



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**PŘEPRAVA NEBEZPEČNÝCH LÁTEK (VĚCÍ) V RÁMCI
DOHODY ADR NA VYBRANÝCH SILNIČNÍCH ÚSECÍCH
V ČR**

**TRANSPORTATION OF HAZARDOUS SUBSTANCES
(ITEMS) UNDER THE ADR AGREEMENT ON SELECTED
ROAD SECTIONS IN THE CZECH REPUBLIC**

Bakalářská práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva

Studijní obor: Plánování a řízení krizových situací

Vedoucí práce: Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.

Sandra Kudrnová

Kladno, květen 2016

Z a d á n í b a k a l á ř s k é p r á c e

Student: **Sandra Kudrnová**
Obor: Plánování a řízení krizových situací
Téma: **Přeprava nebezpečných látek (věcí) v rámci dohody ADR na vybraných silničních úsecích v ČR**
Téma anglicky: Transportation of Hazardous Substances (Items) Under the ADR Agreement on Selected Road Sections in the Czech Republic

Zásady pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude zjistit současnou frekvenci přepravy nebezpečných látek (věcí) na vybraných silničních úsecích. V teoretické části bude popsána problematika přepravy nebezpečných látek (věcí) po silnici v rámci Dohody ADR (Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí). V praktické části bude provedeno zhodnocení hustoty přepravy nebezpečných látek (věcí) na vybraných silničních úsecích, a to na základě vlastního pozorování. Na základě vyhodnocených dat bude provedeno posouzení, které nebezpečné látky (věci) jsou na vybraných silničních úsecích nejčastěji přepravovány. Na základě zpracovaného scénáře bude v práci rovněž namodelován dopad havárie s únikem nebezpečné látky pomocí softwarového nástroje.

Seznam odborné literatury:

- [1] MILETÍN, Jiří a KONEČNÝ, Pavel, ADR 2015: přeprava nebezpečných věcí po silnici: příručka pro školení řidičů a osob podílejících se na přepravě nebezpečných věcí dle Dohody ADR, M Konzult s.r.o., 2015, ISBN 978-80-902202-4-9
[2] ČAPOUN, Tomáš a kol., Chemické havárie, MV-GŘ HZS ČR, 2009, ISBN 978-80-86640-64-8
[3] SKŘEHOT, Petr a kol., Prevence nehod a havárií, 1. díl: Nebezpečné látky a materiály, ed. 1., PINK PIG, 2009, ISBN 978-80-86973-70-8

zadání platné do: 11.09.2017

Vedoucí: Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.

.....
vedoucí katedry / pracoviště

.....
děkan

V Kladně dne 23.02.2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem **Přeprava nebezpečných látek (věcí) v rámci dohody ADR na vybraných silničních úsecích v ČR** vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským.

V Kladně 17. května 2016

Sandra Kudrnová

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce panu Mgr. Zdeňku Honovi, Ph.D. za cenné rady, vstřícnost, trpělivost, spolupráci a také za věnovaný čas.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá přepravou nebezpečných věcí podle Evropské dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí na vybraných silničních úsecích v České republice. Konkrétně se jedná o silniční úseky D1, D5, D8 a D11.

Ke zpracování práce bylo použito všeobecně platných vědeckých metod, a to analýzy, syntézy, komparace, dedukce, indukce, pozorování, modelování a simulace. Důležitou metodou bylo pozorování, díky němuž byla vyhodnocena hustota přepravy na výše zmíněných silničních úsecích. Na základě zvoleného scénáře byla v práci dále vymodelována havárie spojená s přepravou nebezpečných látek.

Z výsledků bakalářské práce vyplývá, že nejčastěji se po uvedených silničních úsecích přepravují pohonné hmoty – motorová nafta a automobilový benzín. Výsledky modelace poukázaly na dopady havárie cisterny přepravující automobilový benzín na dálnici D5 u města Beroun. Bylo zjištěno, že při požáru plné cisterny je nutná evakuace do vzdálenosti 477 metrů od místa havárie.

Závěrem lze konstatovat, že hustota přepravy nebezpečných věcí na pozorovaných silničních úsecích je poměrně vysoká a že dopady havárie s únikem nebezpečné látky mohou představovat značné ohrožení pro obyvatelstvo.

Klíčová slova:

dohoda ADR, havárie, nebezpečná chemická látka, modelace

Abstract

The bachelor thesis analyses the transport of dangerous goods as governed by the European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road on selected sections of road in the Czech Republic. In particular, the thesis describes certain sections of D1, D5, D8 and D11 highways.

The thesis is based on generally applied scientific methods, namely analysis, synthesis, comparison, deduction, induction, observation, modeling and simulation. Observation was an important method, applied to evaluate the density of transport on the aforementioned road sections. Based on a selected scenario, the thesis also introduced a model accident related to carriage of dangerous substances.

It follows from the results of the bachelor thesis that it is fuels – in particular diesel oil and car petrol – that are most commonly carried on the aforementioned road sections. The modeling shows the impacts of an accident of a tanker truck carrying car petrol on D5 highway near Beroun. It has been found that if a full tanker catches fire it is necessary to evacuate the area of 477 metres.

We may conclude that the density of carriage of dangerous goods on the observed road sections is relatively high and that the impacts of an accident with a leakage of a dangerous substance may represent a considerable danger to the population.

Key words:

ADR agreement, accident, dangerous chemical substance, modeling

Obsah

Úvod	9
1 Současný stav	10
1.1 Nebezpečné chemické látky.....	10
1.1.1 Vlastnosti nebezpečných chemických látek	10
1.2 Havárie s únikem nebezpečných látek.....	12
1.2.1 Projevy havárií s únikem nebezpečných látek	13
1.2.2 Šíření plynů a par	13
1.2.3 Šíření kapalin a pevných látek	14
1.3 Havárie při přepravě nebezpečných látek.....	14
1.3.1 Dopady havárií	15
1.3.2 Transportní a nehodový systém.....	15
1.3.3 Příklady závažných havárií spojených s přepravou nebezpečných látek.....	16
1.4 Problematika přepravy nebezpečných věcí.....	18
1.5 Problematika silniční přepravy nebezpečných věcí podle dohody ADR	18
1.5.1 Platnost dohody ADR	20
1.6 Klasifikace nebezpečných věcí podle dohody ADR.....	21
1.6.1 Přeprava nebezpečných věcí podle tříd	21
1.7 Označování vozidel přepravujících nebezpečné věci	24
1.7.1 UN systém	24
1.7.2 Bezpečnostní značky	26
1.7.3 Příklady značení vozidel přepravujících nebezpečné věci.....	26
1.8 Balení podle dohody ADR.....	31
1.9 Povinná výbava.....	31
1.10 Průvodní doklady	32

2 Cíl práce.....	33
3 Metodika.....	34
4 Výsledky.....	37
4.1 Dálnice D1	38
4.2 Dálnice D5	40
4.3 Dálnice D8	42
4.4 Dálnice D11	44
4.5 Vybrané silniční úseky celkem	46
4.6 Scénář úniku nebezpečné látky pro modelaci	50
4.7 Modelování scénáře podle programu TerEx.....	50
4.8 Výsledky modelace úniku benzínu na dálnici D5.....	51
5 Diskuze	55
6 Závěr.....	59
7 Seznam použitých zkratk	60
8 Seznam použité literatury	61
9 Seznam tabulek.....	66
10 Seznam grafů.....	67
11 Seznam obrázků.....	68

Úvod

V dnešní době mají nebezpečné látky široké uplatnění, proto je třeba věnovat pozornost i jejich přepravě. Vzhledem k tomu, že v České republice (dále jen „ČR“) je silniční doprava využívána nejvíce, jsou i nebezpečné látky převáženy po silnici nejčastěji. U silniční přepravy nebezpečných látek hrozí větší riziko nehodovosti, nežli u jiných druhů přepravy. Je tedy nutné počítat s možností, že právě při jejich přepravě může dojít k nehodě s únikem nebezpečné látky. Nelze jednoznačně předpovědět, na jakém úseku a v jaký čas dojde k úniku či v jakém množství látka může uniknout. Nejhorší variantou, která může nastat, je, že k havárii s únikem nebezpečných látek dojde v místě s vyšší koncentrací lidí, jako tomu bylo například v Sange, San Carlos de la Rapita či Herbornu. Z důvodu nepředvídatelnosti mohou být tedy tyto typy mimořádných situací horší nežli například havárie na stacionárních zařízeních. Příčiny havárií s únikem nebezpečných látek mohou být různé, může se jednat o lidskou chybu, špatné přírodní podmínky či technickou závadu.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na problematiku přepravy nebezpečných látek (věcí) v rámci Evropské dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (dále jen „ADR“) a na vyhodnocení hustoty přepravy nebezpečných věcí na vybraných silničních úsecích nacházejících se ve Středočeském kraji. Pomocí programu TerEx neboli teroristický expert (dále jen „TerEx“) je namodelována simulovaná nehoda, ke které by mohlo dojít při přepravě nebezpečné látky na daném dálničním úseku.

Téma této bakalářské práce jsem si vybrala, jelikož každá přeprava nebezpečných věcí je spojena s rizikem úniku nebezpečné látky a hustota silniční dopravy ve Středočeském kraji, odkud pocházím, je poměrně vysoká.

1 Současný stav

1.1 Nebezpečné chemické látky

Nebezpečné chemické látky jsou látky, které působí nepříznivým účinkem na lidské zdraví či životní prostředí. Jedná se o vlastnost, kterou určují chemické a fyzikální vlastnosti látky a která je neoddělitelně s existencí látky spojena [1].

Práva a povinnosti právnických a fyzických podnikajících osob týkající se výroby, klasifikace, zkoušení, balení, označování, uvádění na trh, používání, vývozu a dovozu chemických látek, upravuje zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon), jenž začleňuje předpisy Evropské unie do české legislativy. Tento zákon se dále zabývá správnou laboratorní praxí a působností správních orgánů při zajišťování ochrany před škodlivými účinky látek a směsí [2].

1.1.1 Vlastnosti nebezpečných chemických látek

Nebezpečné látky mají různé vlastnosti, ale k těm nejvýznamnějším, co se havárií týče, patří toxicita, hořlavost a výbušnost [3].

Toxické vlastnosti

Látka toxická způsobuje otravu v dávkách jednorázových, ale může poškozovat organismus i v nepatrných dávkách, jejichž účinek se sčítá. Na celkový účinek má vliv druh látky, dávka, expozice a druh organismu, na který látka působí. Toxickou látkou je např. amoniak, chlór, chlorovodík, kyanovodík, fosgen, oxid uhelnatý či sirouhlík [3].

Toxické látky vznikají i při hoření běžně používaných věcí jako je PVC (polyvinylchlorid), kdy se vedle toxického chlorovodíku může uvolňovat i prudce jedovatý fosgen. Pokud hoří některá umělá vlákna bez přístupu vzduchu, může se uvolňovat kyanovodík [4].

Hořlavé vlastnosti

S hořlavými látkami se setkáváme každý den, k těm nejběžnějším patří motorová nafta, automobilový benzín, lakový benzín, lehký topný olej, aceton, ethylen, acetylen, atd. Podle teploty vzplanutí, což je nejnižší teplota, při které látky krátce vzplanou a dále samy nehoří, rozlišujeme 4 třídy nebezpečnosti hořlavin, které jsou uvedené v následující tabulce 1 [4].

Tabulka 1 - Třídy nebezpečnosti hořlavin [4]

Třída nebezpečnosti	Teplota vzplanutí (°C)
I	21 a méně
II	21 až 55
III	55 až 100
IV	100 až 250

Výbušné vlastnosti

Mnoho nebezpečných látek smísených se vzduchem vybuchuje za přítomnosti otevřeného plamene či díky iniciační události, jako jsou například horké povrchy, jiskry nebo zapálená cigareta. Ovšem, aby mohlo k výbuchu dojít, je potřeba dosáhnout určité koncentrace plynů či par v ovzduší. Existuje tzv. oblast výbušnosti, což je koncentrační rozpětí, ve kterém vybuchují páry látek ve směsi se vzduchem. Nejnebezpečnější jsou tedy látky, jež mají velmi nízkou dolní hranici výbušnosti jako je např. methan, propan-butan či vodík [5].

Prioritní riziko

Pokud k vyvolání účinku látky stačí v poměru s ostatními účinky ta nejnižší koncentrace látky v ovzduší, označujeme takový stav za prioritní riziko. Prioritní riziko je nutné znát proto, abychom věděli, jaký účinek látky pro nás představuje největší ohrožení. Budeme-li například jednu minutu vdechovat amoniak, jehož koncentrace v ovzduší je 500 mg.m^{-3} , povede to k nevratnému poškození organismu. Amoniak ovšem tvoří ve směsi se vzduchem i výbušné páry, vybuchující až při dolní mezi výbušnosti $100\,000 \text{ mg.m}^{-3}$. Proto by nás při havárii cisterny s amoniakem prioritně ohrožovala toxicita, nikoli výbušnost. Při organizaci ochrany osob a likvidaci následků havárií s únikem nebezpečných látek je v první řadě důležité určit právě prioritní riziko látky [1].

1.2 Havárie s únikem nebezpečných látek

K úniku nebezpečných látek může dojít kdekoli, kde se nebezpečné látky vyskytují. Největší rozsah ohrožení představují stacionární zdroje, ovšem nejčastěji dochází k únikům u zdrojů mobilních. K úniku nebezpečných látek může dojít z následujících důvodů:

- následkem působení člověka,
- vlivem přírodních účinků,
- při teroristických útocích,
- vlivem selhání technických zařízení,
- následkem válečných operací [6].

Havárie s únikem nebezpečných látek lze rozdělit podle druhu unikající látky na:

- havárie s únikem nebezpečných chemických látek,
- havárie s únikem radioaktivních látek,
- havárie s únikem ropných látek [7].

Mimořádné události (dále jen „MU“) spojené s únikem nebezpečných látek jsou specifické, proto je významné studovat záznamy o těchto událostech. Nejčastěji se setkáváme s požáry, které jsou mnohdy provázené explozemi a výrony toxických plynů či par. Z následující tabulky 2 vyplývá, že nejpravděpodobnější je vznik požáru, ovšem největší smrtelné nebezpečí představují výrony toxických plynů a největší ekonomický potenciál ztrát exploze [5].

Tabulka 2 - Přehled pravděpodobnosti vzniku a následků u jednotlivých havárií [5]

Typ havárie	Pravděpodobnost vzniku	Smrtelné nebezpečí	Ekonomický potenciál ztrát
Požár	vysoká	malé	střední
Exploze	střední	střední	vysoký
Výrony toxických plynů	malá	vysoké	střední

1.2.1 Projevy havárií s únikem nebezpečných látek

Havárie s únikem nebezpečných látek mají charakteristické znaky a projevy, přičemž jejich znalost umožňuje určit, zda při havárii uniká nebezpečná látka či nikoli. K těmto jevům patří:

- změny v okolí havárie – zbarvení vegetace, odumírání vegetace, úhyn drobného zvířectva;
- viditelné projevy – mlha, dým, „vlnění vzduchu“, neobvyklá barva plamene či kouře, žíhavé plameny, drobné výbuchy, spontánní hoření atd.;
- akustické jevy – sykot unikajícího plynu či praskot konstrukcí [8].

