

# Přeprava nebezpečných látek na území České republiky

Jana Večeřová

---

Bakalářská práce  
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav ochrany obyvatelstva

Akademický rok: 2020/2021

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jana Večeřová**  
Osobní číslo: **L18025**  
Studijní program: **B2825 Ochrana obyvatelstva**  
Studijní obor: **Ochrana obyvatelstva**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Přeprava nebezpečných látek na území České republiky**

### **Zásady pro vypracování**

1. Na základě dostupných zdrojů zpracujte teoretickou část dané problematiky.
2. Zpracujte a vyhodnoťte model dopravní nehody s únikem nebezpečné látky pomocí zvoleného softwarového vybavení.
3. Na základě vyhodnocených závěrů simulace dopravní nehody navrhnete zlepšení v řešené oblasti problematiky.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

1. SIKOROVÁ, Kateřina a Kateřina BLAŽKOVÁ. Analýza dopadů havárií s účastí nebezpečné látky na životní prostředí. Ostrava: V Ostravě : Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2018. ISBN 978-80-7385-211-5.
2. VĚŽNÍKOVÁ, Hana. Transport nebezpečných látek a odpadů: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2014 [cit. 2020-10-07]. ISBN 978-80-248-3507-5. Dostupné z: [https://fbiweb.vsb.cz/safeteach/images/pdf/Materialy/Transport\\_nebezpecnych\\_latek\\_a\\_odpadu.pdf](https://fbiweb.vsb.cz/safeteach/images/pdf/Materialy/Transport_nebezpecnych_latek_a_odpadu.pdf).
3. TOMEK, Miroslav a Zdeněk MÁLEK. Logistika přepravy nebezpečných látek : cvičebnice: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení [online]. Uherské Hradiště: Uherské Hradiště [i.e. Ve Zlíně] : Univerzita Tomáše Bati, 2013. ISBN 978-80-7454-297-8. Dostupné také z: [https://fbiweb.vsb.cz/safeteach/images/pdf/Materialy/Transport\\_nebezpecnych\\_latek\\_a\\_odpadu.pdf](https://fbiweb.vsb.cz/safeteach/images/pdf/Materialy/Transport_nebezpecnych_latek_a_odpadu.pdf).

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivan Princ**  
Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2021**

L.S.

---

**doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.**  
děkanka

---

**prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.**  
ředitel ústavu

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 14. 5. 2021

Jméno a příjmení studenta: Jana Večeřová

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato práce je zaměřená na modelování havárie s únikem nebezpečné látky v nákladní železniční přepravě. V práci jsou zmíněné oblasti vztahující se k problematice. Hlavní část práce je zaměřena na modelování úniku amoniaku v programech TEREX a ALOHA s následným porovnáním.

Klíčová slova: havárie, železnice, amoniak, meteorologie

## **ABSTRACT**

This document is focused on modeling an accident with a leak of a hazardous substance in rail freight transport. The work mentions areas related to the issue. The main part of the document is dedicated to modeling ammonia leakage in the TEREX and ALOHA software with subsequent comparison of results.

Keywords: accident, railway, ammonia, meteorology

Ráda bych zde vedoucímu mé bakalářské práce za jeho cenné rady, věcné připomínky, trpělivost a čas panu Ing. Ivanu Princovi. Dalším, kterým chci poděkovat je má rodina a přátelé, kteří mě po celou dobu studia ze všech sil podporovali. Zvláštní poděkování bych také ráda věnovala svému bratru Jiřímu Večeřovi, za neustálou pomoc při studiu.

Motto:

*„Pokud nic jiného jsme odhodláni selhat novým způsobem.“*

**Elon Musk**

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

## OBSAH

ÚVOD.....	9
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>10</b>
<b>1 PRÁVNÍ RÁMEC V OBLASTI PŘEPRAVY NEBEZPEČNÝCH LÁTEK.....</b>	<b>11</b>
1.1 MEZINÁRODNÍ DOHODY V OBLASTI PŘEPRAVY NEBEZPEČNÝCH LÁTEK.....	11
1.2 PŘEDPISY ČESKÉ REPUBLIKY V OBLASTI PŘEPRAVY NEBEZPEČNÝCH LÁTEK .....	12
<b>2 VYMEZENÍ NEBEZPEČNÝCH LÁTEK.....</b>	<b>16</b>
2.1 KLASIFIKACE CHEMICKÝCH LÁTEK.....	16
2.2 VLASTNOSTI CHEMICKÝCH LÁTEK.....	17
2.3 VYBRANÁ CHEMICKÁ LÁTKA .....	18
<b>3 DRUHY PŘEPRAVY NEBEZPEČNÝCH LÁTEK NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY .....</b>	<b>21</b>
3.1 SYSTÉM OZNAČENÍ PŘEPRAVY NEBEZPEČNÝCH LÁTEK .....	26
3.2 ZNAČENÍ CISTEREN DLE RID.....	30
<b>4 NEJNEBEZPEČNĚJŠÍ ŽELEZNIČNÍ PŘEJEZDY ČESKÉ REPUBLIKY .....</b>	<b>31</b>
<b>5 METEOROLOGIE A VLIV METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK NA ŠÍŘENÍ KONTAMINOVANÉHO OBLAKU.....</b>	<b>33</b>
<b>6 SOFTWAREVÉ MODELOVACÍ NÁSTROJE .....</b>	<b>36</b>
6.1 TEREX.....	36
6.2 ALOHA.....	36
<b>7 CÍLE PRÁCE A POUŽITÉ METODY .....</b>	<b>38</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>39</b>
<b>8 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU PROBLEMATIKY NÁKLADNÍ DOPRAVY.....</b>	<b>40</b>
<b>9 SCÉNÁŘ NEHODY.....</b>	<b>41</b>
9.1 CHARAKTERISTIKA LOKALITY.....	42
9.2 ÚDAJE PŘI VZNIKU HAVÁRIE.....	43
9.3 SCÉNÁŘ ŘEŠENÍ.....	44
<b>10 MODELOVÁNÍ V PROGRAMU TEREX.....</b>	<b>46</b>
<b>11 MODELOVÁNÍ V PROGRAMU ALOHA .....</b>	<b>51</b>
<b>12 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ V SOFTWAREVÝCH NÁSTROJÍCH.....</b>	<b>58</b>
<b>13 NÁVRHY NA ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI ŽELEZNIČNÍHO PŘEJEZDU.....</b>	<b>60</b>
13.1 BEZPEČNOSTNÍ SYMBOLY .....	60
13.2 ZÁVORY .....	62
13.3 MIMOÚROVŇOVÉ KŘÍŽENÍ.....	63

<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>65</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>66</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>72</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>73</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>74</b>



## ÚVOD

Průmysl a ekonomika České republiky je závislá na nebezpečných látkách, které ve většině případů musí být přepravovány ke koncovému uživateli nebo do uložišť či skladů. V současnosti je přepravována široká škála nebezpečných látek, které nacházejí využití v různých odvětvích průmyslu. Tato přeprava je uskutečňována pomocí silniční, železniční, lodní nebo letecké přepravy. Nejčastěji se setkáváme s jedním způsobem přepravy nebezpečných látek, ale lze narazit i na způsob kombinovaný.

Vzhledem k vnitrozemské poloze České republiky je přeprava nebezpečných látek prováděna převážně prostřednictvím silniční a železniční přepravy. Přeprava je z hlediska problematiky přepravy nejvíce nebezpečná, proto je v práci věnována významná pozornost množstvím právních předpisů, kterými je tato přeprava řízena a kontrolována. Tyto normy můžeme v základní rovině dělit na mezinárodní nařízení, smlouvy, dohody a vnitrostátní předpisy České republiky.

Největší riziko úniku nebezpečných látek je při přepravě, při nehodě obvykle nezasahují hned specializovaní pracovníci, ale lidé bez ochrany, kteří jsou v tu chvíli nejvíce vystaveni škodlivému působení nebezpečné látky.

Je zde také nejvíce způsobů úniku nebezpečné látky, například proražení nádrže způsobené dopravní nehodou, proražení vypouštěcího/napouštěcího ventilu, přehřátí nebezpečné látky, při přečerpávání a mnoho dalších možností úniků. (Procházková et al., 2014)

Významným rizikem postihujícím železniční přepravu nebezpečných látek jsou rizikové přejezdy, i přes to, že správa železnic České republiky vynakládá ročně miliardy korun na jejich zabezpečení, nehodovost významně neklesá.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PRÁVNÍ RÁMEC V OBLASTI PŘEPRAVY NEBEZPEČNÝCH LÁTEK

Chemické látky jsou v dnešním světě nepominutelnou součástí každodenního života. K zabezpečení bezpečnosti přepravy nebezpečných látek slouží zejména legislativní rámec. Dle právní síly přepravy můžeme legislativu rozdělit na:

- Směrnice a nařízení Evropské Unie, které mají stejnou právní sílu jako Mezinárodní dohody a smlouvy.
- Zákony ČR, nařízení vlády ČR a vyhlášky ministerstev ČR (Tomek, 2018).

### 1.1 Mezinárodní dohody v oblasti přepravy nebezpečných látek

Základním dokumentem, ze kterého vychází další mezinárodní předpisy pro přepravu nebezpečných látek je předpis „UN – Model Regulations“, který byl zpracován Výborem expertů pro přepravu nebezpečných věcí OSN. Dělí se dle druhu dopravy:

- Přeprava nebezpečných věcí v silniční dopravě: „Evropská dohoda o mezinárodní silniční dopravě nebezpečných věcí“ (ADR).
- Přeprava nebezpečných věcí v železniční dopravě: „Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečného zboží“ (RID).
- Přeprava nebezpečných látek a věcí ve vodní dopravě: „Evropská dohoda o mezinárodní vnitrozemské vodní dopravě nebezpečných věcí“ (ADN) a IMDG Code.
- Přeprava nebezpečných věcí leteckou dopravou: „Technické instrukce pro bezpečnou leteckou přepravu nebezpečných věcí“ (ICAO T.I. pokyny Mezinárodní organizace pro civilní letectví) a (IATA DGR pokyny pro nebezpečné zboží na průmyslové úrovni) (Tomek, 2018).

Zásadní úmluvou je „Úmluva COTIF“ zaměřující se na sdružování států do Mezivládní organizace pro mezinárodní železniční přepravu „OTIF“ („Intergovernmental Organisation for International Carriage by Rail“). Byla přijata v Bernu roku 1980. OTIF spolupracuje s Evropskou unií, Agenturou Evropské unie pro železnice, Výborem pro mezinárodní železniční dopravu („CIT“), Mezinárodní železniční unií („UIC“), Organizací pro spolupráci mezi železnicemi („OSJD“) a Organizací spojených národů Evropské hospodářské komise („EHK OSN“) (About OTIF).

Další organizace zabývající se přepravou nebezpečných látek je organizace FIATA („Fédération Internationale des Associations de Transitaires et Assimilés“). Byla založena ve Vídni roku 1926. Jedná se o nevládní organizaci, která se zaměřuje na obchodní logistiku a řízení dodavatelského řetězce (Who we are, 2021).

### **Předpisy Evropské Unie a mezinárodní smlouvy**

- Směrnice Rady 2019/1243/ES o pozemní přepravě nebezpečných věcí (Ministerstvo dopravy ČR, 2021).
- Směrnice č. 95/50, o jednotných postupech kontroly při silniční přepravě nebezpečných věcí (95/50/ES, 1995).
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky (Vandas, 2014).
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (CLP) (Vandas, 2014).
- Novela směrnice Komise Evropské unie 2018/1846, kterou se mění směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/68/ES o pozemní přepravě nebezpečných věcí (Ministerstvo dopravy ČR, 2021).
- Vyhláška ministra zahraničních věcí č. 64/1987 o Evropské dohodě o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR) (Vandas, 2014).

## **1.2 Předpisy České republiky v oblasti přepravy nebezpečných látek**

Česká republika implementovala smlouvy a dohody o přepravách nebezpečných látek a ty zařadila do svého právního systému. V této podkapitole uvedu zákony, které se jsou nejdůležitější pro přepravu nebezpečných látek.

- Zákon č. 320/2015 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru) (Česká republika, 2015).
- Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů (Česká republika, 2000).
- Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (Česká republika, 2011).

- Zákon č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů (zákon o prevenci závažných havárií) (Česká republika, 2015).
- Zákon č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky (Česká republika, 2008).
- Zákon České národní rady č. 133/1985 Sb., o požární ochraně (Československá republika, 1985).
- Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon) (Česká republika, 2000).
- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů (Česká republika, 2000).

#### **Zákony České republiky vztahující se k přepravě nebezpečných látek silniční dopravou**

- Zákon č. 361/2000 Sb. Zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (Vandas, 2014).
- Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb. (Vandas, 2014).
- Zákon č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě (Vandas, 2014).
- Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 478/2000 Sb., kterou se provádí zákon o silniční dopravě (Vandas, 2014).
- Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů (Vandas, 2014).
- Vyhláška č. 522/2006 Sb., O státním odborném dozoru a kontrolách v silniční dopravě (Vandas, 2014).

#### **Zákony České republiky vztahující se k přepravě nebezpečných látek pomocí vnitrostátní lodní dopravou**

- Zákon č. 114/1995 Sb., o vnitrozemské plavbě (Vandas, 2014).

- Vyhláška Ministerstva dopravy č. 222/1995 Sb., o vodních cestách, plavebním provozu v přístavech, společné havárii a dopravě nebezpečných věcí (Vandas, 2014).
- Vyhláška Ministerstva dopravy č. 223/1995 Sb., o způsobilosti plavidel k provozu na vnitrozemských vodních cestách, ve znění pozdějších předpisů (Vandas, 2014).
- Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 84/2000 Sb., o způsobilosti osob k provozování vnitrozemské vodní dopravy pro cizí potřeby, ve znění pozdějších předpisů (Vandas, 2014).
- Sdělení Ministerstva zahraničních věcí č. 42/2017 Sb. mezinárodních smluv o přijetí Českou republikou konsolidovaného seznamu změn a doplňků k přílohám Evropské dohody o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách (ADN) (Česká republika, 2017).

#### **Zákony České republiky vztahující se k přepravě nebezpečných látek pomocí letecké dopravy**

- Zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví, letectví a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů (Vandas, 2014).
- Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 108/1997 Sb., kterou se provádí zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů (Vandas, 2014).
- Vyhláška Ministerstva dopravy č. 410/2006 Sb., o ochraně civilního letectví před protiprávními činy, a o změně vyhlášky Ministerstva dopravy a spojů č. 108/1997 Sb., kterou se provádí zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů (Vandas, 2014).
- Vyhláška Ministerstva dopravy č. 466/2006 Sb., o bezpečnostní letové normě (Vandas, 2014).

#### **Zákony České republiky vztahující se k přepravě nebezpečných látek pomocí železniční dopravy**

- Zákon č. 266/1994 Sb., O drahách (Vandas, 2014).

- Vyhláška ministra zahraničních věcí č. 8/1985 Sb., o Úmluvě o mezinárodní železniční přepravě („COTIF“) (Vandas, 2014).
- Vyhláška č. 376/2006 Sb., o systému bezpečnosti provozování dráhy a drážní dopravy a postupech při vzniku mimořádných událostí na drahách (Vandas, 2014).
- Sdělení Ministerstva dopravy č. 111/2004 Sb., O výčtu železničních drah zařazených do evropského železničního systému (Vandas, 2014).
- Vyhláška Ministerstva dopravy č. 100/1995 Sb., kterou se stanoví podmínky pro provoz, konstrukci a výrobu určených technických zařízení a jejich konkretizace (Řád určených technických zařízení) (Vandas, 2014).
- Nařízení vlády č. 208/2011 Sb., o technických požadavcích na přepravitelná tlaková zařízení (Vandas, 2014).

## 2 VYMEZENÍ NEBEZPEČNÝCH LÁTEK

Nebezpečné látky můžeme definovat jako přírodní nebo syntetické látky, které mohou způsobit ať už samostatně nebo v kombinaci s jinou chemickou látkou škodu na zdraví osob, zvířat, věcí nebo životním prostředí (Málek a Tomek, 2013).

