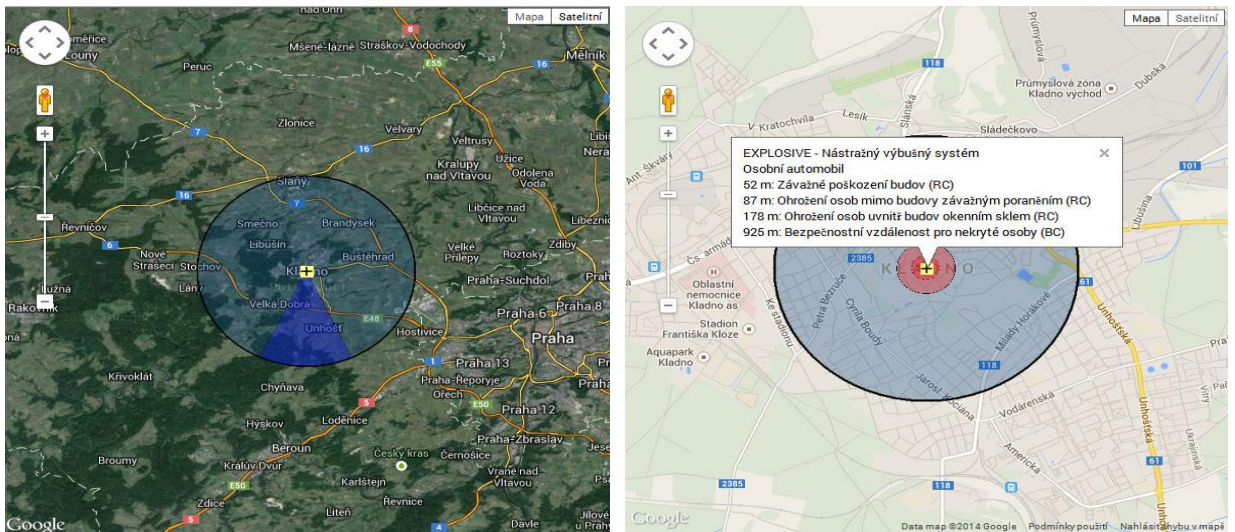
- model typu TOXI – dosah a tvar oblaku dle koncentrace chemické látky;
- model typu UVCE – působnost vzdušné rázové vlny, vyvolávající detonace látky se vzduchem;
- model PLUME – déletrvající únik plynu do oblaku, únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku, pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku;
- model PUFF – jednorázový únik plynu do oblaku, únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku;
- model typu FLASH FIRE – velikost prostoru ohrožení osob plamennou zónou

Výbušné systémy:

- model typu EXPLOSIVE – možné dopady detonace výbušných systémů, založených na kondenzované fázi, použité s cílem ohrožení okolí detonace (T-SOFT a.s., 2014).

## Otravné látky:

- SPREAD – modul, který vyhodnocuje havarijní a toxický dosah aerosolů, které jsou uvedeny do vznosu (rozprášeny) výbuchem a mohou být nosičem CBRN látek;
- SPREAD Explosive – modul, který porovnává havarijní dosah nástražného výbušného systému a vyhodnocení modelu SPREAD;
- model POISON – šíření oblaku vzniklého rozptýlením otravné látky na určité území (T-SOFT a.s., 2014).



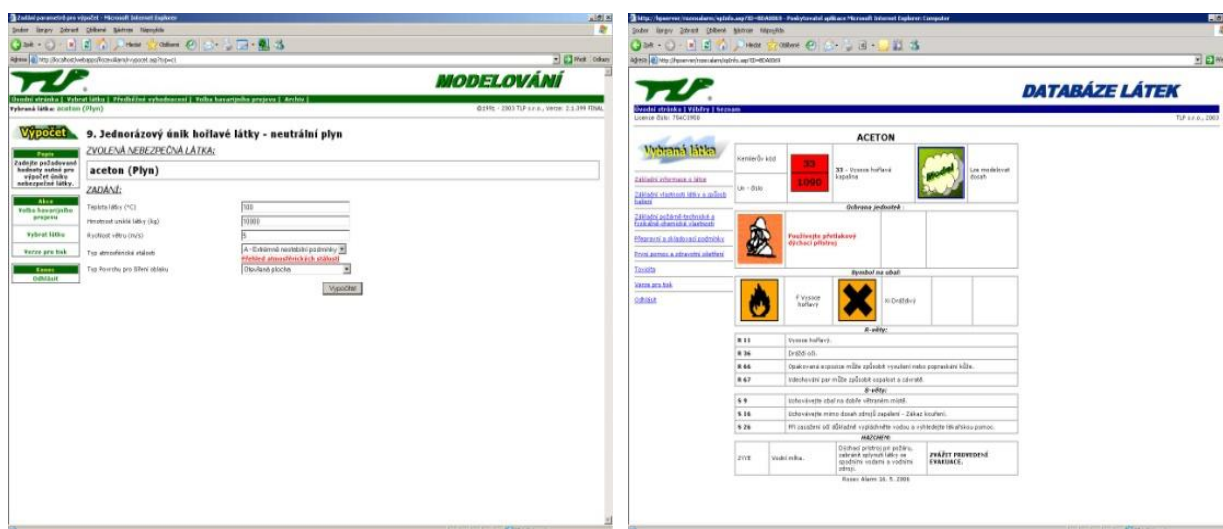
Obrázek 1. a 2. Ukázka prostředí SW nástroje TerEx. Zdroj: [www.tsoft.cz](http://www.tsoft.cz)

## 4.2 ROZEX Alarm

SW nástroj ROZEX Alarm je aplikace, která umožňuje efektivně modelovat úniky nebezpečných chemických látek, vytvářet prognózy havarijních projevů rychle generovat potřebné informace pro zasahující složky IZS.

ROZEX Alarm se využívá k přípravě modelových řešení možných úniků nebezpečných látek a jejich havarijních projevů i přímo jako podpora zasahujících jednotek. Aplikace využívá databázi látek (cca 8000) obsahující fyzikálně-chemické vlastnosti, požárně a bezpečnostně – technické charakteristiky, údaje o toxicitě, postupy při hašení a zdravotní ošetření.

ROZEX Alarm slouží jako nástroj prognózy po úniku nebezpečné látky. Využívá se při přípravě reakce na vzniklou mimořádnou událost i při rozhodovacích procesech velitele zásahu odpovídajícího za řešení mimořádné události (TLP spol. s.r.o., 2014).



