


# Vizualizace následků úniků nebezpečných chemických látek

 19.05.2017

## Visualisation of the release consequences of dangerous chemical substances

Jan Skřínský<sup>1</sup>, Ondřej Jochymek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Výzkumné energetické centrum, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba [jan.skrinsky@vsb.cz](mailto:jan.skrinsky@vsb.cz)

<sup>2</sup>Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba [ondrej.jochymek.st1@vsb.cz](mailto:ondrej.jochymek.st1@vsb.cz)

ALOHA

Google Earth Pro

nebezpečné látky

chemické látky

úniky látek

vizualizace

### Abstrakt

Aby bylo možno kvantifikovat dopad události, je nezbytné převést fyzikální projevy havárie (požár, výbuch, toxický rozptyl) na informaci jaký následek mají tyto jevy na lidi, (majetek a životní prostředí). ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) je navržena tak, aby byla snadno použitelná a využitelná záchranáři ve velmi náročných situacích. Když ALOHA ukončí výpočet, uživatelé si mohou vybrat různá zobrazení z palety grafických výstupů, z nichž každý se nechá vytisknout s mapovými softwarovými produkty (nebo GIS). U. S. EPA (Environmental Protection Agency) a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) používají kombinaci Marplot a ALOHA. Autoři článku využili a prezentují výsledky odhadů (ocenění) následků scénářů havárií pomocí programů Google Earth Pro a ALOHA. Chceme poukázat na možnost využití zakreslení výpočtů následků scénářů havárií těmito free-ware programy. Tento přístup bere v úvahu rozdíly mezi požadavky USA a EU. I přes určitá omezení, je mnohem jednodušší při použití.

**Klíčová slova:** únik, ALOHA, Google Earth Pro, free-ware program

### Abstract

In order to quantify the impact of events, it is necessary to convert the physical effects of the accident (fire, explosion, toxic dispersion) to the information about what consequences have these effects on people (property and the environment). ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) is designed to be easy to use and useful safety engineers in very difficult situations. When ALOHA terminates calculation, users can choose different views from a variety of graphical outputs, each of which is left to be printed with maps software products (or GIS). Both, U. S. EPA (Environmental Protection Agency) and NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) use a combination of

Marplot and ALOHA. The authors present the results and use the estimates (valuation) of the consequences of accident scenarios using the combination of Google Earth Pro and ALOHA. We would like to point out the possibility of using the visualization of accident scenarios consequences by both free-ware programs. This approach takes into account the differences between the US and EU requirements. Despite some limitations, it is much easier to use.

**Keywords:** release, ALOHA, Google Earth Pro, free-ware program.

## 1. Úvod

### 1.1 Obecný úvod

Program Google Earth Pro získává všeobecnou oblibu. Mezi jeho přednosti patří svobodný přístup, jednoduchá instalace, propojení s volně dostupnými Google Maps, uživatelská přívětivost, atraktivita a srozumitelnost pro cílové skupiny. Uživatelé zpravidla znají jen jednoduché funkce a dostupný potenciál programu zůstává skryt. Tento text přináší praktické ukázky na propojení výsledků programu Google Earth Pro s programem ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) a daty z přístrojů GPS, vytváření vlastních tras a informací, tvorbu map a objektů, propojení s dalšími databázemi. Obsahuje také ukázky využití v různých předmětech i při jejich propojování (týká se především informačních a komunikačních technologií, ale i možnosti využití cizích jazyků). Použitím programu Google Earth Pro lze zobrazit v rozlišení až 4200x3235 pixelů prostor, ve kterém je umístěna jedna nebo více nebezpečných látek v jednom nebo více zařízeních včetně souvisejících infrastruktur (Obr. 1-2). Díky kombinaci obou programů lze zobrazit technické nebo technologické jednotky, ve kterých je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována a které zahrnují rovněž všechny části nezbytné pro provoz zařízení, zejména stavební objekty, potrubí, skladovací tankoviště, stroje, průmyslové dráhy, nákladové prostory a zranitelné systémy. (Obr. 3-4). Ve vrstvě počasí můžeme ukázat například oblačnost, aktuální situaci a předpovědi počasí. Najdeme zde aktuální výskyt bouřek či srážek nebo záznam pohybu oblačnosti pro celou Zemi. Dále jsou zde aplikace (animace) umožňující sledovat konkrétní příklady. Díky vrstvě historické mapy lze sledovat určitou část technologie v čase v různých oblastech Země. Doplní je historické snímky, které je možné spustit samostatně přímo z hlavního menu programu. V Google Earth lze také vytvářet trojrozměrné budovy. Umístěním stavebních bloků na letecké snímky rychle vytvoříte realisticky vyhlížející budovy pro simulace úniků NL (nebezpečných látek). Potom si lze tyto budovy uložit do Galerie 3D objektů, aby mohly být zahrnuty do aplikace Google Earth.