**Nebezpečné látky dělíme jako:**

**Biologické** – jedná se o látky, které mají biologický nebo rostlinný původ, konkrétně se jedná o viry, bakterie, rostlinné toxiny, zvířecí toxiny a další, mají infekční nebo neinfekční účinky na organismus (Záchranný kruh, 2021)

**Radioaktivní** – jedná se o jakoukoliv látku obsahující radionuklidy, která je nezanedbatelná z hlediska radiační ochrany pro její aktivitu nebo hmotnostní aktivitu (Pojmy, 2021). Nakládání s radioaktivními látkami je definováno zákonem č. 263/2016 Sb., atomový zákon (Česká republika, 2016).

**Chemické** – jedná se o látky nebo prvky a jejich sloučeniny v přirozeném stavu nebo získané výrobním postupem (Procházková et al., 2014), díky kterým jsou dále klasifikovány dle zákona č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích.

### 2.1 Klasifikace chemických látek

- **Výbušné** – jsou látky, které můžeme definovat jako pevné, kapalné, plastové nebo gelové látky a přípravky, které při reakci uvolňují plyny do ovzduší (Málek a Tomek, 2013).
- **Oxidující** – jsou látky, které ve styku s dalšími látkami vyvolají exotermickou reakci (Málek a Tomek, 2013).
- **Extrémně hořlavé** – jsou kapalné látky a přípravky vyznačující se nízkým bodem varu nebo vzplanutí, nebo plynné látky, které jsou hořlavé ve styku se vzduchem při běžné pokojové teplotě a tlaku (Málek a Tomek, 2013).
- **Vysoce hořlavé** – jsou látky (pevné a kapalné) a přípravky, které se mohou samovolně zahřívat nebo vznítit za pomoci vzduchu, vody, vlhkého vzduchu nebo malého zdroje tepla (Málek a Tomek, 2013).
- **Hořlavé** – jsou kapalné látky nebo přípravky s nízkým bodem vzplanutí (Málek a Tomek, 2013).



- **Vysoce toxické** – jsou látky nebo přípravky způsobující i v malých množstvích smrt nebo akutní eventuálně chronické poškození zdraví (Málek a Tomek, 2013).
- **Toxické** – jsou látky nebo přípravky způsobující i v malých množstvích smrt nebo akutní eventuálně chronické poškození zdraví (Málek a Tomek, 2013).
- **Zdraví škodlivé** – jsou látky nebo přípravky, které mohou způsobit smrt nebo akutní případně chronické poškození zdraví (Málek a Tomek, 2013).
- **Žíravé** – jsou látky nebo přípravky, které při styku s živou tkání způsobují vážné poškození této tkáně (Málek a Tomek, 2013).
- **Dráždivé** – jsou látky nebo přípravky, které způsobují zánětlivé onemocnění při krátkodobém, dlouhodobém nebo opakovaném působení na kůži nebo sliznici (Málek a Tomek, 2013).
- **Senzibilující** – jsou látky nebo přípravky, které vyvolávají přecitlivělost při styku s kůží. vdechnutím nebo požitím (Málek a Tomek, 2013).
- **Karcinogenní** – jsou látky nebo přípravky vyvolávající rakovinotvorné bujení buněk (Málek a Tomek, 2013).
- **Mutagenní** – jsou látky nebo přípravky, které mohou po vstupu do organismu vyvolat dědičné genetické poškození (Málek a Tomek, 2013).
- **Toxické pro reprodukci** – jsou látky nebo přípravky vyvolávající při vstupu do organismu nedědičné nepříznivé účinky na plod nebo na reprodukční schopnosti (Málek a Tomek, 2013).
- **Nebezpečné pro životní prostředí** – jsou látky nebo přípravky, které mají po úniku okamžitý nebo pozdější vliv na jednu nebo více složek životního prostředí (Málek a Tomek, 2013).

## 2.2 Vlastnosti chemických látek

Vlastnosti nebezpečných látek jsou stejné jak v gramových, tak i v kilogramových množstvích. Rozdíl ale můžeme vidět v dopadech na člověka, objekty, zvířata nebo životní prostředí.

**Skupenství** – u každé látky můžeme určit skupenství, rozlišujeme pevné, kapalné a plynné. Pro každé skupenství je charakteristicky určené chování. Látky mohou měnit skupenství v závislosti na teplotě a tlaku (Základní vlastnosti látek, 2021).

- **Pevné skupenství** můžeme u něj pozorovat stálý tvar. Můžeme jej dělit dle vnitřní struktury na krystalické, které přechází do kapalného skupenství za dosažení bodu tání a amorfni, které přechází do kapalného stavu za plynulého zahřívání (E-chembook.eu, 2021).
- **Kapalné skupenství** je závislé na tvaru nádoby, ve které jsou uloženy. Kapalné skupenství látek je nevyzpytatelné pro přepravu nebezpečných látek, protože je u nich znatelná každá změna teploty, při které dochází k vypařování této látky. Přechod kapalin do plynného skupenství v celém objemu je možné pouze za dosažení bodu varu dané tekutiny (E-chembook.eu, 2021)
- **Plynné skupenství** stejně jako kapaliny patří mezi tekutiny. Nemají stálý tvar ani objem. Při dosažení teploty varu dochází k přeměně do kapalného skupenství a při ochlazení některé plyny přechází do pevného skupenství (E-chembook.eu, 2021).

**Barva** – dalším faktorem, který můžeme pozorovat u nebezpečných látek je barva, kterou můžeme pozorovat okem (E-chembook.eu, 2021).

**Zápach** – významnou vlastností, která je užitečná nejen pro identifikaci, ale i pro upozornění na jisté nebezpečí je zápach nebezpečné látky. Tuto vlastnost identifikujeme pomocí nosu, každý zápach vnímá jinak, někdo jako příjemný a jiný jako nepříjemný (E-chembook.eu, 2021).

**Hustota nebezpečných látek** – určuje hmotnost látky, která přísluší danému objemu. Čím má látka větší hustotu, tím má větší hmotnost (E-chembook.eu, 2021).

**Vodivost** – další vlastnost, která je podstatná zvláště při havárii je vodivost. Můžeme rozlišovat látky vodivé a nevodivé. Vodivé jsou schopny vést elektrický proud, naopak nevodivé látky vést elektrický proud nemohou a jsou nazývány izolanty (E-chembook.eu, 2021).

### 2.3 Vybraná chemická látka


Amoniak neboli čpavek je bezbarvý dráždivý plyn, který svým únikem do ovzduší způsobí výrazný zápach, který lze zaznamenat i při nízké koncentraci. Amoniak je uvolňován do atmosféry pomocí rozkladu živočišných a lidských odpadů.

Výskyt amoniaku v životním prostředí je částečně způsoben člověkem (použití hnojiv, průmyslové procesy a rozkladem odpadů). Čpavek se vyskytuje i v půdě v nízkých koncentracích, kde plní základní složku pro výživu rostlin. Jeho vzorec je  $\text{NH}_3$  (Pertlík, Kleger a Válek, 2021). Je velmi dobře rozpustný ve vodě. Amoniak s kyselinami reaguje za vzniku amonných solí. Teplota varu za běžných podmínek činí  $-33,5\text{ }^\circ\text{C}$ . Amoniak má přibližně poloviční hustotou než vzduch (Kubalová, 2013).

Amoniak je hojně využíván v zemědělství jako hnojivo. Plynný amoniak je používán v chladičství jako náhrada freonů (převážně v zimních stadionech). Najde svoji využitelnost i v domácnostech a průmyslu jako bělicí a čistící činidlo. Je dále v průmyslových procesech (výroba umělých hmot, výbušnin, farmaceutických výrobků, kaučuku a petrochemii) (Pertlík, Kleger a Válek, 2021).

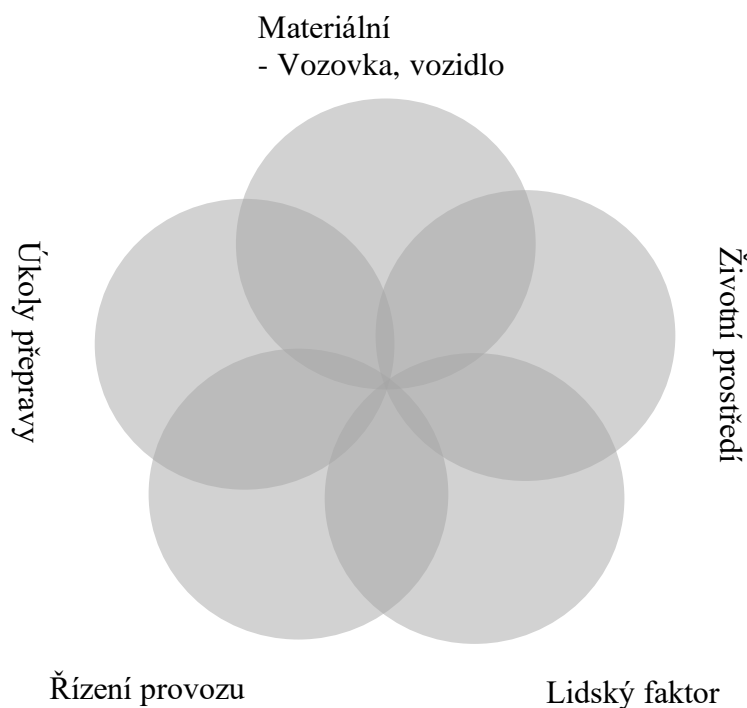
Za nízkých koncentracích má lehké dráždivé účinky a to kašel, podráždění očí, nosů a hrdla. Za vysoké koncentrace se objevují záněty kůže, očí, hrdla a plic. Při dlouhodobém působení amoniaku se objevují chronické dýchací potíže, zelený zákal nebo onemocnění rohovky (Pertlík, Kleger a Válek, 2021).

Tab. 1 Souhrn informací o Amoniak (Said, 2017), (Orlen Unipetrol, 2021)

Identifikace látky	Název	Amoniak	
	Chemický vzorec	NH <sub>3</sub>	
	Identifikační číslo EU	007-001-00-5	
	Číslo CAS	7664-41-7	
	ES – číslo	231-635-3	
	Registrační číslo REACH	01-2119488876-14-0060	
Identifikace nebezpečnosti dle CLP	Hořlavý plyn	Kategorie 2 (H 221)	
	Akutní toxicita	Kategorie 3 (H 331)	
	Žíravost/dráždivost pro kůži	Kategorie 1B (H314)	
	Nebezpeční pro vodní prostředí	Kategorie akutní toxicita 1 (H 400)	
	Nebezpeční pro vodní prostředí	Kategorie chronická toxicita 2 (H 411)	
Prvky označení	Výstražné symboly nebezpečnosti		
	Kemlerův kód	268	
	UN kód	1005	
	Třída nebezpečnosti pro přepravu	2	
	Obalová skupina	III.	
	IMDG (třída)	2.3	
	ICAO – IATA	2.3	
	Signální slovo	Nebezpečí	
	H – věty (standardní věty o nebezpečnosti)	H221	Hořlavý plyn
		H280	Obsahuje plyn pod tlakem; při zahřívání může vybuchnout
		H314	Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí
		H331	Toxický při vdechování
		H410	Vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky
	P – pokyny (pokyny pro bezpečné zacházení)	P210	Chraňte před teplem, horkými povrchy, jiskrami, otevřeným plamenem a jinými zdroji zapálení, zákaz kouření
		P260	Nevdechujte plyn/mlhu/páry/aerosoly
		P273	Zabraňte uvolnění do životního prostředí
		P280	Používejte ochranné rukavice/oděv/brýle/obličejový štít
		P303+P361+P353	Při styku s kůží nebo vlasy: veškeré kontaminované části oděvu okamžitě svlékněte, opláchněte kůži vodou/osprchujte
		P304+P340	Při vdechnutí: přeneste osobu na čerstvý vzduch a ponechte ji v poloze usnadňující dýchání
		P305+P351+P338	Při zasažení očí: několik minut opatrně vyplachujte vodou; vyjměte kontaktní čočky, jsou-li zasaženy a pokud je lze vyjmout snadno
P377		Požár unikajícího plynu: nehaste, nelze-li únik bezpečně zastavit	
P403+P233		Skladujte na dobře větraném místě; uchovávejte obal těsně uzavřený	

### 3 DRUHY PŘEPRAVY NEBEZPEČNÝCH LÁTEK NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Průmysl a ekonomika České republiky je závislá na nebezpečných látkách, které ve většině případů musí být přepravovány ke koncovému uživateli, eventuálně do uložení či skladů. V současnosti je přepravována široká škála nebezpečných látek, které nacházejí využití v různých odvětvích průmyslu. Největší riziko úniku nebezpečných látek je při přepravě. Při nehodě obvykle nezasahují hned specializovaní pracovníci, ale lidé bez ochrany, kteří jsou v tu chvíli nejvíce vystaveni škodlivému působení nebezpečné látky. Je zde také nejvíce způsobů úniku nebezpečné látky, například proražení nádrže způsobené dopravní nehodou, proražení vypouštěcího/napouštěcího ventilu, přehřátí nebezpečné látky, při přečerpávání a mnoho dalších možností úniků (Procházková et al., 2014).



Obr. 1 Příčiny dopravních nehod (Procházková et al., 2014)

Dopravní síť České republiky je díky své poloze uprostřed Evropy hojně využívána k přepravě nebezpečných látek domácím průmyslem i cizími státy. Přes tuto strategickou polohu není přeprava nebezpečných látek na našem území vždy bezpečná, a to především z důvodu křížení dopravních cest se zalidněnými oblastmi, dále hustotou dopravy na dálnicích a komunikacích a nevyhovujícím stavem některých komunikací (Málek a Tomek, 2013).

Tab. 2 Četnost nákladní dopravy na území České republiky (Ministerstvo dopravy ČR, 2019)

Nákladní doprava						
	2010	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Přeprava věcí celkem (tis. tun)</b>	440 467	538 045	531 708	557 523	579 921	604 642
<b>Železniční</b>	82 900	97 280	98 034	96 516	99 307	98 804
<b>Silniční</b>	355 911	438 906	431 889	459 433	479 235	504 099
<b>Vnitrozemská vodní doprava</b>	1 642	1 853	1 779	1 568	1 374	1 735
<b>Letecká doprava</b>	14	6	6	6	5	4
<b>Vývoz</b>	41 041	46 072	42 893	40 324	37 459	35 772
<b>Dovoz</b>	37 662	49 813	46 408	42 630	42 951	41 471
<b>Tranzit</b>	9 234	10 530	10 591	10 997	10 384	10 057
<b>Celkem</b>	87 937	106 415	99 892	93 951	90 794	87 300
<b>Chemické látky, přípravky, výrobky a umělá vlákna, pryžové a plastové výrobky; jaderné palivo</b>	7 719	7 863	7 901	10 652	9 451	7 765
<b>Černé uhlí (lignit); ropa a zemní plyn</b>	27 985	25 516	26 572	26 812	23 232	20 956
<b>Rudy kovů a produkty těžby a úpravy jiných nerostných surovin; rašelina; uran a thorium</b>	114 794	157 033	156 015	160 797	177 104	194 779
<b>Koks a rafinované ropné produkty</b>	9 459	9 965	9 963	9 735	6 906	9 704
<b>Jiné nekovové anorganické produkty</b>	31 004	40 086	39 273	47 734	51 164	55 309
<b>Celkem nebezpečné látky</b>	190 961	240 463	239 724	255 730	267 857	288 513
<b>Procentuální podíl</b>	43 %	45 %	45 %	46 %	46 %	48 %

**Dle druhu látky je zvolen typ přepravy a vozidla:**

Přeprava v kusech.

Přeprava ve volně loženém stavu.

Přeprava v cisternách (Smetková, 2018).

**Základní druhy přepravy nebezpečných látek:**

- Legální.
- Nelegální.

**Legální**

Legálním způsobem jsou přepravovány látky společnostmi, které respektující právní předpisy České republiky a také mezinárodní právní předpisy. Místo a čas vzniku havárie nelze předpokládat, avšak riziko vzniku mimořádné události můžeme částečně u legálního způsobu dopravy snížit, a to školením řidičů, informování příslušných orgánů a zvolením vhodného vozidla a trasy pro přepravu příslušné nebezpečné látky (Málek a Tomek, 2013).