Obrázek 3. a 4. Ukázka prostředí SW nástroje ROZEX Alarm. Zdroj: [www.tlp-emergency.com](http://www.tlp-emergency.com)



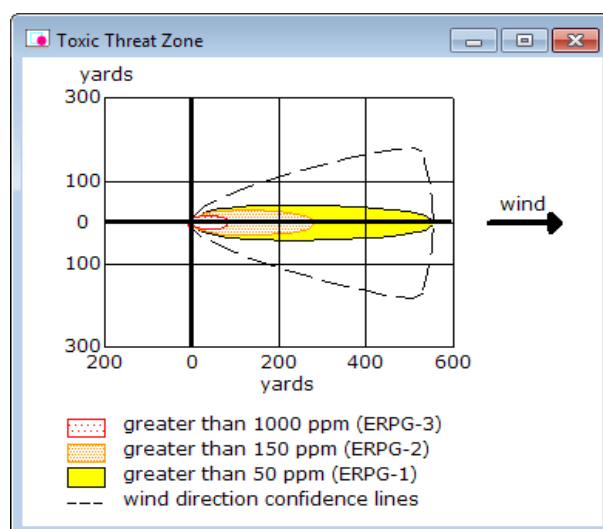
### 4.3 Zahraniční softwarové programy

Mezi zahraniční programy vyvinuté americkou firmou U. S. EPA, patří například, ISC3, AERMOD, ALOHA, CALPUFF. Britský program ADMS, holandský SAVE II, nebo dánský OML (Skřehot et al., 2009).

#### ALOHA (Area Locations of Hazardous Atmospheres)

Program ALOHA se používá pro vyhodnocení úniku nebezpečných chemických výparů. ALOHA umožňuje uživateli odhadnout směr chemického mraku na základě toxikologických a fyzikálních charakteristik z uvolněné chemické látky, atmosférické podmínky a konkrétní okolnosti úniku. Lze odhadnout zónu ohrožení spojenou s několika typy nebezpečných chemických úniků, včetně toxických oblaků plynů, požárů a výbuchů (US EPA, 2016).

Použití modelu rozptylu v programu ALOHA je určeno pro odhad velikosti a tvaru oblasti o příslušné koncentraci uniklé chemické látky v okruhu do 10 km od zdroje úniku. Doba úniku je omezena maximálně na 1 hodinu. Klíčové hodnoty pro nebezpečí plynoucí z úniku látky jsou její toxicita, hořlavost, tepelné záření nebo přetlak ve skladovacím zásobníku. ALOHA není určena pro modelování úniků radioaktivních látek, kouřových stop nebo dlouhotrvajících přízemních emisí (Skřehot et. al., 2009, p. 151).



Obrázek 5. Ukázka prostředí SW nástroje ALOHA. Zdroj: [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

## 5 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY NA ŠÍŘENÍ OBLAKŮ

Dojde-li k úniku toxické látky při chemické havárii, hraje v danou dobu významnou roli meteorologická situace. V případě příznivých meteorologických podmínek, se může i při malém úniku toxické látky zamořit velká část území a napáchat značné množství škod.

Jak uvádí Šafr et al. (2014). „k rozptýlení toxické látky do prostředí může dojít v zásadě dvěma základními způsoby – mechanicky nebo termicky“, dále uvádí, že „mechanická metoda přichází v úvahu při rozptýlení pevné, kapalné nebo plynné látky pomocí trysky nebo pod tlakem, při prostém uvolnění (vysypání) látky z kontejneru, případně při rozptýlení látky výbuchem“ dále pak termická metoda „je podstatou funkce dýmovic, kdy se látka odpaří teplem vzniklým hořením pyrotechnické směsi a její páry kondenzují v okolí chladné atmosféře za vzniku jemného aerosol“ (p. 60).

Dále je pak schopnost šíření toxické látky dána zejména jejími chemickými a fyzikálními vlastnostmi a vlivem působení okolního prostředí.

### Rychlost a směr větru

Příčinou vzdušného proudění je rotace země a sluneční energie. Během dne se vlivem slunečního záření ohřívá vzduch nad zemským povrchem, kde dochází k jeho roztahování. Teplota vzduchu nad oceánem je chladnější a tím dochází k rozdílným tlakům vzduchu, a jeho proudění. Od moře tak vane vítr nad pevninu a opačně pak v noci, kdy se nad zemským povrchem ochlazuje vzduch rychleji než nad vodou a dochází tak k opačným tlakům vzduchu.

„Přízemní proudění, tj. směr a rychlost proudění větru 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“ (Florus, 2007, p. 25).

„Nejvýhodnější podmínky pro šíření toxické látky nastávají při rychlosti 3 m.s<sup>-1</sup>, s rostoucí rychlostí větru účinnost zasažení klesá“ (Šafr et al., 2014, p. 60).

### Vertikální stálost atmosféry

V atmosféře rozeznáváme tři druhy teplotního zvrstvení – inverze, izotermie a konvekce. Tyto tři faktory nejvíce rozhodují o rozšíření toxické látky do ovzduší. Nejpriznivějším teplotním zvrstvením je inverze, při které se může oblak toxických

látek dostat až do vzdálenosti 60 km. Při izotermii bude oblak šíření menší asi o polovinu a při konvekci je hloubka šíření ještě menší (Florus, 2007).

#### Terénní překážky

Na šíření směru větru má zásadní vliv i rozmístění terénních překážek. Překážky mohou být přírodní (pohoří, kopce, řeky, údolí, vodní plochy, lesy atd.) nebo umělé (města, domy, mosty, tunely a další stavby). Všechny tyto položky mají vliv na směr a rychlost větru, který do nich naráží nebo díky nim mění svůj směr.

Pro účely této práce jsou především důležité městské části, ve kterých se bude odehrávat havárie nebezpečné látky.

Vliv sídlišť na pohyby vzduchu je velmi komplikovaný. Ulice orientované shodně s převládajícím směrem větru nekladou větru žádné překážky, zatímco za téže situace je v příčně orientovaných ulicích vítr slabý, vyskytuje se i bezvětří. V místech vyústění příčných komunikací do ulic s pohybujícím se vzduchem existuje silná turbulence. Silná turbulence je i ve výšce střech domů. Ulice šikmé vzhledem ke směru proudění mohou způsobit odklon pohybu vzduchu od převládajícího směru. Rozsáhlá prostranství (náměstí) mají větrné poměry podobné těm, které existují ve volné krajině. Ve dne směřuje místní cirkulace do města a je ovlivněna všeobecným pohybem ovzduší (Florus, 2007, p. 28).