Obrázek 1: Zobrazení zdroje rizika.



Obrázek 2: Zobrazení potrubních systémů.



Obrázek 3: Zobrazení zařízení.



Obrázek 4: Zobrazení zranitelného systému.

## 1.2 Problém

Všechny softwarové (SW) aplikace jsou postaveny na základních typech modelů úniků 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 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. Záměrem zde není vyjmenovat všechny dostupné počítačové programy z této oblasti, nýbrž jen informovat o typických příkladech.

Nejznámější a nejpoužívanější SW nástroje jsou:

- WHAZAN, PHAST, SAFETI (Technica Int'l),
- RISKAT (Health and Safety Executive, VB),
- SOCRATES (NCSR Demokritos, Řecko),
- ROZEX ALARM (TLP, spol. s.r.o., ČR)
- TEREX (T-SOFT a.s., ČR)
- EFFECTS/DAMAGE, RISKCURVES (TNO, Holandsko),

Problémem uvedených softwarových aplikací je, že jsou licencovanými produkty, takže jejich použití vyžaduje souhlas držitelů příslušných licencí nebo přímo výrobců. Program ALOHA je volně ke stažení z webových stránek U. S. EPA.

## 2. Použité metody

ALOHA je jednoduchý 2D simulační software, určený k přibližnému modelování tvaru a rozsahu úniku nebezpečné látky do atmosféry. Díky této vlastnosti se řadí mezi tzv. box modely. Výpočty provádí pomocí Gaussovského rozdělení nebo modelu „heavy gas“ pro simulace pohybu oblaků plynů těžších než vzduch.

Dále dokáže určit velikost ohrožené oblasti výbuchem či hořením hořlavé látky. Vyvíjí jej americká agentura U. S. EPA a je poskytnut ke stažení zdarma jako Free-ware. Je dostupná z webové stránky U. S. EPA.

Program je možno používat natively v prostředí Windows a MacOS X, eventuálně i v GNU/Linux s pomocí emulátoru wine. Programy ALOHA a Google Earth Pro lze zobrazit variantní popis rozvoje závažné havárie. Program Google Earth Pro pracuje ideálně s daty ve formátu KML (Keyhole Markup Language), což je pozůstatek po původním vývojáři (firmě Keyhole). Vzhledem k tomu, že kromě textových informací mohou vrstvy v KML souborech obsahovat i obrázky či jiné doplňky (např. detailnější atributy, animace atp.), používá se často tzv. komprimovaný KML formát, který má příponu KMZ. To znamená, že stažení souboru nazvaného jako KMZ má stejný efekt jako stažení souboru KML - s tím rozdílem, že soubor KMZ obsahuje všechnu grafiku, animace a další přídatné prvky v sobě (u KML jsou odděleny zvlášť).

K zobrazení výsledků modelování programem ALOHA je tedy potřebné exportovat výsledné „Thread zones“ z ALOHA do formátu KML. Toto lze velice jednoduše udělat z nabídky „File“ - „Export Threat Zones“ - „KML - for mapping programs such as Google Earth“. Dále je potřeba vyplnit GPS souřadnice ve formátu stupeň - minuta - sekunda.