1.2.2 Šíření plynů a par

Při úniku plynů a par je důležité znát průměrnou relativní molekulovou hmotnost vzduchu, která je 29. Pokud mají plynné látky relativní molekulovou hmotnost nižší než 29, jsou lehčí než vzduch a unikají do ovzduší [5]. Takovéto plyny stoupají vzhůru, ovšem při úniku ve zkapalněném stavu dojde ke smísení se vzduchem, vznikne těžká studená mlha, a poté se tyto lehké plyny (např. amoniak) chovají jako plyny těžké [1].

Plynné látky s vyšší relativní molekulovou hmotností než 29 jsou tedy těžší než vzduch a drží se u země. Typickým představitelem plynu, který je těžší než vzduch, je chlór s relativní molekulovou hmotností 71. Plyny těžší než vzduch představují nebezpečí v podzemních prostorech a to i tehdy, když je jejich toxicita nízká či žádná. Existuje několik případů, kdy netoxická látka jako dusík či oxid uhličitý z podzemních prostorů vytěsnila vzduch a tedy i kyslík, jehož obsah ve vzduchu musí činit alespoň 17 %, aby byl vzduch dýchatelný [5].

Dalším problémem, který představují netoxické látky, je, že se přepravují či skladují jako zkapalněné či stlačené plyny. V případě nekontrolovatelného úniku totiž nastane okamžité odpařování plynu, přičemž dojde k odnímání obrovského množství energie z okolí, v němž se projeví prudkým snížením teploty, tudíž může dojít ke vzniku omrzlin u přítomných osob. Toto ochlazení může mít také nepříznivý vliv na kvalitu konstrukčního materiálu [4].

Šíření oblaku toxické látky po havárii ovlivňuje několik faktorů:

- zdroj úniku a jeho umístění,
- druh uniklé látky,
- množství uniklé látky,
- způsob úniku,
- meteorologické podmínky,
- terén [4].

1.2.3 Šíření kapalin a pevných látek

Pokud dojde k úniku toxické kapaliny či pevné látky, představuje to především závažné nebezpečí pro životní prostředí (vodní zdroje a zemědělskou půdu). Může ovšem také dojít k požárům, přičemž největší nebezpečí představují požáry cisteren, které přepravují hořlavou kapalinu, a je zde možný výskyt Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion efektu (dále jen „BLEVE“), kdy dochází k požáru v okolí tlakové nádoby obsahující zkapalněný plyn. Nastane vypařování kapalně fáze a zvyšování tlaku fáze plynné, což způsobí otevření tlakové pojistky. Zvýší se tlak a teplota, přičemž dojde k celkové destrukci nádoby s následným únikem oblaku par a plynů mísících se se vzduchem. Když kapalina vyteče, vytvoří kaluž, a pokud je tato kaluž zapálena, nastane požár kaluže (pool fire). V případě, že kapalina unikne za vysokého tlaku, dojde buď k rozstříkovaní či k úniku proudem a nastává požár výronu kapaliny (jet fire), což je typické u požárů ropných vrtů. Požáry pevných látek bývají zase komplikovány tvorbou toxických zplodin [1].

1.3 Havárie při přepravě nebezpečných látek

Nejčastěji se nebezpečné látky převážejí po silnicích a železnicích. Statistiky uvádějí, že výrazně bezpečnější je přeprava po železnici, což je dáno několika faktory jako volnou přepravní trasou, menším provozem, technickým zabezpečením trati, plynulostí přepravy, lepší konstrukcí cisteren apod. Ze statistik také vyplývá, že frekvence havárií se neustále zvyšuje, přičemž 63 % havárií se stalo na silnici. Nejčastějším následkem takových nehod je únik látek (78 %), poté požáry (28 %) a nakonec výbuchy (14 %) [9] [10].

Při dopravní havárii spojené s přepravou nebezpečných látek je množství látky omezené obsahem transportní nádoby. Doba úniku je vymezena vyprázdněním nádoby a za nejhorší případ lze pokládat okamžitý únik veškerého obsahu přepravní nádoby. U přepravy nebezpečných látek je také důležité, že místo úniku nebezpečné látky není nikdy známé, takže látka může unikat kdekoli na trase [11]. Navíc nelze předem určit následky takové nehody, jelikož existuje nespočet faktorů, které negativně ovlivňují bezpečnou přepravu nebezpečných látek [12].

1.3.1 Dopady havárií

Negativní následek, který přináší havárie, je určen určitými dopady, kterými jsou:

- škody na zdraví (zranění, nemocní či oběti na životech),
 - majetkové škody,
 - škody na životním prostředí,
 - škody socioekonomického charakteru (ztráta domova, ztráta zaměstnání, atd.)
- [12].

Tyto dopady často slouží jako kritérium pro klasifikaci havárií a jejich zobecnění napomáhá k vylepšování preventivních opatření a k předcházení příčinám jejich vzniku [1].

1.3.2 Transportní a nehodový systém

Transportní a nehodový systém (dále jen „TRINS“) vznikl na základě dohody o spolupráci mezi Ministerstvem vnitra – generálním ředitelstvím Hasičského záchranného sboru ČR (dále jen „HZS ČR“) a Svazem chemického průmyslu ČR. Poskytuje prostřednictvím členských společností zapojených do TRINS pomoc HZS ČR při únicích nebezpečných látek. TRINS zabezpečuje poskytnutí nepřetržité pomoci prostřednictvím svých středisek při řešení MU, které jsou spojené s přepravou nebo skladováním nebezpečných látek na území ČR. Pomoc se realizuje telefonickou informací, radou či praktickou pomocí v místě zásahu [1] [5].

Prostřednictvím operačních středisek HZS ČR lze požadovat pomoc od středisek TRINS ohledně:

- údajů k výrobkům, látkám a jejich přepravě a skladování;

- praktických zkušeností s manipulací s nebezpečnými látkami nebo s likvidací nebezpečných látek při MU;
- praktické pomoci při likvidaci MU spojené s nebezpečnou látkou;
- praktické pomoci při odstraňování škod [5].

1.3.3 Příklady závažných havárií spojených s přepravou nebezpečných látek

V této kapitole je uvedeno několik příkladů dopravních nehod spojených s únikem nebezpečných látek. Nehody v ČR nemívají tak závažné následky jako nehody jinde ve světě, přesto je však důležité věnovat této problematice pozornost.

Svět

- **San Carlos de la Rapita 1978**

Havárie v rekreační oblasti španělského městečka San Carlos de la Rapita se odehrála 11. července 1978. Plášť automobilové cisterny převážející 23,5 tuny zkapalněného propanu se roztrhl a vznikl hořlavý oblak, což vedlo k velkému požáru. Části cisterny byly odmrštěny do vzdálenosti až 300 metrů od místa havárie. Příčinou havárie mohlo být přeplnění cisterny (povolené množství bylo 19,4 tun) či boční náraz do zdi a následné protržení pláště. V důsledku této tragédie zemřelo 215 lidí, dalších 67 bylo popáleno a na ploše 5 ha došlo k závažnému poškození budov a automobilů [13].

- **Herborn 1987**

Kamion převážející cca 27 000 l benzínu dne 7. července 1987 v německém městě Herborn narazil do budovy, v níž se nacházela cukrárna a pizzerie. Následovala exploze, která zdemolovala celou budovu, kde zemřelo všech 50 přítomných hostů. Díky řetězové reakci, kdy se palivo potrubím dále šířilo, vznikaly další výbuchy a požáry. Kvůli obrovskému požáru na ulicích musely být pro evakuaci 25 těžce zraněných osob použity vrtulníky [14].

- **Jiangsu 2005**

Cisterna, která dne 30. března 2005 převážela chlór, narazila následkem defektu pneumatiky do jiného kamionu v čínském Jiangsu. Při této tragédii zemřelo 27 lidí, většina z nich kvůli výparům z uniknutého chlóru, 285 lidí bylo hospitalizováno a 10 000 obyvatel bylo evakuováno [15].

- **Graniteville 2005**

Ke srážce dvou vlaků (z nichž jeden převážel chlór) došlo 6. ledna 2005 v americkém městě Graniteville. Tragédie se stala v důsledku pochybení obsluhy, která zapoměla přepnout výhybku, tudíž příjíždějící vlak narazil do vlaku na odstavné koleji. Obě lokomotivy vykolejily a došlo k protržení cisterny s chlórem. Zemřelo 9 lidí, 500 jich bylo zraněno a více než 5 000 evakuováno [16].

- **Sange 2010**

Dne 2. července 2010 se následkem vysoké rychlosti převrhl cisternový vůz a cisterna s naftou následně explodovala. Vše se odehrálo ve vesnici Sange, ležící 60 km od města Bukavu v Kongu, kde byly domy stavěny především z hlíny a slámy, takže začaly ihned hořet. Zemřelo 233 lidí, převážně těch, kteří sledovali fotbalový zápas ve zdejším baru. Nejméně 110 obyvatel bylo hospitalizováno [17].

ČR

- **Želátovice 2005**

V noci z 6. na 7. června 2005 unikl v areálu soukromé firmy z prasklé cisterny 70% roztok kyseliny dusičné, který se následně dostal do kanalizace a ohrozil i místní potok. Oblak, který vznikl odpařováním z kyseliny, se rozplynul. Předpokládá se, že do cisterny byla načerpána kyselina vyšší koncentrace, tudíž způsobila díru v plášti cisterny. Bylo hospitalizováno 19 lidí, především členů integrovaného záchranného systému (dále jen „IZS“) [18].

- **Břest 2008**

Na silnici I/55 došlo dne 26. února 2008 k úniku kyseliny dusičné. Příčinou tohoto úniku byl prasklý ventil. Nikdo nebyl zraněn, pouze dva policisté se nadýchali výparů. Občané v nedalekých obcích ovšem nesměli vycházet několik hodin z domů [19].

- **Vráž 2012**

Během kontroly technického stavu kamionů dne 16. února 2012 na dálnici D5 u Vráže na Berounsku objevili policisté srbskou cisternu, ze které unikal styren. Tato látka je aromatickou průmyslovou chemikálií, která je za běžných podmínek bezbarvá až nažloutlá s pronikavým zápachem, má narkotické a lokálně dráždivé účinky. Zásah, který trval 26 hodin, skončil úspěšně, nikdo nebyl zraněn a nebyly způsobeny žádné závažné škody [20].

1.4 Problematika přepravy nebezpečných věcí

Za nebezpečné věci lze označit látky nebo předměty, které v souvislosti s jejich přepravou mohou díky své vlastnosti, povaze či stavu ohrozit bezpečnost osob, zvířat a věci nebo mohou ohrozit životní prostředí [21].

Nebezpečné věci je možné převážet po železnici, silnici, leteckou či vodní přepravou a jednotlivé druhy přeprav jsou upraveny konkrétními předpisy (dohodami):

Pro silniční přepravu - ADR (Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route) = Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí,

Pro železniční přepravu - RID (Reglement international concernant le transport des marchandises dangereuses par chemins de fer) = Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí,

Pro námořní přepravu - IMDG CODE (International Maritime Dangerous Goods Code) = Mezinárodní námořní kodex nebezpečných věcí,

Pro leteckou přepravu - IATA-DGR (Dangerous Goods Regulations) vydaná Asociací pro mezinárodní leteckou přepravu (IATA) = Předpisy mezinárodní asociace letecké přepravy pro přepravu nebezpečných věcí,

Pro říční přepravu - ADN (Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures) = Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách [22].

1.5 Problematika silniční přepravy nebezpečných věcí podle dohody ADR

Dohoda ADR byla sjednána v Ženevě dne 30. září 1957 pod záštitou Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů. Tato dohoda vstoupila v platnost dne 29. ledna 1968 a tehdejší Československá socialistická republika k ní přistoupila v roce 1987. Povinnosti plynoucí z dohody ADR jsou začleněny v zákoně č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě, který mimo jiné uvádí, že po silnici lze přepravovat pouze nebezpečné věci, které jsou upraveny v dohodě ADR, a to za podmínek v ní stanovených. Ministerstvo dopravy může v souladu s dohodou ADR povolit za určitých podmínek odchýlení od dohody ADR,

avšak nejvýše na pět let. Toto se ovšem netýká přepravy radioaktivních věcí, která se řídí zvláštními právními předpisy [8] [22] [23].

Dohoda ADR upravuje způsob, jakým je možné věci spadající do její působnosti přepravovat, a normy, které jsou důležité z hlediska bezpečnosti. Klasifikuje nebezpečné věci do jednotlivých tříd podle jejich nebezpečných vlastností, stanovuje podmínky jejich přepravy, balení a značení. Předepisuje používání a vyplňování potřebných dokladů, určuje požadavky na balení kusu, dopravní prostředky, určuje povinnosti účastníků přepravy, atd. Dohoda ADR obsahuje přílohy A a B, které jsou dále členěny do devíti částí, jak znázorňuje následující tabulka 3 [22] [23].

Tabulka 3 - Struktura dohody ADR [24]

Příloha A	Všeobecná ustanovení a ustanovení týkající se nebezpečných látek a předmětů
Část 1	Všeobecná ustanovení
Část 2	Klasifikace
Část 3	Vyjmenování nebezpečných věcí, zvláštní ustanovení a vynětí z platnosti pro omezená množství
Část 4	Ustanovení o používání obalů a cisteren
Část 5	Postupy při odesílání
Část 6	Požadavky na konstrukci a zkoušení obalů, velkých nádob pro volně ložené látky (IBC), cisteren a kontejnerů pro volně ložené látky
Část 7	Ustanovení o podmínkách přepravy, nakládky, vykládky a manipulace
Příloha B	Ustanovení o dopravních prostředcích a o přepravě
Část 8	Požadavky na osádky vozidel, jejich výbavu, provoz a průvodní doklady
Část 9	Požadavky na konstrukci a schvalování vozidel

1.5.1 Platnost dohody ADR

Časová

Dohoda ADR je novelizována každý lichý rok a mezi jednotlivými verzemi je přechodné šestiměsíční období určené k zapracování změn. Aktuální znění dohody ADR platí od 1. 1. 2015 [22].

Územní

Dohoda ADR je závazná na území států, které k ní přistoupily. Těmito státy jsou: Albánie, Andora, Ázerbájdžán, Belgie, Bělorusko, Bosna a Hercegovina, Bulharsko, ČR, Černá Hora, Dánsko, Estonsko, Finsko, Francie, Chorvatsko, Irsko, Island, Itálie, Kazachstán, Kypr, Lichtenštejnsko, Litva, Lotyšsko, Lucembursko, Malta, Maďarsko, Makedonie, Maroko, Moldavsko, Německo, Nizozemsko, Norsko, Polsko, Portugalsko, Rakousko, Rumunsko, Rusko, Řecko, Slovensko, Slovinsko, Spojené království Velké Británie a Severního Irska, Srbsko, Španělsko, Švédsko, Švýcarsko, Tádžikistán, Tunisko, Turecko a Ukrajina [25].

1.6 Klasifikace nebezpečných věcí podle dohody ADR

Nebezpečné věci jsou rozděleny do 13 tříd (viz následující tabulka 4) na základě jejich nebezpečnosti. Třída zde představuje soubor nebezpečných věcí, které mají společnou hlavní nebezpečnou vlastnost. Ke každé třídě náleží značka, která označuje nebezpečnost přepravovaných věcí [22].

Tabulka 4 - Klasifikace nebezpečných věcí podle dohody ADR [26]

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

1.6.1 Přeprava nebezpečných věcí podle tříd

Následující tabulka 5 ukazuje přepravu nebezpečných věcí v režimu dohody ADR podle jednotlivých tříd v ČR v milionech tunokilometrů. Přičemž 1 tunokilometr je součinem vzdálenosti, kterou ujede jedna dopravní jednotka, a hmotnosti nákladu. Tunokilometr tedy znamená přepravu 1 tuny nebezpečné věci na 1 kilometr [27].