#### Teplota prostředí

Teplota vzduchu a teplota půdy ovlivňují fyzikální stav toxické látky a dobu jejího účinku. Vyšší teplota pozitivně ovlivňuje tenzi par a koncentraci látky v ovzduší, ale snižuje její stálost (stupeň kontaminace) v terénu. Vyšší teplota také usnadňuje schopnost toxické látky pronikat do organismu a zároveň zvyšuje nároky na používání prostředků ochrany (Šafr et al., 2014, p. 60).

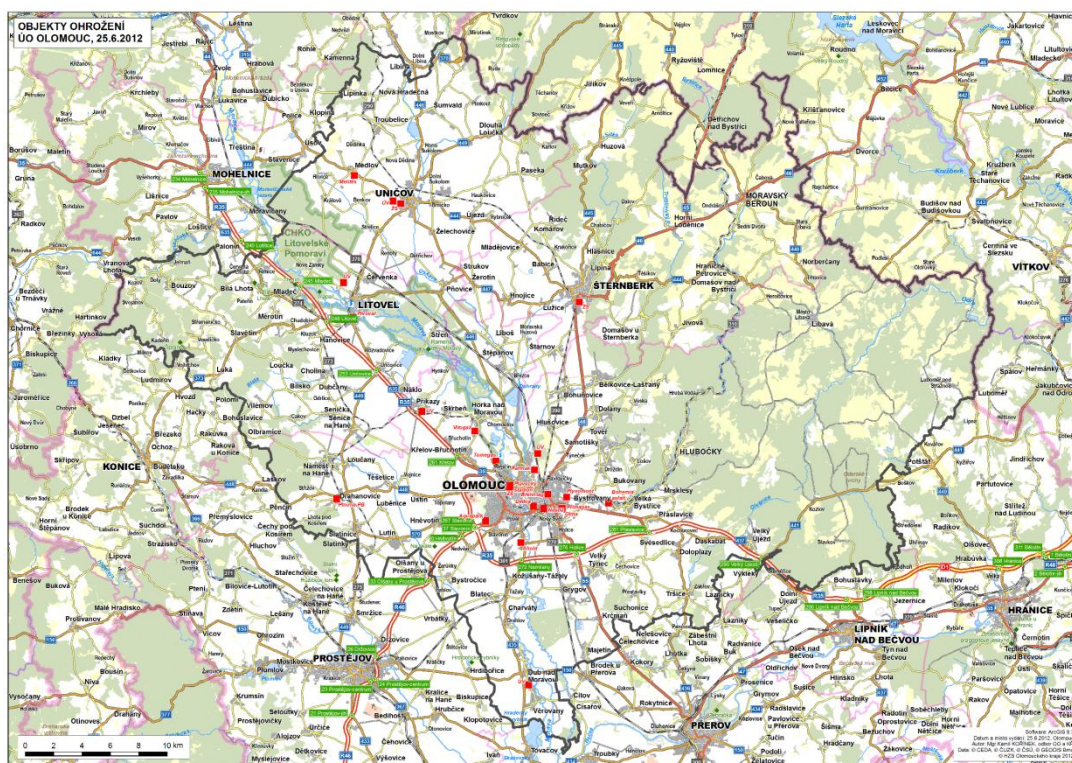
#### Vlhkost vzduchu a vodní srážky

Vlhkost vzduchu a zejména vodní srážky mohou zejména v důsledku hydrolyzy ovlivnit stabilitu toxických látek terénu. Déšť odplavuje kapalné a tuhé látky, které tak mohou kontaminovat vodní zdroje. Sněhová pokrývka snižuje rychlost vypařování toxických látek a může zvýšit jejich stálost v terénu (Šafr et al., 2014, p. 61).

## 6 VÝSLEDKY

### 6.1 Objekty ohrožení územního odboru Olomouc

Na území Olomouckého kraje se nachází velké množství firem a zařízení, která uchovávají nebo používají ke svým účelům různé druhy nebezpečných škodlivin. Nejčastěji se můžeme v těchto zařízeních setkat s amoniakem, chlórem či LPG. Je důležité, aby příslušné orgány a instituce byly seznámeny s uchováváním těchto nebezpečných škodlivin, aby se mohlo lépe předcházet či následně provádět záchranné a likvidační práce při úniku těchto nebezpečných škodlivin.



Obrázek 6. Místa výskytu nebezpečných látek územního odboru Olomouc. Zdroj:

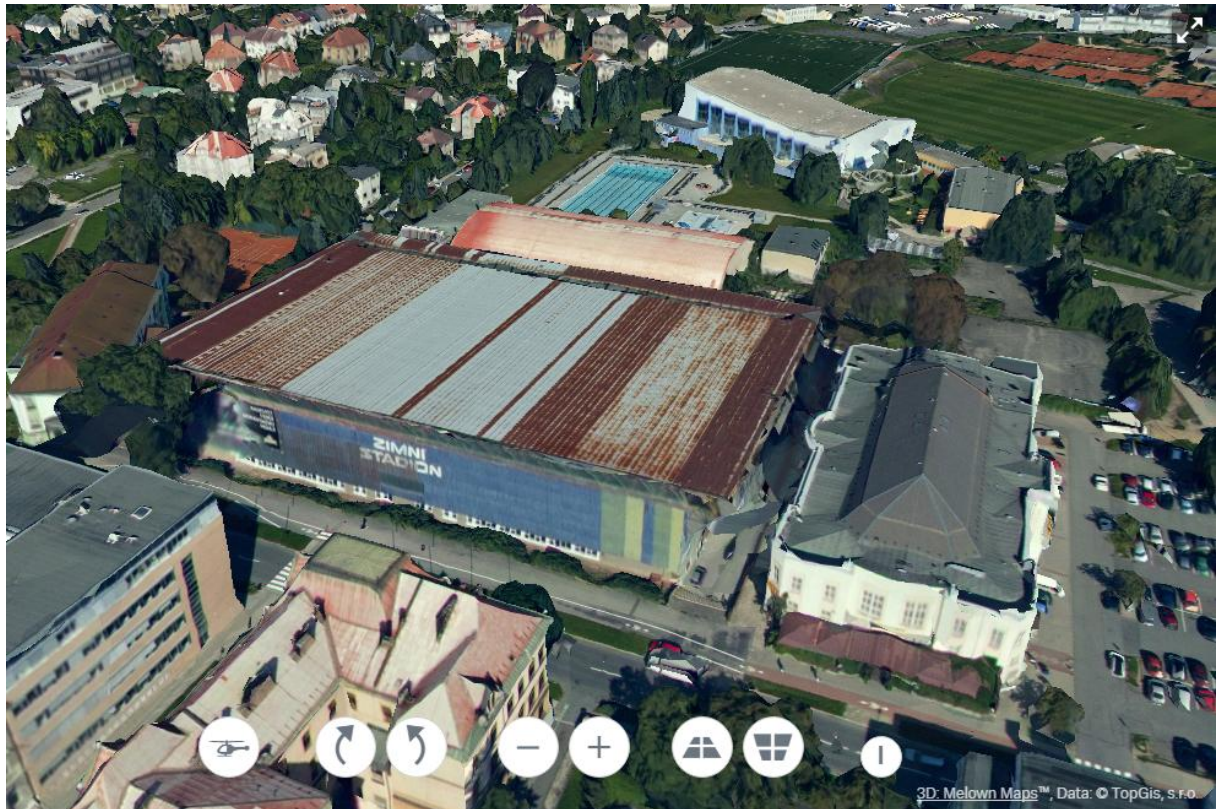
[www.hzscr.cz](http://www.hzscr.cz)