## Nelegální

Je mnoho důvodů pro přepravu nelegálním způsobem (nedostatečná znalost právních předpisů pro důslednou klasifikaci nebezpečné látky a její související opatření, nedostatečná kvalifikace společnosti pro přepravu nebezpečných látek, snaha o ušetření finančních prostředků nebo nerespektování administrativních podmínek). Za prioritní nebezpečí můžeme považovat špatnou identifikaci přepravované nebezpečné látky, která má za důsledek ztížené podmínky při zásahu. Dalším nebezpečím je nesprávné jednání organizace odpovědné za přepravu nebezpečné látky, často způsobené zatajením informací o přepravě nebezpečné látky příslušným úřadům. Další pojem, který může být zmíněn v oblasti nelegální přepravy nebezpečných látek je terorismus. Díky tomuto druhu dopravy je vyšší pravděpodobnost využití přepravované nebezpečné látky za účelem terorismu (Málek a Tomek, 2013).

### Dále je přeprava uskutečňována několika způsoby:

- Silniční přepravou.
- Železniční přepravou.
- Leteckou přepravou.
- Vodní přepravou.

## Silniční přeprava

Silniční doprava nebezpečných látek na území ČR a v mezinárodní přepravě řídí evropskou dohodou o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí neboli ADR („L'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route“), tato dohoda byla přijata v Ženevě dne 30. září 1957 (Konečný a Miletín, 1997–2021). Česká republika tento předpis ratifikovala v roce 1987 a byla vyhlášena pod č. 64/1987 Sb. Na území ČR je možné přepravovat pouze nebezpečné látky, které není zakázáno přepravovat dle mezinárodních smluv. Zakázané látky jsou uvedeny ve Sbírce zákonů. Podmínky pro přepravu jsou obsaženy v dokumentu ADR v příloze „A“ (všeobecná ustanovení týkající se nebezpečných látek a předmětů a v příloze „B“ (ustanovení o dopravních prostředcích při přepravě (Věžníková, 2014).

Tab. 3 Třídy nebezpečných věcí dle ADR (Evropská hospodářská komise, 2020)

Třída 1.	Výbušné látky a předměty
Třída 2.	Plyny
Třída 3.	Hořlavé kapaliny
Třída 4.1.	Hořlavé tuhé látky, samovolně se rozkládající látky, polymerizující látky a znečlivěné tuhé výbušné látky
Třída 4.2.	Samozápalné látky
Třída 4.3.	Látky, které ve styku s vodou vyvíjejí hořlavé plyny
Třída 5.1.	Látky podporující hoření
Třída 5.2.	Organické peroxidy
Třída 6.1.	Toxické látky
Třída 6.2.	Infekční látky
Třída 7.	Radioaktivní látky
Třída 8.	Žíravé látky
Třída 9.	Jiné nebezpečné látky a předměty

Tab. 4 Množství přepravovaných nebezpečných látek po silnicích 2010–2019 (Ministerstvo dopravy ČR, 2019)

Přeprava věcí po silnici celkem (tis. tun)						
	2010	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Vnitrostátní</b>	301 453	375 106	382 009	417 972	445 324	474 842
<b>Chemické látky, přípravky, výrobky a umělá vlákna, pryžové a plastové výrobky; jaderné palivo</b>	6 648	6 863	7 009	9 498	8 395	6 616
<b>Černé uhlí (lignit); ropa a zemní plyn</b>	5 483	2 941	4 301	5 921	5 569	4 789
<b>Rudy kovů a produkty těžby a úpravy jiných nerostných surovin; rašelina; uran a thorium</b>	111 626	151 793	151 091	157 606	173 739	191 226
<b>Koks a rafinované ropné produkty</b>	7 387	7 687	8 643	8 247	5 334	8 224
<b>Jiné nekovové anorganické produkty</b>	30 052	39 003	38 264	46 482	49 829	53 913
<b>Celkem nebezpečné látky</b>	161 196	208 287	209 308	227 754	242 866	264 768
<b>Procentuální podíl</b>	53,47 %	55,53 %	54,79 %	54,49 %	54,54 %	55,76 %



## Železniční přeprava

Přeprava po železnici na území České republiky, ale i na mezinárodním území se řídí řádem pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných látek a směsí po železnici „Řád RID“ („Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail“). Byla přijata v Bernu dne 9. května 1980 (Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (RID) pro rok 2019, 2019). „Řád RID“ je součástí úmluvy „COTIF“ jako přípojek úmluvy C (Vandas, 2014).

Tab. 5 Množství přepravovaných nebezpečných látek železniční dopravou 2010–2019 (Ministerstvo dopravy ČR, 2019)

Přeprava věcí po železnici celkem (tis. tun)						
	2010	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Vnitrostátní</b>	37 078	42 069	39 692	38 440	38 652	37 299
<b>Chemické látky, přípravky, výrobky a umělá vlákna, pryžové a plastové výrobky; jaderné palivo</b>	1 071	1 001	892	1 154	1 056	1 148
<b>Černé uhlí (lignit); ropa a zemní plyn</b>	22 502	22 659	22 269	20 892	17 663	16 167
<b>Rudy kovů a produkty těžby a úpravy jiných nerostných surovin; rašelina; uran a thorium</b>	2 798	4 644	4 321	2 832	3 101	2 991
<b>Koks a rafinované ropné produkty</b>	2 072	2 192	1 320	1 487	1 571	1 480
<b>Jiné nekovové anorganické produkty</b>	952	1 083	1 009	1 252	1 335	1 395
<b>Celkem nebezpečné látky</b>	29 395	31 579	29 811	27 617	24 726	23 181
<b>Procentuální podíl</b>	79 %	75 %	75 %	72 %	64 %	62 %

## Letecká přeprava

Letecká přeprava na území České republiky i v mezinárodním prostředí se uskutečňuje dle manuálu ICAO („International Civil Aviation Organization“), kterou vypracovalo v roce 1944 54 států na základě tzv. „Chicagské úmluvy“, tato úmluva stanovila základní pravidla, za nichž se uskutečňuje letecká přeprava (ICAO, 2021) a manuálu IATA („International Air Transport Association“). Nebezpečné zboží/látky jsou rozděleny do tří kategorií:

- Zboží, které je všeobecně povoleno letecky přepravovat.
- Zboží, které je možno letecky přepravit jen za zvláštních opatření.
- Zboží, které je zcela vyloučeno z letecké přepravy (Tomek, 2018).

## Vodní přeprava

Námořní přeprava na území České republiky se řídí mezinárodním předpisem IMDG Code („International Convention for the Safety of Life at Sea“). Tento předpis byl přijat v roce 1985 na základě úmluvy SOLAS (IMO, 2021) a dohody ADN („European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways“). Vzhledem k poloze České republiky se přeprava uskutečňuje jako část přepravy v přepravním řetězci. Náklad je nejčastěji přepravován:

- Menší kusovou zásilkou.
- Přeprava samostatně v kontejneru (Svobodová, 2010).

Tab. 6 Množství přepravovaných nebezpečných látek námořní dopravou 2010-2019 (Ministerstvo dopravy ČR, 2019)

Přeprava věcí vnitrozemskou vodní nákladní dopravou celkem (tis. tun)						
	2010	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Vnitrostátní</b>	371	684	682	418	315	670
<b>Chemické látky, přípravky, výrobky a umělá vlákna, pryžové a plastové výrobky; jaderné palivo</b>	0	0	0	0	0	1
<b>Černé uhlí (lignit); ropa a zemní plyn</b>	0	2	2	0	0	0
<b>Rudy kovů a produkty těžby a úpravy jiných nerostných surovin; rašelina; uran a thorium</b>	370	602	604	359	264	562
<b>Koks a rafinované ropné produkty</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Jiné nekovové anorganické produkty</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Celkem nebezpečné látky</b>	370	604	606	359	264	563
<b>Procentuální podíl</b>	100 %	88 %	89 %	86 %	84 %	84 %

### 3.1 Systém označení přepravy nebezpečných látek

Značení nebezpečných látek při přepravě je řízeno nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky (REACH) dále (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (CLP). CLP umožnilo soulad mezi právními předpisy Evropské unie, předpisy České republiky a systémem GHS („Globálně harmonizovaným systémem klasifikace a označování chemických látek“) (Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci, 2021).

### Značení dle ADR a RID

Vozidla přepravující nebezpečný náklad mají povinnost být označeny výstražnou oranžovou tabulkou ve tvaru obdélníku o velikosti 30 × 40 cm, která je černě orámována a podélně rozdělena. Dále musí být tabulka schopna odolat ohni v případě požáru nejméně po dobu 15 minut. V horní části tabulky se nachází Kemlerův kód, který slouží k označení nebezpečí, v dolní části se nachází UN kód, který značí identifikaci látky. UN kód se skládá ze 4 čísel a je jedinečný pro každou látku. Vozidlo musí být touto tabulkou označeno z čelní, zadní strany a na bocích. (Požáry, 2012).



Obr. 2 Oranžová tabulka (Požáry, 2012)

Vozidlo převážející více než jednu nebezpečnou látku jiného charakteru má povinnost být označeno vpředu i vzadu oranžovou tabulkou bez čísel, která značí obecné nebezpečí. Informace, o jaké nebezpečné látce se jedná je uvedeno na boku každé eventuální komory cisterny, zde se nachází tabulky, které obsahují Kemlerův kód a UN kód (Požáry, 2012).

Tab. 7 Význam číslic UN kódů (Požáry, 2012)

2	Plynná látka (uvolňování plynů pod tlakem)
3	Hořlavá kapalina (hořlavost par kapalin a plynů)
4	Hořlavost pevných látek
5	Látka podporující hoření (oxidační účinky)
6	Jedovatá látka (toxicita)
7	Radioaktivní látka

Tab. 7 Význam číslic UN kódů (Požáry, 2012) – pokračování

8	Žíravá látka (leptavé účinky)
9	Samovolná reakce (nebezpečí prudké, bouřlivé reakce)
0	Dodatková číslice (používá se na doplnění do dvouciferného čísla)
X	Látka nesmí přijít do styku s vodou

Vozidla jsou dále označována bezpečnostní značkou, která jsou rozdělena do tříd dle nebezpečnosti. Tato značka je tvořena čtvercem postaveným na jeden vrchol, čtverec má barvu dle třídy nebezpečnosti a obsahuje piktogram (Požáry, 2012).

### Značení ADN

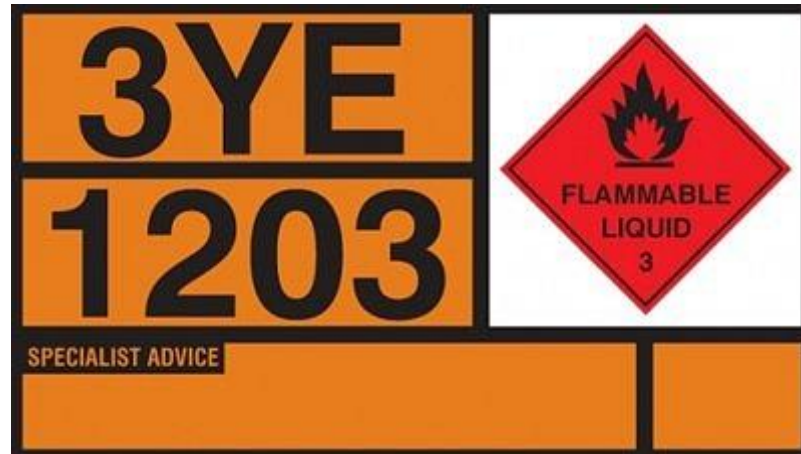
Značení plavidel převážející nebezpečné látky se řídí dohodou ADN. Značí se ve dne jedním až třemi kužely, které jsou vrcholem dolů nebo jedním až třemi modrými světly v noci. Na základě nebezpečnosti látky se volí množství kuželů (Vandas, 2014).

### Značení IATA

Letadla přepravující nebezpečné látky nejsou nijak označena, jsou označeny pouze obaly (Vandas, 2014).

### Systém Hazchem

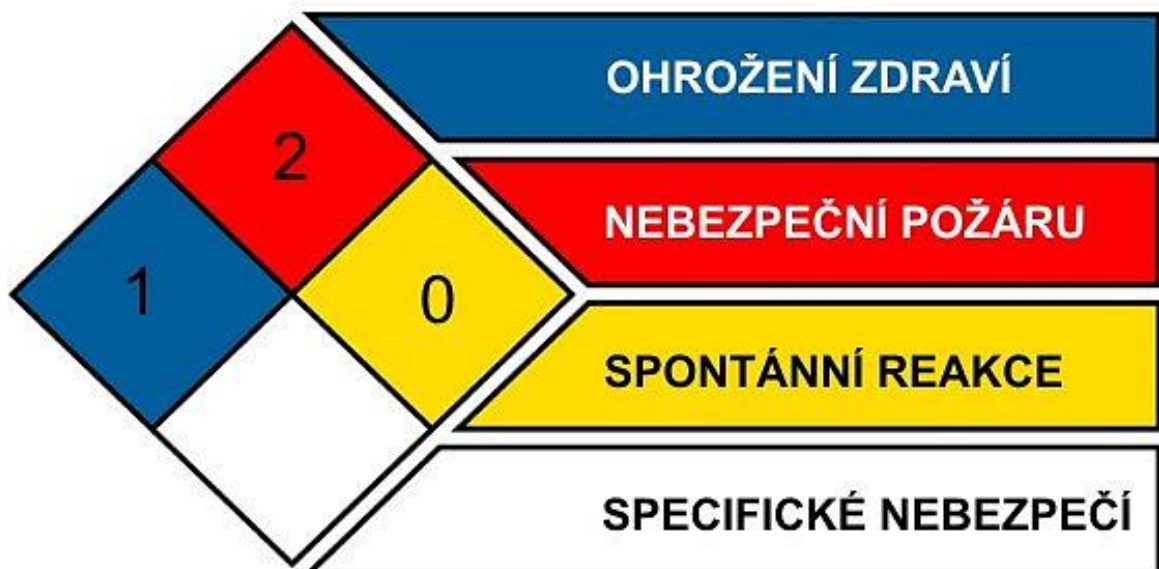
Tento způsob značení je specifický, účel tohoto systému neslouží k rychlé identifikaci látky, ale pojednává a opatřeních, která musí být přijata při nehodě. Nutnou výhodou tohoto systému je jeho stavba, první řád tabulky je tvořen jednou číslicí (1-4) a skupinou čísel. Číslice označuje vhodnou hasební látku (1 – vodní proud, 2 – vodní mlha, 3 – pěna, 4 – suché hasivo). Písmeno musí být nejméně jedno, druhé písmeno je využíváno pouze pro upozornění na možnost evakuace a je to zpravidla písmeno „E“. První písmeno vyjadřuje ochranu a opatření. Pokud je písmeno bílé na černém podkladu, znamená to, že je u látky nutnost použít dýchací přístroje pouze při požáru nebo rozkladu. Druhý řádek označuje UN kód látky. Tento systém je využíván ve Velké Británii, Austrálii či Malajsii při vnitrostátní dopravě (Požáry, 2012).



Obr. 3 Značení systému HAZCHEM (Požáry, 2012)

### System Diamant

Tímto systémem nelze provést identifikaci látky, ale umožňuje rychlé a přehledné posouzení nebezpečí plynoucí z povahy nebezpečné látky. Tento diamant se skládá ze 4 menších diamantů označených modrou barvou (vlevo), která značí ohrožení na zdraví pomocí číslic v rozmezí 0–4. Červenou barvou (nahore), která značí nebezpečí požáru pomocí číslic 0–4. Žlutou barvou (vpravo), která značí nebezpečí spontánní reakce opět pomocí číslic 0–4 a bílou barvou (dole), tato barva specifikuje nebezpečí, specifikace je značena písmenem, znakem nebo soustavou písmen. Tento systém je využíván v USA (Požáry, 2012).



Obr. 4 Systém značení Diamant (Požáry, 2012)

### 3.2 Značení cisteren dle RID

Nádrže, jejich upevnění a jejich provozní a konstrukční výstroj musí být konstruována tak, aby byli odolné proti ztrátě obsahu nebo úniku. Převážní jednotky nebo železniční vozy se označují velkými bezpečnostními značkami. Značení je umístěno na obou podélných stranách každé cisterny. V případě, že se jedná o více komorovou cisternu musí být označena každá komora zvlášť příslušnou bezpečnostní značkou. Na cisterně se nachází i bezpečnostní oranžová tabulka obsahující Kemlerův kód a UN kód (Smetková, 2018).