Z tabulky 5 vyplývá, že se nejvíce za rok 2012, 2013 a 2014 přepravovaly hořlavé kapaliny, následně plyny a jako třetí byly nejčastěji přepravovány jiné nebezpečné látky a předměty.

Tabulka 5 - Přeprava nebezpečných věcí podle tříd v ČR [28]

Třída	Počet milionů tunokilometrů za rok 2012	Počet milionů tunokilometrů za rok 2013	Počet milionů tunokilometrů za rok 2014
1	12	nedostupné	16
2	274	219	299
3	621	704	701
4.1	40	nedostupné	nedostupné
4.2	25	nedostupné	nedostupné
4.3	nedostupné	nedostupné	nedostupné
5.1	49	nedostupné	nedostupné
5.2	nedostupné	nedostupné	nedostupné
6.1	nedostupné	nedostupné	49
6.2	8	3	nedostupné
7	nedostupné	nedostupné	nedostupné
8	65	140	176
9	273	149	246
Celkem	1 393	1 281	1 567

V tabulce 6 je znázorněna celková přeprava nebezpečných věcí v jednotlivých zemích v milionech tunokilometrů za rok 2014. Je patrné, že ČR je v počtu přepravovaných nebezpečných věcí za rok 2014 devátou z 29 zemí, jejichž statistika je zpracovávána statistickým úřadem Evropských společenství (dále jen „Eurostat“).

Tabulka 6 - Celková přeprava nebezpečných věcí v jednotlivých zemích v roce 2014 [28]

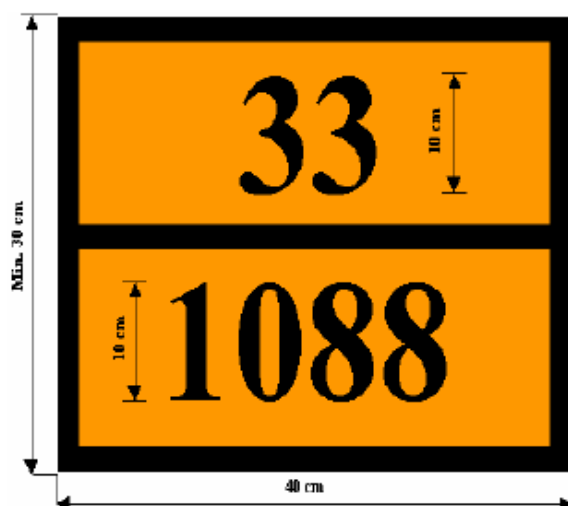
Země	Počet tunokilometrů za rok 2014 v miliónech
Belgie	1 694
Bulharsko	684
ČR	1 567
Dánsko	690
Německo	12 912
Estonsko	172
Irsko	355
Řecko	1 010
Španělsko	11 718
Francie	7 976
Chorvatsko	501
Itálie	7 358
Kypr	147
Lotyšsko	227
Litva	534
Lucembursko	839
Maďarsko	1 023
Nizozemsko	957
Rakousko	933
Polsko	8 778
Portugalsko	946
Rumunsko	1 664
Slovinsko	724
Slovensko	329
Finsko	1 423
Švédsko	1 283
Spojené království	8 583
Norsko	1 029
Švýcarsko	812

1.7 Označování vozidel přepravujících nebezpečné věci

Označování vozidel přepravujících nebezpečné věci představuje jedno z nejvýznamnějších opatření k prevenci havárií. Patří sem označování pomocí UN systému a bezpečnostních značek [1].

1.7.1 UN systém

Tento systém je určen pro označování dopravních prostředků přepravujících nebezpečné věci. Využívá speciální výstražné oranžové bezpečnostní tabulky ve tvaru obdélníku 40 x 30 cm, který je černě orámovaný a podélně rozdělený (viz následující obrázek 1). V dolní polovině tabulky je uvedeno identifikační číslo látky tzv. UN číslo a v horní polovině identifikační číslo nebezpečnosti tzv. Kemlerův kód [1].



Obrázek 1 - Oranžová bezpečnostní tabulka [29]

Identifikační číslo látky

UN číslo je čtyřmístný kód, identifikující jednotlivé látky nebo skupiny látek, který je přiřazen podle registru Organizace spojených národů každé položce v různých třídách nebezpečnosti. V tomto registru existuje více než 3 000 položek, které lze rozdělit následovně:

- samostatné položky pro přesně definované látky (např. UN 1005 zkapalněný amoniak),
- hromadné položky:
 - pro druhové položky pro přesně definované skupiny látek (např. UN 1133 lepidla),
 - specifické položky zahrnující skupiny látek určité chemické nebo technické povahy (např. UN 1987 alkoholy),
 - všeobecné položky zahrnující skupiny látek mající jednu nebo více všeobecných nebezpečných vlastností (např. UN 1993 látka hořlavá, kapalná) [1].

Identifikační číslo nebezpečnosti látky

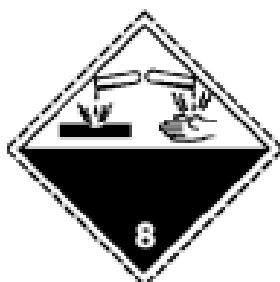
Kemlerův kód určuje druh a stupeň potencionálního nebezpečí. Je složen ze dvou či tří číslic, jež popisují základní vlastnosti látky (viz tabulka 7). Pokud je číslice zdvojená, představuje zvýšení daného nebezpečí. Nula na druhém místě znamená, že již další nebezpečí neexistuje. První číslice představuje vždy hlavní nebezpečí, je-li před číslem písmeno X, značí zákaz hašení vodou [8].

Tabulka 7 - Číslice nebezpečí [26]

2	Únik plynu tlakem nebo chemickou reakcí
3	Hořlavost kapalin (par) a plynů nebo kapalin schopných samoohřevu
4	Hořlavost tuhých látek nebo tuhých látek schopných samoohřevu
5	Podpora hoření
6	Toxicita nebo nebezpečí infekce
7	Radioaktivita
8	Žíravost
9	Nebezpečí prudké samovolné reakce

1.7.2 Bezpečnostní značky

Na následujícím obrázku 2 je vyobrazena bezpečnostní značka, která má tvar čtverce postaveného na vrchol pod úhlem 45°. Její rozměry musí být minimálně 10 x 10 cm. K označení kontejneru je třeba použít velké bezpečnostní značky 25 x 25 cm. Bezpečnostní značka je rozdělena na horní polovinu, určenou pro obrazový symbol, a na dolní polovinu, která náleží textu a číslu třídy. Bezpečnostní značky musí být schopné odolat povětrnostním podmínkám bez snížení jejich funkčnosti a musí být dobře čitelné a nesmazatelné [22].

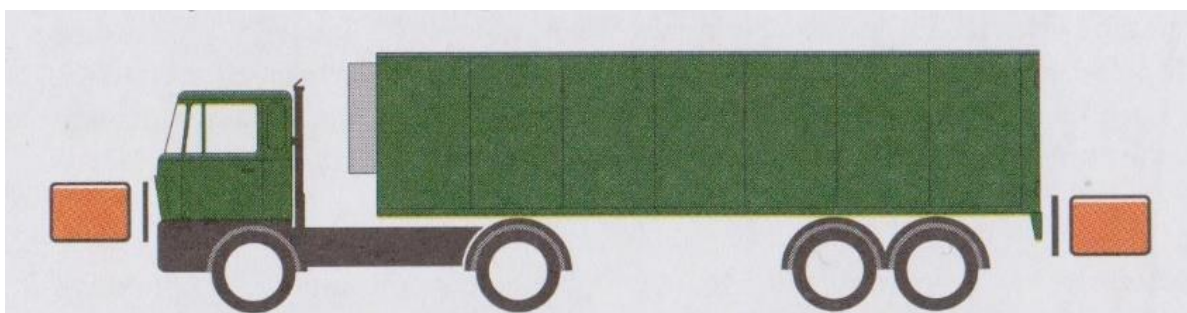


Obrázek 2 - Bezpečnostní značka označující žíravé látky [29]

1.7.3 Příklady značení vozidel přepravujících nebezpečné věci

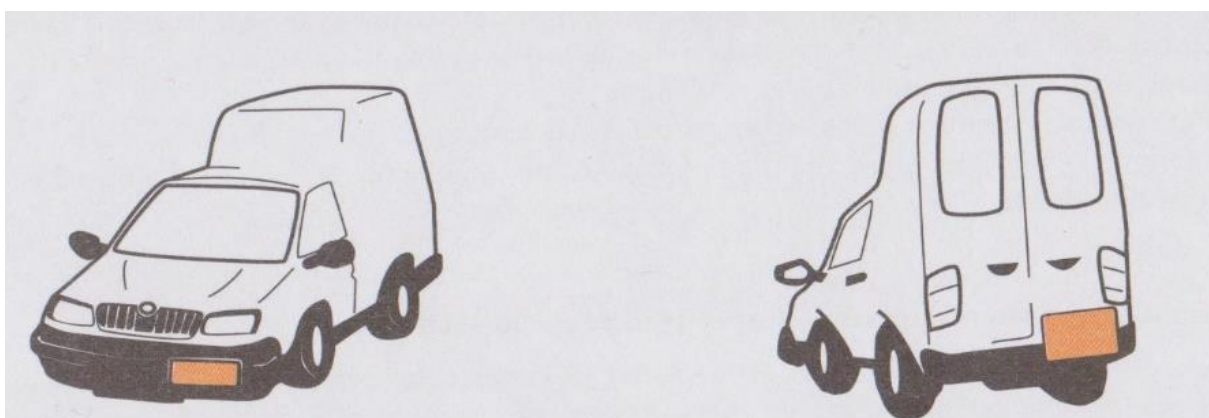
Nebezpečné věci mohou být podle dohody ADR přepravovány třemi způsoby, a to přepravou v kusech, ve volně loženém stavu či v cisterně.

Jestliže dopravní jednotka přepravuje nebezpečné látky v kusech, je třeba ji označit podle UN systému dvěma pravoúhlými reflexními oranžovými tabulkami 40 x 30 cm umístěnými kolmo k podélné ose dopravní jednotky, jak je znázorněno na následujícím obrázku 3. Jedna tabulka musí být připevněna na přední straně a druhá na zadní straně dopravní jednotky a to tak, aby byly výrazně viditelné. Tabulky musí vydržet v držácích působení přímého ohně po dobu 15 minut a to i v případě, že se vozidlo převrátí [26].



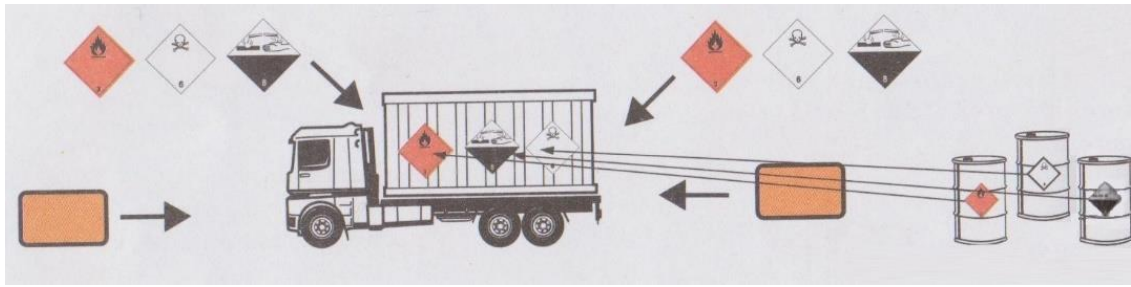
Obrázek 3 - Označení dopravní jednotky přepravující nebezpečné věci v kusech [26]

Jestliže konstrukce vozidla neumožňuje použít standardní tabulku, je možné použít tabulku o zmenšené velikosti 30 x 12 cm (vyobrazeno na obrázku 4) [26].



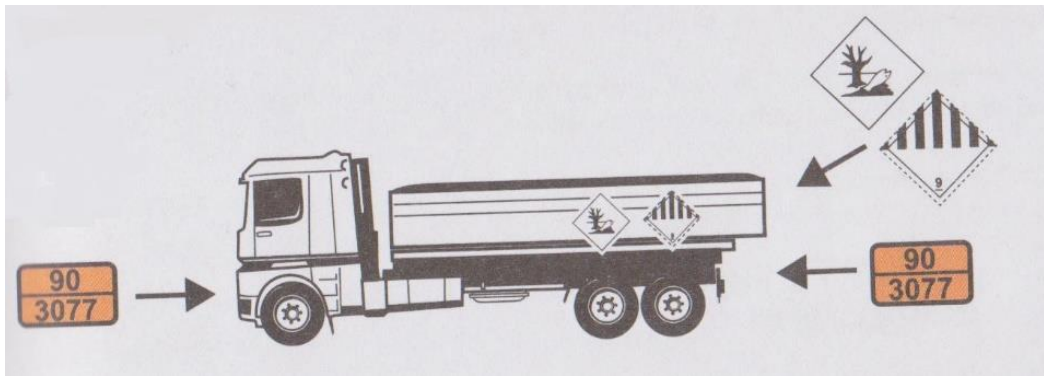
Obrázek 4 - Označení dopravní jednotky přepravující nebezpečné věci v kusech tabulkou o zmenšené velikosti [22]

Kontejner pro přepravu nebezpečných látek musí být označen bezpečnostními tabulkami vpředu a vzadu a velkými bezpečnostními značkami o rozměrech nejméně 25 x 25 cm. Pokud jsou v něm převáženy nebezpečné věci v kusech, musí být velké bezpečnostní značky umístěny na všech čtyřech stranách dopravní jednotky (viz obrázek 5) [22].



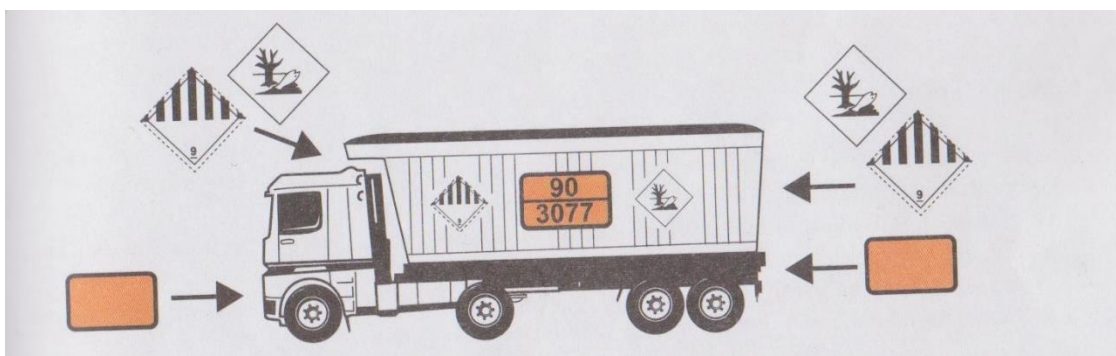
Obrázek 5 - Označení kontejneru přepravujícího nebezpečné věci v kusech [22]

Na obrázku 6 je znázorněno označení dopravní jednotky při přepravě volně ložených nebezpečných věcí, kdy musí být bezpečnostní tabulky umístěny na dopravní jednotce vpředu a vzadu. Na obou bočních stranách a vzadu musí být velké bezpečnostní značky [22].