### 3. Výsledky

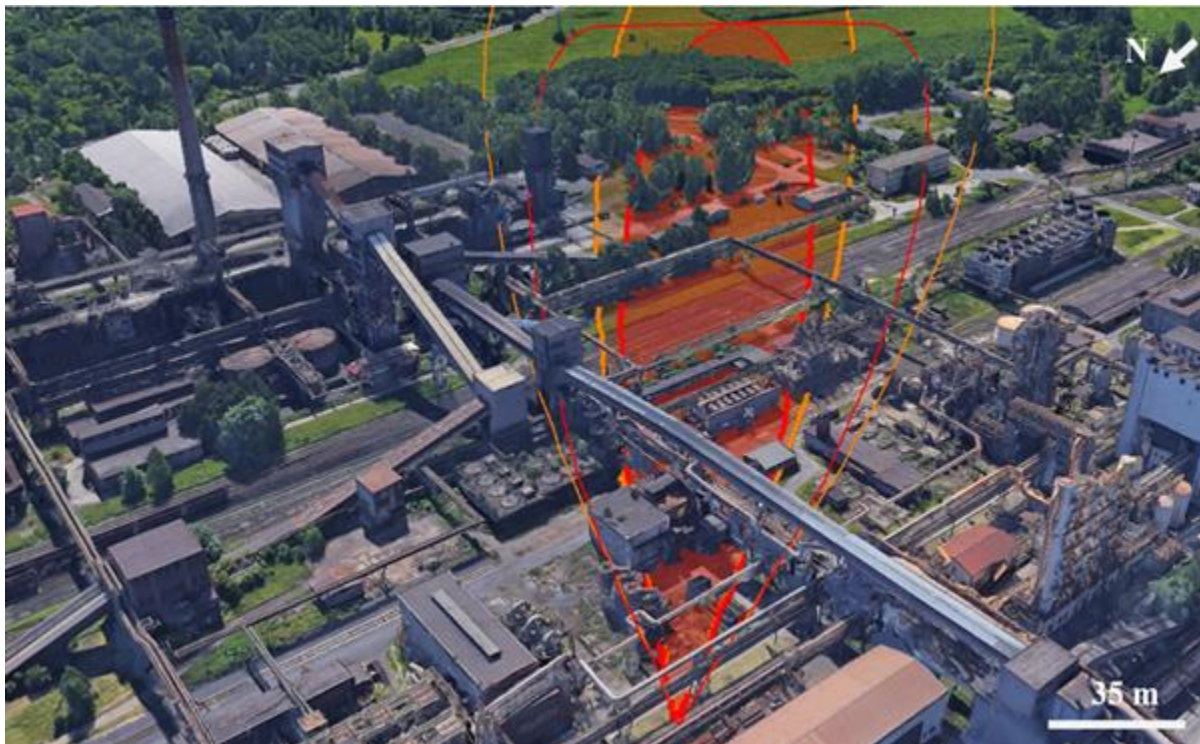
#### 3.1 Vizualizace úniku

Aplikaci výše uvedeného postupu s praktickými ukázkami pro scénář modelu laminárního-difúzního modelu rozptylu oblaku uvolněné látky při kontinuálním (semikontinuálním) úniku látky do okolní atmosféry lze prostudovat na Obr. 5-9.



**Obrázek 5: Mapa areálu podniku a nejbližšího okolí s vizualizací výsledků modelování.**





**Obrázek 6: Zobrazení úniku NL z potrubí a prostorově zobrazená zařízení.**



**Obrázek 7: Znázornění výsledků modelování spolu s možným zranitelným systémem**





**Obrázek 8: Znárodnění výsledků modelování spolu s možnými 4 zranitelnými systémy**



**Obrázek 9: Znárodnění výsledků modelu a pozemní komunikace vně areálu podniku**

### 3.2 Informace o výsledcích a jejich grafickém vyjádření

Isokřivky uvedené ve výstupech znázorňují spojnice se stejnou koncentrací v ovzduší v okolí případové studie havarijní události. Červená křivka „Red LOC“ představuje koncentraci 7000 ppm, což je maximální odhadovaná koncentrace NL, které byli lidé pravděpodobně vystaveni během havárie; oranžová křivka „Orange LOC“ prahové hodnoty představuje koncentraci 1964 ppm. Pro porovnání, hodnota AEGL 2 pro danou NL je 83 ppm (84xnižší než Red LOC a 23xnižší než