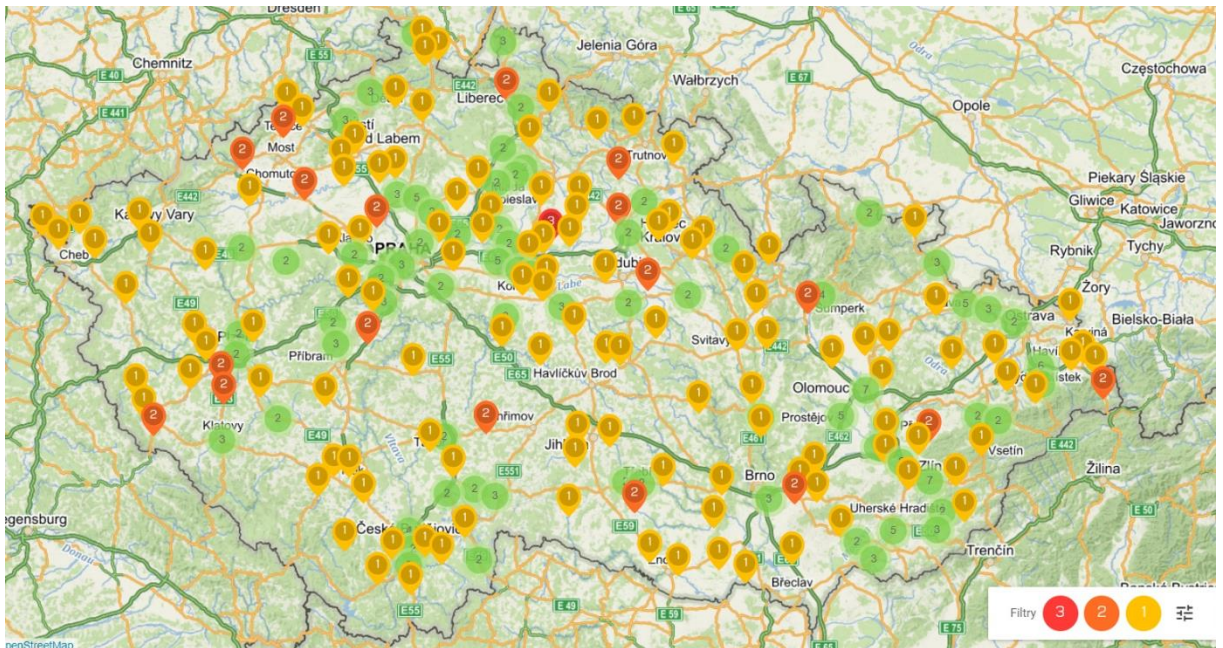


Obr. 5 Značení cisterny převážející chlor (Požární ochrana)



## 4 NEJNEBEZPEČNĚJŠÍ ŽELEZNIČNÍ PŘEJEZDY ČESKÉ REPUBLIKY

V České republice se nachází celkem 7 784 železničních přejezdů, z tohoto počtu je 3 909 zabezpečených světelným nouzovým osvětlením (z toho 1 542 se závorami). Všechny železniční přejezdy musí odpovídat příslušným zákonům, vyhláškám a normám. Při dodržování pravidel silničního provozu je střet s vlakem méně pravděpodobný. (Správa železnic, státní organizace, 2020) Za rok 2020 došlo na železničních přejezdech celkem ke 146 střetům. I když správa železnic každoročně zvyšuje náklady investované do zabezpečení železničních přejezdů, nedochází ke zlepšení situace a nehodovosti. Jedním z možných faktorů, který stojí za vysokou četností nehodovosti je četnost železničních přejezdů, na každých 1200 m vychází jeden železniční přejezd (Kremlík).



Obr. 6 Mapa železničních přejezdů, na kterých se mezi roky 2013-2017 udála nehoda vlaku s motorovým vozidlem. (Železniční přejezd P8172 Hulín-Záhlinice, 2014)

### Přejezdy bez přejezdového zabezpečovacího zařízení

Tyto přejezdy nejsou vybaveny žádným signalizačním zařízením, které by upozorňovalo na projíždějící vlak, jsou označeny pouze výstražnými kříži. V případě špatných rozhledových podmínek je přejezd vybaven i dopravní značkou STOP.

**Přejezdy vybavené zabezpečovacím zařízením**

V této kategorii jsou přejezdy vybaveny nejen výstražným křížem, ale i technickým zařízením, které je ovládáno buď manuálně nebo automaticky vyhodnocením jízdy drážního vozidla, nebo na základě stavu staničního zabezpečovacího zařízení.

Tyto přejezdy jsou vybaveny přejezdovým zařízením mechanickým (PMZ – PMZ 3), světelnou výstrahou pomocí černých světel, které střídavě problikávají po celou dobu výstrahy. Dále pozitivním signálem, který se vyznačuje blikáním bílého světla a označuje nepřítomnost drážního vozidla v obvodu železničního přejezdu. Dalším upozorněním je zvuková výstraha. Mechanická výstraha je využita, pokud není přejezd zabezpečen závorami, skládá se ze sklápějících dřevěných závor (Zahradník, 2019).



## 5 METEOROLOGIE A VLIV METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK NA ŠÍŘENÍ KONTAMINOVANÉHO OBLAKU

Meteorologie je věda zabývající se fyzikálními a chemickými ději a jevy v zemské atmosféře. Základními meteorologickými prvky jsou tlak, teplota, vlhkost vzduchu, proudění vzduchu, sluneční svit, oblačnost, výpar vody na povrchu Země a srážky. Tyto prvky jsou ovlivňovány řadou dalších atmosférických jevů a dějů (změna klimatu, znečištění ovzduší, ozónovou vrstvou a dalšími) (Králová).

Při zjišťování chemického průzkumu se zjišťují tyto údaje:

- Směr a rychlost větru.
- Teplotu vzduchu a půdy.
- Stupeň vertikální stability přízemních vrstev vzduchu.
- Stav počasí.
- Pokrytí oblohy oblačnosti (Princ, 2021).

Rozlišujeme 3 typy atmosférické stálosti:

- **Inverze** – je běžný jev v atmosféře, při kterém s přibývajícím výškou teplota vzduchu stoupá. Inverze se běžně vyskytuje několik set metrů nad povrchem země při jasné obloze a slabém větru v nočních a ranních hodinách kdykoliv během roku (Racko). Ochladuje-li se zemský povrch rychle, je toto ochlazování následkem špatné vodivosti vzduchu (od spodních vrstev k horním) opožděné a spodní vrstvy vzduchu jsou chladnější než vrstvy horní a vzniká stabilní zvrstvení atmosféry neboli inverze. Je charakterizována: stálým vertikálním zvrstvením atmosféry, pomalým rozptylováním oblaku kontaminované atmosféry a šířením kontaminovaného oblaku do značné hloubky. Při tomto meteorologickém jevu je jakákoliv výměna vzduchu znesnadněná a z tohoto důvodu je to nejvýhodnější zvrstvení atmosféry pro použití nebezpečné látky (Princ, 2021).
- **Konvekce** – jde o vertikální cirkulaci vzduchu jako množství stoupavých proudů a tyto kompenzujících sestupných proudů vzduchu. Můžeme rozlišovat konvekci bezoblačnou a konvekci termickou (In-počasí, 2021), (Konvekce, 2021). V souvislosti s nerovnoměrným ohříváním zemského povrchu a vzduchu vznikají různé teploty a tím i různé hustoty malých mas vzduchu. Konvekce se může vy-

skytnout v zimě i v létě. Je charakterizována velmi intenzivním vertikálním prouděním přízemní vrstvy atmosféry, rychlým trháním oblaků vzduchu kontaminované atmosféry a malou hloubkou pronikání oblaku kontaminované atmosféry. Pro použití nebezpečné látky, je konvekce nejméně vhodné vrstvení atmosféry (Princ, 2021).

- **Izotermie** – o izotermii můžeme hovořit, pokud je vertikální gradient teploty nulový a teplota se s výškou nemění (Keder). Vznik izotermie je podmíněn velmi pomalým ohříváním nebo ochlazováním zemského povrchu. Poté dochází k indiferentnímu zvrstvení atmosféry neboli izotermii. Pro tento druh rovnováhy je charakteristický typ zamračeného počasí jak ve dne, tak v noci. Je charakterizována zvýšeným horizontálním prouděním, šířením malých koncentrací nebezpečné látky do značné hloubky a rychlejším rozptylováním oblaku kontaminované atmosféry než u inverze (Princ, 2021).

Vertikální stálost atmosféry je zdrojem prvotních informací (pro družstva radiačního a chemického průzkumu atd). Používá se tehdy, kdy není možné z různých příčin změřit teplotu vzduchu ve výšce 50 a 200 cm nad terénem. Nejdříve se na základě znalosti denní doby, pokrytí oblohy oblačností a úhlu výšky Slunce nad obzorem stanoví kategorie vertikální stálosti atmosféry (tabulky č. 8, 9), která se pak upřesní na základě konkrétní meteorologické situace (Princ, 2021).

#### Kategorie stability:

- U – nestabilní (konvekce).
- N – neutrální (izotermie).
- S – stabilní (inverze).

Tab. 8 Stanovení vertikální stálosti atmosféry (Princ, 2021)

Dopoledne			
Úhel výšky slunce nad obzorem	Stav pokrytí oblohy oblačností		
	Méně než 1/2 zatažena	Více než 1/2 zatažena	Zatažena
<4° (noc)	S	S	N
> 4°-32°	N	N	N
> 32°-40°	U	N	N
> 40°	U	U	N

Tab. 9 Stanovení vertikální stálosti atmosféry (Princ, 2021)

Odpoledne			
Úhel výšky slunce nad obzorem	Stav pokrytí oblohy oblačností		
	Méně než 1/2 zatažena	Více než 1/2 zatažena	Zatažena
> 46°	U	U	N
> 35° - 46°	U	N	N
> 12° - 35°	N	N	N
> 5° - 12°	S	N	N
<5° (noc)	S	S	N

### Vliv přízemních povětrnostních prvků na rozptyl nebezpečných látek

**Vítr** – znalost směru a rychlosti je zásadní. Díky těmto informacím lze určit cestu pohybu kontaminované atmosféry, kdy dosáhne určité hranice, která plocha bude zasažena, v bezpečí atd. Čím je vítr rychlejší tím rychleji se pohybují oblaky kontaminované atmosféry a tím stoupá i čas, za který se zvětší plocha kontaminovaného území. Nízká rychlost větru znamená nebezpečí, že se vítr stočí nebo obrátí, slabý vítr nestačí vynést oblak nebezpečné látky ve zvlněném terénu. V praxi se lze setkat s náhlými změnami směru a rychlosti větru, které způsobují nepravidelné pohyby oblaku kontaminované atmosféry a v koncentraci (Princ, 2021).

**Teplota vzduchu** – určuje možnost nebezpečné látky přecházet do jiného skupenství a určuje charakter rovnováhy ovzduší. Dále má vliv na maximální tlak par, který může být za dané teploty ve vzduchu a ovlivňuje rychlost vypařování kapalných nebezpečných látek, proto omezuje i maximální možnou koncentraci nebezpečné látky (Princ, 2021).

**Vlhkost vzduchu** – neovlivní toxické složky kontaminované atmosféry a nemá výrazný vliv na nebezpečnou látku, která ulpěla na povrchu půdy. Může se projevit při přeměně kapalných nebezpečných látek v látky plynné, kdy nastává ochlazení vlivem rozpínání nebezpečné látky, při tomto ochlazení, může být teplota vzduchu pod teplotou rosného bodu, což má za následek, že se vodní pára srazí v mlhu (Princ, 2021).

**Srážky** – zmenšují koncentraci oblaku nebezpečné látky, protože některé z nich se ve vodě rozpouštějí (Princ, 2021)

**Oblačnost** – nemá vliv na koncentrovanou atmosféru. Za oblačného počasí lze docílit menší koncentrace nebezpečné látky než za jasného teplého počasí, protože prchavost bude snížena (Princ, 2021).

## 6 SOFTWAREVÉ MODELOVACÍ NÁSTROJE

V závislosti na růstu rizik spojených s nebezpečnými chemickými látkami a terorismem stoupá potřeba modelace mimořádných událostí a krizových situací. Za tímto účelem byly vyvinuty softwarové nástroje umožňující analyzovat daná rizika, vytvoření plánů, výcvik a výuku expertů a také podporu rozhodování a řešení mimořádných událostí a krizových situací. Tyto softwarové nástroje můžeme definovat jako soubor technických prostředků a metod zabezpečujících zpracování dat za účelem modelování průběhu krizových situací. (Přehled a možnosti informačních systémů pro modelování krizových situací, 2014).

### 6.1 TEREX

Celým názvem „Teroristický expert“ je softwarový nástroj slouží k modelování technologických havárií s únikem chemických látek a explozí, teroristických a jiných útoků prostřednictvím výbušných systémů nebo zneužitím chemických látek, slouží též k plánování opatření, omezení rizik, analýzu rizik a dalších účelů. Je využíván v oblasti průmyslu, v ozbrojených silách, složkami integrovaného záchranného systému a ve veřejné správě. TEREX je vyvinut pro okamžitou předpověď ohrožení nastalé mimořádné události. Systém je přizpůsobený pro stresové situace a k výpočtům nevyžaduje komplexní vstupní data, která nebývají v krizové situaci ihned známá. Výsledky předpovědi odpovídají nejhorší možné variantě. Výstupní informace jsou jednoduché a srozumitelné, lze je zobrazit v textové nebo grafické podobě, v mapě nebo v geografickém informačním systému (Přehled a možnosti informačních systémů pro modelování krizových situací, 2014).

### 6.2 ALOHA

ALOHA („Areal Locations of Hazardous Atmospheres“) je program určen pro zasahující jednotky u havárií s únikem chemických látek, havarijní plánování a výcvik. Databáze programu obsahuje fyzikální vlastnosti 1000 chemických látek a pomocí programu CAMEO Chemicals umožňuje vyhledat fyzikální vlastnosti chemických látek a jejich uložení do vlastní databáze (Přehled a možnosti informačních systémů pro modelování krizových situací, 2014).

Jedná se o poměrně složitý program. Je součástí softwarové sady CAMEO, kde plní funkci modelace rizika. Umožňuje zadat podrobnosti o skutečném nebo potenciálním uvolňování chemikálií.

Výstupem je stejně jako u SW TEREX je odhad zón ohrožení pro různé typy nebezpečí. Další aplikací, která je součástí sady je aplikace MARPLOT, která umožňuje vykreslení zón na mapě (ALOHA Software).

### **Dílčí závěr**

V úvodu teoretické části práce je specifikován legislativní rámec předmětné problematiky. Dále jsou v této části práce uvedeny a rozebrány druhy přepravy, zvláštní pozornost je věnována železničnímu způsobu přepravy, zejména přepravy nebezpečných látek a problematice nebezpečných železničních přejezdů v České republice. V poslední části teoretické části práce je popis meteorologických jevů, které ovlivňují šíření kontaminovaného oblaku.

## 7 CÍLE PRÁCE A POUŽITÉ METODY

Hlavním cílem bakalářské práce je na základě závěru simulace dopravní nehody navrhnout případné změny v oblasti řešení dopravních nehod s únikem nebezpečných látek.

**Ke splnění hlavního cíle byly stanoveny následující dílčí cíle:**

- Vypracovat teoretickou část práce týkající se oblasti modelování havárie s únikem nebezpečné látky.
- Vypracovat případové studie havárie v železniční přepravě s únikem nebezpečné látky za různých meteorologických podmínek v softwarových nástrojích TEREX a ALOHA.
- Porovnat výsledky případových studií v softwarových nástrojích ALOHA a TEREX.

**Ke splnění hlavního a dílčích cílů byly použity metody:**

- Komparace je český ekvivalent latinského slova „comparare“, jehož význam je srovnávat. Na základě srovnání lze vyvozovat závěry o vlastnostech objektů nebo procesů. Předpokladem komparace je přesnost předcházejících metod – tedy pozorování, deskripce a klasifikace. Komparace je základní metodou hodnocení a srovnávací metody lze využít při získávání poznatků.
- Modelování je zjednodušený obraz skutečnosti. Je to aplikace různých modelů na řešení problematiky. V této práci používáme modelování v softwarových nástrojích.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 8 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU PROBLEMATIKY NÁKLADNÍ DOPRAVY

Provozování nákladní dopravy je stavěna na principu komodality (účinné využívání různých druhů dopravy provozovaných samostatně nebo v rámci kombinované dopravy konané za účelem dosažení optimálního a udržitelného využití zdrojů), tento princip se řadí mezi hlavní cíle evropské a také české dopravní politiky. K dosažení tohoto cíle je zapotřebí řešit řadu oblastí. Cílem evropské dopravní politiky je převedení 30 % současné silniční nákladní dopravy nad 300 km v EU na železniční nebo vodní dopravu (Ministerstvo dopravy ČR, 2017).