Obrázek 6 - Označení dopravní jednotky přepravující volně ložené nebezpečné věci [22]

V případě, že kontejner převáží volně ložené nebezpečné věci, musí být na obou bočních stranách a na každém konci označen bezpečnostními tabulkami a velkými bezpečnostními značkami, jak je patrné z obrázku 7 [22].



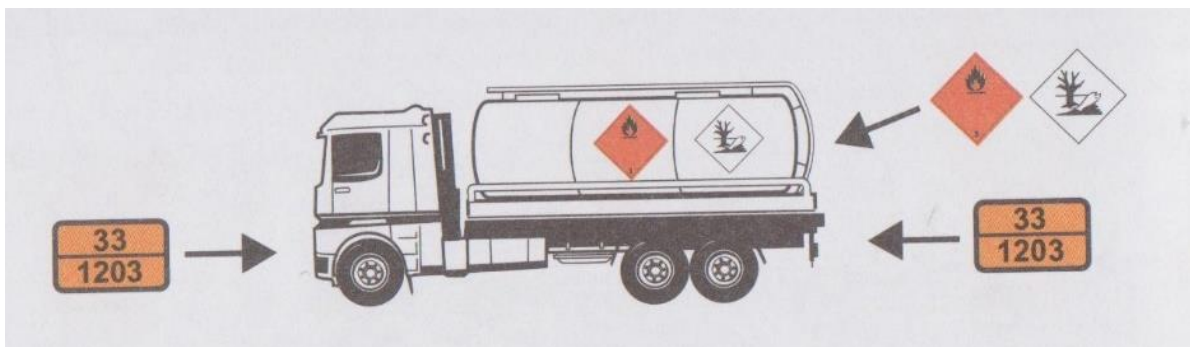
Obrázek 7 - Označení kontejneru přepravujícího volně ložené nebezpečné věci [22]

Převáží-li vozidlo látky zahřáté, musí být kromě velkých bezpečnostních značek a bezpečnostních tabulek označeno červenou značkou ve tvaru rovnostranného trojúhelníku o straně nejméně 25 cm, se symbolem teploměru uprostřed, tak jak je zobrazeno na obrázku 8 [26].



Obrázek 8 - Značka pro zahřáté látky [26]

Jednokomorové cisterny či vícekomorové cisterny, které převážejí pouze jeden druh nebezpečné věci, se označují bezpečnostními tabulkami s identifikačními čísly vpředu a vzadu. Dále musí být označeny velkými bezpečnostními značkami na obou bočních stranách a na zadní straně vozidla (viz obrázek 9) [22].



Obrázek 9 - Označení cisterny přepravující jeden druh nebezpečné věci [22]

U vícekomorové cisterny, která převáží různé látky v různých komorách, je nutné označit každý bok komory oranžovou tabulkou s identifikačními čísly. Na přední a zadní části cisterny musí být umístěny prázdné oranžové tabulky. Na bok každé komory je třeba umístit velké bezpečnostní značky, vzadu musí být cisternové vozidlo označeno všemi použitými bezpečnostními značkami (znázorněno na následujícím obrázku 10) [22].



Obrázek 10 - Označení vícekomorové cisterny přepravující více druhů nebezpečných věcí [22]

1.8 Balení podle dohody ADR

V dohodě ADR je uveden způsob zabalení pro každé UN číslo a obalová skupina, která určuje míru nebezpečí přepravované věci. Taková věc musí být zabalena do obalu příslušné kvality a musí odolat namáhání, které se běžně vyskytuje během přepravy. Obaly musí být uzavřeny tak, aby nedošlo k úniku přepravované látky během převozu, nesmí se na nich vyskytovat žádné zbytky nebezpečných věcí a obal musí vyhovět předepsaným zkouškám [26].

Vnitřní obal musí být zabalen do vnějšího obalu takovým způsobem, aby za standardních podmínek přepravy nedošlo k rozbití, proražení či k úniku do vnějšího obalu. V případě, že nebyla přijata opatření, která by vylučovala jakékoliv riziko, platí pro prázdné obaly, které obsahovaly nebezpečné věci, stejné požadavky jako pro obaly plné [30].

1.9 Povinná výbava

Všechny dopravní jednotky přepravující nebezpečné věci, musí být opatřeny předepsaným vybavením. V každé přepravní jednotce musí být:

- a) alespoň jeden zakládací klín, jehož velikost musí odpovídat maximální hmotnosti vozidla,
- b) dva stojací výstražné prostředky,
- c) kapalina na výplach očí,
- d) fluoreskující vesta pro každého člena posádky,
- e) přenosná nekovová svítlna pro každého člena posádky,
- f) pár ochranných rukavic pro každého člena posádky,
- g) ochrana očí pro každého člena posádky [30].

U vozidel, která převáží nebezpečné věci určitých tříd, je nutné mít:

- a) nouzovou únikovou maskou – při přepravě toxických plynů a toxických látek,
- b) lopatu, ucpávku kanalizačních vpustí a sběrnou nádobu – při přepravě hořlavých kapalin, hořlavých tuhých látek, samovolně se rozkládajících látek, znečistlivěných tuhých výbušných látek, žíravých látek, látek, které ve styku s vodou vyvíjejí hořlavé plyny a jiných nebezpečných látek a předmětů [30].

Hasicí přístroje

Osádka musí být důkladně seznámena s obsluhou hasicích přístrojů a obeznámena se skutečností, že smí hasit pouze požár vozidla, nikoli požár samotného nákladu. Zpravidla se používají hasicí přístroje práškové, a to z důvodu jejich nevodivosti, univerzálnosti a nejedovatosti, přičemž tyto jsou vhodné i k hašení motoru. Hasicí přístroje musí být lehce přístupné osádce, umístěné tak, aby byly chráněné před účinky počasí a nebyla ovlivněna jejich funkčnost. V případě, že je hasicí přístroj určen k hašení motoru a kabiny, doporučuje se jeho umístění přímo v kabině řidiče. Nezbytné je opatření hasicích přístrojů plombou, značkou, která osvědčuje, že hasicí přístroje odpovídají normě, a nápisem, který udává datum příští periodické kontroly či maximální dobu používání. Platnost revize hasicího přístroje je jeden rok [22].

1.10 Průvodní doklady

Průvodní doklady, které musí být umístěny v každé dopravní jednotce, informují o nákladu, o pokynech pro případné MU či nehody, o kvalifikaci osádky a o technické způsobilosti dopravní jednotky. Průvodní doklady se skládají z:

- přepravních dokladů, které musí obsahovat UN číslo, číslo vzoru bezpečnostní značky, obalovou skupinu, kód omezení průjezdu tunelem, počet a popis kusů, celkové množství každé položky nebezpečných věcí, jméno a adresu odesílatele a jméno a adresu příjemce;
- písemných pokynů podle dohody ADR, které musí být uloženy na zřetelně identifikovatelném snadno přístupném místě, musí být napsané v jazyce, kterému rozumí každý člen osádky a musí být vytištěny barevně. Tyto pokyny slouží pro případné řešení nehody či mimořádné situace;
- ADR průkazu, což je osvědčení o školení řidiče, které má platnost 5 let a musí být obnoveno před uplynutím této lhůty;
- průkazu totožnosti s fotografií každého člena osádky, což může být buď občanský průkaz nebo cestovní pas;
- osvědčení s roční platností o schválení vozidel pro přepravu některých nebezpečných věcí pro každou dopravní jednotku či vozidlo této jednotky [22].

2 Cíl práce

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou přepravy nebezpečných látek (věcí) na dálnicích D1, D5, D8 a D11.

Teoretická část se věnuje základním pojmům a informacím o nebezpečných látkách. Dále je zde také přiblížena problematika dohody ADR.

V praktické části je provedeno celkové zhodnocení hustoty přepravy na výše zmíněných silničních úsecích, a to na základě dat získaných vlastním pozorováním.

V práci je také namodelován dopad havárie s únikem nebezpečné látky pomocí programu TerEx.

3 Metodika

Během zpracování této bakalářské práce byly použity všeobecně platné vědecké metody, především analýza, syntéza, komparace, dedukce, indukce, pozorování, modelování a simulace, popsané v následující tabulce 8.

Tabulka 8 - Použité metody

Metoda	Popis
Analýza	Slouží k rozložení zkoumaného jevu na základní části, k identifikaci jejich podstatných a nutných vlastností, k pochopení jejich podstaty a zákonitosti. V této bakalářské práci je metoda použita v praktické části k analyzování hustoty přepravy nebezpečných věcí.
Syntéza	Tato metoda spojuje prvky v celek a je využita v cíli práce.
Komparace	Je proces, jehož cílem je zjistit znaky shody a odlišnosti zkoumaného předmětu. Metoda byla využita ve výsledcích při porovnání vybraných silničních úseků v ČR.
Dedukce	Myšlenkový postup, kdy od obecných tvrzení vyvozujeme tvrzení konkrétnější. V práci použita ke zpracování výsledků a závěru.
Indukce	Metoda určena pro formulaci všeobecně platných pravidel, principů a zákonitostí ve vztahu k řešené problematice. V práci použita ke zpracování teoretické části.
Pozorování	Pozorování představuje systematickou a plánovanou činnost, která má za cíl získat popis a výsledky dané problematiky. Bylo využito k získání výsledků bakalářské práce.
Modelování a simulace	Jedná se o zjednodušené zobrazení určitého problému, a to i po stránce grafické. Pro modelaci úniku nebezpečné látky na daných silničních úsecích v ČR byl použit program TerEx.

Program TerEx

TerEx je softwarový nástroj vyrobený firmou T- SOFT a.s. Tento program je určen pro okamžitý odhad následků jak havárií s únikem nebezpečných chemických látek, tak teroristických či vojenských útoků, kdy je použita výbušnina nebo chemická zbraň. Výsledky odpovídají těm nejhorším možným variantám a pro přehlednost mohou být zakresleny do map. Program vyhodnotí situaci i v případě, že neexistuje dostatek přesných informací. Existuje zde osm modelů MU, znázorňujících jednotlivé typy teroristických útoků a havárií, a také seznam nebezpečných látek [31].

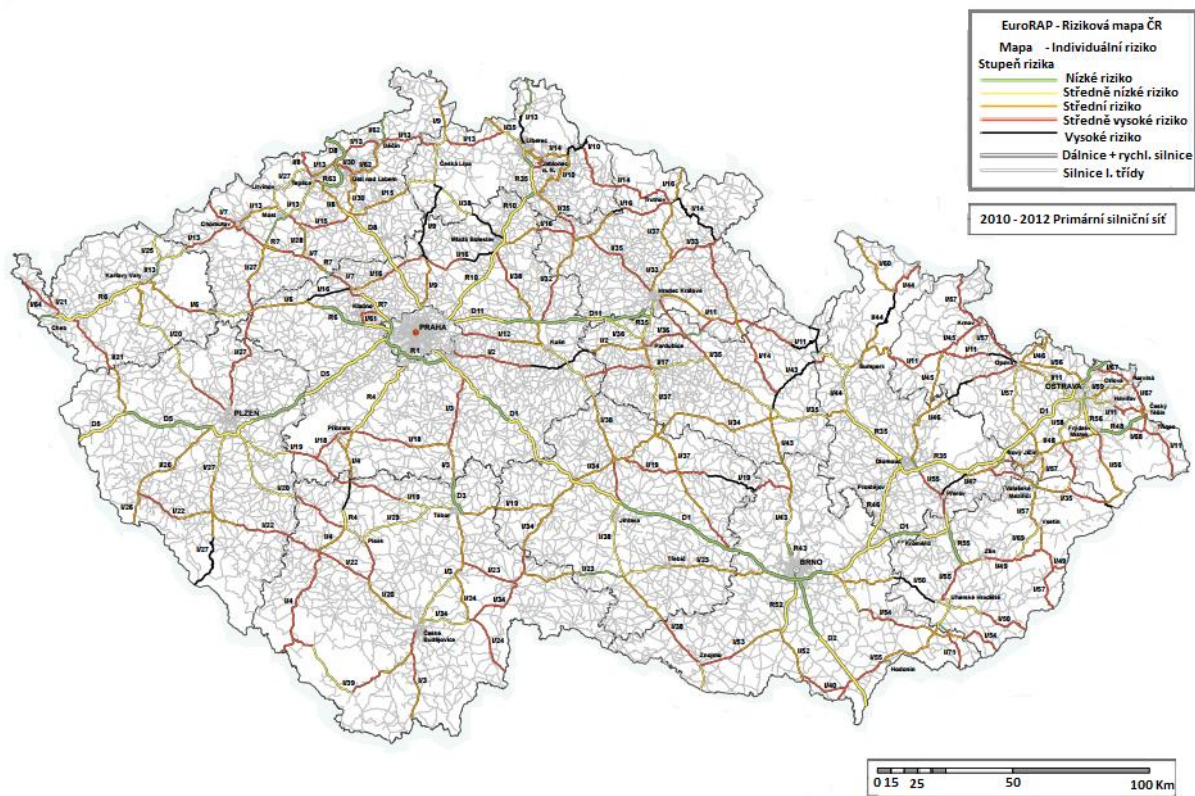
European Road Assessment Programme

Tento evropský program hodnocení bezpečnosti silnic - European Road Assessment Programme (dále jen „EuroRAP“) má za cíl:

- snížit smrtelná a těžká zranění;
- identifikovat nedostatky týkající se bezpečnosti silnic;
- navrhnout opatření vedoucí ke zvýšení bezpečnosti;
- zabezpečit, aby bylo bráno v úvahu hodnocení rizik, v případě rozhodování o zkvalitňování tras, prevenci nehod, spravování a údržbě silnic;
- upevňovat vzájemné vztahy mezi subjekty odpovědnými za bezpečnost silničního systému (motoristické organizace, výrobci vozidel, správci komunikací) [32].

Tento program vytváří rizikové mapy s využitím vstupních dat o silniční síti, nehodovosti a intenzitě dopravy. Taková mapa znázorňuje, jaké existuje riziko nehody se smrtelnými či vážnými následky na určitém úseku [32].

Silniční úseky, kterými se zabývá tato bakalářská práce, byly vybrány na podkladu rizikové mapy (viz obrázek 11). Tyto úseky sice nepředstavují největší riziko vzniku nehod, ale navazují na ně silnice, kde je již riziko vyšší. Vybrané úseky navíc vedou od hlavního města Prahy rovnoměrně tak, že D1 směřuje na jihovýchod, D5 na jihozápad, D8 na severozápad a D11 na severovýchod.



Obrázek 11 - Riziková mapa [32]

4 Výsledky

Následující výsledky byly získány na základě vlastního pozorování. Každý úsek byl sledován v obou směrech, vždy v pracovní den, ve stejně dlouhém časovém intervalu (5 hodin) se shodným počátkem a koncem pozorování. Hustota přepravy za jednu hodinu byla zjištěna průměrem celkového počtu identifikovaných vozidel za celkových čas na jednotlivých silničních úsecích. Jeden případ představuje jedna identifikovaná dopravní jednotka.

Prezentovány jsou zjištěné počty dopravních jednotek převážejících nebezpečné věci a druhy nebezpečných věcí přepravovaných na jednotlivých vybraných úsecích dálnic.

Dále jsou předkládány celkové výsledky shrnující počty dopravních jednotek převážejících nebezpečné věci na všech vybraných silničních úsecích celkem a souhrn všech druhů nebezpečných věcí s uvedením jejich nebezpečných vlastností, které byly přepravovány na veškerých vybraných silničních úsecích.