<b>Název, adresa</b>	<b>Nebezpečná látka</b>
<b>Primaplyn spol.s.r.o.</b> Pavelkova 18A, Olomouc	LPG
<b>Plavecký bazén Olomouc</b> Legionářská 11, Olomouc	chlor
<b>AQUAPARK Olomouc, a.s.</b> Kafkova 19, Olomouc	chlor
<b>NESTLÉ Česko s.r.o.</b> Tovární 11/13, Olomouc	čpavek
<b>Olma a.s.</b> Pavelkova 18, Olomouc	čpavek
<b>Zimní stadion Olomouc</b> Hynaisova 9a, Olomouc	čpavek
<b>Úpravna vody Příkazy</b> Příkazy	chlor
<b>Úpravna vody Nenakonice</b> Nenakonice 397	chlor
<b>Úpravna vody Černovír</b> Olomouc - Černovír	chlor
<b>Plnárna PB Drahanovice</b> Drahanovice 99	LPG

*Tabulka 2. Objekty a nebezpečné látky v Olomouci. Zdroj:  
www.ochranaobyvatel.olomouc.eu*



## 6.2 Zimní stadion v Olomouci



Obrázek 7. Celkový pohled na zimní stadion. Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

### Údaje o stadionu

Adresa stadionu: Hynaisova 9a, 772 00, Olomouc

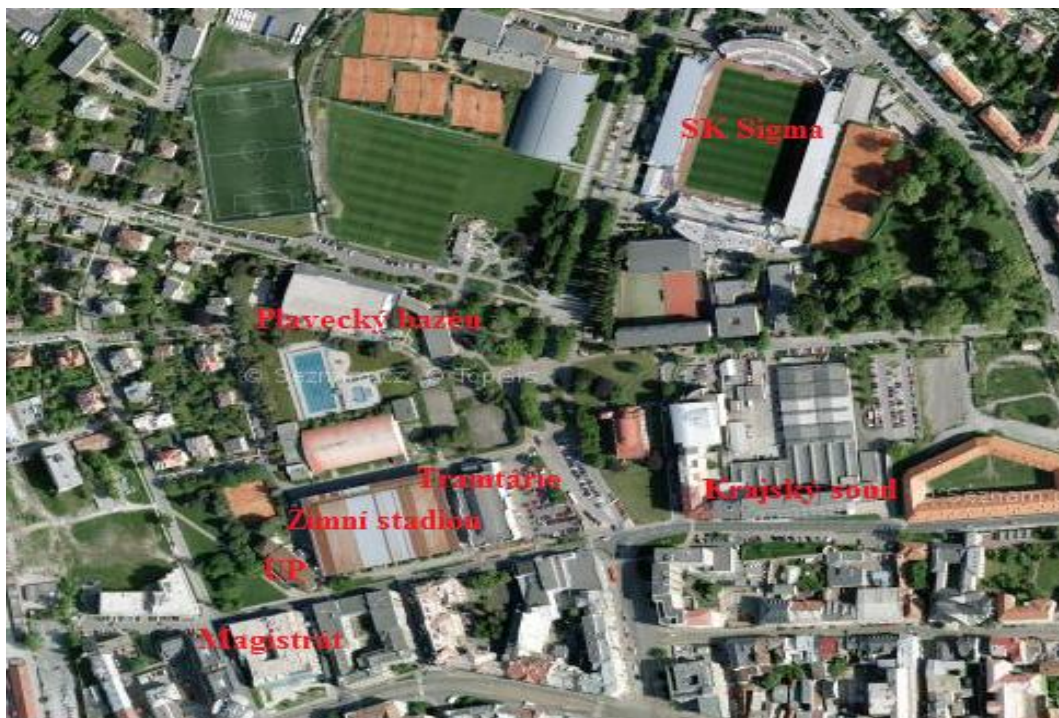
Kapacita haly: Celkem 5.500 míst, z toho 3.800 k sezení a 1.700 na stání

Datum otevření: 25. ledna 1948

Vlastník haly: Statutární město Olomouc

Objekty v blízkosti stadionu:

- magistrát města Olomouce;
- plavecký bazén s venkovním koupalištěm;
- divadlo tramtárie;
- budovy školy UP;
- krajský soud;
- fotbalový stadion Sigma a další.



Obrázek 8. Mapa objektů v okolí zimního stadionu. Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) (upraveno v programu Malování)

Tyto objekty nacházející se v bezprostřední blízkosti jsou nejvíce ohroženy. Denně projde či projede kolem stadionu velké množství lidí nebo automobilů. Míra ohrožení samozřejmě záleží na množství uniklé látky, klimatických podmínkách a době času úniku (den/noc, hodina).