### Železniční doprava a její vybrané problémové okruhy

Vzhledem k přidělování kapacity, kdy je upřednostňována osobní doprava dochází na nejzatíženějších úsecích k situacím, kdy není možné nákladními vlaky plynule projet, což má negativní dopady na spolehlivost i nákladovost železniční nákladní dopravy. Vzhledem k tomuto aspektu je upřednostňována stále silniční nákladní doprava (Ministerstvo dopravy ČR, 2017).

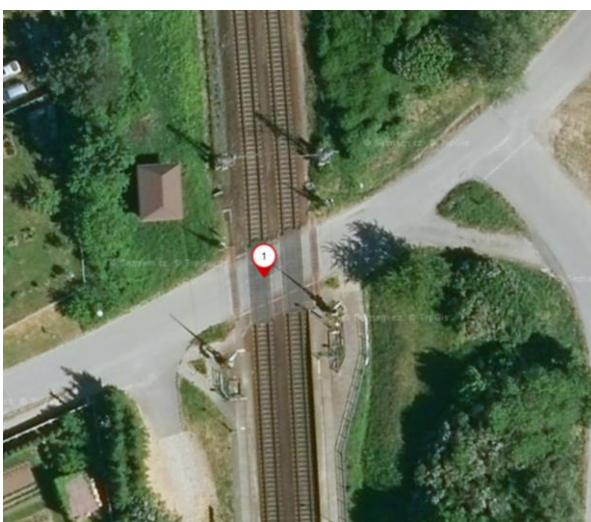
Nejvíce se na nákladní přepravě projevuje nedostatečná kapacita tratí pro nákladní dopravu. Má kritický vliv na mimořádných i plánovaných výlukách. Při této skutečnosti je nutnost zohlednit, že osobní vlaky regionální přepravy, lze nahradit autobusy. Pro nákladní vlaky tyto stavy znamenají mnohdy zásadní prodloužení doby přepravy (což u nebezpečných látek může přispět k nehodě) a v konečném důsledku může tento stav znamenat trvalé odklonění zákazníků od nákladní železniční přepravy i po skončení výluky (Ministerstvo dopravy ČR, 2017).

Jeden z největších problémů v železniční nákladní doprava je problematika vlivu na životní prostředí. Má vliv z hlediska hluku generovaného provozem nákladních vozů starší konstrukce s litinovými brzdovými špalíky. Vlaky s touto konstrukcí za jízdy generují osminásobně vyšší akustický hlukový výkon než kola s hladkým povrchem. Řešením tohoto problému je nahrazení litinových brzdových špalíků nekovovými špalíky, problémem je však vyšší cena. Dalším řešením by bylo vybudování protihlukových stěn, ale toto řešení vzhledem k délce železničních tratí v České republice velmi ekonomicky nevýhodné (Ministerstvo dopravy ČR, 2017).



## 9 SCÉNÁŘ NEHODY

Dne 13. 4. 2021, v 12:00 hodin, došlo na železničním přejezdu číslo P8172 zabezpečeném závorami a světelnou signalizací v obci Hulín-Záhlinice, k havárii při posunu vlakové soupravy převážející i cisternu obsahující 28 tun amoniaku. Příčinou nehody byla špatná rychlost při posunování vagónu. Při této nehodě došlo k proražení vypouštěcího ventilu. V důsledku vzniklé havárie došlo k úniku amoniaku, který se rozptýlil do ovzduší a okolí. Při této nehodě nedošlo k jinému úniku nebezpečné látky. Místo havárie se nachází na okraji zastavěného území obce Záhlinice. V této obci se nachází obytná zástavba, zemědělská půda a rybníky (zeměpisná poloha GPS 49.2922478 N, 17.4911975E).



Obr. 7 Mapový výstřižek s označeným přejezdem číslo P8172 Hulín-Záhlinice (Železniční přejezd P8172 Hulín-Záhlinice, 2014)



Obr. 8 Mapa s označeným přejezdem číslo P8172 Hulín-Záhlinice (Železniční přejezd P8172 Hulín-Záhlinice, 2014)



Obr. 9 Přímý pohled na místo havárie (Železniční přejezd P8172 Hulín-Záhlinice, 2014)

## 9.1 Charakteristika lokality

Záhlinice jsou součástí města Hulín (další částí města Hulín jsou Chrástřany), který leží ve Zlínském kraji a spadá pod správní obvod obce s rozšířenou působností Kroměříž. K 1. 1. 2017 se hlásilo k trvalému pobytu 344 obyvatel. Záhlinice leží v rovinaté oblasti jižní Hané s rozsáhlými zemědělskými plochami s bonitní černozemí. Rozloha činí 5 240 km<sup>2</sup> (Hulín, 2014), (Hulín, 2010).

V okolí obce se nachází dálnice číslo D55 a silnice I/55. Železniční trať a uzel Přerov – Břeclav a Kroměříž – Hulín – Ostrava.

Okolí obce se nachází mnoho rybníků a vodních toků (Pláňavský rybník, Němčický rybník, Doubravický rybník, Svárovský rybník a Hulínská šterkovna), katastrálním územím obce protéká řeka Mojena a Kurovský potok. Velmi významným tokem, který se nachází neda- leko od katastrálního území obce Záhlinice je řeka Morava a Ruslava.

## 9.2 Údaje při vzniku havárie

Tab. 10 Vstupní údaje pro modelaci (Vlastní)

Základní parametry		Hodnoty
Místo havárie		Železniční přejezd číslo P8172 Hulín-Záhlinice
Datum havárie		13. 04. 2021
Zeměpisná poloha místa nehody		GPS: 49.2911579 N, 17:4911975 E
Druh havarovaného zařízení		Posun vlakové soupravy
Druh havárie		Únik amoniaku z cisterny
Nadmořská výška		191 m. n. m.
Charakter zasaženého prostředí		Obytná a zemědělská oblast
Meteorologické podmínky		
Konvekce	Přízemní teplota vzduchu	10 °C
	Rychlost větru	1 m. s <sup>-1</sup> .
	Směr větru	Sever – jih (TEREX), 0° (ALOHA)
	Oblačnost	0 %
	Třída stability atmosféry	A (TEREX), D (ALOHA)
	Roční období vzniku havárie	Jaro
	Čas vzniku havárie	12:00
Inverze	Přízemní teplota vzduchu	10 °C
	Rychlost větru	1 m. s <sup>-1</sup> .
	Směr větru	Sever – jih (TEREX), 0° (ALOHA)
	Oblačnost	37,5 % (TEREX), 38 % (ALOHA)
	Třída stability atmosféry	F (TEREX), F (ALOHA)
	Výška inverze	100 m
	Roční období vzniku havárie	Jaro
Izotermie	Přízemní teplota vzduchu	10 °C
	Rychlost větru	1 m. s <sup>-1</sup> .
	Směr větru	Sever – jih (TEREX), 0° (ALOHA)
	Oblačnost	100 %
	Třída stability atmosféry	D (TEREX), F (ALOHA)
	Roční období vzniku havárie	Jaro
	Čas vzniku havárie	12:00
Vlaková cisterna	Nebezpečná látka	Amoniak
	Naplněnost cisterny	28 %
	Množství převážející látky	28 tun
	Množství uniklé nebezpečné látky	1000 kg
	Tvar	Válcovitý
	Šířka cisterny	3 m
	Délka cisterny	20 m
	Velikost otvoru, kterým látka uniká	2 cm

## 9.3 Scénář řešení

Tab. 11 Scénář řešení (Barta a Ludík, 2012)

Pořadí	Název činnosti/opatření	Charakteristika činnosti/opatření	Provádí	Poznámka
1	Přijetí hlášení	Dne 13. 4. 2021 v 12:02 (konvekce a izotermie) v 7:02 (inverze) přijato hlášení o vzniku úniku vlakové cisterny převážející amoniak v prostoru železničního přejezdu č. P8172 Hulín-Záhlinice. K havárii došlo při posunu vlakové soupravy. V důsledku havárie byl porušen vypouštěcí ventil a uniklo 1000 kg amoniaku. Nikdo při nehodě nebyl zraněn.	OS HZS Zlínského kraje	
2	Aktivace zasahující jednotky	Aktivace zasahující jednotky v rámci ÚZ HZS Kroměříž a vyhlášení I. Stupně poplachu pro konvekci a izotermii a II. Stupně pro inverzi.	OS HZS Zlínského kraje	Následně: PČR ÚO Hulín ZZS Zlínského kraje HZS SŽDC
3	Zhodnocení situace v místě havárie	Došlo k havárii při posunování vlakové soupravy. Přízemní teplota vzduchu byla 10 °C, rychlost větru byla 1 m.s <sup>-1</sup> , relativní vlhkost vzduchu činila v případě: inverze 38 %, konvekce 0 %, izotermie 100 %. Oblačnost v případě: inverze 3/10, konvekce 0/10, izotermie 10/10. Typ atmosférické stálosti činí v případě konvekce a izotermie hodnotu D a v případě inverze je tato hodnota F. Nadmořská výška je 191 m. n. m. Zasažené území je převážně zastavěného charakteru. Vlaková cisterna válcovitého tvaru obsahuje 28 tun amoniaku. Její šířka je 3 m délka je 20 m. Velikost unikajícího otvoru jsou 2 cm.	Zasahující jednotka ÚO HZS Kroměříž	

Tab. 12 Scénář řešení (Barta a Ludík, 2012)

Pořadí	Název činnosti/opatření	Charakteristika činnosti/opatření	Provádí	Poznámka
3.2	Průzkum aktuální situace v místě havárie	Předání zjištěných informací o havárii na OS HZS Zlínského kraje z důvodu potřeby vyhodnocení možného šíření uniklé nebezpečné látky.	Zasahující jednotka ÚO HZS Kroměříž	
4	Předání informace o havárii	Na základě výsledků průzkumu a následného zhodnocení situace jsou předány informace o havárii ostatním dotčeným subjektům.	OS HZS Zlínského kraje	
5	Varování obyvatelstva v okolí havárie	Provedení varování v okolí místa vzniku havárie.	OS HZS Zlínského kraje	
6	Řešení vzniklé havárie	Soubor opatření vedoucích k eliminaci následků a dopadů vzniklé havárie.	Všichni účastníci řešení havárie	
6.9	Vypočítání/Vyhodnocení dosahu oblaku (šíření) nebezpečné látky	Na základě získaných informací vyhodnocena situace v místě havárie a přijata nezbytná bezpečnostní opatření. Pro vyhodnocení byl použit SW nástroj TEREX, pro výzkum byla následně použita i platforma ALOHA.	OS HZS Zlínského kraje	
7	Ukončení řešení havárie	Ukončení činnosti přímo souvisejících s řešením havárie.	Zasahující jednotka ÚO HZS Kroměříž	
8	Obnovení postiženého území	Obnovení poškozeného území následky havárie.	Dotčené subjekty	

## 10 MODELOVÁNÍ V PROGRAMU TEREX

V demoverzi programu TEREX byl zvolen model úniku PUFF, který značí jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku. Celkem se v cisterně nacházelo 28 tun amoniaku, z toho uniklo 1000 kilogramů. Vstupní data:

- Stanovení nebezpečné látky (Amoniak) a její skupenství (kapalný plyn), jako další byl stanoven model úniku (PUFF).
- Následné stanovení rychlost úniku kapaliny ze zařízení (jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku = PUFF, v tomto kroku lze změnit i model zadáním déletrvajícího úniku vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku PLUME).
- Další vstupní informací je teplota kapaliny v zařízení, která odpovídá venkovní teplotě 10 °C, automaticky se vyplní i jednotky ve stupních Fahrenheit.
- Následující vstupní informací je celkové uniklé množství kapaliny v tomto případě se jednalo o 1000 kg i zde se automaticky vyplní hodnota v jiných jednotkách, a to v librách.
- Následně byla vyplněna rychlost větru v přízemní vrstvě, tato hodnota činila 1 m/s. Vyplněna byla automaticky i hodnota v přepočtu na stopách za sekundu.
- Dalším vstupním údajem, který se mění v závislosti na atmosférické stálosti je pokrytí oblaky (v případě konvekce stanovena na 0 %, izotermie 100 % a inverze 37,5 %).
- Je zde možnost zvolení sprejového efektu, který byl v tomto případě zvolen (značí, zda při úniku došlo k rozstříku kapaliny).
- Následně je nutno vybrat dobu vzniku a průběhu havárie (v případě konvekce byla zvolena možnost Den – Jaro). Je zde možnost vybrat:
  - Noc, ráno nebo večer.
  - Den – Léto.
  - Den – Zima.
  - Den – Jaro.
  - Den – Podzim.

- Jako posledním základním údajem, dle vstupní tabulky je typ povrchu ve směru šíření látky, na základě charakteristiky byla zvolena možnost rovina. Dále je na výběr:
  - Rovina.
  - Kultivovaná krajina.
  - Průmyslová plocha.
  - Zemědělská krajina.
  - Obytná krajina.

TerEx - : PUFF - Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku

Látka: **Amoniak**  
 Skupenství: **Kapalný plyn** Model: **PUFF**

**Rvchlost úniku kapaliny ze zařízení**  
 Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku  
 Déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku

**Teplota kapaliny v zařízení**  
 10 °C 50,00 F

**Celkové uniklé množství kapaliny**  
 1000 kg 2204,59 lb

**Rychlost větru v přízemní vrstvě**  
 1 m/s 3,28 ft/s

**Pokrytí oblohy oblaky**  
 0 %

**Charakter úniku kapaliny ze zařízení**  
 Sprejový efekt

**Doba vzniku a průběhu havárie**  
 Noc, ráno nebo večer  Den - Léto  Den - Zima  
 Den - Jaro  Den - Podzim

**Typ povrchu ve směru šíření látky**  
 Rovina  Kultivovaná krajina  Průmyslová plocha  
 Zemědělská krajina  Obytná krajina

Základní Výpočet

Obr. 10 Vstupní informace TEREX (Vlastní)

Po zadání těchto údajů se objeví prvotní graf s názvem: „Ohrožení osob toxickou látkou“. Je zde vypočtena i nezbytná evakuace a jako poslední je uvedeno „Typ stopy“, tento typ tvoří graf o dvou výsečích a dvou kruzích (červené části představují oblasti ohrožené výbuchem či požárem, modré části představují ohrožení působením toxické látky).

Ohrožené oblasti:

- Červená kruhová výseč značící ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku, zde jsou lidé vystaveni přímému působení amoniaku.
- Modrá kruhová výseč značící ohrožení osob toxickou látkou.
- Červený kruh značící ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem.
- Modrý kruh značící doporučený průzkum toxické koncentrace.