4.1 Dálnice D1

Dne 29. září 2015 projelo místem pozorování (viz obrázek 12) 56 dopravních jednotek převážejících nebezpečné věci.



Obrázek 12 - Místo pozorování na D1 [33]

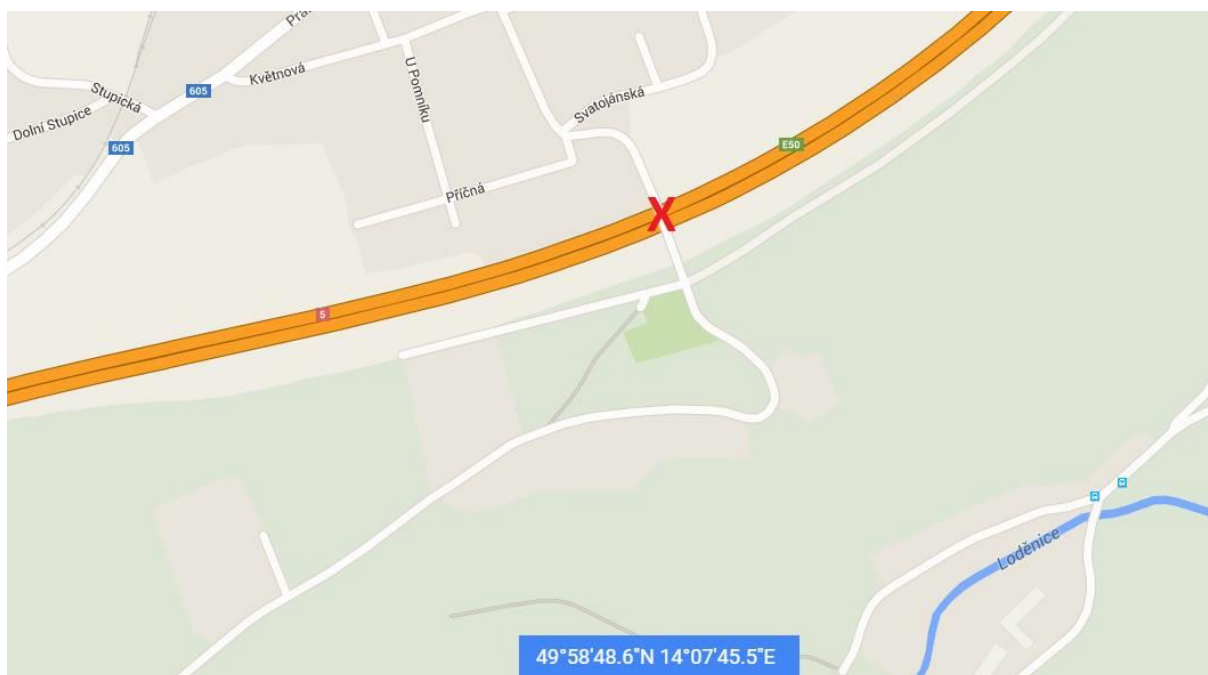
V následující tabulce 9 vidíme, jaké nebezpečné věci byly převáženy na dálnici D1. Největší podíl přepravovaných látek tvořily uhlovodíky představující 19,6 % z celkového množství případů na tomto úseku.

Tabulka 9 - Nebezpečné věci přepravované na D1

UN kód	Název věci	Četnost
1057	Zapalovače s hořlavým plynem nebo nádobky s náplní do zapalovačů s hořlavým plynem	1
1073	Kyslík (kapalný)	3
1202	Nafta motorová	8
1203	Benzín	10
1361	Uhlí nebo saze živočišného či rostlinného původu	2
1760	Látka žíravá, kapalná, j. n.	1
1824	Hydroxid sodný, roztok	1
1951	Argon, hluboce zchlazený, kapalný	1
1955	Plyn stlačený, toxický, j. n.	1
1965	Uhlovodíky plynné, směs, zkapalněné, j. n.	11
1994	Pentakarbonyl železa	1
2031	Kyselina dusičná 50%	1
2078	Toluendiisokyanát	1
2245	Cyklopentanon	1
3082	Látka ohrožující životní prostředí, kapalná, j. n.	2
3257	Látka zahřátá, kapalná, j. n., při teplotě 100°C nebo vyšší a nižší než je její bod vzplanutí (včetně roztavených kovů, roztavených solí atd.), plněná při teplotě vyšší než 190°C	7
3264	Despon K (obsahuje kyselinu fosforečnou a p-toluensulfonovou), látka žíravá, kapalná, kyselá, anorganická, j. n.	3
3266	Látka žíravá, kapalná, alkalická, anorganická, j. n.	1

4.2 Dálnice D5

Na dálnici D5 (viz obrázek 13) bylo dne 26. října 2015 identifikováno 42 dopravních jednotek převážejících nebezpečné věci.



Obrázek 13 - Místo pozorování na D5 [33]

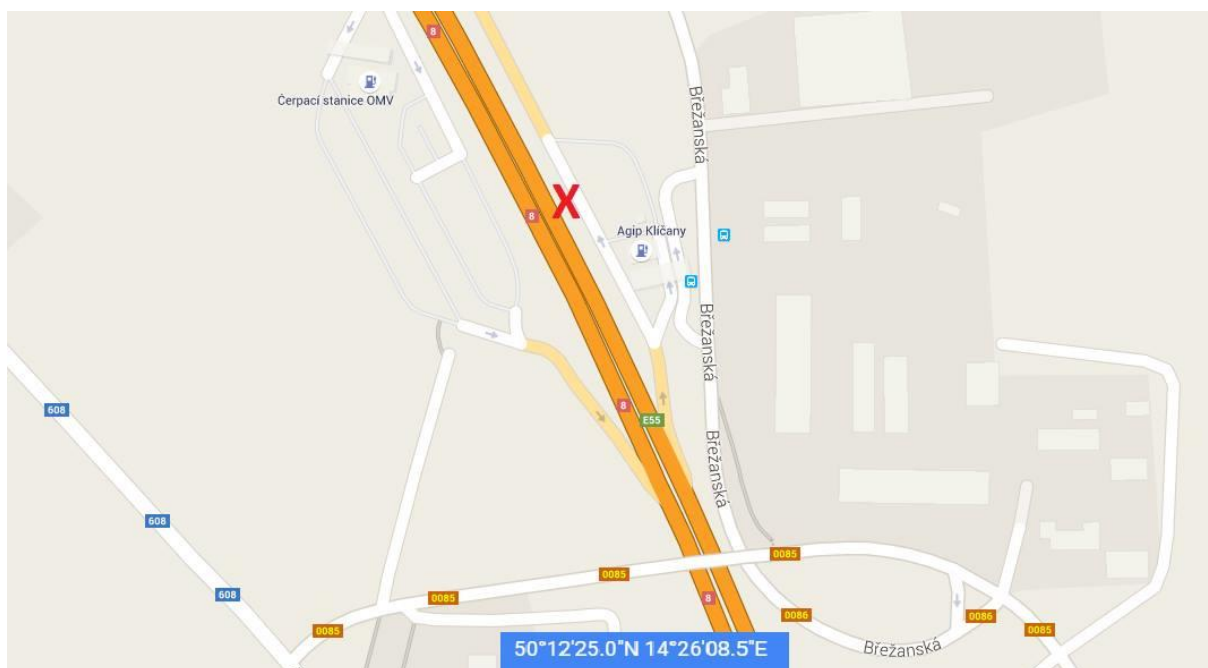
Z následující tabulky 10 lze vyčíst, které nebezpečné věci byly převáženy na dálnici D5. Nejvíce zde byla přepravována motorová nafta, představující 31 % z celkového množství případů na tomto úseku.

Tabulka 10 - Nebezpečné věci přepravované na D5

UN kód	Název věci	Četnost
1170	Ethanol (Ethylalkohol, Lih syntetický)	1
1202	Nafta motorová	13
1203	Benzín	9
1754	Kyselina chlorsulfonová	1
1830	Kyselina sírová	1
1951	Argon, hluboce zchlazený, kapalný	1
1965	Uhlovodíky plynné, směs, zkapalněné, j. n.	5
2031	Kyselina dusičná 50%	1
3082	Látka ohrožující životní prostředí, kapalná, j. n.	1
3257	Látka zahřátá, kapalná, j. n., při teplotě 100°C nebo vyšší a nižší než je její bod vzplanutí (včetně roztavených kovů, roztavených solí atd.), plněná při teplotě vyšší než 190°C	7
3264	Despon K (obsahuje kyselinu fosforečnou a p-toluensulfonovou), látka žíravá, kapalná, kyselá, anorganická, j. n.	2

4.3 Dálnice D8

Dne 22. září 2015 projelo na silničním úseku D8 (viz obrázek 14) celkem 92 dopravních jednotek převážejících nebezpečné věci.



Obrázek 14 - Místo pozorování na D8 [33]

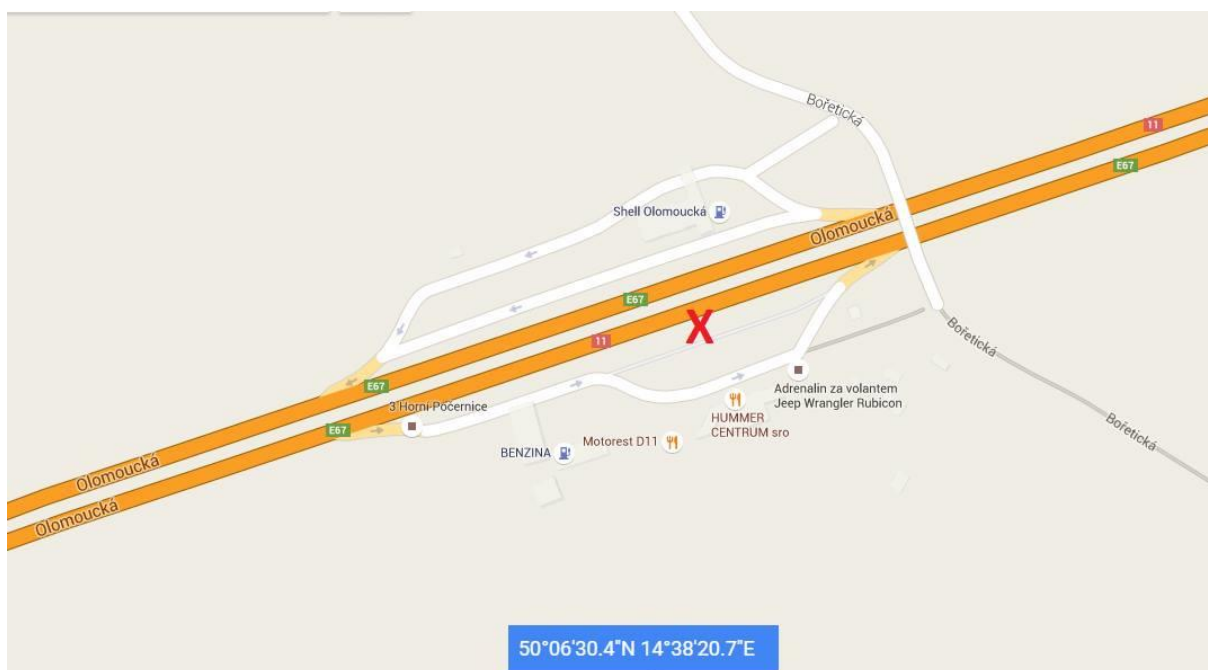
Z tabulky 11 vyplývá, že z nebezpečných věcí, které se vyskytly v přepravě na dálnici D8, bylo nejvíce převáženo benzínu, což činí 29,3 % z celkového množství případů na tomto úseku.

Tabulka 11 - Nebezpečné věci přepravované na D8

UN kód	Název věci	Četnost
1038	Ethylen, hluboce zchlazený, kapalný	3
1073	Kyslík (kapalný)	1
1090	Aceton	2
1170	Ethanol (Ethylalkohol, Lih syntetický)	3
1202	Nafta motorová	10
1203	Benzín	27
1219	Isopropanol	1
1361	Uhlí nebo saze živočišného či rostlinného původu	5
1805	Kyselina fosforečná, roztok	1
1824	Hydroxid sodný, roztok	7
1830	Kyselina sírová	3
1915	Cyklohexanon	1
1951	Argon, hluboce zchlazený, kapalný	2
1956	Plyn stlačený	1
1965	Uhlovodíky plynné, směs, zkapalněné, j. n.	3
1977	Dusík (kapalný)	6
2187	Oxid uhličitý kapalný	1
2304	Naftalen roztavený	1
2448	Síra, roztavená	1
3082	Látka ohrožující životní prostředí, kapalná, j. n.	2
3092	1-Methoxy-2-propanol	2
3256	Látka zahřátá, kapalná, hořlavá, j. n., s bodem vzplanutí více než 60°C, při teplotě rovnající se bodu vzplanutí nebo vyšší (ftalanhydrid roztavený; olej pyrolýzní, topný, těžký)	3
3257	Látka zahřátá, kapalná, j. n., při teplotě 100°C nebo vyšší a nižší než je její bod vzplanutí (včetně roztavených kovů, roztavených solí atd.), plněná při teplotě vyšší než 190°C	5
3264	Despon K (obsahuje kyselinu fosforečnou a p-toluensulfonovou), látka žíravá, kapalná, kyselá, anorganická, j. n.	1

4.4 Dálnice D11

Na dálnici D11 (viz obrázek 15) bylo dne 24. září 2015 zaznamenáno 94 dopravních jednotek s nebezpečnými věcmi.



Obrázek 15 - Místo pozorování na D11 [33]

Konkrétní nebezpečné věci, které byly přepravovány na této dálnici, jsou zobrazeny v tabulce 12. Je patrné, že zde bylo přepraveno nejvíce benzínu, tedy 25,5 % z celkového množství případů na tomto úseku.

Tabulka 12 - Nebezpečné věci přepravované na D11

UN kód	Název věci	Četnost
1049	Vodík (stlačený plyn)	1
1073	Kyslík (kapalný)	2
1145	Cyklohexan	1
1170	Ethanol (Ethylalkohol, Lih syntetický)	4
1202	Nafta motorová	15
1203	Benzín	24
1223	Uhlovodíky kapalné, čisté nebo směsi, tep. vzplanutí 21-55°C	1
1361	Uhlí nebo saze živočišného či rostlinného původu	8
1362	Uhlí, aktivované	1
1789	Kyselina chlorovodíková	1
1814	Hydroxid draselný, roztok	1
1824	Hydroxid sodný, roztok	2
1863	Palivo pro tryskové motory	1
1965	Uhlovodíky plynné, směs, zkapalněné, j. n.	2
1977	Dusík (kapalný)	3
1992	Látka hořlavá, kapalná, toxická, j. n.	1
2031	Kyselina dusičná 50%	3
3082	Látka ohrožující životní prostředí, kapalná, j. n.	3
3161	Plyn zkapalněný, hořlavý, j. n.	1
3256	Látka zahřátá, kapalná, hořlavá, j. n., s bodem vzplanutí více než 60°C, při teplotě rovnající se bodu vzplanutí nebo vyšší (ftalanhydrid roztavený; olej pyrolýzní, topný, těžký)	1
3257	Látka zahřátá, kapalná, j. n., při teplotě 100°C nebo vyšší a nižší než je její bod vzplanutí (včetně roztavených kovů, roztavených solí atd.), plněná při teplotě vyšší než 190°C	15
3264	Despon K (obsahuje kyselinu fosforečnou a p-toluensulfonovou), látka žíravá, kapalná, kyselá, anorganická, j. n.	2
3265	Kyselina glyoxylová	1

4.5 Vybrané silniční úseky celkem

Celkem projelo pozorovanými úseky 284 dopravních jednotek s nebezpečnými věcmi, které jsou uvedeny v tabulce 13.