#### Popis zimního stadionu

Umístění: Zimní stadion se nachází v centru Olomouce, v poměrně hustě zastavěné části města s množstvím obytných domů a rekreačních zařízení. Zimní stadion byl zastřešen v roce 1967, v roce 1980 proběhla rekonstrukce tribuny a opláštění. Ledová plocha byla rekonstruována v roce 2006, v roce 2009, 2010 a 2011 drobné rekonstrukce havarijního zázemí stadionu. Generální rekonstrukce je v plánu. Stadion tvoří železná konstrukce s plechovým oplechováním, má čtyři vestibuly pro vstup, které jsou umístěny na krátkých stranách v rozích objektu.

### 6.3 Simulace havárie na zimním stadionu v Olomouci v SW programu TerEx

Simulace úniku amoniaku ze zimního stadionu v Olomouci. Provedeno na softwarovém programu TerEx (Teroristický expert) od společnosti T-soft a.s. Praha, na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

#### Situace

- Den: 6. 4. 2016
- Čas: 1400 hodin
- Venkovní teplota: 20°C
- Povětrnostní podmínky: západní vítr 1 m/s
- Druh chemikálie: Amoniak
- Teplota chemikálie: -10°C
- Množství uniklé chemikálie: 1000 kg z expanzní nádoby

#### Popis události

Na expanzní nádobě s amoniakem došlo k mechanickému poškození, při kterém uniklo 1000 kg amoniaku do okolí. Expanzní nádoba je umístěna ve strojovně mimo zimní stadion, takže nedošlo k zamoření stadionu zevnitř ale k úniku toxického oblaku do blízkého okolí. V době havárie byla venkovní teplota 20°C a tak chladicí zařízení pracovalo na plný výkon, což mohlo být příčinou poškození expanzní nádoby.

Na oblak toxické látky v danou chvíli působil západní vítr o rychlosti 1 m/s. V dráze šíření oblaku se v těsné blízkosti nachází Slovanský dům, divadlo Tramtárie, supermarket BILLA, plavecký bazén s venkovním koupalištěm, dále pak krajský soud, fotbalový stadion Sigma a další budovy v hustě zastavěné městské části.

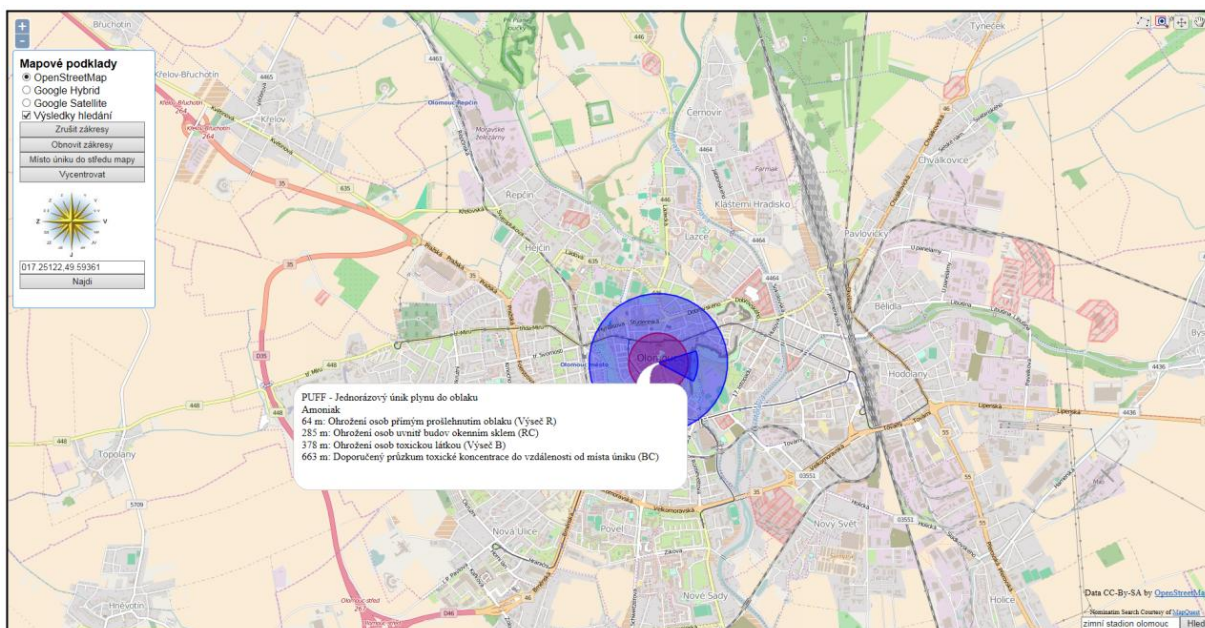


## Výsledky

### a) Vzdálenost ohrožení osob toxickou látkou

Na obrázku 9 vidíme, do jaké vzdálenosti vzniká možnost rozptýlení toxické látky. Do vzdálenosti 64 metrů (výšeč R) vzniká ohrožení osob, přímým prošlehnutím oblaku. Do vzdálenosti 285 metrů (výšeč RC) vzniká ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem. Ohrožení osob toxickou látkou vzniká do vzdálenosti 378 metrů (výšeč B). Průzkum toxické koncentrace je doporučen do vzdálenosti 663 metrů od místa úniku (výšeč BC).