Orange LOC), což je hodnota minimální koncentrace látky v ovzduší, do níž je možno se domnívat, že téměř všichni jednotlivci by mohli být nechráněni po dobu jedné hodiny, aniž by zakusili nebo se u nich vyvinuly nezvratné nebo další vážné účinky či příznaky, které by mohly poškodit jejich schopnosti podniknout záchrannou činnost.

Program ALOHA vypočítal, že dosahy jednotlivých koncentrací ve venkovním prostředí byly v místě havárie následující: 7000 ppm (Red LOC) bylo možné naměřit až ve vzdálenosti 918 m a koncentraci 1964 ppm (Orange LOC) ve vzdálenosti 1900 m. Ve vzdálenosti 900 metrů od místa úniku, tj. v místě hranice zóny mortality, pak dosáhla koncentrace hodnoty 7000 ppm po dobu 3 minut a koncentrace hodnoty 1964 ppm po dobu 5 minut.

## 4. Diskuze

Z hlediska havarijní připravenosti je mimořádně důležité poznat a správně pochopit procesy, které determinují chování unikajících nebezpečných chemických látek. Obzvláště významná je tato znalost v případě havárie v okolí měst nebo v urbanizovaných územích. Zde mohou charakteristiky unikajícího plynu spolu s místními meteorologickými podmínkami významným způsobem ovlivnit způsob rozptylu dané látky, a tedy i rozsah konečných následků.

Využití zobrazení výsledků modelování má pozitivní dopad na činnosti, které se skládají z různých postupů jak pro celkové zónové (fyzické) plánování v teritoriu, tak i pro případ potřeby rozhodnutí týkající se umístění jiného zařízení nebo jiných podniků. Z hlediska prevence závažných havárií je třeba u nových objektů nebo zařízení stanovit přiměřené vzdálenosti mezi zařízeními spadajícími do působnosti zákona o prevenci závažných havárií a sídelními oblastmi, oblastmi občanského soužití a oblastmi zvláštní přírodní citlivosti či zájmu.

### 4.1 Havarijní plánování v okolí SEVESO podniků

SEVESO podniky se rozumí podniky, které podléhající zákonu č. 224/2015 Sb. Výpočty v modelu jsou prováděny pomocí ve světě uznávaného a ověřeného modelovacího programu, aby byly výsledky vzájemně porovnatelné. Programy jsou volně dostupné pro všechny a jsou uživatelsky přívětivé.

### 4.2 Územní plánování v okolí SEVESO podniků

Zákon č. 224/2015 Sb. uvádí, že při územním plánování a navazujících řízeních mají být brány v úvahu cíle prevence závažných havárií a to při udržování vzájemných odstupů mezi SEVESO podniky a obytnými budovami, budovami a oblastmi navštěvovanými veřejností, hlavními dopravními trasami, rekreačními oblastmi a chráněnými územími podle jiných právních předpisů (např. chráněná území, ochranná pásma). Toto v současnosti není dodržováno.

## 5. Závěr

Budoucí aplikace tohoto přístupu nepřináší pro posuzovatelskou ani podnikatelskou sféru nové náklady, které by nevyplývaly již ze současného stavu při uplatňování nejlepší praxe v této oblasti. Přínosem pro provozovatele bude lepší znalost rizika, jmenovitě následků, a tudíž možnost přípravy efektivních opatření na jejich snížení. Zároveň jim ušetří čas a náklady na opakovaná jednání s oponenty a následná přepracovávání dokumentace. Presentovaný přístup je návodem, jak přistoupit k modelování scénářů havárií s nebezpečnými chemickými látkami.

Přínosy práce jsou shrnuty následovně:

- Byla provedena optimalizace zvoleného modelu a analýza jednotlivých vstupních parametrů nutných k výpočtu dosahů nebezpečných jevů po úniku nebezpečné látky.
- Byla provedena aplikace zvoleného modelu na příkladu scénáře úniku NL pro dané atmosférické podmínky havárie zařízení s nebezpečnou chemickou látkou.
- Byla provedena diskuze možností využití prezentovaného postupu modelování v havarijním a územním

- plánování.
- Hlavní konkrétní přínos příspěvku je v oblasti návrhu 3D vizualizace dopadů havarijních událostí modelovaných programem ALOHA pomocí programu Google Earth Pro.

## 6. Literatura

ALOHA® 5.4.7: *Areal Locations of Hazardous Atmospheres* [online]. U.S. Environmental Protection Agency and National Oceanic and Atmospheric Administration, 2017 [cit. 2017-02-14]. Dostupný z: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>.

Google Earth Pro® 7.1.7.2606: *multiplatformní virtuální globus* [online]. Google, 2017 [cit. 2017-02-14]. Dostupný z: <https://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>.

### Vzorová citace

SKŘÍNSKÝ, Jan; JOCHYMEK, Ondřej. Vizualizace následků úniků nebezpečných chemických látek. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], 2017, roč. 10, č. 1. Dostupný z: <http://www.bozpinfo.cz/josra/vizualizace-nasledku-uniku-nebezpecnych-chemicky-latek>. ISSN 1803-3687.