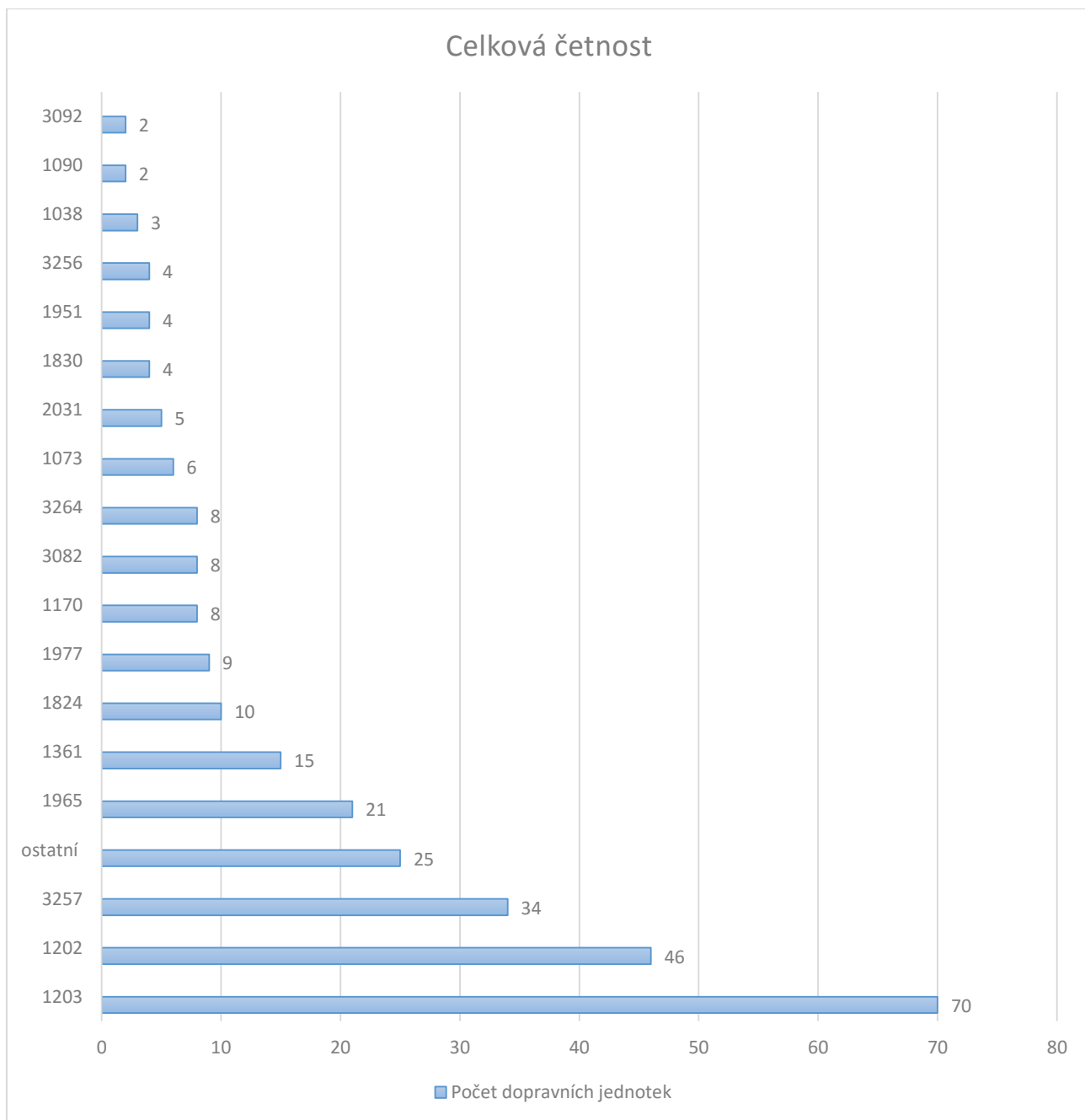
Tabulka 13 - Nebezpečné věci přepravované celkem

UN kód	Název věci	Četnost
1038	Ethylen, hluboce zchlazený, kapalný	3
1049	Vodík (stlačený plyn)	1
1057	Zapalovače s hořlavým plynem nebo nádobky s náplní do zapalovačů a hořlavým plynem	1
1073	Kyslík (kapalný)	6
1090	Aceton	2
1145	Cyklohexan	1
1170	Ethanol (Ethylalkohol, Lih syntetický)	8
1202	Nafta motorová	46
1203	Benzín	70
1219	Isopropanol	1
1223	Uhlovodíky kapalné, čisté nebo směsi, tep. vzplanutí 21-55°C	1
1361	Uhlí nebo saze živočišného či rostlinného původu	15
1362	Uhlí, aktivované	1
1754	Kyselina chlorsulfonová	1
1760	Látka žíravá, kapalná, j. n.	1
1789	Kyselina chlorovodíková	1
1805	Kyselina fosforečná, roztok	1
1814	Hydroxid draselný, roztok	1
1824	Hydroxid sodný, roztok	10
1830	Kyselina sírová	4
1863	Palivo pro tryskové motory	1
1915	Cyklohexanon	1
1951	Argon, hluboce zchlazený, kapalný	4
1955	Plyn stlačený, toxický, j. n.	1
1956	Plyn stlačený	1
1965	Uhlovodíky plynné, směs, zkapalněné, j. n.	21
1977	Dusík (kapalný)	9
1992	Látka hořlavá, kapalná, toxická, j. n.	1
1994	Pentakarbonyl železa	1
2031	Kyselina dusičná 50%	5
2078	Toluendiisokyanát	1
2187	Oxid uhličitý kapalný	1

2245	Cyklopentanon	1
2304	Naftalen roztavený	1
2448	Síra, roztavená	1
3082	Látka ohrožující životní prostředí, kapalná, j. n.	8
3092	1-Methoxy-2-propanol	2
3161	Plyn zkapalněný, hořlavý, j. n.	1
3256	Látka zahřátá, kapalná, hořlavá, j. n., s bodem vzplanutí více než 60°C, při teplotě rovnající se bodu vzplanutí nebo vyšší (ftalanhydrid roztavený; olej pyrolýzní, topný, těžký)	4
3257	Látka zahřátá, kapalná, j. n., při teplotě 100°C nebo vyšší a nižší než je její bod vzplanutí (včetně roztavených kovů, roztavených solí atd.), plněná při teplotě vyšší než 190°C	34
3264	Despon K (obsahuje kyselinu fosforečnou a p-toluensulfonovou), látka žíravá, kapalná, kyselá, anorganická, j. n.	8
3265	Kyselina glyoxylová	1
3266	Látka žíravá, kapalná, alkalická, anorganická, j. n.	1

Největší hustota dopravních jednotek zajišťujících přepravu nebezpečných věcí podle dohody ADR byla na dálnici D11, a to 19 dopravních jednotek za jednu hodinu a na dálnici D8, kde za jednu hodinu projelo 18 takových dopravních jednotek. Na dálnici D1 bylo zaznamenáno za jednu hodinu 11 dopravních jednotek s nebezpečnými věcmi a na dálnici D5 8 dopravních jednotek převážející nebezpečné věci.

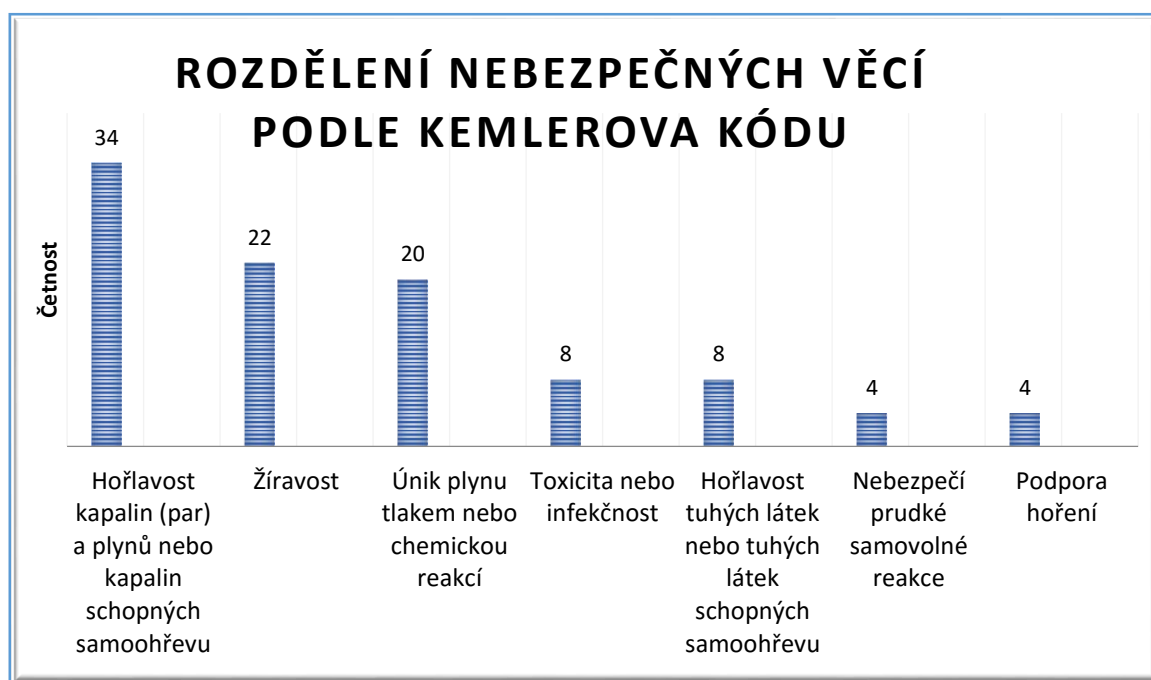
Celkem bylo identifikováno 43 druhů nebezpečných věcí, přepravovaných po sledovaných silničních úsecích. Nejvíce z nich bylo přepravováno na dálnici D8, a to 24 druhů nebezpečných věcí. O jeden druh méně, tedy 23, bylo zaznamenáno na dálnici D11. Na dálnici D1 bylo vyzorováno 18 různých věcí a na dálnici D5 jich bylo 11.



Graf 1 - Celková četnost

Z grafu 1 je patrné, že celkově na určených dálnicích nejvíce převážely pohonné hmoty (benzín v 24,6 % a motorová nafta v 16,2 % případů celkem). Nejvíce dopravních jednotek, které převážely pohonné hmoty, se vyskytlo na dálnici D5, a to v 52,4 % případů a na D11 (41 %). Na dálnici D8 byly identifikovány dopravní jednotky převážející naftu či benzín ve 40 % případů a na dálnici D1 ve 32 % případů.

Dále lze zjistit, že látka zahřátá (UN 3257) představuje třetí nejčastěji přepravovanou věc (11,9 %). Uhlovodíky se přepravovaly v 7,4 % případů a uhlí nebo saze živočišného či rostlinného původu v 5,3 % případů. Hydroxid sodný byl vyzorován v 10 případech (3,5 %) a o jeden případ méně, tedy 3,2 %, byl zaznamenán kapalný dusík. Ethanol, Despon K a látka ohrožující životní prostředí představují 2,8 % případů. Kapalný kyslík byl zaznamenán ve 2,1 % případů, kyselina dusičná v 1,8 % případů. Kyselina sírová, argon a látka zahřátá (UN 3256) byly převezeny čtyřikrát, což činí 1,4 %. Ethylen byl přepraven třikrát (1,1 %), jen dvakrát aceton a 1-Methoxy-2-propanol (0,7 %). Ostatní nebezpečné věci se na daných silničních úsecích vyskytly pouze jednou, což představuje 8,8 % z celkového počtu případů.



Graf 2 - Rozdělení nebezpečných věcí podle Kemlerova kódu

Graf 2 znázorňuje rozdělení jednotlivých nebezpečných věcí při přepravě na vybraných dálničních úsecích podle Kemlerova kódu. Nutno podotknout, že některé věci mají více než jednu nebezpečnou vlastnost.

Nebezpečné věci, které byly identifikovány na všech daných silničních úsecích, představovaly největší nebezpečí v podobě hořlavosti kapalin (par) a plynů nebo kapalin schopných samoohřevu (34 případů). Žíravost činila druhé nejčastější nebezpečí, jelikož bylo

vypozorováno 22 žíravých látek. Únik plynu tlakem nebo chemickou reakcí je ohrožení, které představovalo 20 identifikovaných věcí. Toxicita nebo infekčnost a hořlavost tuhých látek nebo tuhých látek schopných samoohřevu se vyskytla v 8 případech. Nejméně časté nebezpečí identifikovaných věcí je nebezpečí prudké samovolné reakce a podpora hoření, které bylo zaznamenáno ve 4 případech.

4.6 Scénář úniku nebezpečné látky pro modelaci

Pro modelaci byl zvolen následující scénář. Řidič kamionu převážejícího benzín jede po dálnici D5 z Plzně do Prahy. Nepřízpůsobí jízdě stavu a povaze vozovky, proto sjede z dálnice do prostor čerpací stanice s restaurací. Dojde k protržení nádrže o objemu 45 500 litrů a benzín začíná unikat. Následkem nehody dojde k poškození elektroinstalace ve vozidle a vznikne požár. V té době se na čerpací stanici a v restauraci nachází 51 lidí. Vzhledem k tomu, že se jedná o prostory, kde se nacházejí pohonné hmoty, hrozí zde riziko domino efektu.

4.7 Modelování scénáře podle programu TerEx

Z uvedeného scénáře byla pomocí programu TerEx provedena modelace. Byl zvolen model BLEVE – ohrožení nádrže plošným požárem. Pro modelaci byl vybrán automobilový benzín, přičemž jej z nádrže uniklo 100 %. Nádrž obsahovala 45 500 litrů automobilového benzínu, což je maximální množství, které může být v ČR přepravováno v jedné cisterně [34]. Pomocí hustoty benzínu, která byla zvolena na 775 kg/m^3 , byl přepočítán obsah zásobníku na 35 262,5 kg [35].

Výsledky modelace byly zakresleny do mapy a grafů, sloužících pouze pro orientaci a rychlý odhad následků při úniku zvolené nebezpečné látky.

4.8 Výsledky modelace úniku benzínu na dálnici D5

Pro modelování zvoleného scénáře programem TerEx, bylo nutné zadat parametry, zobrazené v tabulce 14.