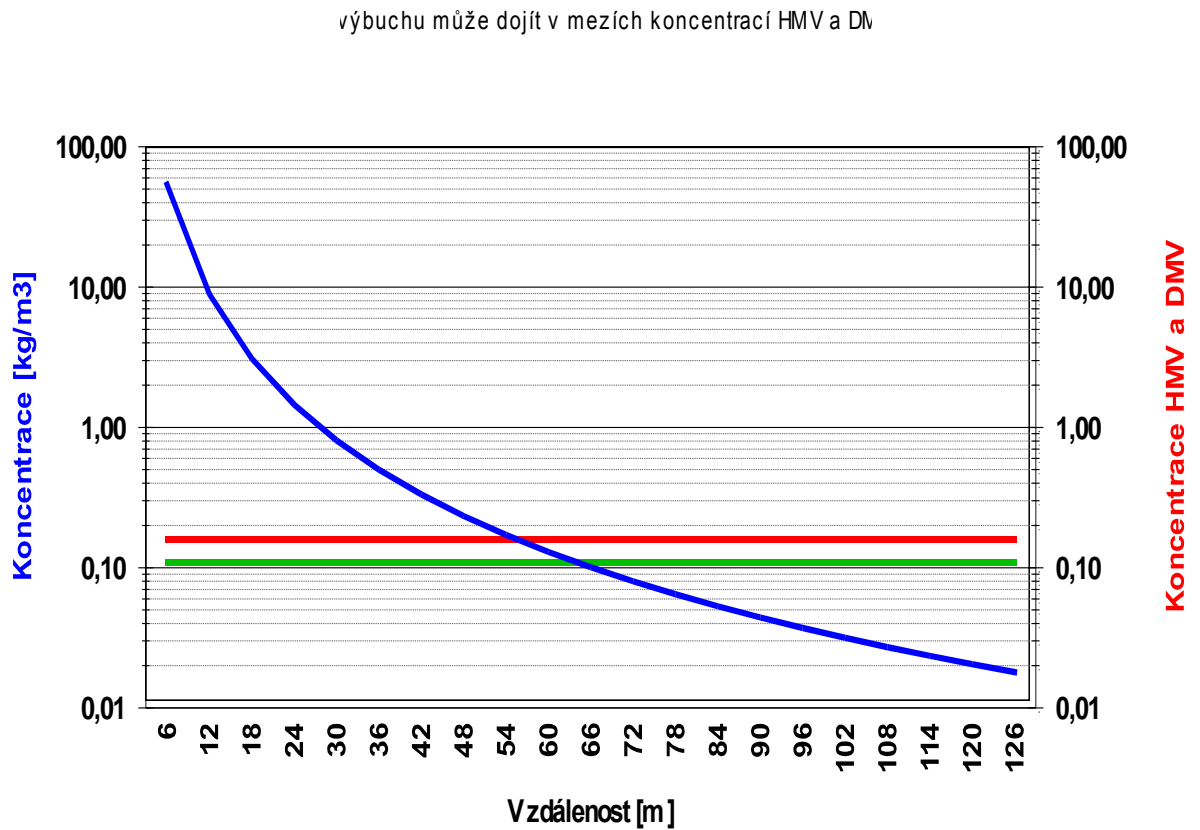
K vyobrazení situace byl použit model PUFF – jednorázový únik plynu do oblaku, z modulu *Nebezpečné chemické látky* SW nástroje TerEx.



Obrázek 9. Jednorázový únik plynu do oblaku. Model PUFF

b) Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku

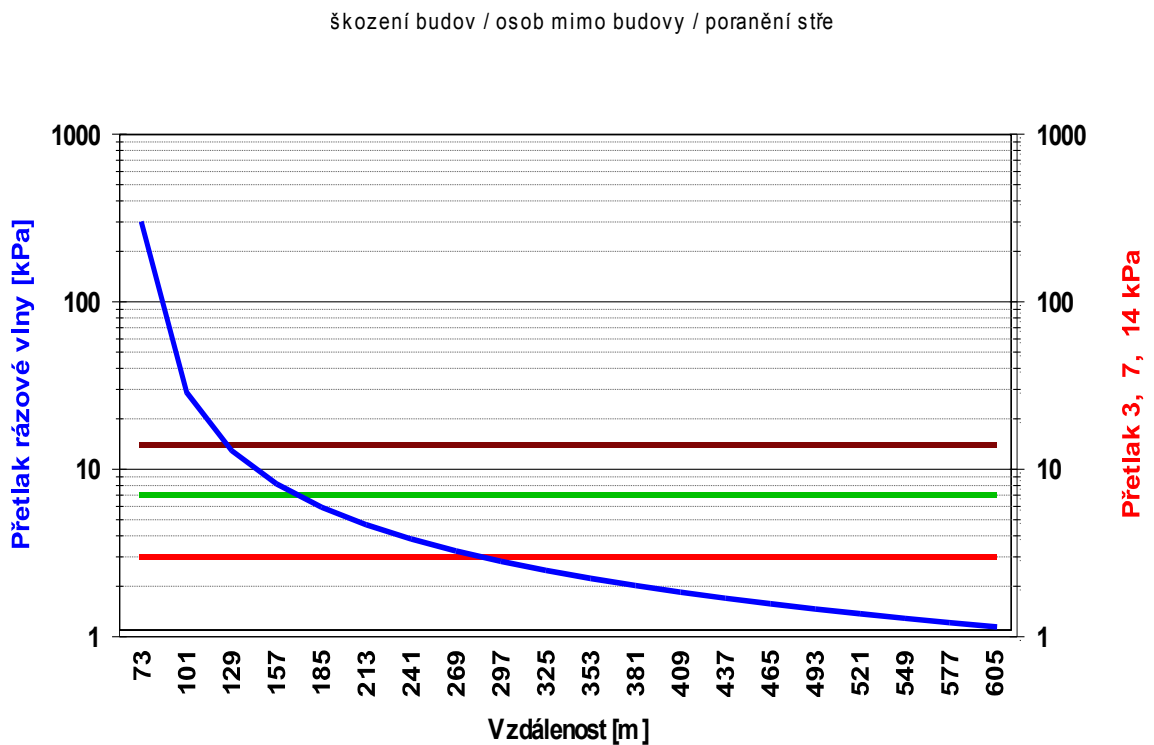
Do vzdálenosti 64 m může dojít k přímému ohrožení osob prošlehnutím toxického oblaku, jak je uvedeno v grafu 1.



Graf 1. Oblast možného výbuchu

c) Ohrožení osob mimo budovy, poranění sklem, poškození budov

Graf 2 ukazuje přetlak rázové vlny, který je znázorněn modrou křivkou. Protnutím barevných přímek dochází k různým druhům ohrožení. Hnědá přímka znázorňuje poškození budov, k tomu by došlo do vzdálenosti 129 metrů od výbuchu. Zelená přímka znázorňuje ohrožení osob, ke kterému by došlo do vzdálenosti 160 metrů. Červená přímka znázorňuje ohrožení střepy. K tomu by došlo do vzdálenosti 285 metrů od zimního stadionu.