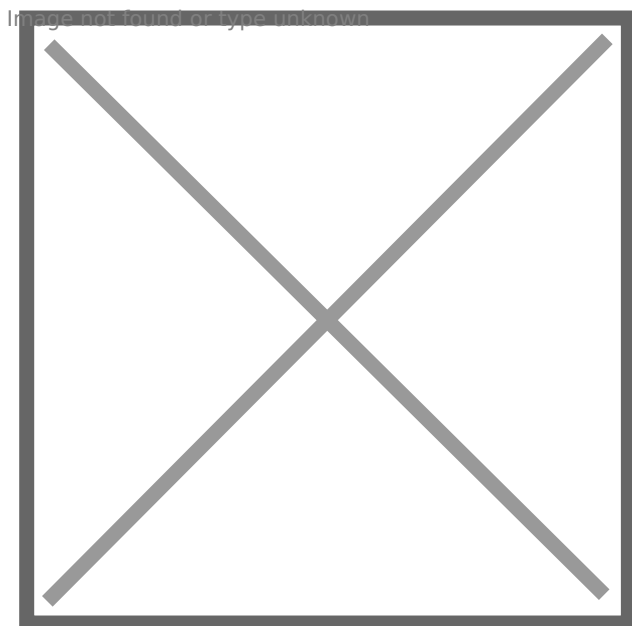




Image not found or type unknown

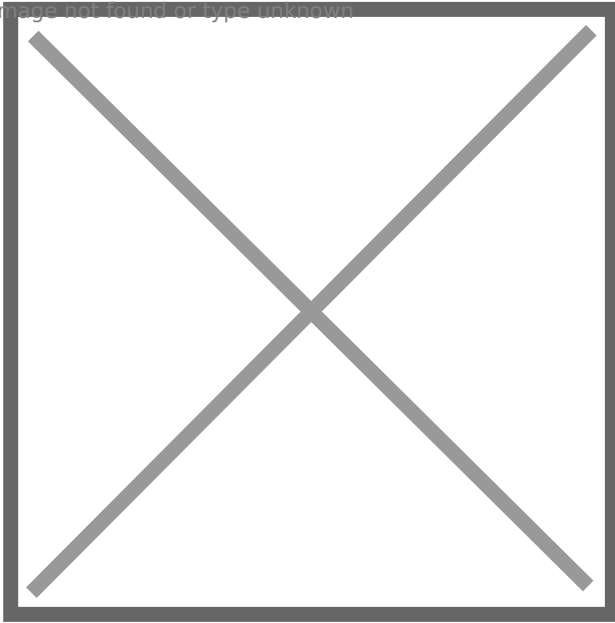


Image not found or type unknown

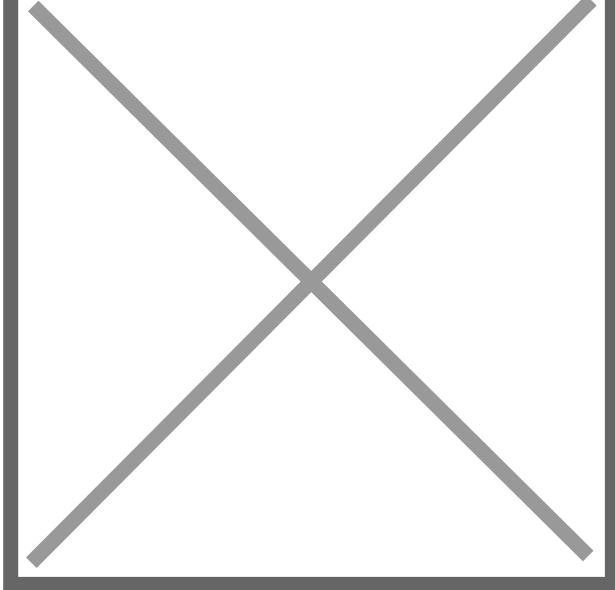


Image not found or type unknown

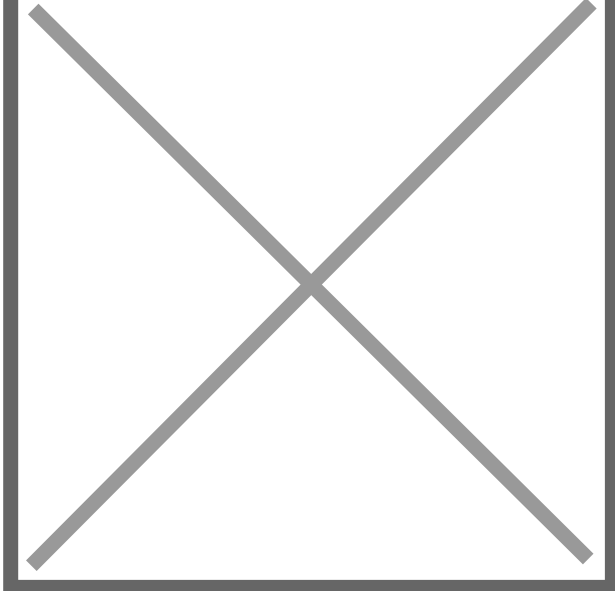
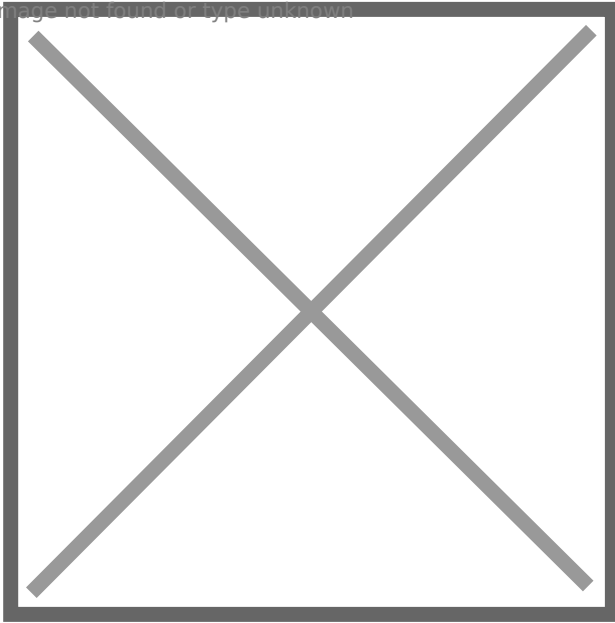


Image not found or type unknown



Obrázek 1: Zobrazení zdroje rizika.



Obrázek 2: Zobrazení potrubních systémů.



---

Autor článku:

[Ing. Jan Skřínský, Ph.D.](#)

[Bc. Ondřej Jochymek](#)