TerEx Verze 3.1.1	11:00:54 13.04.2021	Neregistrovaná verze DEMO
Událost: TE210413_1100		
Model: PUFF - Jednorázový únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku		
Látka: Amoniak		
Teplota kapaliny v zařízení: 10 °C		
Celkové uniklé množství kapaliny: 1000 kg		
Rychlost větru v přízemní vrstvě: 1 m/s		
Pokrytí oblohy oblaky: 0 %		
Doba vzniku a průběhu havárie: Den - Jaro		
Typ atmosférické stálosti: A - konvekce		
Typ povrchu ve směru šíření látky: Rovina		
<p>Ohrožení osob toxickou látkou  <b>NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 294 m (964,567 ft.)</b>          [ Koncentrace: 1,058 g/m<sup>3</sup> ]          Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku          [ Koncentrace IDLH: 210 mg/m<sup>3</sup> (Aktuální: 208,8 mg/m<sup>3</sup>) ]</p>		
<p>Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku  <b>NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 67 m (219,816 ft.)</b></p>		
<p>Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním  <b>NUTNÝ ODSUN OSOB 136,5 m (447,835 ft.)</b></p>		
<p>Závažné poškození budov  <b>NEZBYTNÁ EVAKUACE OSOB 107,5 m (352,69 ft.)</b></p>		
<p>Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem  <b>DOPORUČENÁ EVAKUACE OSOB Z BUDOV DO VZDÁLENOSTI 212,5 m (697,179 ft.)</b></p>		

Ohrožení osob toxickou látkou

**Typ stopy**

- 496 m : Doporučený průzkum toxické koncentrace do vzdálenosti od místa úniku
- 212,5 m : Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
- 67 m : Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku
- 294 m : Ohrožení osob toxickou látkou

**EVAKUACE DO VZDÁLENOSTI 294 m**

OK

Obr. 11 Výstup TEREX (Vlastní)

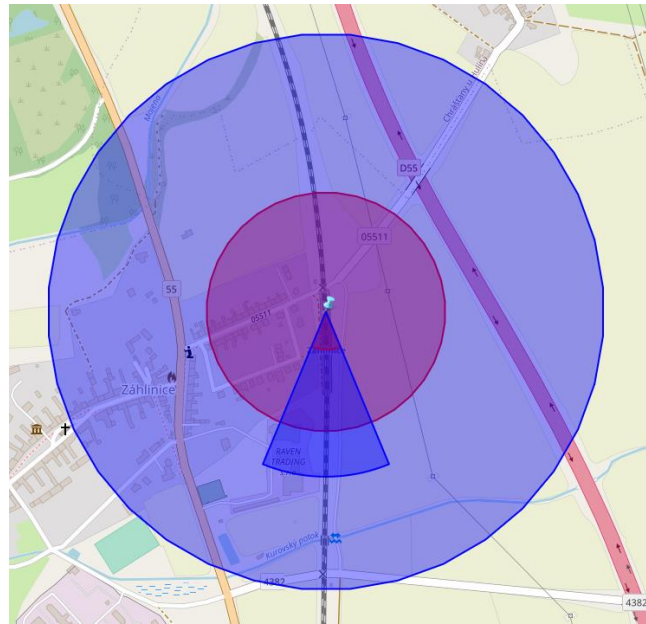
## Výsledky modelování

### Konvekce

Závažnost případné havárie je rozčleněna do několika oblastí. Ohrožení osob toxickou látkou je dle grafu:

- Červená kruhová výseč – 67 m.
- Modrá kruhová výseč – 294 m.
- Červená výseč – 212,5 m.
- Modrá výseč – 496 m.

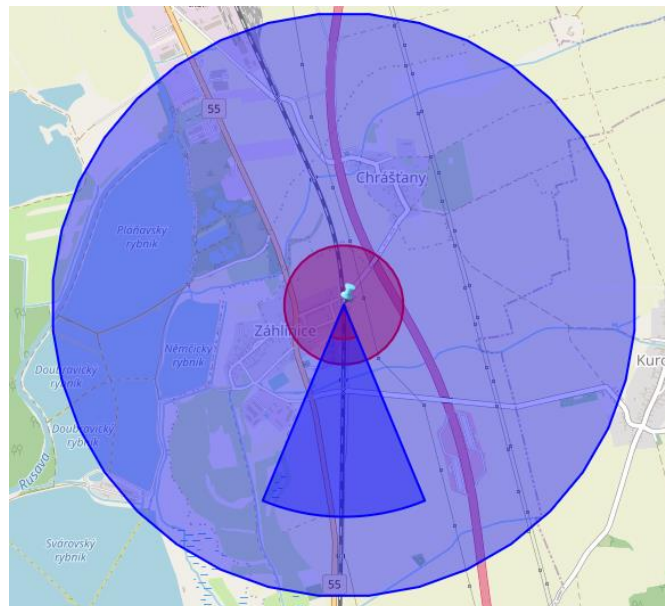




Obr. 12 Výsledek modelování TEREX – konvekce (Vlastní)

### Inverze

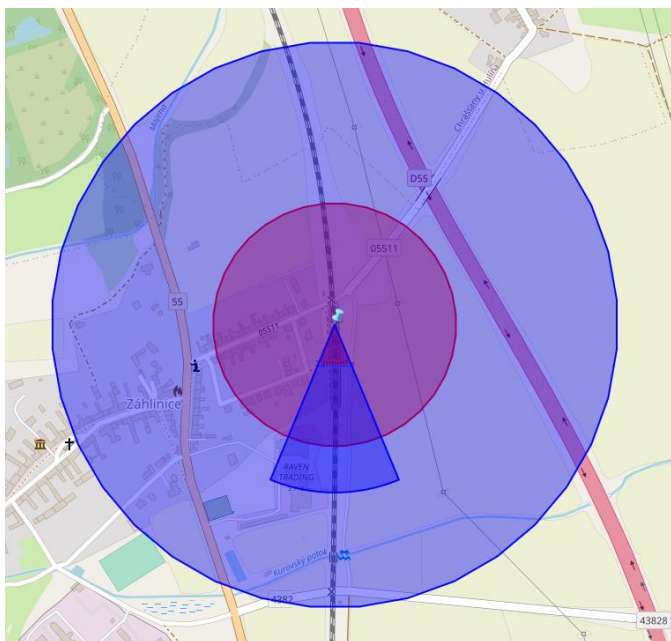
- Červená kruhová výseč – 185 m.
- Modrá kruhová výseč – 1149 m.
- Červená výseč – 323 m.
- Modrá výseč – 1583 m.



Obr. 13 Výsledek modelování TEREX – inverze (Vlastní)

**Izotermie**

- Červená kruhová výseč – 120 m.
- Modrá kruhová výseč – 663 m.
- Červená výseč – 262 m.
- Modrá výseč – 1013 m.



Obr. 14 Výsledek modelování TEREK – izotermie (Vlastní)

Tab. 13 Souhrnné informace TEREK (Vlastní)

	Ohrožení osob toxickou látkou		Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku	Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním	Závažné poškození budov	Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem
	Nezbytná evakuace osob	Doporučený průzkum	Nezbytná evakuace osob	Nutný odsun osob	Nezbytná evakuace osob	Doporučená evakuace osob z budov
<b>Inverze</b>	1 149 m	1 583 m	185 m	247 m	218 m	323 m
<b>Izotermie</b>	663 m	1 013 m	120 m	186 m	157 m	262 m
<b>Konvekce</b>	294 m	496 m	67 m	136,5 m	107,5 m	212,5 m

## 11 MODELOVÁNÍ V PROGRAMU ALOHA

### Lokalita

V tomto programu bylo prvotní vstupní informací nastavení lokace. Jelikož se jedná o americký program v databázi se nachází pouze místa nacházející se v USA, ale je zde i možnost přidat vlastní lokaci.

- Název lokace Železniční přejezd Hulín-Záhlinice, Česká republika.
- Nadmořská výška 191 m. n. m.
- GPS souřadnice: 49.2911579 N, 17:4911975 E, které určí v programu MARPLOT následnou pozici úniku.
- Název země a standardní čas -2 hodiny v tomto případě.

### Datum a čas

- Datum bylo zadáno 13. 4. 2021 a čas pro inverzi (7:00), pro konvekci a izotermii (12:00).

### Chemická látka

- Dalším podstatným parametrem bylo vybrání chemické látky v tomto případě čistého amoniaku, po zvolení této možnosti byly načteny do programu všechny potřebné informace o látce (molekulární hmotnost, bod varu a bod mrazu).

### Atmosférická data

- Rychlost větru 1 m/s.
- Směr větru 0°.
- Výška měření nad zemí 3 m.
- Teplota vzduchu 10 °C.
- Následně byli vyplňovány informace, které byly specifické, pro každý druh atmosférické stálosti jsou to:
  - Pokrytí oblohy oblaky (škála 1-10) v případě inverze byla vybrána hodnota 3, pro izotermii hodnota 10 a konvekci 0.

- Třída stability atmosféry pro konvekci a izotermii stanovena na hodnotě D, pro inverzi hodnota F.
- Dalším zadávaným údajem, který byl specifický pro jeden typ atmosférické stálosti, inverzi byla výška inverze stanovena na 100 m.
- Vlhkost (škála 0-100 %) pro inverzi byla stanovena hodnota 38 % (liší se od TEREXU, protože v tomto poli nebylo možné použít hodnotu 37,5 %, lze použít pouze celá čísla), pro konvekci 0 % a izotermii 100 %.

### **Rozměry cisterny**

- Postavení cisterny, v tomto případě byla zvolena horizontální postavení cisterny.
- Šířka cisterny 3 m.
- Délka cisterny 20 m.
- Objem cisterny 141 m<sup>3</sup>.
- Skupenství kapalné.
- Teplota chemické látky 10 °C.
- Množství amoniaku v cisterně 28 tun.
- Množství uniklé látky 1 000 kg.
- Procentuální naplněnost cisterny 28 %.
- Velikost uniklého otvoru 2 cm.

```
File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help
SITE DATA:
Location: ŽELEZNIENI PØEJEZJD HULIN -, ÈESKÁ REPUBLIKA
Building Air Exchanges Per Hour: 0.33 (unsheltered single storied)
Time: April 13, 2021 0700 hours DST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: AMMONIA
CAS Number: 7664-41-7 Molecular Weight: 17.03 g/mol
AEGL-1 (60 min): 30 ppm AEGL-2 (60 min): 160 ppm AEGL-3 (60 min): 1100 ppm
IDLH: 300 ppm LEL: 150000 ppm UEL: 280000 ppm
Ambient Boiling Point: -33.9° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 1 meters/second from 0° true at 10 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths
Air Temperature: 10° C Stability Class: F
Inversion Height: 100 meters Relative Humidity: 38%

SOURCE STRENGTH:
Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 3 meters Tank Length: 20 meters
Tank Volume: 141 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 10° C
Chemical Mass in Tank: 28 tons Tank is 28% full
Circular Opening Diameter: 2 centimeters
Opening is 0 centimeters from tank bottom
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 292 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 17,245 kilograms
Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).
```

*Obr. 15 Vstupní údaje program ALOHA(Vlastní)*

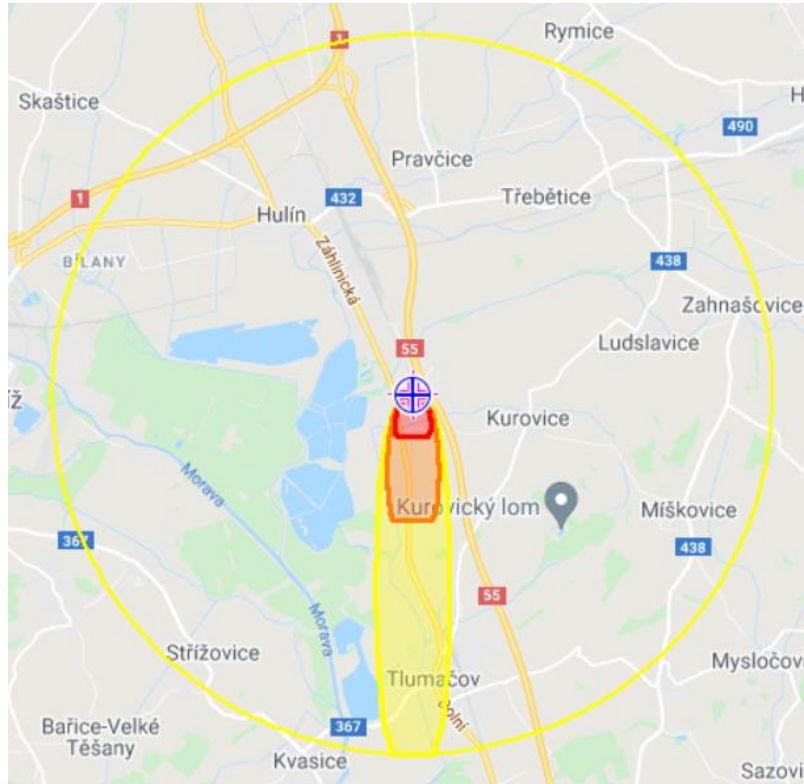
## Výsledky modelování

Po zadání všech vstupních dat.

### Inverze:

- Ohrožení osob toxickou látkou:
  - Nezbytná evakuace osob do 616 m.
  - Zóna ohrožení 1 900 m.
  - Doporučený průzkum toxikologické koncentrace 5 400 m od místa úniku.
- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku:
  - Nezbytná evakuace osob:
    - Červená zóna 62 m.
    - Žlutá zóna 135 m.
- Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním:
  - Nutný odsun osob 3,5 psi.

- Závažné poškození budov:
  - Nezbytná evakuace osob 8,0 psi.
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem:
  - Doporučená evakuace osob z budov do vzdálenosti 1,0 psi.

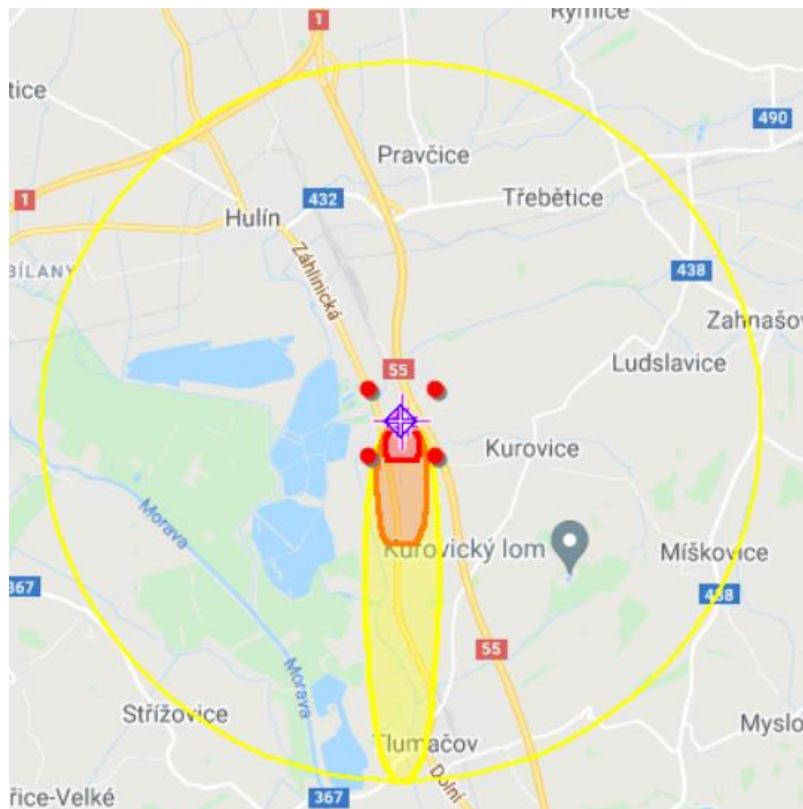


Obr. 16 Výsledek modelování ALOHA – inverze (Vlastní)

#### Izotermie:

- Ohrožení osob toxickou látkou:
  - Nezbytná evakuace osob do 510 m.
  - Zóna ohrožení 1 600 m.
  - Doporučený průzkum toxikologické koncentrace 4 800 m od místa úniku.
- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku:
  - Nezbytná evakuace osob:
    - Červená zóna 62 m.
    - Žlutá zóna 135 m.

- Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním:
  - Nutný odsun osob 3,5 psi.
- Závažné poškození budov:
  - Nezbytná evakuace osob 8,0 psi.
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem:
  - Doporučená evakuace osob z budov do vzdálenosti 1,0 psi.



Obr. 17 Výsledek modelování ALOHA – izotermie (Vlastní)

### Konvekce:

- Ohrožení osob toxickou látkou:
  - Nezbytná evakuace osob do 510 m.
  - Zóna ohrožení 1 600 m.
  - Doporučený průzkum toxikologické koncentrace 4 800 m od místa úniku.



- Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku:
  - Nezbytná evakuace osob:
    - Červená zóna 62 m.
    - Žlutá zóna 135 m.
- Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním:
  - Nutný odsun osob 3,5 psi.
- Závažné poškození budov:
  - Nezbytná evakuace osob 8,0 psi.
- Ohrožení osob uvnitř budov okenním sklem:
  - Doporučená evakuace osob z budov 1,0 psi.



Obr. 18 Výsledek modelování ALOHA – konvekce (Vlastní)



Tab. 14 Souhrnné výsledky modelování ALOHA (Vlastní)

	Ohrožení osob toxickou látkou			Ohrožení osob přímým prošlehnutím oblaku		Ohrožení osob mimo budovy závažným poraněním	Závažné poškození budov	Ohrožení osob uvnitř budov okením sklem
	Nezbytná evakuace osob	Zóna ohrožení	Doporučený průzkum	Nezbytná evakuace osob		Nutný odsun osob	Nezbytná evakuace osob	Doporučená evakuace osob z budov
				Červená zóna	Žlutá zóna			
<b>Inverze</b>	616 m	1 900 m	5 400 m	62 m	135 m	3,5 psi	8,0 psi	1,0 psi
<b>Izotermie</b>	510 m	1 600 m	4 800 m	62 m	135 m	3,5 psi	8,0 psi	1,0 psi
<b>Konvekce</b>	510 m	1 600 m	4 800 m	62 m	135 m	3,5 psi	8,0 psi	1,0 psi

## 12 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ V SOFTWAREVÝCH NÁSTROJÍCH

Tab. 15 Výstupní údaje ALOHA i TEREX (Vlastní)

	Ohrožení osob toxickou látkou					Ohrožení osob přímým pro- šlehnutím oblaku			Ohrožení osob mimo budovy zá- važným poraněním		Závažné poškození budov		Ohrožení osob uv- nitř budov okenním sklem	
	Nezbytná evakuace osob	Zóna ohrožení	Nezbytná evakuace osob	Doporučený prů- zkum		Nezbytná evakuace osob			Nutný odsun osob		Nezbytná evakuace osob		Doporučená evaku- ace osob z budov	
						Červená zóna	Žlutá zóna							
	ALOHA	ALOHA	TEREX	ALOHA	TEREX	ALOHA	ALOHA	TEREX	ALOHA	TEREX	ALOHA	TEREX	ALOHA	TEREX
<b>Inverze</b>	616 m	1 900 m	1 149 m	5 400 m	1 583 m	62 m	135 m	185 m	3,5 psi	247 m	8,0 psi	218 m	1,0 psi	323 m
<b>Izotermie</b>	510 m	1 600 m	663 m	4 800 m	1 013 m	62 m	135 m	120 m	3,5 psi	186 m	8,0 psi	157 m	1,0 psi	262 m
<b>Konvekce</b>	510 m	1 600 m	294 m	4 800 m	496 m	62 m	135 m	67 m	3,5 psi	136,5 m	8,0 psi	107,5 m	1,0 psi	212,5 m

- Nejvyšší rozdíl v hodnotách je znatelný ve vzdálenosti doporučeného průzkumu, kde tento rozdíl dosahuje nejvyšších hodnot při doporučeném průzkumu. Příčinnou tohoto rozdílu je způsob modelace obou programů.
- Znatelný rozdíl ve výsledcích programů ALOHA a TEREX je při inverzi, kdy je znesnadněna jakákoliv výměna vzduchu.
- Rozdíl lze vidět i při konvekci, kde program TEREX dosahuje velmi nízkých hodnot oproti hodnotám v izotermii a inverzi. To je zapříčiněno intenzivním prouděním vzduchu, avšak ALOHA je stále v podobném okruhu hodnot.

### Vizuální porovnání

- Zásadní rozdíl je ve způsobu modelace, SW TEREX modeluje v kruhových výsečích, zatímco SW ALOHA provádí modelaci na základě směru větru. Z tohoto důvodu je modelovaná oblast SW ALOHA jiného tvaru oproti SW TEREX. Výsledkem v SW ALOHA je tvarově nepravidelná oblast s delším dosahem nebezpečné látky od místa havárie, výsledkem SW TEREX je kruhová oblast s větším plošným dosahem nebezpečné látky od místa havárie.
- Dalším rozdílem, který lze pozorovat je vytyčení 4 kruhových zón na výsledcích ze SW TEREX (skládá se z červené kruhové výseče, červené výseče, modré kruhové výseče a modré výseče). SW ALOHA vymezuje 3 zóny připomínající oválný tvar (nebezpečná zóna – červená, zóna ohrožení toxickou látkou – oranžová a zóna doporučeného průzkumu – žlutá).

## 13 NÁVRHY NA ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI ŽELEZNIČNÍHO PŘEJEZDU

Klíčem k zabezpečení problematiky je upravení železničních přejezdů pro zamezení vzniku dopravních nehod. Nemůžeme ovlivnit meteorologické podmínky nebo zamezit lidské chybě při přepravě, ale můžeme se pokusit o omezení lidského faktoru, který je důvodem většiny dopravních nehod. V tomto případě bude práce dále zaměřována na způsoby zabezpečení železničních přejezdů. Z dlouhodobého hlediska je přeprava po železnici jako jedna z nejbezpečnějších druhů přeprav, ale pokud dojde k lidskému pochybení mají nehody rozsáhlé následky.

### 13.1 Bezpečnostní symboly

Bezpečnostní symboly slouží k upozornění řidiče nebo chodce na železniční přejezd a udávají hranici bezpečného zastavení.

#### Příčná čára souvislá

Jedním z neekonomičtějších, ale psychologicky je efektivním řešením je příčná čára souvislá (tzv. stopčára). S touto čarou se řidiči setkávají velmi často, je součástí převážné většiny křižovatek v České republice. Řidiči jsou zvyklí na této čáře zastavovat a upozorní je obecně na hranici zastavení na přejezdu. Tato čára bývá umístěna 2–4 metry před výstražným zařízením. Mimo jiné tyto čáry slouží k vymezení správné vzdálenosti, kde řidič může zastavit, pokud svítí výstražné znamení nebo jsou spuštěny závory. Řidič zastaví tak, aby měl dobrý rozhled a neohrozil sebe nebo vlakovou soupravu (Observatoř, 2012).



Obr. 19 Příčná čára souvislá (Observatoř, 2012)

### Optická psychologická brzda

Dalším efektivním a levným řešením vedoucím k zabezpečení železničního přejezdu je soustava čar, které se směrem k přejezdu zužují. Jedná se opět o psychologické řešení situace. Tato brzda byla zkonstruována ve vídeňském institutu EPIGUS a v Rakousku je tento systém hojně používán a ukazuje se jako velmi efektivní. Výhodou tohoto řešení je specifický tvar, který upozorní řidiče 20 metrů před přejezdem. Je tvořena pěti pásy o šířce 1 m a poslední pás zároveň plní funkci stopčáry. V České republice se tento systém je také užíván s velmi dobrými výsledky, z měření vyplývá snížení rychlosti vozidel přijíždějících k železničnímu přejezdu o 4 km/h (Observatoř, 2012).



*Obr. 20 Optická psychologická brzda (Observatoř, 2012)*

### Symbol výstražného kříže na vozovce

Dalším řešením v kategorii výstražných značek na silnici je symbol výstražného kříže. Výhodou tohoto znaku je jeho podvědomé spojení s železničním přejezdem. Lze ho využít tam, kde je žádoucí zvýraznění přejezdu i dalším opatřením a užití optické psychologické brzdy není praktické či potřebné. Tento způsob výstrahy je používán běžně v Itálii, Nizozemí, Kanadě a dalších zemích (Observatoř, 2012).





*Obr. 21 Symbol výstražného kříže na vozovce (Observatoř, 2012)*

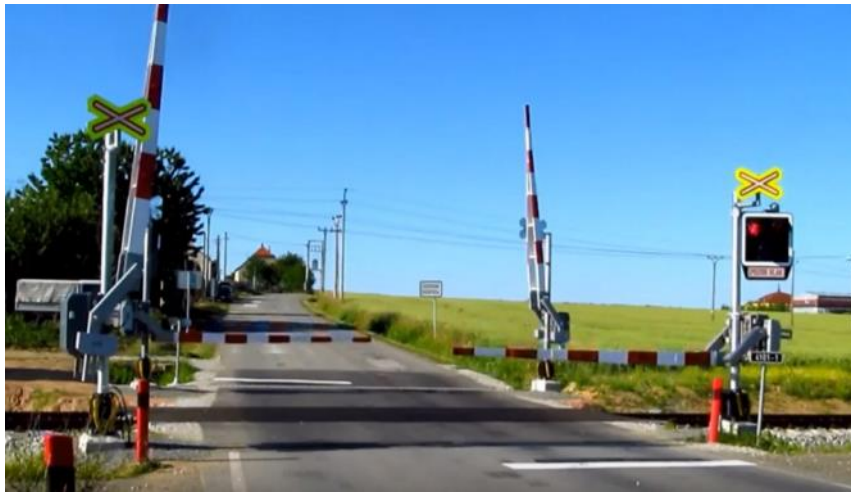
## **13.2 Závory**

Největší počet střetnutí s drážními vozidly na železničních přejezdech činí motorová vozidla přejíždějící přes železniční přejezd v době výstrahy. Dle zpracovaných statistik tvoří největší podíl na střetnutí s železničním vozidlem na železničních přejezdech tvoří řidiči motorových vozidel, kteří porušují zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích. Nejvyšší četnost přestupků je způsobena přehlížením světelné a zvukové signalizace, nepřesvědčení, zda se k přejezdu neblíží drážní vozidlo nebo objíždění sklopených závorových břevien (Zahradník, 2019). Za rok 2020 došlo na přejezdech celkem k 146 střetům motorového vozidla s drážním vozidlem. V průměru došlo k úmrtí osoby u každé třetí nehody a ke zranění osoby u dvou ze tří nehod (Kremlik).

### **Sekvenční sklápění břevien závor**

Určitým způsobem, jak snížit počet nehod motorového vozidla a drážního vozidla je sekvenční sklápění břevien závor. Tento způsob funguje na principu rozdělení závor na dvě menší na každé straně místo jedné a dává tak možnost řidiči, který vjel na přejezd v době výstrahy čas na opuštění železničního přejezdu.

Závora na pravé straně se sklopí dříve a závora na levé straně se klopí o několik vteřin později. Tento způsob závor zabrání zbytečnému násilnému proražení závorového břevna (Zahradník, 2019).



*Obr. 22 První fáze sklápění břeven (Zahradník, 2019)*

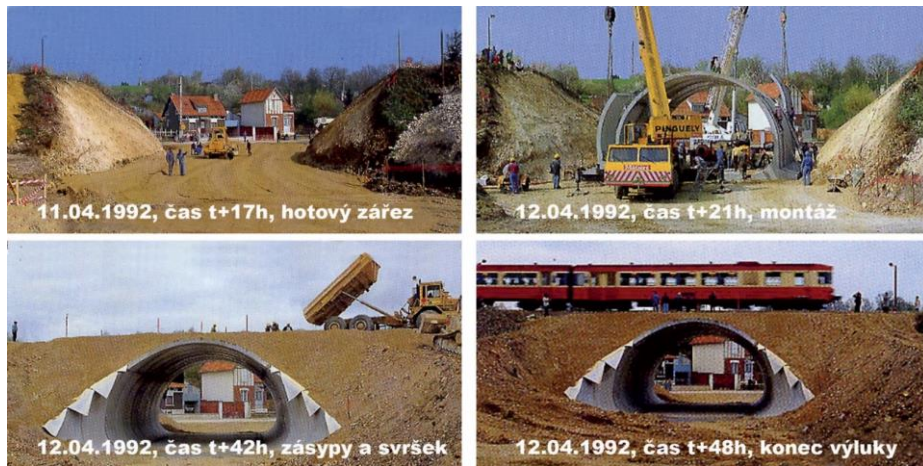


*Obr. 23 Druhá fáze sklápění břeven (Zahradník, 2019)*

### 13.3 Mimoúrovňové křížení

Při použití rámu nebo klenby je možnost vystavění podjezdu, který by zabránil jakémukoliv kontaktu motorového vozidla s vlakovou soupravou. Toto řešení můžeme nazvat trvalým v případě nehodovosti na železničních přejezdech, ale jedná se o finančně náročné řešení. Výhodou při výstavbě železničního mostu je rychlá a bezpečná montáž. Nosnou konstrukci je možné smontovat během 12-20 hodin, zhotovení celého mostu závisí na počtu nasazené techniky. Například v roce 1992 byl zhotoven ve Venette, Francie kompletně celý most během 48hodinové výluky (Bulejko a ABM Europe, 2018).





Obr. 24 Podjezd Venette (Bulejko a ABM Europe, 2018)

Za použití rámu nebo klenby lze vybudovat i nadjezd, který zabrání jakémukoliv kontaktu motorového vozidla s vlakovou soupravou. I u tohoto řešení lze konstatovat, že je trvalé, ale opět finančně náročné. K vybudování silničního nadjezdu je třeba mobilní jeřáb. Výhodou tohoto nadjezdu je bezúdržbovost, díky absenci ložisek a mostních závěrů. Zde obvykle trvá výstavba 4 dny. Například v roce 2011 byl zhotoven na trati Žatec – České Zlatníky kompletní most v rámci 4 dní za pomoci jednoho 350 t jeřábu a dvou pracovních plošin (Bulejko a ABM Europe, 2018).



Obr. 25 Nadjezd Žatec – České Zlatníky (Bulejko a ABM Europe, 2018)



## ZÁVĚR

Práce byla zaměřena na problematiku havárie s únikem nebezpečných látek, konkrétněji na dopravní nehodu nákladního vlaku, při které došlo k úniku nebezpečné látky (amoniaku).

V teoretické části byly shromážděny a popsány informace a podklady k předmětnému tématu, které vytvořili teoretický základ pro splnění daných cílů práce.

Hlavním cílem práce bylo na základě závěrů z vyhodnocené případové studie havárie s únikem nebezpečné látky pomocí softwarových nástrojů (ALOHA, TEREX) navrhnout případné změny v oblasti řešení dopravních nehod v železniční dopravě s únikem nebezpečných látek. Zpracované a vyhodnocené studie porovnávají výsledky z výše uvedených softwarových nástrojů za různých meteorologických podmínek.

Práce shrnuje předpisy pro všechny druhy přepravy nebezpečných chemických látek, které jsou používány na území České republiky.

Součástí této práce bylo poukázat na množství železničních přejezdů v České republice a na jejich nebezpečnost jak v železniční, tak i v silniční dopravě. Na základě statistik vyplývá, že k menšímu počtu střetnutí silničních vozidel s drážními vozidly dochází na přejezdech vybavených přejezdovým zabezpečovacím zařízením se světelnými závorami. Ve většině případů těchto nehod je to řidič motorového vozidla, který nedbá výstražnému zařízení, špatně se rozhlédne nebo objíždí sklopená břevna závory.

Závěrem lze konstatovat, že vytyčený cíl práce byl splněn.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

95/50/ES: SMĚRNICE RADY 95/50/ES ze dne 6. října 1995 o jednotných postupech kontroly při silniční přepravě nebezpečných věcí, 1995. In: 95/50. Dostupné také z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=31995L0050>

About OTIF. OTIF: Intergovernmental Organisation for International Carriage by Rail [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: [http://otif.org/en/?page\\_id=15](http://otif.org/en/?page_id=15)

ALOHA Software. EPA: United States Environmental Protection Agency [online]. 1-17 [cit. 2021-04-21]. ISBN 1805-5656. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>

BARTA, Jiří a Tomáš LUDÍK, 2012. ALOHA – modelování a simulace (Studijní pomůcka pro předmět KRIZOVÉ SCÉNAŘE). Brno: Univerzita obrany Fakulta ekonomiky a managementu Katedra ochrany obyvatelstva. Dostupné také z: [https://www.edpp.cz/hul\\_charakteristika-zajmoveho-uzemi/](https://www.edpp.cz/hul_charakteristika-zajmoveho-uzemi/)

BULEJKO, Pavel a ABM EUROPE, 2018. Mimoúrovňová křížení na železnicích – příklady bezpečné a rychlé realizace. ASB [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/inzenyrsk-stavby/doprava/mimourovnova-krizeni-na-zeleznicich-priklady-bezpecne-a-rychle-realizace>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2000. Zákon č. 239/2000 Sb.: Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. Praha: Parlament ČR, číslo 239. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2000. Zákon č. 240/2000 Sb.: o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon). In: . Praha: Parlament ČR, ročník 2000. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-240>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2000. Zákon č. 258/2000 Sb.: o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: . Praha: Parlament ČR, ročník 2000. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2008. Zákon č. 273/2008 Sb.: o Policii České republiky. In: . Praha: Parlament ČR, ročník 2008. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-273>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2011. Zákon č. 350/2011 Sb.: Zákon o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). In: Praha: Parlament ČR, ročník 2011. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-350>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2015. Zákon č. 224/2015 Sb.: Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o

změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií). In: Praha: Parlament ČR, ročník 2015. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-224>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2015. Zákon č. 320/2015 Sb.: Zákon o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru). Praha: Parlament ČR, číslo 320. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-320?cite=1>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2016. Zákon č. 263/2016 Sb.: Zákon atomový zákon. In: Praha: Parlament ČR, 263/2016. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-263>

ČESKÁ REPUBLIKA, 2017. Sdělení č. 42/2017 Sb. m. s.: Sdělení Ministerstva zahraničních věcí o přijetí konsolidovaného seznamu změn a doplňků k přílohám Evropské dohody o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách (ADN). In: ročník 2017. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/ms/2017-42>

ČESKOSLOVENSKÁ REPUBLIKA, 1985. Zákon č. 133/1985 Sb.: Zákon České národní rady o požární ochraně. In: . Česká národní rada, ročník 1985. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1985-133>

E-CHEMBOOK.EU, 2021. Základní vlastnosti látek. E-chembook.eu [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <http://e-chembook.eu/zakladni-vlastnosti-latek>

EVROPSKÁ AGENTURA PRO BEZPEČNOST A OCHRANU ZDRAVÍ PŘI PRÁCI, 2021. CLP – klasifikace, označování a balení látek a směsí. Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/cs/themes/dangerous-substances/clp-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures>

EVROPSKÁ HOSPODÁŘSKÉ KOMISE, 2020. ADR: Dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí. New York a Geneva: United Nations. Dostupné také z: [https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-\(1\)/Preprava-nebezpecnych-veci-dohoda-adr/Dohoda-ADR-2021](https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-(1)/Preprava-nebezpecnych-veci-dohoda-adr/Dohoda-ADR-2021)

HULÍN, 2010. Charakteristika zájmového území. Dostupné také z: [https://www.edpp.cz/hul\\_charakteristika-zajmoveho-uzemi/](https://www.edpp.cz/hul_charakteristika-zajmoveho-uzemi/)

HULÍN, 2014. PROGRAM ROZVOJE MĚSTA HULÍN. Dostupné také z: <https://www.obcepro.cz/program-rozvoje-obce-242.modal>

ICAO, 2021. The History of ICAO and the Chicago Convention. ICAO: UNITING AVIATION A UNITED NATIONS SPECIALIZED AGENCY [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.icao.int/about-icao/History/Pages/default.aspx>

IMO, 2021. The International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code. IMO: International maritime organization [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/DangerousGoods-default.aspx>

IN-POČASÍ, 2021. Pojmy z meteorologie. In – Počasí [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/pojmy-meteorologie/>

KONEČNÝ, Pavel a Jiří MILETÍN, 1997–2021. Všeobecné předpisy a předpisy související s přepravou nebezpečných věcí: Mezinárodní předpisy. Dopravní logistika [online]. Dashöfer Holding [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: [https://www.dlprofi.cz/33/vseobecne-predpisy-a-predpisy-souvisejici-s-prepravou-nebezpecnych-veci-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EvxbFIvwckMLMF0SRgJG\\_1c/](https://www.dlprofi.cz/33/vseobecne-predpisy-a-predpisy-souvisejici-s-prepravou-nebezpecnych-veci-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EvxbFIvwckMLMF0SRgJG_1c/)

Konvekce, 2021. Meteo aktuality: Seriózně o počasí [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.pocasimeteoaktuality.cz/meteorologie/konvekce/>

KRÁLOVÁ, Magda. Meteorologie. Techmania: Science Center [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/meteorologie/meteorologie>

KUBALOVÁ, Milena, 2013. Posouzení rizik železniční přepravy čpavku z hlediska ochrany obyvatelstva. Ostrava. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Aleš Bernatík.

MÁLEK, Zdeněk a Miroslav TOMEK, 2013. Logistika přepravy nebezpečných látek: Cvičebnice. Zlín: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-7454-297-8.

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2019. Ročenka dopravy České republiky: Transport Yearbook Czech Republic [online]. In.: 1–170 [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: [https://www.sydos.cz/cs/rocenka\\_pdf/Rocenka\\_dopravy\\_2019.pdf](https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2019.pdf)

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2021. Předpisy EU - ADR. Ministerstvo dopravy [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: [https://www.mdcz.cz/Zivotni-situace/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-\(1\)/Preprava-nebezpecnych-veci-a-zkazitelnych-potravin/Dohoda-ADR/Predpisy-EU-ADR?lang=en-GB](https://www.mdcz.cz/Zivotni-situace/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-(1)/Preprava-nebezpecnych-veci-a-zkazitelnych-potravin/Dohoda-ADR/Predpisy-EU-ADR?lang=en-GB)

OBSERVATOŘ, 2012. Úpravy dopravního značení pro zvýšení bezpečnosti na železničních přejezdech. Observatoř [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.czrso.cz/clanek/upravy-dopravniho-znaceni-pro-zvyseni-bezpecnosti-na-zeleznicnich-prejezdech/?id=1562>

ORLEN UNIPETROL, 2021. Amoniak Bezpečnostní list: podle nařízení (ES) č. 1907/2006 (REACH) ve změně nařízení (EU) 2015/830. 8(4). 75 s. Dostupné také z: [https://www.unipetrolpa.cz/CS/NabidkaProduktu/petrochemicke-produkty/agrochemikalie/Documents/Amoniak\\_CZ\\_8.4.pdf](https://www.unipetrolpa.cz/CS/NabidkaProduktu/petrochemicke-produkty/agrochemikalie/Documents/Amoniak_CZ_8.4.pdf)

PERTLÍK, Jindřich, Ladislav KLEGER a Petr VÁLEK, 2021. Amoniak (čpavek). Arnika [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://arnika.org/amoniak-cpavek>

POŽÁRNÍ OCHRANA. 37 Přeprava nebezpečných látek. Požární ochrana [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <http://pozarniochrana.netstranky.cz/temata/37-preprava-nebezpecnych-latek.html>

POŽÁRY, 2012. Hazchem a Diamant – označování nebezpečných látek při silniční přepravě. Požáry.cz [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/50602-hazchem-a-diamant-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>

PRINC, Ivan, 2021. Téma 2: Radiační a chemický průzkum, dozimetrická a chemická kontrola, meteorologie: Ochrana obyvatelstva při řešení chemických a radiačních havárií.

PROCHÁZKOVÁ, Dana et al., 2014. Kritické vyhodnocení přepravy nebezpečných látek po pozemních komunikacích v ČR. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství. ISBN 978-80-01-05599-1.

Přehled a možnosti informačních systémů pro modelování krizových situací. OVČÁČÍK, Radek. Ochrana a Bezpečnost - 2014-2015. Praha: Ochrana a bezpečnost o. s., 1-17. ISBN 1805-5656. Dostupné také z: [http://www.ochab.ezin.cz/O-a-B\\_2014-2015\\_B/2014-2015\\_B\\_08\\_ovcacik.pdf](http://www.ochab.ezin.cz/O-a-B_2014-2015_B/2014-2015_B_08_ovcacik.pdf)

RACKO, Stanislav. Teplotní inverze. Infomet: weather info [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/meteorologie/meteorologie>

Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (RID) pro rok 2019, 2019. Dopravní logistika [online]. Dashöfer Holding [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.dlprofi.cz/33/rad-pro-mezinarodni-zeleznicni-prepravu-nebezpecnych-veci-rid-pro-rok-2017-uniqueidgOke4NvrWuMEMvw3uZ-DmFho8GDVm8uOQyYYnY8H0RxA/>

- SAID, 2017. Bezpečnostní list: podle nařízení (ES) č. 1907/2006 (REACH) ve změně nařízení (EU) 2015/830. 2.0. 15 s. Dostupné také z: [https://www.siad.com/cs/bezpecnost/bezpecnostni-list-materialu?p\\_p\\_id=com\\_liferay\\_sheet\\_portlet\\_SecuritySheetPortlet\\_INSTANCE\\_T7lbJDQJQNxs&p\\_p\\_lifecycle=2&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_cacheability=cacheLevelPage&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_pos=2&p\\_p\\_col\\_count=5&\\_com\\_liferay\\_sheet\\_portlet\\_SecuritySheetPortlet\\_INSTANCE\\_T7lbJDQJQNxs\\_filename=00002\\_LIQ\\_CZ.pdf](https://www.siad.com/cs/bezpecnost/bezpecnostni-list-materialu?p_p_id=com_liferay_sheet_portlet_SecuritySheetPortlet_INSTANCE_T7lbJDQJQNxs&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=2&p_p_col_count=5&_com_liferay_sheet_portlet_SecuritySheetPortlet_INSTANCE_T7lbJDQJQNxs_filename=00002_LIQ_CZ.pdf)
- SMETKOVÁ, Lucie. Analýza a vyhodnocení rizik přepravy nebezpečných látek v železniční dopravě. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2018, 86 s. (110 931). Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/44033>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta logistiky a krizového řízení, Ústav logistiky. Vedoucí práce Strohmandl, Jan.
- SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2020. Přejezdy v číslech. Správa železnic [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/o-nas/bezpecna-zeleznice/bezpecnost-na-prejezdech/prejezdy-v-cislech>
- SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2020. Základní charakteristika železniční sítě. Správa železnic [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/o-nas/vse-o-sprave-zeleznic/zeleznice-cr/zeleznicni-sit-v-cr>
- SVOBODOVÁ, Ivana, 2010. Přeprava nebezpečného zboží námořní přepravou. Pardubice. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice Doprvní fakulta Jana Pernera.
- TOMEK, Miroslav, 2018. Opory pro předmět Přeprava nebezpečných věcí. Uherské Hradiště: Uherské Hradiště [i.e. Ve Zlíně]: Univerzita Tomáše Bati.
- VANDAS, David, 2014. Přepravy nebezpečných látek na území České republiky. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 103 s. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zdravotně sociální fakulta Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva. Vedoucí práce Ing. Jarmil Valášek, Ph.d., MBA.
- VĚŽNÍKOVÁ, Hana, 2014. Transport nebezpečných látek a odpadů. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-3507-5.
- Who we are, 2021. FIATA: The global voice of freight logistic [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://fiata.com/who-we-are.html>
- ZAHRADNÍK, Jiří, 2019. Zvýšení bezpečnosti železničních přejezdů. Zlín. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta aplikované informatiky. Vedoucí práce Ing. Lubomír Macků, Ph. D.

ZÁCHRANNÝ KRUH, 2021. Havárie – Radioaktivní látky. Záchranný kruh [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.zachranny-kruh.cz/mimoradne-udalosti/havarie/havarie-radioaktivni-latky.html>

Železniční přejezd P8172 Hulín – Záhlinice, 2014. In: Nebezpečné železniční přejezdy [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.mapotic.com/nebezpecne-zeleznicni-prejezdy/54386-pzz-p-8172-km-165570-hulin-zahlinice>

Železniční přejezd P8172 Hulín – Záhlinice, 2021. In: Mapy.cz [online]. [cit. 2021-04-21].

Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?vlastni-body&x=17.4911653&y=49.2923108&z=17&ut=%C5%BDe-lezni%C4%8Dn%C3%AD%20p%C5%99ejezd%20P8172%20Hul%C3%ADn%20-%20Z%C3%A1hlinice&uc=97n4sx8V7F&ud=49%C2%B017%2732.168%22N%2C%2017%C2%B029%2728.195%22E>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ADR	L'Accord européen relatif au transport international des marchandises
AND	European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways
CLP	Classification, labelling and packaging of substances and mixtures
ČR	Česká republika
EHK OSN	Evropská hospodářská komise OSN
ES	Evropský parlament a Rada
EU	Evropská Unie
FIATA	Fédération Internationale des Associations de Transitaires et Assimilés
GHS	Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemických látek
HZS SŽDC	Hasičská záchranná služba Správy železniční dopravní cesty
IATA DGR	International Air Transport Association
ICAO T. I.	International Civil Aviation Organization
IMDG CODE	International Convention for the Safety of Life at Sea
OSJD	Organisation for Cooperation of Railways
OSN	Organizace spojených národů
OTIF	Intergovernmental Organisation for International Carriage by Rail
RID	Regulations Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail
SW	Softwarový nástroj
UIC	International union of railways
ÚO HZS	Územní odbor Hasičského záchranného sboru
USA	United States of America
ZZS	Zdravotnická záchranná služba



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1 Příčiny dopravních nehod (Procházková et al., 2014)</i> .....	21
<i>Obr. 2 Oranžová tabulka (Požáry, 2012)</i> .....	27
<i>Obr. 3 Značení systému HAZCHEM (Požáry, 2012)</i> .....	29
<i>Obr. 4 Systém značení Diamant (Požáry, 2012)</i> .....	29
<i>Obr. 5 Značení cisterny převážející chlor (Požární ochrana)</i> .....	30
<i>Obr. 6 Mapa železničních přejezdů, na kterých se mezi roky 2013-2017 udála nehoda vlaku s motorovým vozidlem. (Železniční přejezd P8172 Hulín-Záhlinice, 2014)</i> .....	31
<i>Obr. 7 Mapový výstřižek s označeným přejezdem číslo P8172 Hulín-Záhlinice (Železniční přejezd P8172 Hulín-Záhlinice, 2014)</i> .....	41
<i>Obr. 8 Mapa s označeným přejezdem číslo P8172 Hulín-Záhlinice (Železniční přejezd P8172 Hulín-Záhlinice, 2014)</i> .....	41
<i>Obr. 9 Přímý pohled na místo havárie (Železniční přejezd P8172 Hulín-Záhlinice, 2014)</i>	42
<i>Obr. 10 Vstupní informace TEREX (Vlastní)</i> .....	47
<i>Obr. 11 Výstup TEREX (Vlastní)</i> .....	48
<i>Obr. 12 Výsledek modelování TEREX – konvekce (Vlastní)</i> .....	49
<i>Obr. 13 Výsledek modelování TEREX – inverze (Vlastní)</i> .....	49
<i>Obr. 14 Výsledek modelování TEREX – izotermie (Vlastní)</i> .....	50
<i>Obr. 15 Vstupní údaje program ALOHA (Vlastní)</i> .....	53
<i>Obr. 16 Výsledek modelování ALOHA – inverze (Vlastní)</i> .....	54
<i>Obr. 17 Výsledek modelování ALOHA – izotermie (Vlastní)</i> .....	55
<i>Obr. 18 Výsledek modelování ALOHA – konvekce (Vlastní)</i> .....	56
<i>Obr. 19 Příčná čára souvislá (Observatoř, 2012)</i> .....	60
<i>Obr. 20 Optická psychologická brzda (Observatoř, 2012)</i> .....	61
<i>Obr. 21 Symbol výstražného kříže na vozovce (Observatoř, 2012)</i> .....	62
<i>Obr. 22 První fáze sklápění břevna (Zahradník, 2019)</i> .....	63
<i>Obr. 23 Druhá fáze sklápění břevna (Zahradník, 2019)</i> .....	63
<i>Obr. 24 Podjezd Venette (Bulejko a ABM Europe, 2018)</i> .....	64
<i>Obr. 25 Nadjezd Žatec – České Zlatínky (Bulejko a ABM Europe, 2018)</i> .....	64

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Souhrn informací o Amoniaku (Said, 2017), (Orlen Unipetrol, 2021)</i> .....	20
<i>Tab. 2 Četnost nákladní dopravy na území České republiky (Ministerstvo dopravy ČR, 2019)</i> .....	22
<i>Tab. 3 Třídy nebezpečných věcí dle ADR (Evropská hospodářská komise, 2020)</i> .....	24
<i>Tab. 4 Množství přepravovaných nebezpečných látek po silnicích 2010–2019 (Ministerstvo dopravy ČR, 2019)</i> .....	24
<i>Tab. 5 Množství přepravovaných nebezpečných látek železniční dopravou 2010–2019 (Ministerstvo dopravy ČR, 2019)</i> .....	25
<i>Tab. 6 Množství přepravovaných nebezpečných látek námořní dopravou 2010-2019 (Ministerstvo dopravy ČR, 2019)</i> .....	26
<i>Tab. 7 Význam číslic UN kódů (Požáry, 2012)</i> .....	27
<i>Tab. 8 Stanovení vertikální stálosti atmosféry (Princ, 2021)</i> .....	34
<i>Tab. 9 Stanovení vertikální stálosti atmosféry (Princ, 2021)</i> .....	35
<i>Tab. 10 Vstupní údaje pro modelaci (Vlastní)</i> .....	43
<i>Tab. 11 Scénář řešení (Barta a Ludík, 2012)</i> .....	44
<i>Tab. 12 Scénář řešení (Barta a Ludík, 2012)</i> .....	45
<i>Tab. 13 Souhrnné informace TEREK (Vlastní)</i> .....	50
<i>Tab. 14 Souhrnné výsledky modelování ALOHA (Vlastní)</i> .....	57
<i>Tab. 15 Výstupní údaje ALOHA i TEREK (Vlastní)</i> .....	58