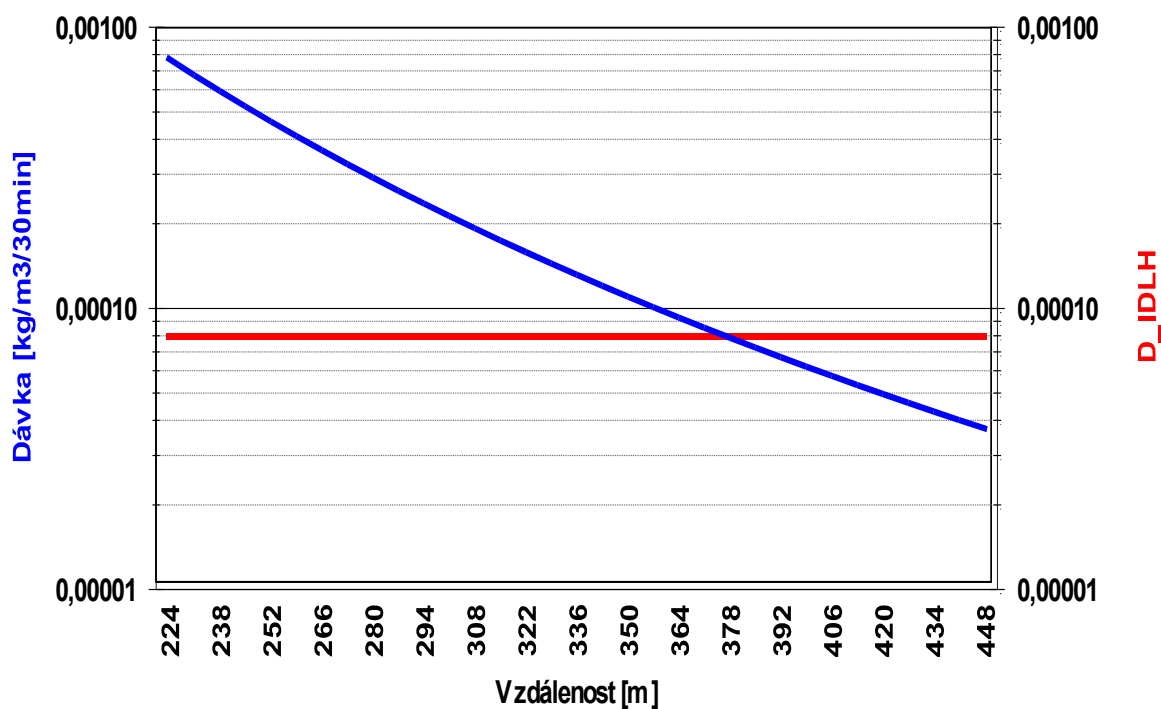


Graf 2. Ohrožení výbuchem

d) Nezbytná evakuace osob

Graf 3 znázorňuje do jaké vzdálenosti, je nezbytná evakuace osob. Modrá křivka udává dávku v  $\text{kg}/\text{m}^3$ . Červená přímka zobrazuje koncentraci ohrožující život a zdravý (D\_IDHL). V bodu protnutí modré s červenou je nutná evakuace osob. Tato vzdálenost je dána na 378 metrů od místa úniku toxické látky.

ace osob je nezbytná do vzdálenosti, ve které celková dávka nepřesáhne ani po delší době hodnotu l

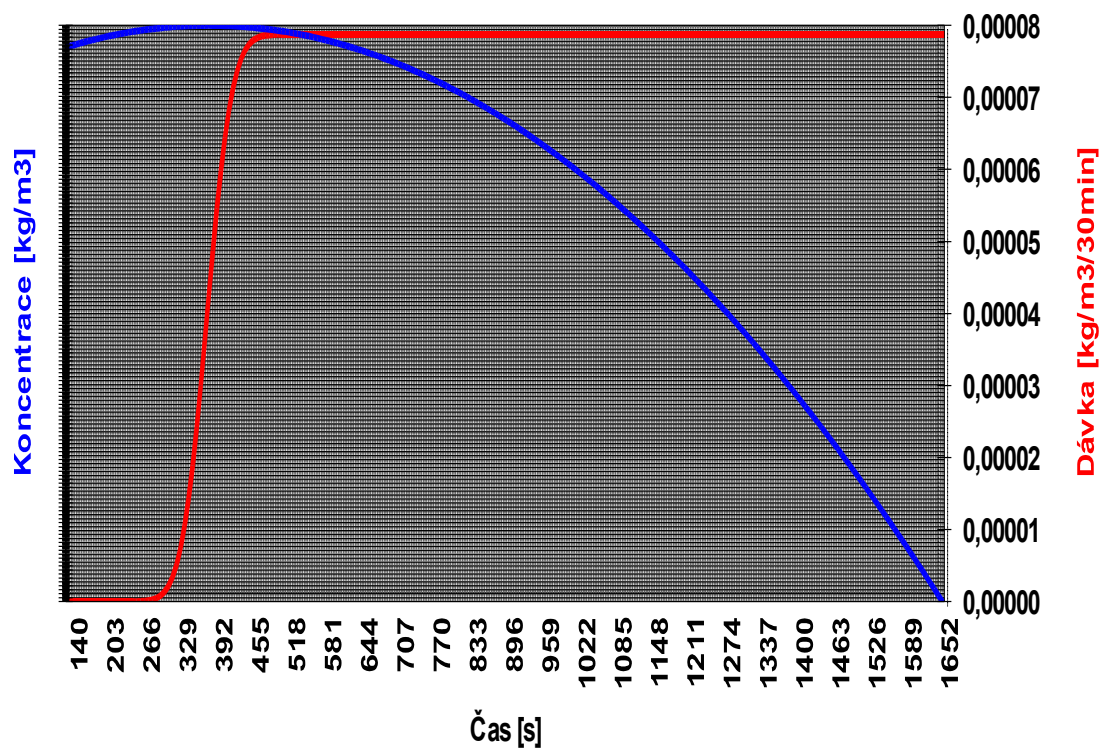


Graf 3. Nezbytná evakuace

e) Časová závislost

V grafu 4 je červenou barvou znázorněna celková dávka ve vzdálenosti nezbytné evakuace. Modrou barvou je znázorněna koncentrace.

á závislost koncentrace toxické látky a celkové dávky ve vzdálenosti nezbytné eva



Graf 4. Časové závislosti

## Souhrn

Provedení simulace havárie úniku amoniaku ze zimního stadionu v Olomouci na SW nástroji TerEx v modulu PUFF nám ukázalo do jakých vzdáleností a jakým způsobem jsou ohroženy zdraví a životy lidí a majetku.