Tabulka 14 - Zadané parametry pro modelaci

Model	BLEVE – ohrožení nádrže plošným požárem
Látka	Automobilový benzín
Obsah zásobníku	35 262,5 kg
Využití zásobníku	100 %

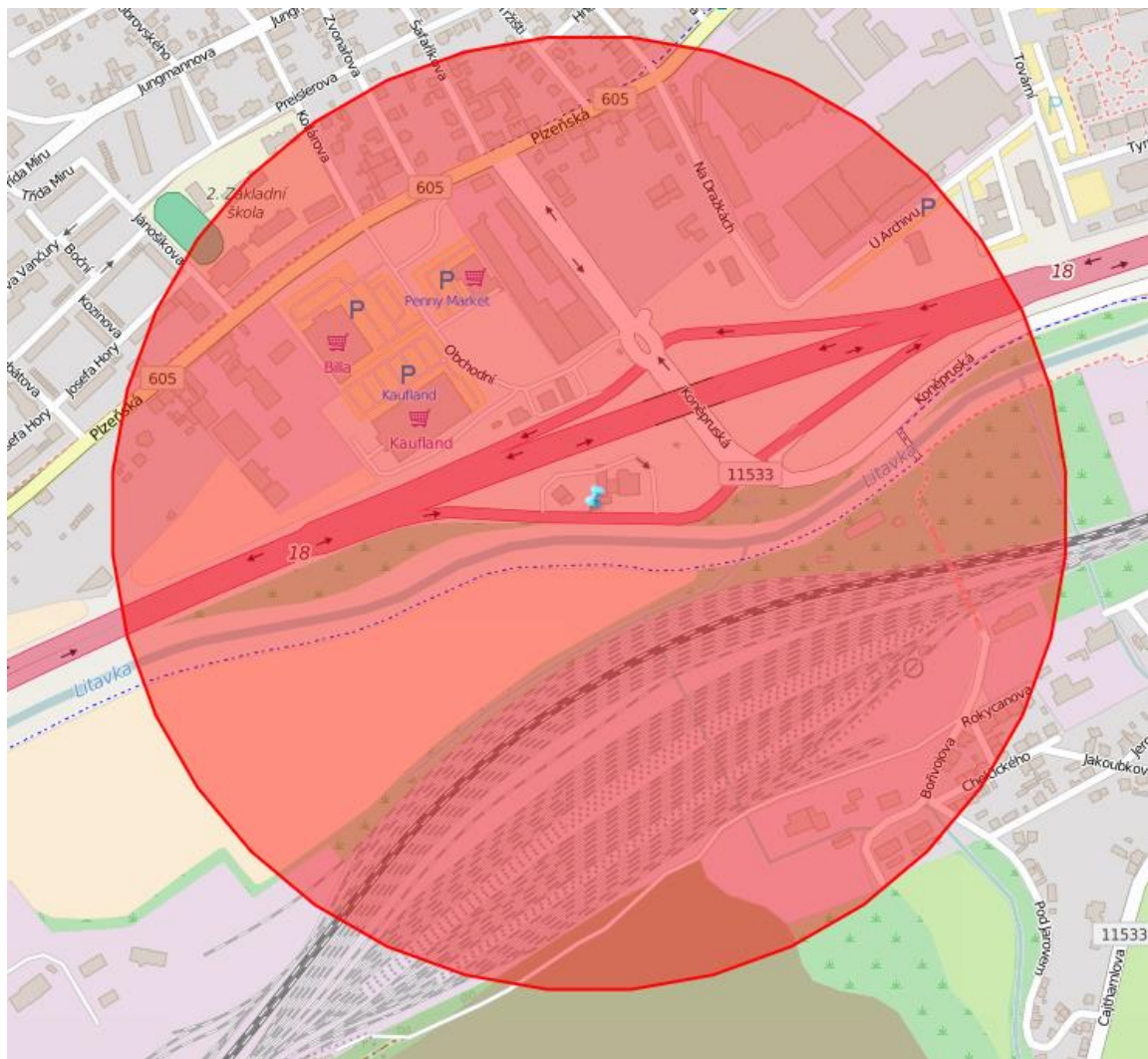
Výsledky modelace úniku automobilového benzínu, kdy byl zvolen model BLEVE – ohrožení nádrže plošným požárem při 100% využití zásobníku, ukazuje tabulka 15. Vidíme následky, ke kterým dojde při havárii cisterny se 45 500 litry benzínu, a také vzdálenost, ve které se tyto následky projeví. Dále je zde vymezen rozsah nutné evakuace osob.

Tabulka 15 - Výsledky modelace

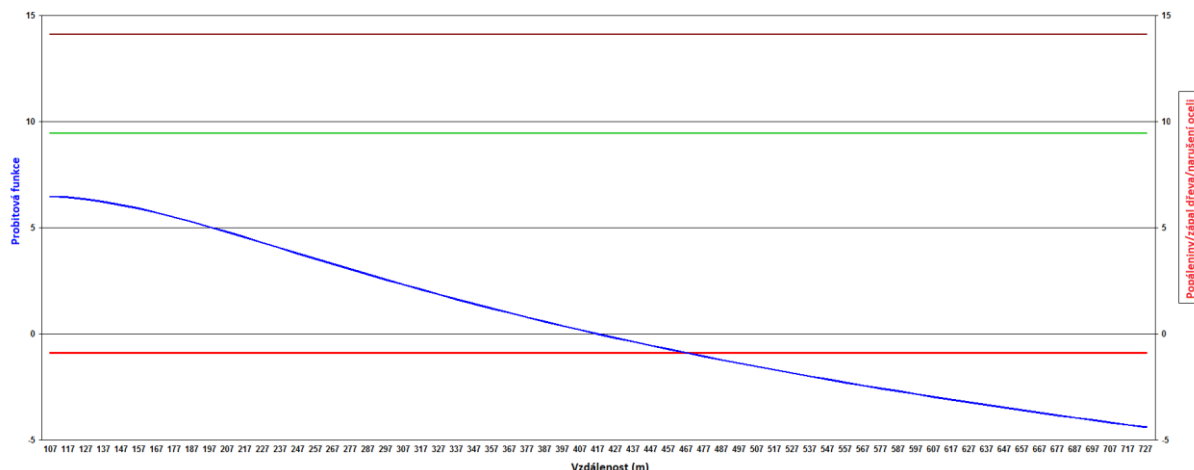
Dosah oblaku	97 m
Trvání oblaku	12,6 s
Popáleniny 1. stupně	477 m
Mortalita 10%	257 m
Mortalita 50%	207 m
Zápal suchého dřeva	97 m
Narušení pevnosti oceli	97 m
Nutná evakuace	477 m

Na obrázku 16 je zobrazeno místo havárie označené modrým bodem. Byla vybrána čerpací stanice s restaurací, jak je uvedeno ve scénáři události. Červený kruh představuje oblast ohrožení popáleninami 1. stupně.

Je zřejmé, že kruh pokrývá kromě čerpací stanice a restaurace také obydlenou oblast, tři obchodní domy a školu. Lze tedy předpokládat, že by bylo ohroženo a nutně evakuováno několik stovek obyvatel, kteří bydlí ve městě Beroun.

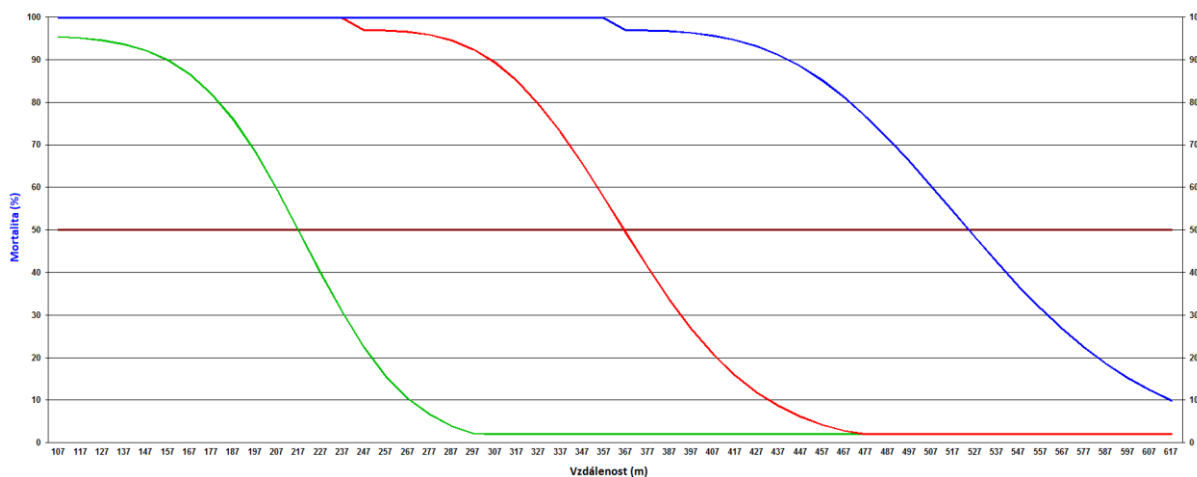


Obrázek 16 - Ohrožení popáleninami 1. stupně



Graf 3 - Následky při expozici dané dobou trvání oblaku

Graf 3 zobrazuje následky závislé na trvání oblaku. Účinky tepelné radiace, kterými jsou popáleniny 1. stupně, zápal suchého dřeva a narušení pevnosti oceli, jsou vyhodnoceny pomocí probitové funkce, která je znázorněna modře. Červená čára představuje popáleniny 1. stupně, které jsou způsobeny do vzdálenosti 477 metrů od místa havárie (bod průtnutí červené a modré čáry). Narušení pevnosti ocele (hnědá čára) a zápal suchého dřeva (zelená čára) vzniknou do vzdálenosti 97 metrů od místa havárie.



Graf 4 - Závislost mortality na vzdálenosti při různé době expozice

Graf 4 znázorňuje závislost úmrtnosti na vzdálenosti po dobu expozice. Vidíme, že při expozici po dobu 15 sekund (zelená křivka) je 50% úmrtnost do vzdálenosti 217 metrů od místa havárie, při expozici po dobu 1 minuty (červená křivka) 367 metrů od místa havárie a při expozici po dobu 3 minut (modrá křivka) až do vzdálenosti 527 metrů od místa havárie. Tento graf nebere ohled na konkrétní dobu trvání oblaku.

5 Diskuze

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou přepravy nebezpečných látek (věcí) na vybraných silničních úsecích v ČR. Předmětem bylo zhodnocení frekvence této přepravy na dálnicích D1, D5, D8 a D11, a to na základě vlastního pozorování. Výsledky týkající se jednotlivých vybraných silničních úseků vychází z pozorování provedeného v obou směrech, vždy v pracovní den, ve stejně dlouhém časovém intervalu se shodným počátkem a koncem pozorování.

Bylo zjištěno, že na dálnici D1 byly nejvíce převáženy uhlovodíky (19,6 %), na dálnici D5 motorová nafta (31 %), na dálnici D8 benzín (29,3 %) stejně jako na dálnici D11 (25,5 %). Celkově se převáželo nejvíce pohonných hmot – benzínu (24,6 %) a motorové nafty (16,2 %).

Největší množství pohonných hmot bylo převáženo na dálnici D5 (52,4 %). Na silničním úseku D11 byly zaznamenány pohonné hmoty ve 41 % případů, na dálnici D8 ve 40 % případů a na posledním sledovaném úseku - dálnici D1 ve 32 % případů.

Celkem bylo zaznamenáno 43 druhů přepravovaných nebezpečných věcí, na dálnici D8 jich bylo identifikováno 24, což bylo nejvíce ze všech čtyř vybraných silničních úseků. Na dálnici D11 se vyskytlo 23 druhů, na dálnici D1 jich bylo 18 a na dálnici D5 bylo zaznamenáno 11 druhů nebezpečných věcí.

Největší hustota provozu dopravních jednotek přepravujících nebezpečné věci byla zjištěna na dálnici D11, kde se vyskytlo 19 dopravních jednotek za jednu hodinu. Na dálnici D8 bylo vypořazováno 18 dopravních jednotek, na dálnici D1 jich bylo 11 a na dálnici D5 bylo identifikováno za jednu hodinu 8 dopravních jednotek přepravujících nebezpečné věci.

Na nejvíce frekventované dálnici D11 z hlediska přepravy nebezpečných věcí se přepravilo nejvíce benzínu, což představuje druhou dálnici, na které se nejčastěji převážely pohonné hmoty. Je také druhou dálnicí z hlediska různosti přepravovaných druhů.

Druhou nejfrekventovanější dálnicí je dálnice D8, kde se přepravovalo nejvíce benzínu z celkového množství případů na tomto úseku. Tato dálnice byla nejvíce rozmanitá, co se týče druhů přepravovaných nebezpečných věcí.

Dálnice D1 představuje třetí nejfrekventovanější silniční úsek ve vztahu k přepravě nebezpečných věcí. Tato dálnice je jedinou z pozorovaných, na které se nejvíce nepřevážely

pohonné hmoty, nýbrž uhlovodíky. Pohonné hmoty byly na tomto silničním úseku identifikovány nejméně ze všech vybraných dálnic.

Naopak nejvíce pohonných hmot bylo zaznamenáno na dálnici D5, která je ovšem nejméně frekventovanou dálnicí z hlediska přepravy nebezpečných věcí. Na tomto silničním úseku bylo také zaznamenáno nejméně druhů nebezpečných věcí a nejčastěji zde byla přepravována motorová nafta.

Lze tedy konstatovat, že dálnice D11 byla nejvíce frekventovanou z hlediska přepravy nebezpečných věcí. Na dálnici D8 se přepravovalo nejvíce druhů nebezpečných věcí. Dálnice D1 představuje silniční úsek s nejnižší přepravou pohonných hmot a naopak na dálnici D5 se přepravovalo nejvíce pohonných hmot, avšak nejméně druhů nebezpečných věcí celkem a tento silniční úsek je také nejméně frekventovaný z hlediska přepravy nebezpečných věcí.

Dále byla hodnocena přeprava věcí podle Kemlerova kódu, přičemž nejvíce se přepravovalo hořlavých kapalin (par) a plynů nebo kapalin schopných samoohřevu, což představuje 34 % z celkového množství případů. Ve 22 % případů byla přepravována látka s nebezpečím žíravosti. Přeprava látek s možným ohrožením únikem plynu nebo chemickou reakcí představovala 20 % případů přepravy. Toxicita nebo infekčnost činila 8 % z celkového množství případů stejně jeho hořlavost tuhých látek či tuhých látek schopných samoohřevu. Ve 4 % případů se přepravovaly látky, u kterých hrozilo nebezpečí prudké samovolné reakce, a ve stejném procentu případů se vyskytly látky podporující hoření.

V této práci byla vymodelována havárie s látkou, která se na vybraných silničních úsecích vyskytovala nejvíce – automobilový benzín. K modelaci byl použit softwarový nástroj pro rychlý odhad následků havárie s únikem nebezpečných látek TerEx od společnosti T-SOFT.

Z výsledků bylo zjištěno, že při havárii cisterny se 45 500 litry benzínu při plošném požáru a při 100% využití zásobníků, budou hrozit popáleniny 1. stupně do vzdálenosti 477 metrů od místa havárie. Do vzdálenosti 207 metrů od místa takové události hrozí 50% úmrtnost a 10% úmrtnost až do 257 metrů od místa havárie. K narušení pevnosti oceli a k zápalu suchého dřeva by došlo do vzdálenosti 97 metrů od místa havárie. V případě vzniku popsané havárie by byla nutná evakuace obyvatelstva do vzdálenosti 477 metrů od místa jejího vzniku. Vzhledem k tomu, že v evakuované oblasti se nachází čerpací stanice, stravovací zařízení, tři supermarkety, základní škola a obytná zóna, lze předpokládat potřebu rozsáhlého odsunu osob.

Pro modelaci úniku automobilového benzínu na dálnici D5 bylo zadáno maximální využití zásobníku, tedy 100 %. Největším možným množstvím, ve kterém lze přepravovat automobilový benzín v ČR, je 45 500 litrů v jedné cisterně. Toto maximální množství bylo také použito pro modelaci. Všechny podmínky byly zvoleny tak, aby došlo k co možná nejhorším následkům. Vzhledem k tomu, že na dálnici D5 již k úniku nebezpečných látek došlo a s ohledem na skutečnost, že tato dálnice je velmi frekventovaná, je výše zmíněný scénář vysoce pravděpodobný. Modelovaná havárie se odehrála na čerpací stanici, a tudíž zde hrozilo riziko domino efektu, který však program TerEx nezohlednil. Lze tedy usuzovat, že dopad této nehody by byl ještě větší.

Podle Eurostatu bylo v ČR v období let 2012, 2013 a 2014 nejvíce převáženo hořlavých kapalin (621 milionů tunokilometrů v roce 2012, 704 milionů tunokilometrů to bylo v roce 2013 a 701 milionů tunokilometrů v roce 2014). Mezi tyto hořlavé kapaliny patří i pohonné hmoty, které byly na námi pozorovaných úsecích zaznamenány v nejvíce případech. I podle rozdělení na základě Kemlerova kódu, představovala největší nebezpečí hořlavost kapalin (par) a plynů nebo kapalin schopných samoohřevu. Ovšem jako druhé nejčastěji přepravované látky v ČR Eurostat uvádí plyny (274 milionů tunokilometrů za rok 2012, 219 milionů tunokilometrů za rok 2013 a 299 milionů tunokilometrů za rok 2014), avšak nebezpečí úniku plynu na námi pozorovaných úsecích je vzhledem k četnosti jejich přepravy až na třetím místě. Z provedeného pozorování bylo zjištěno, že druhým nejčastějším nebezpečím vzniku havárie spojené s únikem nebezpečných látek na námi vybraných dálničních úsecích je přeprava žíravých látek. Žíravé látky se podle Eurostatu převážejí v ČR až jako čtvrté nejčastější (65 milionů tunokilometrů v roce 2012, 140 milionů tunokilometrů to bylo v roce 2013 a 176 milionů tunokilometrů v roce 2014).

Dále je uvedeno, že ČR je devátou zemí z 29 zemí, jejichž statistika je zpracovávána Eurostatem, v počtu přepravovaných nebezpečných věcí, což značí, že přeprava nebezpečných věcí v ČR, ve srovnání s ostatními zeměmi, je poměrně vysoká. S tím souvisí i zvýšené riziko vzniku havárie s únikem nebezpečné látky. Vzhledem k závažnosti a nepředvídatelnosti těchto havárií je nutné, aby především složky IZS byly připraveny a vybaveny technikou potřebnou k záchranným a likvidačním pracím. Je třeba také provádět pravidelná taktická cvičení zaměřená na zásahy u havárií spojených s únikem nebezpečných látek.

Neboť jednou z příčin vzniku havárií je lidský faktor, bylo by vhodné školit řidiče alespoň jednou za 2 roky v návaznosti na novelizaci dohody ADR, nikoli v pětiletých intervalech.

Podle vyjádření Policie ČR (dále jen „PČR“) mají na celkovém počtu dopravních nehod dopravních jednotek přepravujících nebezpečné věci nejvyšší podíl dopravní nehody cisteren s benzínem a poté cisteren s naftou. To podle PČR souvisí s tím, že se v ČR v rámci přepravy nebezpečných věcí nejvíce přepravují pohonné hmoty, což se naprosto shoduje s výsledky zjištěnými v rámci této bakalářské práce [36].

6 Závěr

Bakalářská práce se zabývala přepravou nebezpečných látek (věcí) v rámci dohody ADR na dálničních úsecích D1, D5, D8 a D11. V teoretické části byly popsány nebezpečné chemické látky, jejich vlastnosti a havárie s únikem těchto látek. Dále byla přiblížena problematika přepravy nebezpečných věcí, konkrétně dohoda ADR.

Cílem práce bylo provést analýzu hustoty přepravy na výše zmíněných silničních úsecích. Na základě výsledků z vlastního pozorování byla podle zvoleného scénáře vymodelována havárie pomocí softwarového nástroje TerEx. K modelaci byla použita látka, která se na pozorovaných silničních úsecích vyskytovala nejvíce, a to automobilový benzín. Scénář se odehrál na dálnici D5, kde bylo při pozorování zjištěno nejvíce přepravovaných pohonných hmot ze všech vybraných silničních úseků.

Co se týče přepravy nebezpečných látek, vybrané dálnice se od sebe navzájem lišily. Byly na nich přepravovány různé druhy nebezpečných věcí s rozdílnými vlastnostmi a z nich vyplývajícími nebezpečími. Dopravní jednotky přepravující nebezpečné věci se na jednotlivých úsecích vyskytovaly s různou frekvencí. Společným rysem přepravy nebezpečných věcí na všech vybraných silničních úsecích je skutečnost, že ve většině případů byly přepravovány pohonné hmoty.

Bakalářská práce má upozornit na fakt, že frekvence přepravy nebezpečných věcí v ČR je poměrně vysoká a je třeba si uvědomit, jaká tento druh přepravy představuje rizika v podobě havárií s únikem nebezpečných látek, na jejíž možné dopady tato práce poukazuje.

7 Seznam použitých zkratk

ADR	Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
ČR	Česká republika
EuroRAP	Evropský program hodnocení bezpečnosti silnic - European Road Assessment Programme
Eurostat	Statistický úřad Evropských společenství
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
IZS	Integrovaný záchranný systém
MU	Mimořádná událost
PČR	Policie ČR
TerEx	Teroristický expert
TRINS	Transportní a nehodový systém

8 Seznam použité literatury

1. ČAPOUN, Tomáš a kol. *Chemické havárie*. 1. vydání. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009, 149 s. ISBN 978-80-86640-64-8.
2. Česká republika. *Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů*.
3. MIKA, Otakar J. *Průmyslové havárie*. 1. vydání. Praha: Triton, 2003, 126 s. ISBN 80-7254-455-1.
4. LACINA, Petr a kol. *Nebezpečné chemické látky a směsi*. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013, 131 s. ISBN 978-80-210-6475-1.
5. MAŠEK, Ivan a kol. *Prevence závažných průmyslových havárií*. 1. vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2006, 98 s. ISBN 80-214-3336-1.
6. KROUPA, Miroslav. *Chování obyvatelstva v případě havárie s únikem nebezpečných chemických látek: příručka pro orgány státní správy, územní samosprávy, právnické osoby a podnikající fyzické osoby a obyvatelstvo*. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2004, 46 s. ISBN 80-86640-23-X.
7. KROUPA, Miroslav a ŘÍHA, Milan. *Průmyslové havárie*. 1. vydání. Praha: Armex, 2007, 169 s. ISBN 978-80-86795-49-2.
8. LINHART, Petr. *Ochrana člověka za mimořádných událostí pro střední školy*. 1. vydání. Praha: Fortuna, 2003, 93 s. ISBN 80-7168-869-X.
9. SKŘEHOT, Petr a kol. *Prevence nehod a havárií: 1. díl: Nebezpečné látky a materiály*. 1. vydání. Česko: PINK PIG, 2009, 341 s. ISBN 978-80-86973-70-8.

10. BERNATÍK, Aleš. *Plynná a kapalná paliva a jejich nebezpečné vlastnosti z pohledu prevence závažných havárií*. 1. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2014, 123 s. ISBN 978-80-7385-150-7.
11. SASKA, Tomáš a NOVÁK, Jan. *Stanovení pásem ohrožení při přepravě nebezpečných věcí*. In: *Věda a krizové situace 2009: konference mladých vědeckých pracovníků: sborník přednášek*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009, 93 s. ISBN 978-80-7372-528-0
12. SKŘEHOT, Petr a kol. *Prevence nehod a havárií: 2. díl: Mimořádné události a prevence nežádoucích následků*. 1. vydání. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009, 595 s. ISBN 978-80-86973-73-9.
13. MIKA, Otakar J a POLÍVKA, Lubomír. *Radiační a chemické havárie*. 1. vydání. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2010, 169 s. ISBN 978-80-7251-321-5.
14. History.com. *July 07, 1987: Tanker accident causes deadly fire* [online]. A+E Networks, 2009 [cit. 2016-01-27]. Dostupné z: <http://www.history.com/this-day-in-history/tanker-accident-causes-deadly-fire>
15. China Daily. *Chemical tanker crashes, killing 27* [online]. China Daily, 2015 [cit. 2016-01-27]. Dostupné z: http://www.chinadaily.com.cn/english/doc/2005-03/31/content_429705.htm
16. Journal of the Air & Waste Management Association. *Modeling Dispersion from Toxic Gas Released after a Train Collision in Graniteville, SC* [online]. 2007, 57(3), 268-278 s. [cit. 2016-03-14]. ISSN 1096-2247. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10473289.2007.10465329>
17. The Guardian. *Congo fuel truck explosion kills at least 230 people* [online]. The Guardian News, 2010 [cit. 2016-01-27]. Dostupné z: <http://www.theguardian.com/world/2010/jul/03/230-die-in-congo-truck-explosion>

18. Novinky.cz. *Kyselina dusičná ohrozila 19 lidí, jsou v nemocnici* [online]. Borgis, 2005 [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: <http://www.novinky.cz/krimi/58121-kyselina-dusicna-ohrozila-19-lidi-jsou-v-nemocnici.html>
19. IDNES.cz. *Kyselina z rozbité cisterny počkala kilometry silnice na Kroměřížsku* [online]. MARFA, 2008 [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: http://zpravy.idnes.cz/kyselina-z-rozbite-cisterny-pocakala-kilometry-silnice-na-kromerizsku-1ne-/krimi.aspx?c=A080226_105245_krimi_klu
20. Požáry.cz. *Z cisterny u Vráže dva dny unikal nebezpečný Styren* [online]. Požáry.cz, 2012 [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/52172-z-cisterny-u-vraze-dva-dny-unikal-nebezpecny-styren/>
21. Česká republika. *Zákon č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě*. In Sběrka zákonů: Česká republika
22. MILETÍN, Jiří a KONEČNÝ, Pavel. *ADR 2015: přeprava nebezpečných věcí po silnici: příručka pro školení řidičů a osob podílejících se na přepravě nebezpečných věcí dle Dohody ADR*. 1. vydání. Praha: M Konzult s.r.o., 2015, 159 s. ISBN 978-80-902202-4-9.
23. STEJSKAL, Petr. *Mezinárodní přeprava v České republice*. 1. vydání. Praha: České vysoké učení technické, 2012, 202 s. ISBN 978-80-01-05059-0.
24. Ministerstvo dopravy. *Přeprava nebezpečných věcí (ADR)* [online]. Ministerstvo dopravy [cit. 2016-01-17]. Dostupné z: http://www.mdcz.cz/cs/Silnicni_doprava/Nakladni_doprava/adr/Preprava_nebezpecnych_veci.htm
25. UNECE. *Legal instruments in the field of transport* [online]. United Nations Economic Commission for Europe [cit. 2016-01-17]. Dostupné z: http://www.unece.org/trans/conventn/legalinst_53_TDG_ADR.html

26. PETRUNČÍK, Pavel. *Silniční přeprava nebezpečných věcí v praxi: ADR 2015*. 1. vydání. Střítež: VIKRA služby s.r.o., 2015, 206 s.
27. Vítejenazemi. *Přepavní výkon* [online]. Cenia [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: http://vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=prepravni_vykon&site=doprava
28. European Commission. *Annual road freight transport of dangerous goods, by type of dangerous goods and broken down by activity* [online]. EUROSTAT, 2015 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=road_go_ta_dg&lang=en
29. ŠENOVSKÝ, Michail a BARTLOVÁ, Ivana. *Nebezpečné látky*. 2. rozšířené vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2001, 18 s. ISBN 80-86111-74-1.
30. Česká republika. *Vyhláška 64/1987 Sb. o Evropské dohodě o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR), ve znění pozdějších předpisů, a přílohy A, B ve znění pozdějších předpisů a nařízení*.
31. HAVLOVÁ, Michaela a kol. *TerEx Uživatelský manuál*. Verze 3.1. Praha: T-SOFT, 2012, 72 s.
32. UAMK. *PROGRAM EURORAP* [online]. Praha: ÚAMK, 2013 [cit. 2016-03-14]. Dostupné z: <http://www.uamk.cz/item/2222-program-eurorap>
33. Google. *Google maps* [online]. Google [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps>
34. E-mailová korespondence se společností Petrotrans s.r.o. [online], 26. 4. 2016
35. ČEPRO. *Bezolovnaté benzíny* [online]. Praha: ČEPRO [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <https://www.ceproas.cz/bezolovnate-benziny>

36. Dopravní noviny. *Počet dopravních nehod řidičů ADR je velmi vysoký* [online]. Praha: České dopravní vydavatelství s.r.o., 2012 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.dnoviny.cz/silnicni-doprava/pocet-dopravnich-nehod-ridicu-adr-je-velmi-vysoky>

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Třídy nebezpečnosti hořlavin.....	11
Tabulka 2 - Přehled pravděpodobnosti vzniku a následků u jednotlivých havárií.....	12
Tabulka 3 - Struktura dohody ADR	19
Tabulka 4 - Klasifikace nebezpečných věcí podle dohody ADR.....	21
Tabulka 5 - Přeprava nebezpečných věcí podle tříd v ČR	22
Tabulka 6 - Celková přeprava nebezpečných věcí v jednotlivých zemích v roce 2014.....	23
Tabulka 7 - Číslice nebezpečí.....	25
Tabulka 8 - Použité metody.....	34
Tabulka 9 - Nebezpečné věci přepravované na D1	39
Tabulka 10 - Nebezpečné věci přepravované na D5	41
Tabulka 11 - Nebezpečné věci přepravované na D8	43
Tabulka 12 - Nebezpečné věci přepravované na D11	45
Tabulka 13 - Nebezpečné věci přepravované celkem	46
Tabulka 14 - Zadané parametry pro modelaci.....	51
Tabulka 15 - Výsledky modelace	51

10 Seznam grafů

Graf 1 - Celková četnost.....	48
Graf 2 - Rozdělení nebezpečných věcí podle Kemlerova kódu	49
Graf 3 - Následky při expozici dané dobou trvání oblaku.....	53
Graf 4 - Závislost mortality na vzdálenosti při různé době expozice	54

11 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Oranžová bezpečnostní tabulka	24
Obrázek 2 - Bezpečnostní značka označující žíravé látky	26
Obrázek 3 - Označení dopravní jednotky přepravující nebezpečné věci v kusech	27
Obrázek 4 - Označení dopravní jednotky přepravující nebezpečné věci v kusech tabulkou o zmenšené velikosti.....	27
Obrázek 5 - Označení kontejneru přepravujícího nebezpečné věci v kusech	28
Obrázek 6 - Označení dopravní jednotky přepravující volně ložené nebezpečné věci	28
Obrázek 7 - Označení kontejneru přepravujícího volně ložené nebezpečné věci	29
Obrázek 8 - Značka pro zahřáté látky.....	29
Obrázek 9 - Označení cisterny přepravující jeden druh nebezpečné věci.....	30
Obrázek 10 - Označení vícekomorové cisterny přepravující více druhů nebezpečných věcí ..	30
Obrázek 11 - Riziková mapa	36
Obrázek 12 - Místo pozorování na D1	38
Obrázek 13 - Místo pozorování na D5	40
Obrázek 14 - Místo pozorování na D8	42
Obrázek 15 - Místo pozorování na D11	44
Obrázek 16 - Ohrožení popáleninami 1. stupně	52