V případě, že dojde k havárii s únikem tohoto množství toxické látky, je zapotřebí evakuovat značné množství osob z přilehlého okolí zimního stadionu, což může představovat jisté komplikace. Jak již bylo řečeno, v okolí se nachází velké množství veřejných i soukromých budov a frekventované dopravní komunikace. Evakuace osob a zablokování komunikací by mohlo být značně komplikované. Složky policie ČR a HZS ČR jsou na podobné situace připraveni a vycvičení ale případnou paniku u civilního obyvatelstva z ohrožení toxickou látkou či aroganci a neuposlechnutí nařízení státních složek nelze vyloučit a nutno s tím počítat.

## 7 ZÁVĚR

V této práci jsem se zabýval využitím SW nástrojů pro analýzu a hodnocení rizik nebezpečných toxických látek. Pro simulaci havárie úniku amoniaku ze zimního stadionu v Olomouci jsem využil SW nástroj TerEx společnosti T-SOFT a.s. Praha. Dále jsem uvedl i další SW nástroje, které se využívají jak v ČR, tak v zahraničí.

Popsal jsem obecné fyzikální a chemické vlastnosti nebezpečných látek, konkrétně pak amoniak a jeho nebezpečí pro člověka. Amoniak se používá jako chladicí médium v mnoha výrobních zařízeních a právě i zimních stadionech. Amoniak je toxická látka vysoce nebezpečná pro zdraví a život člověka a proto jsem se rozhodl zjistit, jaké následky by přinesla havárie s únikem této nebezpečné látky. Po kontaktování zimního stadionu jsem se dozvěděl, že se na stadionu skladuje 3,5 tuny amoniaku. Pro účely mé práce jsem použil výron 1000 kg této látky. Výsledky ukázaly, že rozsah této havárie by postihl okolí zimního stadionu do několika set metrů a ohrozil by na životě a zdraví mnoho osob nacházejících se v blízkosti stadionu a způsobil finanční ztráty na majetku.

Využívání těchto moderních SW nástrojů pro lepší hodnocení možných rizik havárií nebezpečných toxických látek je velkým přínosem pro zpracovatelské firmy a výrobní podniky, složky IZS nebo Armádu ČR. Musíme brát v potaz to, že výsledky nemohou být samozřejmě vždy stoprocentní ale i přesto dostaneme kvalitní informace, které nám mohou pomoci předcházet či se vypořádat s danou havárií. Věřím, že tyto SW nástroje se budou stále častěji využívat a se zkvalitňováním této techniky budou mít své důležité místo pro ochranu a prevenci závažných havárií.

## 8 REFERENČNÍ SEZNAM

- Čapoun, T., Krykorková, J., Mika, O. J., Navrátilová, L., & Urban, I. (2009). *Chemické havárie*. Praha: MV – generální ředitelství hasičského záchranného sboru ČR.
- Frölich, T., & Melicharová, M. (2014). Stanovení míry rizika – analýza rizik. In Šafr, G. (Ed.), *Ochrana obyvatelstva v případě krizových situací a mimořádných událostí nevojenského charakteru I* (p. 59). Brno: Tribun EU, s.r.o.
- Florus, S. (2007). *Toxikologické aspekty chemických havárií*. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích.
- Horák, J. (2013). *Chemické listy 107*. Retrived: 25. 2. 2016 from the World Wide Web: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013\\_07\\_579-581.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013_07_579-581.pdf)
- Sbírka interních aktů řízení generálního ředitele HZS ČR.* (2006). *Částka 30*. Retrived : 16. 3. 2016 from the World Wide Web: [https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwj0tuD5lPrLAhVMOJoKHR3lBDkQFggjMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.hzscr.cz%2Fsoubor%2Fodborna-priprava-a-odborna-zpusobilost-clenu-jednotek-sdh-obci-pdf.aspx&usq=AFQjCNEyDuoGdrjpA25v0PC1PyvjxTVMGw&sig2=nVnnP-p\\_TgiHu4hkPKiCYA](https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwj0tuD5lPrLAhVMOJoKHR3lBDkQFggjMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.hzscr.cz%2Fsoubor%2Fodborna-priprava-a-odborna-zpusobilost-clenu-jednotek-sdh-obci-pdf.aspx&usq=AFQjCNEyDuoGdrjpA25v0PC1PyvjxTVMGw&sig2=nVnnP-p_TgiHu4hkPKiCYA)
- Skřehot, P., Bumba, J., Havlová, M., Kučina, P., Píšala, J., Paleček, M., Sluka, V., & Vlková Š. (2009). *Prevence nehod a havárií; 2. díl: Mimořádné události a prevence nežádoucích následků*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce.
- Skřehot, P., Havlová, M., & Trávníček, M. (2009). *Prevence nehod a havárií; 1. díl: Nebezpečné látky a materiály*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce.
- Šafr, G. (Ed.). (2014). *Ochrana obyvatelstva v případě krizových situací a mimořádných událostí nevojenského charakteru II*. Brno: Tribun EU, s.r.o.



Štětina, J., Býma, S., Cabal, J., Čapoun, T., Černý, V., Drábková, J., Ferko, A., Homola, A., Humlíček, V., Hylák, Č., Kassa, J., Klein, L., Konštický, S., Kovařík, F., Kvapil, J., Matoušek, R., Měrka, V., Mozga, J., Neruda, O., Pivoňka, J., Prouza, R., Šmejkal, V., Valášek, J., & Záhořák, K. (2000). *Medicína katastrof a hromadných neštěstí*. Praha: Grada Publishing, spol. s.r.o.

TLP. (2014). *Rozex Alarm*. Retrived: 15. 3. 2016 from the World Wide Web: <http://tlp-emergency.com/rozex.html>

T-Soft. (2014). *TEREX – nástroj pro vyhodnocení dopadů úniku nebezpečných látek nebo nástražného výbušného systému*. Retrived: 15. 3. 2016 from the World Wide Web:[http://www.tsoft.cz/dokumenty/?dokumenty%5B0%5D=17024&dokumenty%5B1%5D=13084#TERoristický Expert](http://www.tsoft.cz/dokumenty/?dokumenty%5B0%5D=17024&dokumenty%5B1%5D=13084#TERoristický%20Expert)

United States Environmental Protection Agency. (2016). *ALOHA Software*. Retrived: 15. 3. 2016 from the World Wide Web: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>

Vyhláška č. 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany ve znění vyhlášky č. 226/2005 Sb.

Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů

Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů