

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra plánování krajiny a sídel



**Provoz kamionové dopravy v režimu ADR a možné
ohrožení kvality vod**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Dr. Ing. Et Ing. Miroslav Kravka

Autor práce: Anna Nováková

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Anna Nováková

Krajinné inženýrství
Regionální environmentální správa

Název práce

Provoz kamionové dopravy v režimu ADR a možné ohrožení kvality vod

Název anglicky

Truck transport operation in the ADR mode and possible threat to water quality

Cíle práce

Cílem této diplomové práce je poskytnutí uceleného přehledu ohledně přepravy nebezpečných látek a činností v případě kontaminace vod. Součástí této práce je popis zásahu jednotek požární ochrany při úniku nebezpečných látek při havárii nákladního automobilu a porovnání dopadů úniku chloru a ropných produktů na vodní prostředí.

Metodika

Teoretická část:

Poskytnutí uceleného přehledu ohledně kamionové dopravy a přepravy nebezpečných látek v režimu ADR. Dále přehled činností a opatření při havárii a úniku nebezpečných látek do vod.

Praktická část:

Vytvoření modelové havárie úniku chloru a ropných produktů při přepravě kamionovou dopravou, popis zásahu jednotek požární ochrany při zneškodňování havárie a porovnání dopadů chloru a ropných produktů na vodní prostředí.

Doporučený rozsah práce

40 + přílohy

Klíčová slova

ADR, kamionová doprava, havárie, vodní prostředí, jednotka požární ochrany

Doporučené zdroje informací

ADR: Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí, New York a Geneva, 2016. 1279 s.

Barta J., Ludík T., 2012: ALOHA – modelování a simulace. Univerzita obrany, Brno, 39 s.

RICHTER, M. *Technologie ochrany životního prostředí. Část I, Ochrana čistoty vod.* Ústí nad Labem:

Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2005. ISBN 80-7044-684-6.

Směrnice evropského parlamentu a rady 2008/68/ES o pozemní přepravě nebezpečných věcí.

Životní prostředí : vodní hospodářství, ochrana ovzduší, přírody a krajiny, zemědělský půdní fond, horninové prostředí, odpadové hospodářství, posuzování vlivů, chemické látky, geneticky modifikované organismy a produkty, prevence závažných havárií, integrovaná prevence : podle stavu k 23.6.2004. Ostrava: Sagit, 2004. ISBN 80-7208-421-6.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Dr. Ing. et Ing. Miroslav Kravka

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 15. 3. 2021

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 18. 03. 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením Dr. Ing. Et Ing. Miroslava Kravky. Také jsem uvedla všechny literární publikace a zdroje, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne

Poděkování

Mé poděkování patří Dr. Ing. Et Ing. Miroslavu Kravkovi za jeho ochotu, vstřícnost, věcné rady a připomínky při zpracování této práce. Děkuji také mé rodině a všem, kteří mě podporovali.

Abstrakt

Tato diplomová práce řeší oblast přepravy nebezpečných látek kamionovou dopravou. Cílem práce bylo zhodnocení dopadů možné havárie a úniku těchto látek do vodního prostředí a vliv na kvalitu vod.

V důsledku rychle narůstající kamionové dopravy, je nezbytné minimalizovat možná rizika vzniku nehod při přepravě nebezpečných látek. Za nebezpečné jsou považovány ty látky, pro jejichž povahu, vlastnosti nebo stav může být v souvislosti s jejich přepravou ohrožena bezpečnost osob, zvířat či životního prostředí. Z toho důvodu byla uzavřena Evropská dohoda ADR, odkazující také na další evropské i mezinárodní normy vztahující se k této problematice, která stanoví podmínky pro mezinárodní přepravu nebezpečného nákladu. Specifika přepravy nebezpečných látek kamionovou dopravu představují značná rizika možného úniku nebezpečných látek, v důsledku nevhodně umístěného nebo špatně zajištěného nákladu, ale především v případech dopravních nehod s následným únikem takovéto látky, kdy jsou v ohrožení lidské životy a majetek, ale také složky životního prostředí.

V praktické části této práce je na modelové situaci řešena míra vlivu nebezpečných látek na vodní prostředí a popsán postup jednotek požární ochrany při zneškodňování havárie. Dále jsou zhodnoceny dopady unikajících látek na vodní prostředí a porovnáno jejich působení.

Klíčová slova: ADR, kamionová doprava, vodní prostředí, havárie, jednotka požární ochrany

Abstract

This thesis deals with the truck transport of hazardous substances. The aim of the work was to evaluate the impacts of a possible accident and the release of these substances into the aquatic environment and the impact on water quality.

Due to the rapidly growing truck traffic, it is necessary to minimize the possible risks of accidents during the transport of hazardous substances. Substances whose nature, properties or condition may, in connection with their transport, endanger the safety of persons, animals or the environment are considered to be dangerous. For this reason,

the European ADR Agreement has been concluded, also referring to other European and international standards related to this issue, which set the conditions for the international transport of dangerous materials. Specifics of transport of dangerous materials by truck transport pose significant risks of possible leakage of dangerous substances, due to improperly placed or poorly secured cargo, but especially in cases of accidents with subsequent leakage of such a substance, where human lives and property are endangered, but also components of the environment.

In the practical part of this thesis the degree of influence of hazardous substances on the aquatic environment is solved on the model situation and the procedure of fire protection units in the disposal of an accident is outlined. Furthermore, the impacts of leaking substances on the aquatic environment are evaluated and their effects are compared.

Keywords: ADR, aquatic environment, accident, truck transport, fire protection units

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Literární přehled a legislativa	3
3.1	Přeprava nebezpečných věcí	3
3.1.1	Dohoda ADR	3
3.1.2	Územní platnost ADR	4
3.1.3	Právní úprava v České republice	5
3.1.4	Převážní jednotky pro přepravu nebezpečných látek a věcí	6
3.1.5	Označení vozidel přepravy	8
3.1.6	Povinnosti hlavních účastníků přepravy nebezpečných věcí	10
3.1.7	Klasifikace nebezpečných věcí	11
3.1.8	Rozdělení podle tříd	12
3.1.8.1	Třída 1 - Výbušné látky a předměty	12
3.1.8.2	Třída 2 - Plyny	13
3.1.8.3	Třída 3 - Hořlavé kapaliny	13
3.1.8.4	Třída 4.1 - Hořlavé tuhé látky, samovolně se rozkládající látky, polymerizující látky a znečítlivěné tuhé výbušné látky	14
3.1.8.5	Třída 4.2 – Samozápalné látky	14
3.1.8.6	Třída 4.3 – Látky, které ve styku s vodou vyvíjejí hořlavé plyny	15
3.1.8.7	Třída 5.1 – Látky podporující hoření	15
3.1.8.8	Třída 5.2 Organické peroxidy	16
3.1.8.9	Třída 6.1 - Toxické látky	16
3.1.8.10	Třída 6.2 – Infekční látky	17
3.1.8.11	Třída 7 – Radioaktivní látky	17
3.1.8.12	Třída 8 – Žíravé látky	18
3.1.8.13	Třída 9 – Jiné nebezpečné látky a předměty	19
3.1.8.14	Obalové skupiny	19
3.2	Zacházení s nebezpečnými látkami a rizika havárie	20
3.2.1	Informace o rizicích a o bezpečném zacházení s chemickými látkami	20
3.2.2	Rizika přepravy nebezpečných látek a věcí	20
3.2.3	Havárie při přepravě nebezpečných látek a rizika pro ochranu vod	21
3.3	Zajištění místa havárie	23
3.3.1	Obecný postup jednotek požární ochrany	23
3.3.2	Činnost České inspekce životního prostředí	24
3.3.3	Opatření k omezení šíření nebezpečné látky	25

3.4	Principy likvidace následků havárie	26
3.4.1	Ochrana povrchových vod	27
3.4.2	Sanace podzemních vod	28
3.4.3	Ventování horninového prostředí	30
3.4.4	Dopady havárie na vody	31
4	Metodika	33
4.1	Popis modelové situace	33
4.2	Výběr místa nehody a povahy ohrožení	33
4.2.1	Místo nehody	33
4.2.2	Ohrožení únikem chloru	34
4.2.3	Ohrožení únikem ropných produktů	35
4.3	Software použitý pro modelování rozsahu havárie	37
4.4	Použité standardní postupy složek IZS pro zvládnutí modelového znečištění	38
4.4.1	Organizace zásahu jednotek požární ochrany	38
4.4.2	Postup při zneškodňování havárie nákladního automobilu převážející chlor	39
4.4.3	Postup při zneškodňování havárie cisterny převážející ropné látky	40
5	Výsledky	43
5.1	Výsledky modelu ohrožení zasažené oblasti v důsledku úniku chloru	43
5.2	Výsledky modelu ohrožení zasažené oblasti v důsledku úniku ropného produktu	48
5.3	Dopady chloru na vodní prostředí	51
5.4	Dopady ropných produktů na vodní prostředí	52
6	Diskuse	53
7	Závěr	55
8	Seznam použité literatury	57

1 Úvod

Stále více se rozvíjející průmysl a následná přeprava zboží má významný vliv na rozvoj států. Každý den je přepraveno nespočet různých druhů produktů, mezi které spadá také přeprava nebezpečných věcí, a to, mimo jiné, také v silniční dopravě. Rychlý nárůst kamionové dopravy podporuje hospodářství, avšak zvyšuje se možnost vzniku dopravní nehody. Přesto, že konstrukce nynějších nákladních vozidel je vůči běžným mechanickým nárazům vysoce odolná, i tak dochází vlivem dopravní nehody k únikům nebezpečných látek do okolního prostředí. Havárie toho typu má za následek poškození či ohrožení života a zdraví občanů, hospodářských zvířat, ale také značné znečištění životního prostředí.

Havárie tohoto charakteru je mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná událost. Ve značné míře zaměstnává nejen hasičský záchranný sbor, ale také zdravotnickou záchrannou službu a policii. Pro úspěšnou zásahovou činnost v případě krizové situace je podmínkou získání informací o vlastnostech jednotlivých nebezpečných věcí. Při přepravě nebezpečné látky či přípravku je nezbytné označení nákladu číselným kódem, který označuje základní nebezpečné vlastnosti přepravované věci, což je pro správný zásah klíčové. Zdrojem informací těchto specifických vlastností jsou také databáze, firemní katalogy, tabulky, zákony, ale také Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí, což je základní dokument pro přepravu nebezpečných věcí.

Výše uvedená problematika je blíže popisována v teoretické části této diplomové práce. V praktické části práce je na modelové havárii nákladního vozidla zhodnocen únik nebezpečné látky do vodního prostředí. Za havárii je, dle legislativy, považována situace, kdy dojde ke zhoršení nebo mimořádnému ohrožení jakosti povrchových či podzemních vod ropnými či zvláště nebezpečnými látkami. V takové situaci směřuje prvotní zásah k okamžitému zabránění dalšího úniku nebezpečných látek do vodního prostředí a omezení rizik vyvolaných havárií.

2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je poskytnutí uceleného přehledu ohledně přepravy nebezpečných látek a činností v případě kontaminace vod. Součástí této práce je popis zásahu jednotek požární ochrany při úniku nebezpečných látek při havárii nákladního automobilu a porovnání dopadů úniku chloru a ropných produktů na vodní prostředí.

3 Literární přehled a legislativa

3.1 Přeprava nebezpečných věcí

Mezi jednu z klíčových bezpečnostních otázek, významně ovlivňující bezpečnost kritické infrastruktury, se řadí přeprava nebezpečných věcí. V důsledku stoupajícího objemu přepravy nebezpečných látek a věcí je z celkového množství přepraveno na území Evropské unie přibližně 110 miliard tun na kilometr za rok, z čehož přibližně 58 % nákladu je převezeno kamionovou dopravou (Skřehot, 2009). Této problematice je nutné věnovat náležitou pozornost, a to z důvodu velké rizikovosti a možnosti vzniku závažných dopadů (Brožová, 2011). Riziko lze v tomto ohledu definovat jako pravděpodobnost vzniku škody, která je výsledkem interakce mezi nebezpečím a zranitelností, avšak samotná zranitelnost nevede k riziku. Pokud se jedná o přepravu nebezpečných věcí a látek po silnici lze riziko definovat stejným způsobem, avšak zdroj rizika je mobilní, což vyžaduje znalost informací o dané trase (Cordeiro a kol., 2016).

Pojem nebezpečné věci je nutné chápat nejen jako látky, jako je palivo či chemické látky, ale také předměty obsahující nebezpečné věci, jako tlakové nádoby, akumulátory či náboje pro zbraně. Vzhledem k tomu, že nebezpečné látky a věci jsou přepravovány převážně na mezinárodní úrovni řeší tuto problematiku mezinárodní předpisy. S cílem zajistit bezpečnost a spolehlivost přepravy nebezpečných věcí, rovněž volný pohyb mezinárodních dopravních služeb, vytvořila Organizace spojených národů (dále „OSN“) dokumenty upravující přepravu nebezpečných věcí, mezi které se, mimo jiné, řadí European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road – Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí neboli ADR (Skřehot, 2009).

3.1.1 Dohoda ADR

Pro sjednocení zásad v oblasti mezinárodní kamionové přepravy nebezpečných věcí iniciovala OSN vytvoření mezinárodní dohody. Podle vzniklé dohody se řídí nejen státy Evropské unie, ale také Ázerbájdžán, Kazachstán, Maroko či Rusko. V případě přepravy nebezpečných věcí do států nebo tranzitem přes takové území, které nejsou účastníky Dohody ADR, je na jejich území nutné řídit se jejich národními

předpisy. Díky dohodě bylo sjednoceno rovněž klasifikování nebezpečných věcí a vyčleněno devět kategorií látek podle kritérií zdroje nebezpečí, kdy každá třída má své fyzikální a chemické vlastnosti.

Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (dále jen „dohoda ADR“) byla sjednána dne 30. září 1957 v Ženevě. Dle vyhlášky č. 64/1987 Sb. Dohoda vstoupila v platnost na základě svého článku 7 odst. 1 dnem 29. ledna 1968 a její přílohy dnem 29. července 1968. Pro tehdejší ČSSR Dohoda vstoupila v platnost v roce 1986. Česká republika je i nadále členem Dohody ADR (Věžníková, 2014).

Dle vyhlášky č. 64/1987 Sb. Dohoda ADR rozděluje nebezpečné látky a předměty podle jejich nebezpečných vlastností, upravuje, za jakých podmínek je možno zboží přepravovat či označovat. Dále předepisuje používání a vyplňování stanovených přepravních dokladů, stanovuje technické požadavky na vozidla, pravidla jako omezení množství přepravovaných nebezpečných věcí a dozor nad nimi a mnoho dalších specifikací.

3.1.2 Územní platnost ADR

Dohoda ADR je dohodou mezi státy, a proto neexistuje žádný mezinárodní orgán či nadnárodní orgán, který by mohl vynucovat její dodržování. Jelikož Dohoda ADR nestanovuje žádné sankce za nedodržení jejích ustanovení, jsou v praxi prováděny silniční kontroly smluvními stranami, ke které se svým podpisem Dohody zavazují. V případě nedodržování ustanovení může být uložena sankce národními orgány podle jejich vnitrostátních právních předpisů. V zájmu jednotnosti a volného obchodu v rámci EU přijaly členské státy přílohy A „Všeobecná ustanovení týkající se nebezpečných látek a předmětů“ a B „Ustanovení o dopravních prostředcích a o přepravě“ jako základ pro právní úpravu silniční přepravy nebezpečných látek a předmětů vnitrostátní a mezinárodní přepravy (Věžníková, 2014). Příloha A Dohody ADR stanovuje, které nebezpečné látky a věci smějí být převzaty do přepravy a za jakých podmínek. Nebezpečné látky a věci spadající do výlučných tříd smějí být přepravovány pouze ty, které jsou přímo vyjmenovány v ustanovení daných tříd. Pokud zde nejsou uvedeny, jsou vyloučeny z přepravy. Nebezpečné látky spadající do volných tříd jsou vyloučeny z přepravy podle poznámek uvedených v ustanoveních vztahujících se na jednotlivé třídy. Věci v nich neuvedené či nespádající pod některá

z hromadných pojmenování se, podle Dohody ADR, nepovažují za nebezpečné a mohou být přepraveny bez zvláštních podmínek. V pravidelných dvouletých intervalech, vždy v lichém roce, vstupují v platnost změny a doplňky v dohodě ADR. Při této změně či doplňku v dohodě platí přechodné období trvající po dobu šesti měsíců, během kterého lze přepravovat nebezpečné věci jako podle nového znění příloh, tak i podle předchozího znění. Dohoda ADR je otevřenou dohodou, čímž k ní může přistoupit každý stát (Palkoska, 1995).

3.1.3 Právní úprava v České republice

Vzhledem k důležitosti této problematiky a pro zakotvení příloh Dohody ADR do právního řádu České republiky bylo nezbytné, aby povinnosti uvedené v přílohách byly zákonem uloženy. Z tohoto důvodu zákon definuje nebezpečné věci a látky, jejichž povaha a vlastnosti či stav mohou být v souvislosti s jejich přepravou nebezpečné pro životy obyvatel, zvířat či životní prostředí. Přepravou nebezpečných věcí na pozemních komunikacích se zabývá velké množství zákonů, nařízení a vyhlášek, jako jsou:

Zákon č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě, ve znění jeho novelizací

Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu)

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.

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

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 č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky

Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně

Zákon č. 238/2000 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů

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

Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)

Příloha I nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006, v platném znění

Vyhláška č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích

Vyhláška č. 522/2006 Sb., o státním odborném dozoru a kontrolách v silniční dopravě, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška 11/1975 Sb., o Úmluvě o přepravní smlouvě v mezinárodní silniční dopravě

Vyhláška č. 32/2001 Sb., o evidenci dopravních nehod

Vyhláška č. 389/2008 Sb., kterou se mění vyhláška č. 232/2004 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, týkající se klasifikace, balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků, ve znění pozdějších předpisů

Směrnice rady 95/50/ES, o jednotných postupech kontroly při silniční přepravě nebezpečných věcí

3.1.4 Přepravní jednotky pro přepravu nebezpečných látek a věcí

Při přepravě některých nebezpečných látek či věcí je stanoveno, který dopravní prostředek je nutné použít. Pro přepravu chemických látek se využívá mnoho variant návěsů, mezi které jsou zařazeny cisterny pro převoz látek pod tlakem, cisterny pro převoz látek v kryogenním stavu, cisterny pro převoz látek za atmosférického tlaku

a vakuové cisterny. Jedná se o čtyři základní konstrukční typy automobilových cisteren určených pro přepravu nebezpečných látek.

Každé nákladní vozidlo, přepravující nebezpečné věci a látky, musí být k tomuto přizpůsobeno. Důležité je např. osvědčení o technických zkouškách od specializovaných zkušeben, oprávnění pro převážení nebezpečných věcí, vybavení protipožárními prostředky a zařízením na ochranu životního prostředí či řádné označení vozidel. Nesrovnalosti v tomto ohledu mohou být příčinou dopravních nehod, které ohrožují životy a zdraví obyvatel a mohou mít dlouhodobý nepříznivý dopad na životní prostředí (Brzozowska, 2016).

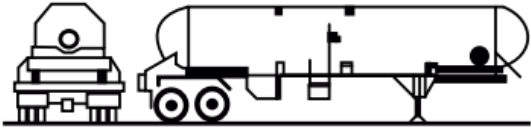





Přepravními jednotkami se dle ADR rozumí:

A) Obaly

Nebezpečné věci musí být baleny do vysoce pevných obalů, které musí odolávat nárazům a namáháním, které se vyskytují za standardních podmínek při přepravě. V důsledku vibrací, změn teploty, vlhkosti nebo tlaku, musí být obaly vyrobeny a uzavřeny tak, aby nedošlo k úniku obsahu. V případě kapalného obsahu nesmí být obal přeplněn, aby vlivem roztažnosti kapaliny nedošlo k deformaci obalu (Skřehot, 2009).

b) Přemístitelné cisterny

Uvedené cisterny musí splňovat požadavky pro konstrukci, výrobu, kontroly a stanovené zkoušky. Během přepravy musí být chráněny proti poškození nádrže v důsledku podélného či příčného nárazu a převrácení. Pokud je možnost vzniku nebezpečné reakce více látek, nesmějí být přepravovány ve stejných nebo sousedních komorách nádrží. Taková přeprava je možná pouze za určitých podmínek. Cisterny nesmějí být plněny nad stanovené limity, ale, v případě kapalné látky, nesmějí být plněny neúplně, aby nedocházelo k vlnění obsahu. Přepravní prostředek musí být uzavřen tak, aby nemohlo dojít k samovolnému úniku obsahu. Prázdně nevyčištěné cisterny musí být uzavřeny a utěsněny stejně, jako kdyby byly plné (Skřehot, 2009).

	Cisterna pro převoz kapaliny pod tlakem (LPG, chlor, bezvodý amoniak aj.) typové označení MC-331
	Cisterna pro převoz hluboce zchlazené kapaliny, resp. zkapalněného plynu (dusík, kyslík, vodík, argon, chlorovodík, methan aj.) typové označení MC-338
	Cisterna pro převoz kapaliny bez tlaku (motorová nafta, benzín aj.) typové označení MC-306/DOT 406
	Cisterna pro převoz hořlavých, korozivních a toxických látek (amoniak, chlorovodík, hnojiva obsahující dusičnan amonný aj.) typové označení MC-307/DOT 407
	Cisterna pro kapaliny bez tlaku (motorová nafta, benzín aj.) typové označení MC-312/DOT 412
	Vakuová cisterna pro převoz nebezpečných odpadů (nitrační směsi, zirkonium aj.)

Obr. 1: Přehled základních typů cisteren na motorových a přípojných vozidlech (Skřehot,2009).

3.1.5 Označení vozidel přepravy

V případě havárie nákladního vozidla při přepravě nebezpečné látky, přicházejí do styku s takovými látkami především složky Integrovaného záchranného systému. V rámci bezpečné manipulace, a především pro dostatečnou ochranu zasahujících jednotek požární ochrany, byly v rámci mezinárodních smluv přijaty určité zásady pro označování a přepravu nebezpečných látek (Šenovský, Bartlová, 2006).

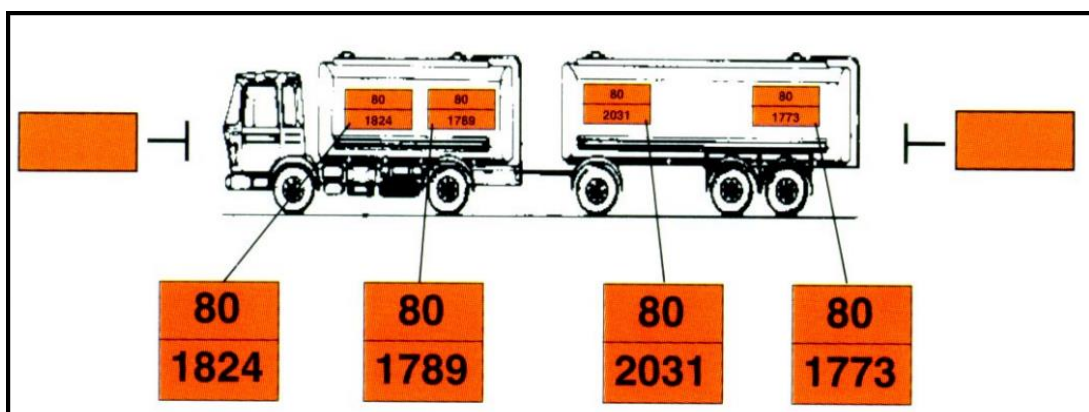
Existuje více systémů pro klasifikaci a rozdělení nebezpečných látek, mezi které patří populární systém DIAMANT, který je vhodný pro rychlé posouzení nebezpečí, nikoli pro identifikaci látky, avšak nepoužívá se standardně k označení v evropské kamionové dopravě. Pro označení slouží nálepka ve tvaru čtverce, který je rozdělen na čtyři pole odlišující se barvou a významem. Vepsané číslice, od 0 do 4,

do jednotlivých polí poukazují na nebezpečnost přepravované látky. V bílém poli je uvedeno, zda lze při případném požáru použít k hašení vodu či nikoliv.



Obr. 2: Systém DIAMANT (Šenovský, Bartlová, 2006).

Bezpečnostní značky se umísťují na předním a zadním čele či po stranách vozidla a doplněny o výstražné reflexní oranžové tabule. Tyto značky usnadňují identifikaci nebezpečných látek. Taktéž upozorňují ostatní účastníky silničního provozu na zvýšené nebezpečí, které z takové přepravy vyplývá. Cisternová vozidla musí mít navíc na stranách cisterny výstražné tabule opatřené identifikačními čísly předepsanými pro každou přepravovanou látku. Jednotlivým nebezpečným látkám je přiřazeno čtyřmístné identifikační číslo – UN kód, který je umístěn na výstražné tabuli v její dolní polovině. V horní polovině je umístěno identifikační číslo nebezpečnosti – Kemler kód. V případě, že přepravovaná látka nesmí přijít do styku s vodou, je nutné před Kemler kód vepsat označení X. V případě zdvojení či ztrojení číslic se jedná o stupňování nebezpečí (Palkoska, 1995).



Obr. 3: Označení motorového a přípojného vozidla přepravující nebezpečné látky (Šenovský, Bartlová, 2006).

Mezi další označení, určující nebezpečné vlastnosti přepravované látky či věci patří Rizikové věty neboli R-věty, které vyjadřují specifickou rizikovost spojenou s manipulací s chemickými látkami. Jedná se o riziko označené písmenem R a příslušnou číslicí. V případě látky, vykazující více rizik, se k písmenu R připojí kombinace číselných kódů (Šenovský, Bartlová, 2006).

Velice časté označení nákladních vozidel při přepravě nebezpečných látek a věcí je znázorněno na obrázku č. 3. Jedná se o bezpečnostní značky, které ukazují na nebezpečnou vlastnost nákladu. Většinou jsou tyto značky umístěny na bočních stranách a na zadní straně vozidla.



Obr. 4: Označení cisternového vozidla, převážejícího nebezpečné látky (schwarzmueller.com).

3.1.6 Povinnosti hlavních účastníků přepravy nebezpečných věcí

Každý účastník přepravy nebezpečných látek a věcí musí učinit taková opatření, která podle povahy a rozsahu předvídatelných nebezpečí zabrání vzniku škod nebo zranění, popřípadě minimalizují následky (Skřehot, 2009). Pokud se vyskytuje bezprostřední riziko, kdy může být přímo ohrožena bezpečnost obyvatel, musí účastníci přepravy neprodleně uvědomit zásahové jednotky (Dohoda ADR, 2019).

Mimo odesílatele či příjemce, kteří mají dle Dohody ADR stanovené povinnosti, má své povinnosti také osádka nákladního automobilu či cisterny. Podle dohody ADR jsou řidiči, přepravující nebezpečné věci, povinni absolvovat akreditované školení řidičů zakončené zkouškou, což je nutné pro získání průkazu ADR. Školení je, mimo jiné, zaměřeno také na ustanovení, upravující bezpečnost při přepravě nebezpečných věcí, jako minimalizace pravděpodobnosti vzniku havárie. Důležité je také absolvovat individuální praktické cvičení.

Podle vyhlášky 64/1987 Sb., o Evropské dohodě o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR), vydává veškerá osvědčení o školení příslušný orgán smluvní strany ADR nebo pověřená organizace, musí být během své platnosti uznávána příslušnými orgány ostatních smluvních stran Dohody ADR.

3.1.7 Klasifikace nebezpečných věcí

Chemické látky a jejich negativní působení na živé organismy jsou velice komplexní. Účinek chemické látky je následek interakce mezi molekulami chemikálie a biologickým systémem organismu a vždy je výsledkem mnoha chemických pochodů. Při této interakci chemická látka působí na organismus, ale organismus působí na chemickou látku (Skřehot, 2009).

Vzhledem k tomu, že nebezpečné vlastnosti látek či věcí se projevují při jejich použití, jejich zjištěné nebezpečí vyplývá ze zkušeností. S tím je spojen rostoucí počet poznanych nebezpečných vlastností různých druhů látek nebo věcí a potřeba vytvořit určitý systém klasifikace. Z tohoto důvodu byly látky rozděleny do skupin podle jejich nebezpečných vlastností. Vytvořením systémů určených pro klasifikaci, tedy hodnocení látek podle kvantifikovaných ukazatelů, jejichž princip spočívá v rozdělení nebezpečných látek se stejnými nebezpečnými vlastnostmi a následné určení praktických opatření, zajistilo bezpečné používání nebezpečných látek a věcí.

V jednotlivých třídách jsou látky dále děleny do podskupin podle svých charakteristických vlastností. Podskupiny vyjadřují více nebezpečných vlastností dané látky. K označení podskupin slouží kombinace písmen a čísel, tzv. klasifikační kód (Věžníková, 2014).

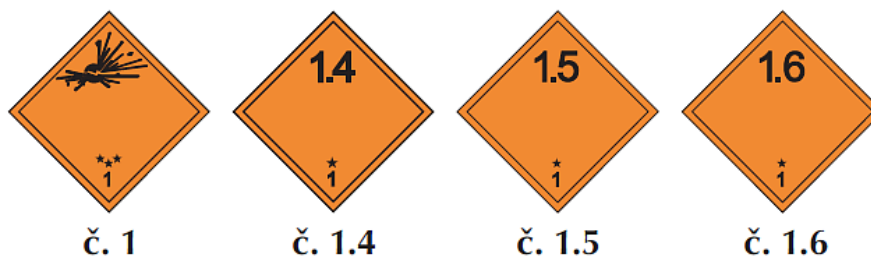
Třída 1	Výbušné látky a předměty	Výlučná třída
Třída 2	Plyny	Volná třída
Třída 3	Hořlavé kapaliny	Volná třída
Třída 4.1	Hořlavé tuhé látky, samovolně se rozkládající látky, polymerizující látky a znečitlivěné tuhé výbušné látky.	Volná třída
Třída 4.2	Samozápalné látky	Volná třída
Třída 4.3	Látky, které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

Tab. 1: Rozdělení nebezpečných látek a věcí podle převládajících nebezpečných vlastností (Šenovský, Bartlová, 2006).

3.1.8 Rozdělení podle tříd

3.1.8.1 Třída 1 - Výbušné látky a předměty

Mezi látky a předměty zařazené do třídy 1, jsou zařazeny výbušné látky (tuhé nebo kapalné), pyrotechnické látky a výbušné předměty. Hlavním nebezpečím uvedených druhů látek je výbušnost v důsledku ohřevu, úderu či tření, plamenem nebo jiným zápalným zdrojem. Zařazené látky se dále dělí do podtříd, které uvádějí, jakým způsobem převážena látka reaguje. U podtřídy označené 1.1 hrozí hromadný výbuch přepravované látky, kdy postihne téměř celý náklad okamžitě. V případě podtřídy 1.6 se jedná o málo citlivé předměty, kdy nehrozí hromadný výbuch a pravděpodobnost jejich roznětu je velmi nízká. Z výše uvedeného vyplývá, že nebezpečnost se s rostoucím číslem, označujícím podtřídu, snižuje (Dohoda ADR, 2019).



Obr. 5: Výstražné tabulky třídy 1 (www.pozary.cz, 2012).

3.1.8.2 Třída 2 - Plyny

Do této kategorie jsou zařazeny čisté plyny, směsi plynů, směsi jednoho nebo více plynů s jednou nebo více látkami a předměty, které takové látky obsahují. Plyny se obvykle velice rychle šíří prostorem, dají se silně stlačit, popřípadě rozpustit či zkapalnit. Jejich lehká mísitelnost se vzduchem může způsobit nebezpečné reakce ohrožující zdraví obyvatel a zvířat. V případech, kdy je unikající plyn těžší než vzduch, tkví jeho nebezpečí v možném průniku do sklepů či kanalizací. Hlavním nebezpečím plynů je výbušnost, zápalnost, jedovatost, podpora hoření či žíravost. Jejich dělení v rámci třídy 2 je na nehořlavé, nehořlavé jedovaté, hořlavé, hořlavé jedovaté, chemicky nestálé a chemicky nestálé jedovaté (Palkoska, 1995). Z následujícího obrázku je patrné, že označení plynů tvoří tři kategorie. Červené výstražné tabulky poukazují na přepravu hořlavých plynů. Kamiony označené zelenou výstražnou tabulkou přepravují nehořlavé netoxické plyny. Bílá výstražná tabulka značí přepravu toxických plynů (Dohoda ADR, 2019).



Obr. 6: Výstražné tabulky třídy 2 (www.pozary.cz, 2012).

3.1.8.3 Třída 3 - Hořlavé kapaliny

Třída 3 obsahuje kapaliny a směsi s bodem vzplanutí do 100 °C. Látky, spadající do této třídy, mohou mimo zapálení jiskrou, otevřeným plamenem či stykem s horkým předmětem, být také jedovaté, zdraví škodlivé či žíravé. Zápalné kapaliny jsou zpravidla lehčí než voda a při pokojové teplotě i lehce prchavé. Mezi látky, spadající do této skupiny se řadí také minerální oleje, které při vniknutí do vody způsobují škody na zdrojích pitné vody, kdy mohou učinit nepoživatelným miliony litrů pitné vody při úniku již jednoho litru minerálního oleje (Palkoska, 1995).



Obr. 7: Výstražné tabulky třídy 3 (www.pozary.cz, 2012).

3.1.8.4 Třída 4.1 - Hořlavé tuhé látky, samovolně se rozkládající látky, polymerizující látky a znečlivěné tuhé výbušné látky

Do této skupiny se řadí látky, které mohou být zapáleny třením či při krátkodobém působení zápalného zdroje snadno zapáleny. Jedná se o tepelně nestálé látky, které se mohou i v bezkyslíkatém prostředí silně exotermicky rozkládat, tudíž je před jejich přepravou nutné provést potřebná opatření zabráňující jejich rozkladu nebo polymeraci. Dalšími nebezpečnými vlastnostmi těchto látek mohou být žíravost, jedovatost, schopnost ohrozit vodní zdroje nebo výbušnost prachů (Dohoda ADR, 2019).



Č. 4.1

Obr. 8: Výstražná tabulka třídy 4.1 (www.pozary.cz, 2012).

3.1.8.5 Třída 4.2 – Samozápalné látky

Mezi samozápalné látky se řadí takové látky, směsi a roztoky, které při běžné teplotě vzduchu vzplanou nebo látky takové, které se za přítomnosti vzduchu bez přívodu energie samostatně zahřívají, přičemž mohou vzplanout jen ve velkém množství po dlouhé době. V případě, že je vytvořeno větší množství tepla než množství tepelných ztrát, dochází k nárůstu teploty a následnému samovznícení (Dohoda ADR, 2019).



č. 4.2

Obr. 9: Výstražná tabulka třídy 4.2 (www.pozary.cz, 2012).

3.1.8.6 Třída 4.3 – Látky, které ve styku s vodou vyvíjejí hořlavé plyny

Uvedené třída zahrnuje látky vyvolávající ve styku s vodou nebo vlhkým vzduchem zápalné nebo samozápalné plyny, vedoucí k výbušným směsím. Vznícení bývá obvykle způsobeno jiskrou, otevřeným plamenem nebo dotykem s horkým předmětem. Mimo tvoření zápalných plynů mají tyto látky také vlastnosti jako jedovatost nebo žíravost (Palkoska, 1995).



č. 4.3

Obr. 10: Výstražné tabulky třídy 4.3 (www.pozary.cz, 2012).

3.1.8.7 Třída 5.1 – Látky podporující hoření

Látky v této třídě samy o sobě zpravidla nehoří, avšak za přítomnosti kyslíku nebo jiného oksyličovadla mohou zvýšit nebezpečí vznícení jiných látek. Při styku látek této třídy s jinými zápalnými látkami vyvstává možnost jejich vzplanutí např. úderem či třením, kdy se výsledné směsi mohou stát i výbušnými. Většina látek podporující hoření prudce reaguje při styku s kyselinami a následně dochází k vytváření jedovatých plynů, které mohou taktéž vzplanout (Palkoska, 1995).



Obr. 11: Výstražná tabulka třídy 5.1 (www.pozary.cz, 2012).

3.1.8.8 Třída 5.2 Organické peroxidy

V této skupině zařazené organické látky jsou termicky nestálé a za obvyklých nebo zvýšených teplot se mohou samourychněním exotermicky rozložit. Rozklad může být vyvolán působením tepla, přičemž rychlost rozkladu stoupá s teplotou, třením, stykem s nečistotami či nárazem. Organické peroxidy obsahují chemicky vázaný kyslík, který se může uvolnit i nepatrným zdrojem energie jako je zmíněný náraz či tření. Kvůli své citlivosti na teplotní prostředí, je nezbytné přepravovat je pomocí chladicích nebo mrazicích vozidel nebo v ochranném obalu (Palkoska, 1995).



Obr. 12: Výstražná tabulka třídy 5.2 (www.pozary.cz, 2012).

3.1.8.9 Třída 6.1 - Toxické látky

Do zmíněné třídy spadají látky, jejichž nebezpečí vzniká při vniknutí do dýchacích cest, přes pokožku a gastrointestinálním ústrojím, a to již při velmi malém množství. Téměř všechny tyto látky vytváří jedovaté plyny, většinou nejsou biologicky odbouratelné a jejich účinky mohou být zmírněny teprve časem, deštěm, větrem nebo i odplavením vodou, čímž se sníží jejich koncentrace, ale mohou se objevit na jiných místech a do lidského těla se mohou následně dostat v rámci

potravinového řetězce. Velkým nebezpečím je, mimo jiné, také hořlavost, žíravost a schopnost ohrožovat vodní zdroje (Palkoska, 1995).



Obr. 13: Výstražná tabulka třídy 6.1 (www.pozary.cz, 2012).

3.1.8.10 Třída 6.2 – Infekční látky

Tato skupina zahrnuje látky, které jsou schopné vyvolat nákazu a dále látky, o kterých je známo nebo u nichž lze předpokládat obsah původců nemocí. Mezi tyto původce se řadí mikroorganismy včetně jako bakterie, virů, rickettsií, parazitů a plísní a jiní činitelé, jako jsou priony. Podle současných vědeckých poznatků jsou látky členěny do čtyř rizikových skupin, vyjadřující různý stupeň rozsahu individuálního nebezpečí ohrožení obyvatel, zvířat a prostředí (Palkoska, 1995).

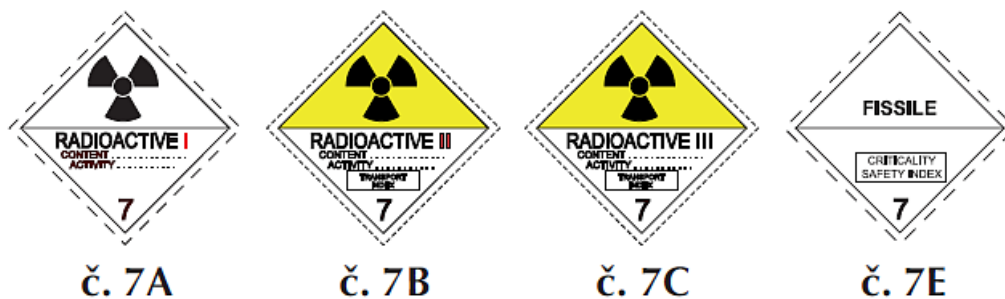


Obr. 14: Výstražná tabulka třídy 6.2 (www.pozary.cz, 2012).

3.1.8.11 Třída 7 – Radioaktivní látky

Pro přepravu látek zařazených do této skupiny je nutné dodržovat zvláštní pravidla, která platí pro řidiče, ale také pro ostatní účastníky přepravy těchto látek. Lidské smysly nejsou schopny rozpoznat, zda je daná látka radioaktivní, avšak míra poškození organismu, projevující se v základních stavebních materiálech lidských

buněk a následným vyvoláním vážných onemocnění, je obrovská. Vzhledem k nebezpečí, které při přepravě těchto látek vzniká, je nutné použít obal absorbující záření, ale také opatření plynoucí z atomového zákonodárství a ochrany proti záření. Radioaktivní látky jsou členěny do třinácti skupin podle druhu a možností těchto látek (Palkoska, 1995).



Obr. 15: Výstražná tabulka třídy 7 (www.pozary.cz, 2012).

3.1.8.12 Třída 8 – Žiravé látky

Do této třídy jsou zařazeny látky, které jsou schopny nepříznivě působit na kovy, tkaniny a další látky, ohrožují a poškozují lidskou tkáň či způsobují těžce hojitelná zranění, ale také látky stávající se žiravinou při styku s vodou nebo s vlhkostí vzduchu, kdy se tvoří žiravé páry. Hlavní nebezpečí žiravých látek tkví převážně ve schopnosti narušit organické a anorganické látky, ale také mohou být za určitých okolností výbušné či mohou ohrožovat vodní zdroje (Palkoska, 1995).



Obr. 16: Výstražná tabulka třídy 8 (www.pozary.cz, 2012).

3.1.8.13 Třída 9 – Jiné nebezpečné látky a předměty

Pod pojem třídy 9 spadají látky, které představují během přepravy jiné nebezpečí, než nebezpečí u ostatních tříd. Jedná se o látky, které obsahují různé druhy nebezpečí, která nelze spolehlivě zařadit do tříd 1 až 8. Jako příklad lze uvést azbest či azbestové směsi, látky obsahující polychlorované bifenylly nebo lithiové baterie. Látky a předměty v této třídě jsou označeny písmenem M a číslovkou o 1 do 11 podle nebezpečných vlastností dané látky (Dohoda ADR, 2019).



Obr. 17: Výstražná tabulka třídy 9 (www.pozary.cz, 2012).

3.1.8.14 Obalové skupiny

Podle stupně intenzity nebezpečné vlastnosti mohou být látky spadající do jedné ze tříd zařazeny také do jedné ze tří skupin, tzv. obalové skupiny. Pro účely balení jsou, podle dohody ADR, látky ze tříd 3, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 6.1, 8 a 9 přiřazeny k obalovým skupinám v závislosti na stupni nebezpečí (Dohoda ADR, 2019).

Obalová skupina	Míra nebezpečí
I	Látky velmi nebezpečné
II	Látky středně nebezpečné
III	Látky málo nebezpečné

Tabulka 2: Obalové skupiny (Dohoda ADR, 2019).

3.2 Zacházení s nebezpečnými látkami a rizika havárie

3.2.1 Informace o rizicích a o bezpečném zacházení s chemickými látkami

V případě balení, skladování a přepravy nebezpečných látek a věcí je nutné, podle směrnice č. 67/548/EHS, používat také varovné symboly a nálepky, které nesou označení S-věty (Safety-Phrases) a R-věty (Risk-Phrases). S-věty poskytují informace o bezpečném skladování, nakládání, likvidaci, poskytování první pomoci a ochraně zdraví obyvatel a ochranných prostředcích a opatřeních v případě vzniku havárie. Oproti tomu R-věty označují tzv. specifickou rizikovost, která poskytuje informaci o fyzikálně-chemických, environmentálních a zdravotních rizicích dané látky. Uvedené věty musí být uvedeny u látek či přípravků, které obsahují přinejmenším jednu substanci, klasifikovanou jako nebezpečnou pro člověka nebo životní prostředí nebo v případě, že je látka či přípravek nebezpečný v jiném ohledu.

Znění vět je dáno předpisy každého státu. Každá věta je označena číslem, které je shodné v celé Evropské unii, kdy každý stát definuje oficiální znění vět ve státním jazyku. Celkově se využívá přibližně 80 standardních pokynů pro bezpečnost, včetně jejich kombinací (Skřehot, 2009).

3.2.2 Rizika přepravy nebezpečných látek a věcí

Nejběžnější přeprava nebezpečných látek, ať jsou v kapalném či plyném skupenství, probíhá pomocí kamionové dopravy. Tato fáze manipulace s nebezpečnými látkami, včetně vykládky a nakládky, představuje značné riziko. Dle statistik lze říci, že se v přepočtu na ujeté kilometry, v porovnání s železniční přepravou, jedná o rizikovější druh přepravy nebezpečných látek. Ať už se jedná o větší provoz na silnicích, nepředvídatelnost situace či větší otřesy (Skřehot, 2009). Z uvedeného důvodu je třeba věnovat zvýšenou pozornost právě problematice silniční přepravě nebezpečných věcí a látek.

Díky Dohodě ADR jsou definována pravidla pro přepravu nebezpečných věcí a látek, včetně technických požadavků vozidel či vykládání nebezpečného nákladu, avšak nejsou zde zakomponována žádná ustanovení o analýze rizik. Pro stanovení rizik spojených s kamionovou přepravou nebezpečných látek lze vycházet převážně

z modelové situace, jelikož přímé statistiky, vztahující se k této problematice, nejsou dostačující (AVIV, 1994).

V případě přepravy nebezpečných látek je nutné dbát také na bezpečnost životního prostředí. Požadavky na zvyšování bezpečnosti lze nalézt v mnoha předpisech. Základním předpisem v oblasti ochrany životního prostředí je zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, který stanoví základní zásady ochrany životního prostředí a povinnosti právnických a fyzických osob při ochraně a zlepšování stavu životního prostředí a při využívání přírodních zdrojů. Mezi další zákony, vztahující se k ochraně životního prostředí spadají např.:

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách

Zákon č. 20/2004 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách

Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší

Havárii zákon č. 254/2001 Sb., o vodách definuje, jako závažné zhoršení nebo mimořádné ohrožení jakosti povrchových nebo podzemních vod ropnými látkami, zvláště nebezpečnými látkami, popřípadě radioaktivními zářiči a radioaktivními odpady, nebo dojde-li ke zhoršení nebo ohrožení jakosti povrchových nebo podzemních vod v chráněných oblastech přirozené akumulace vod nebo v ochranných pásmech vodních zdrojů.

V případě havárie a úniku nebezpečné látky z nákladního vozidla je velice důležité co nejdříve unikající látku identifikovat. K tomuto účelu slouží výše uvedené výstražné tabulky – UN kód a Kemlerův kód. Je-li znám přesný název unikající látky nebo její identifikační číslo (UN kód), je možné na operačním středisku hasičského záchranného sboru v databázi nebezpečných látek získat podrobnější informace o vlastnostech dané látky, ochraně před jejími účinky či neutralizaci, ale také o zásadách první pomoci. Jiné potřebné informace je možné získat také z nákladního listu a písemných pokynů pro případ mimořádné události (Rak, Martinek, 2007).

3.2.3 Havárie při přepravě nebezpečných látek a rizika pro ochranu vod

Havárie s únikem nebezpečných látek je mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná událost, při níž bezprostředně hrozí závažné poškození nebo ohrožení

života a zdraví občanů, zvířat či životního prostředí. Jedná se tedy o událost vyplývající z nekontrolovaného vývoje v průběhu provozu jakéhokoliv zařízení, v němž se vyskytuje nebezpečná chemická látka, a jež vede k vážnému bezprostřednímu nebo pozdějšímu ohrožení. Příčiny havárií jsou nejčastěji spojeny se selháním lidského činitele, v menší míře s poruchou technické složky (Skřehot, 2009).

Jelikož přeprava nebezpečných látek nákladními vozidly probíhají po veřejných komunikacích, přes hustě obydlené oblasti, ale také přes oblasti, významné z hlediska ochrany životního prostředí, mohou být následky havárie velice závažné. Proti haváriím např. v průmyslu, kdy jsou obvykle lidé připraveni na danou událost a jsou pro ně přijata příslušná opatření, na havárie v dopravě obyvatelé připraveni nejsou. Mimo vybrané nebezpečné věci a látky, uvedené v Dohodě ADR, mohou být přepravovány jakékoliv nebezpečné látky. Bezpečnost přepravy je tedy dána pouze technickým stavem přepravní cesty, technickým stavem vozidla, povětrnostními podmínkami, ale především jednáním řidiče, tzn. spolehlivostí lidského činitele (Skřehot, 2009). Jako příklad úniku nebezpečných látek do vodního prostředí v důsledku dopravní nehody, lze uvést havárii cisterny v roce 2002, kdy byl příčinou lidský faktor. Řidič, převážející nebezpečný náklad, vjel na kruhový objezd ve velké rychlosti a následkem toho dostal smyk. K převrácení cisterny, převážející 29 m³ motorové nafty, došlo u Poděbrad, kdy v důsledku poškození dvou komor došlo k úniku přibližně 19 m³ obsahu cisterny do písčitého prostředí, čímž došlo k ohrožení podzemních vod. Motorová nafta unikla dále do meliorační svodnice, kde byly vybudovány norné stěny. Sanační práce, jako záchyt uniklé nafty a odtěžení zemin prováděla specializovaná firma. Z preventivních důvodů byl proveden hydrogeologický průzkum a sanace podzemních vod a jejich monitoring, neboť nedaleká obce je individuálně zásobena pitnou vodou ze studní (tretiruka, ©2013).

Mezi haváriemi na tocích a na stojatých vodách jsou rozdíly, které jsou dány zejména tím, že v tocích voda postupuje, kdežto ve stojatých vodách prakticky nikoliv. Pokud do stojatých vod unikne nebezpečná rozpustná látka, je téměř nemožné zmírnit důsledky havárie, pokud není dostatečné množství nezávadné ředící vody na přítoku. Nejčastěji bývá důsledkem takového stavu deficit kyslíku. Oproti tomu havárie na podzemních vodách mají od vod povrchových odlišný charakter. Rozdíl spočívá v odlišném režimu pohybu vody, ovlivnění průniku znečištění vrchními, zpravidla

nezvodněnými vrstvami podloží a komplikovanější podmínky pohybu a redukce znečištění. Režim pohybu podzemních vod je v určitém vztahu k povrchovým vodám, které infiltrují do podzemních vod a zmnožují tak jejich množství, což podmiňuje významný přechod nebezpečných látek mezi povrchovými a podzemními vodami. Rychlost pohybu podzemních vod ve vztahu k povrchovým vodám je poměrně malá a určujícím faktorem je zde druh zvodnění a propustnost horninového podloží, čímž je také určena migrace nebezpečných látek ve zvodněném horninovém prostředí (Vučka, 1984).

3.3 Zajištění místa havárie

3.3.1 Obecný postup jednotek požární ochrany

Složky integrovaného záchranného systému zajišťují nepřetržitou pohotovost pro ohlášení vzniku mimořádné situace, její vyhodnocení a neodkladný zásah. Po příjezdu jednotek požární ochrany na místo vzniku havárie, vyhlašuje velitel zásahu stupeň poplachu podle poplachového plánu.

V případě úniku nebezpečné látky, je úkolem jednotek požární ochrany činnost, směřující k omezení rizik, vyvolaných havárií a přerušení jejich příčin a cílem stabilizovat situaci, nikoliv likvidovat havárii v celém rozsahu. Úkoly a postupy činnosti závisí na vybavení ochrannými a dalšími prostředky pro práci s nebezpečnými látkami. (Ministerstvo vnitra, 2017a). V případě ohrožení či zasažení vod, se jednotky požární ochrany podílejí na likvidaci havárie zejména záchrannými pracemi. V rámci svých možností a technického vybavení pomáhají při utěsnění výtoků znečišťující závadné látky do vody nebo půdy, zachycování nebo ohraničení látek plujících na vodní hladině, podpoře okysličení vody pomocí vodních proudů v případě stojatých vod, aby vlivem závadných látek nedocházelo k úhynu vodních organismů či k požární ochraně při nebezpečí náhlého vzplanutí při těžbě zemin nebo sběru sorbentů nasáklých hořlavými látkami (Ministerstvo vnitra, 2017d).

TRINS

Jedná se o transportní informační a nehodový systém (dále jen „TRINS“), poskytující jednotkám požární ochrany nepřetržitou pomoc při

řešení mimořádných událostí spojených se skladováním, ale také s přepravou nebezpečných látek na území České republiky. Pod Patronací Českého chemického svazu vznikl systém, jehož základem je síť regionálních a jednoho republikového centra, které jsou vybavena úměrně deklarovanému stupni poskytované pomoci. Poskytnutí pomoci je možné výhradně na žádost operačních a informačních středisek hasičského záchranného sboru.

Systém TRINS pracuje ve třech stupních. V prvním stupni, kdy není výrobce, obchodník či příjemce nebezpečné látky k dosažení, je možné využít telefonickou konzultaci s odborníkem. Jedná se o sdělení potřebných informací ze strany společnosti TRINS, která jimi disponuje, a které jsou předány veliteli zásahu jednotek požární ochrany. Ve druhém stupni lze v případě nutnosti požádat o vyslání specialisty na místo nehody. Ve třetím stupni se jedná o možnost praktické pomoci v místě zásahu, která je poskytována konkrétními středisky TRINS (ORLEN Unipetrol, neuvedeno).

3.3.2 Činnost České inspekce životního prostředí

Česká inspekce životního prostředí (dále jen „ČIŽP“) je odborný orgán státní správy pověřený dozorem nad dodržováním zákonných norem v oblasti životního prostředí. Činnost ČIŽP spočívá v oblasti ochrany ovzduší, vod, přírody, lesa a odpadovém hospodářství. Do okruhu své působnosti byla přijata postupně také oblast ochrany ozónové vrstvy Země, dohled nad nakládáním s chemickými látkami, problematika obalů a prevence havárií. Hlavní činnosti ČIŽP jsou kontroly, šetření a revize na konkrétních místech. V případě porušení platné legislativy v oblasti životního prostředí, dochází k řešení situace zpravidla ve správním řízení, která mají sankční povahu. ČIŽP danému subjektu vyměří pokutu nebo nařídí provedení nutných opatření k nápravě. V krajních případech je v její kompetenci zakázat další činnost vedoucí k poškození životního prostředí. Dále udílí blokové pokuty, podílí se na řešení a prevenci havárií, spolupracuje s Policií České republiky, podílí se na mezinárodní spolupráci v oblasti prosazování práva životního prostředí apod. (ČIŽP, ©2004-2016).

Hlavní povinností v oblasti ochrany vod je dozor nad dodržováním zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a předpisů a rozhodnutí podle něj vydaných. V kompetenci ČIŽP je vyžádat odstranění zjištěných nedostatků a závad a ukládat patření k jejich odstranění a nápravě a viníky pokutovat. V případě úniku závadných látek do vod

je ČIŽP oprávněna vyšetřovat jejich příčiny, ukládat opatření k odstranění příčin a zjištěné nedostatky sankcionovat (ČIŽP, ©2004-2016).

3.3.3 Opatření k omezení šíření nebezpečné látky

V případech, kdy dojde k ohrožení či zasažení složky životního prostředí nebezpečnou látkou, je nutné neprodleně kontaktovat jednotky požární ochrany. Dále je původce havárie povinen spolupracovat s Českou inspekcí životního prostředí, správcem povodí a vodoprávním úřadem na odstraňování příčin a následků havárie, přičemž je nutné se řídit havarijním plánem. Řízení prací při zneškodňování havárie přísluší vodoprávnímu úřadu (Rak, Martinek, 2007).

Z hlediska zásahu má na postup jednotek požární ochrany vliv charakter havárie. Jedná se především o druh uniklé nebezpečné látky, kdy záleží, zda je či není rozpustná ve vodě, zda má toxické vlastnosti, jedná se o látku plovoucí na vodě apod. Důležitým faktorem ke zvolení správné strategie zásahu je zjištění, zda došlo k zasažení povrchových či podzemních vod.

Pokud dojde k havárii a úniku nebezpečné látky do podzemních vod, ať náhle nebo např. pozvolným průsakem ze skladovacích nádrží, je v takovém případě nutné odstranit znečištěnou a zasaženou zeminu a odvést ji do zařízení k využívání nebo odstranění odpadů. Při dosažení hladiny podzemních vod je na základě analýzy rizik nutný odborný zásah specializované firmy. Při úniku nebezpečné látky do kanalizace je třeba neprodleně informovat jednotky požární ochrany, správce kanalizace, případně správce povodí. V první řadě je nutné zabránit dalšímu vnikání unikající látky do kanalizace, popřípadě, pokud je to možné, odstavit část kanalizační sítě a přejít k odčerpání nebezpečné látky, aby se zabránilo vstupu látky do čistírny odpadních vod. Pokud dojde k úniku nebezpečné látky do povrchových vod, je taktéž nutné informovat jednotky požární ochrany a správce povodí. O kontaminaci povrchových vod je nutné dále informovat správce vodního toku, nádrže rybníka, popřípadě recipientu (Rak, Martinek, 2007). V případě úniku např. ropných látek, které mají menší měrnou hmotnost a plavou na vodě, je jedním z obvyklých prostředků k zachycení unikající látky využití norné stěny. Transport ropné látky po vodní hladině je ovlivňován vazkostí vody a ropné látky a dynamickými účinky norné stěny. Podmínkou pro zadržení ropné látky je stabilita rozhraní mezi ropnou látkou a vodou. Pokud je stabilní rozhraní narušeno, dochází k vytvoření emulze pronikající pod

nornou stěnou bez ohledu na hloubku ponoření norné stěny. Pro lepší účinnost zachycení ropné látky je možné využít hydrofobní sorbent před nornou stěnou či instalace více stěn za sebou (Ministerstvo vnitra, ©2020). V případě stojatých vod je vytvořen oblouk z norné stěny, kterým je nebezpečná látka stahována ke břehu a následně likvidována. Znečištění tekoucích vod je nebezpečnější, jelikož hrozí únik látky dále po proudu. V takovém případě je důležité přehrazení napříč vodním korytem. Nebezpečná látka hromadící se u norné stěny postupuje podél ní ke břehu, kde je navázána na sorbent nebo přímo sbírána z vodní hladiny. V případě využití sorbentu je nutná jeho následná likvidace, kterou prování odborná firma.



Obr. 18: Norná stěna k usnadnění sběru znečištěného sorbentu (Ministerstvo vnitra, ©2020).

3.4 Principy likvidace následků havárie

Odstraňování následků havárie, spojených s únikem nebezpečných látek do životního prostředí, je velmi složitý, technicky, finančně i časově, náročný proces. Únik nebezpečných látek do životního prostředí a následné odstranění představuje multikriteriální disciplínu, přičemž mezi hlavní faktory, ovlivňující efektivitu zásahu, patří rychlost a efektivita primárních opatření pro eliminaci škod na životním prostředí, zhodnocení rizik a vhodnost zvoleného sanačního zásahu, technická připravenost

a odbornost zasahujících složek a vhodná zařízení a technologie ke zneškodnění znečištění. V případě zvolení správných opatření a rychlým a odborným zásahem, lze podstatně omezit dopady na životní prostředí. Pokud postup není rychlý, případně byl zvolen nevhodný postup likvidace havárie, dochází k šíření kontaminace do širšího okolí, zvláště pokud došlo ke znečištění povrchových vod. Takto vzniklá situace může být obtížně řešitelná. Rizika spojená s vzniklou situací závisí především na druhu nebezpečné látky a jeho reaktivitě a mobilitě a na hydrologických a hydrogeologických podmínkách lokality.

Pokud při havárii dojde k úniku nebezpečných látek plovoucích na hladině a v důsledku úniku jsou zasaženy povrchové a podzemní vody, musí správný postup a rozsah prací minimalizovat rozsah závažnosti znečištění vod. V tomto případě je na místě rychlá analýza havárie, identifikace a kvantifikace rizik, navržení okamžitých opatření k likvidaci havárie, okamžitá eliminace zdroje znečištění a zastavení dalšího znečištění povrchových a podzemních vod, což je obvykle zásadní pro úspěšnou likvidaci havárie. Na tyto činnosti jsou školeny jednotky požární ochrany, jak již bylo popsáno výše. Pokud je havárie stabilizována, je nutné monitorovat znečištění vod a detailně analyzovat kontaminant. Dále se přistupuje k samotným sanačním pracím (Oleje, ©2021 ex. Erben, Antoš, 2001).

3.4.1 Ochrana povrchových vod

V případě kontaminace povrchových vod ropnými látkami, které kontaminují povrchové vody nejčastěji, se často na hladině tvoří skvrna nebo olejový film. V závislosti na tloušťce olejové vrstvy je zpomalen přístup vzduchu do vody, což nepříznivě ovlivňuje průběh samočištění. Významnou negativní vlastností ropných látek je jejich velmi malá biodegradovatelnost.

Hodnocení vlastností ropných látek ve vodním prostředí bývá značené složité, vzhledem k jejich různorodé chemické struktuře a různým chemickým, fyzikálně chemickým a biologickým vlastnostem. Jejich nebezpečí a škodlivost je dána toxicitou, ale také ovlivněním senzorických vlastností.

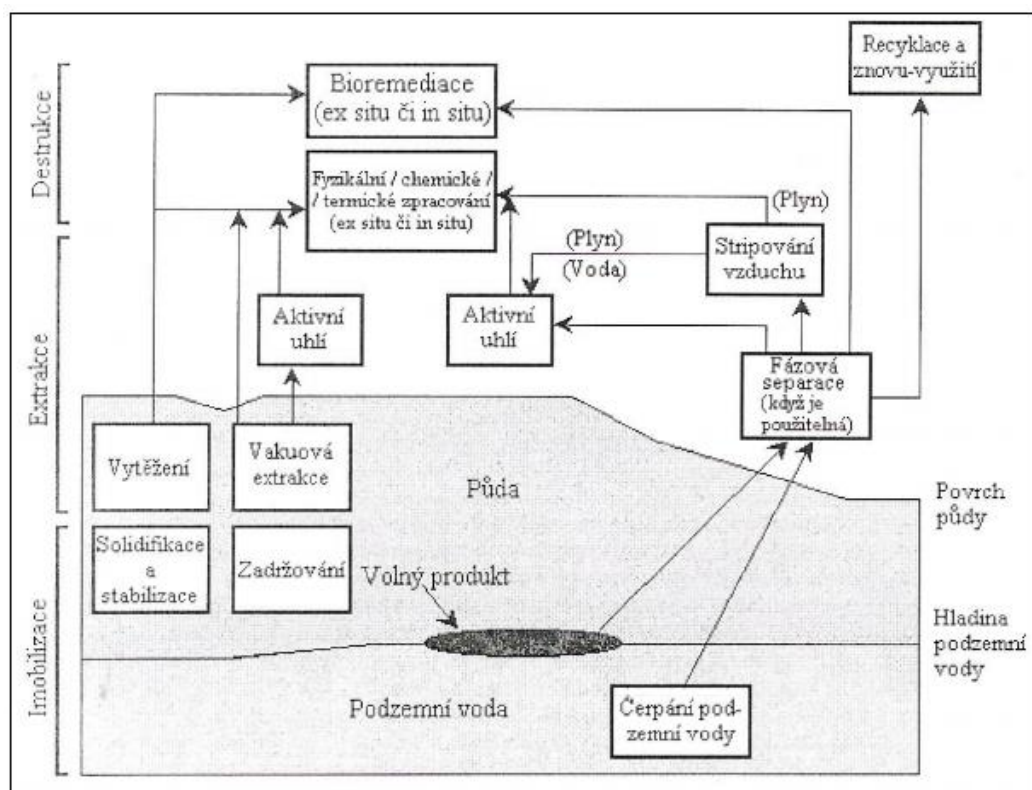
Ropné látky lze rozdělit do tří kategorií, na sedimentující, plovoucí na hladině a rozpuštěné. Sedimentující látky zpravidla klesají na dno. Čím je větší jejich měrná hmotnost a pomalejší rychlost proudění v toku, tím rychleji sedimentují. Jejich odstranění následně probíhá vybagrováním. Pokud hrozí riziko rozpuštění nebo

transportu těchto látek při vyšším průtoku, je nutné je vybagrovat co nejdříve. V případě kontaminantu, plovoucího na vodní hladině, je třeba co nejrychlejší ohraničení a omezení šíření. Jak již bylo zmíněno v kapitole, věnující se dalšímu šíření nebezpečných látek, využívají se k tomuto účelu norné stěny nebo sorbenty. Rozpuštěné látky jsou odstranitelné velmi obtížně. Nejčastěji se využívá protihavarijní opatření zředění nadlepšováním průtoku vody nebo zachycením havarijní vlny, tzn. vody s obsahem rozpuštěného kontaminantu. V některých případech je možné odčerpávat znečištěnou vodu do dekontaminační stanice a po snížení koncentrace kontaminantu na požadovanou úroveň ji vypustit zpět do vodního toku (Oleje, ©2021 ex. Erben, Antoš, 2001).

3.4.2 Sanace podzemních vod

Sanace je takový zásah, kdy dojde k likvidaci znečištění, imobilizaci znečištění nebo probíhá monitorovaná přirozená atenuace. Cílem je odstranění kontaminace z horninového prostředí, podzemních vod a půdního vzduchu.

Při projektování sanačních zásahů je nutné přihlídnout k několika zásadním skutečnostem. V první řadě je třeba znát druh a intenzitu znečištění a konkrétní hydrogeologické, geologické a technické podmínky. Dále je důležité znát rozsah a spolehlivost předsanačního průzkumu místa a podmínek vzniku znečištění a časový vývoj znečištění, časovou návaznost při kombinaci několika technik dekontaminace současně, dynamiku přirozeného snižování koncentrace kontaminantů, sanační limity a požadavky na rychlost snížení ekologického rizika, ale také ekonomické možnosti. Následná volba sanační metody závisí na fyzikálně chemických vlastnostech kontaminantu, jeho biodegradaci a na vlastnostech horninového prostředí. V případě dostatečných a správných informací je možné zahájit proces sanace (UJEP v Ústí nad Labem, neuvedeno).



Obr. 19: Sanační technologie (UJEP v Ústí nad Labem, neuvedeno).

Sanačních postupů je celá řada, proto jsou uvedeny pouze nejpoužívanější. Mezi nejznámější a nejrozšířenější sanační postup lze uvést čerpání podzemních vod, kdy je znečištěná voda odčerpána, vyčištěna a následně vypuštěna do vodoteče či kanalizace. K čerpání podzemních vod jsou využívány sanační rýhy, vystrojené vrty apod. Odběrné místo je situováno s ohledem na hladinu podzemních vod a podle typu kontaminace.

Sanace podzemních vod je využívána v případech, kdy se jedná o znečištění ropnými látkami vyskytujícími se ve volné fázi na hladině podzemní vody, znečištění je pod hladinou podzemní vody v nejnižším místě propustné vrstvy, jedná se o kontaminant, který se dobře rozpustný ve vodě a znečištění je v celém profilu podzemní vody apod. Odčerpané podzemní vody jsou ve většině případů čištěny za použití konvenčních metod, jako je adsorpce na aktivní uhlí, odvětrávání se záchytem škodlivin, chemické srážení, biologické čištění či membránová filtrace. V některých případech probíhá dekontaminace podzemních vod přímo v podzemí, kdy jsou využívány metody, jako např. biodegradace. Zvolení této metody je vhodné v případech, kdy je znečištění lokalizováno na zastavěných místech. Jedná se o pasivní

sanační zásah, jehož hlavním cílem je zabránit dalšímu šíření kontaminace, avšak k poklesu znečištění dochází jen velmi pozvolna (UJEP v Ústí nad Labem, neuvedeno).

Mezi běžně využívané metody patří promývání horninového prostředí vodou a následným odčerpáním a čištěním podzemních vod. Do prostředí je vody aplikována např. prostým rozstříkem na terén, pomocí systému zasakovacích rýh nebo vtlačení vody přímo do vrtu. Voda procházející horninovým prostředím vyplavuje či zcela rozpouští kontaminant. Znečištěná podzemní voda je odčerpávána a čištěna v dekontaminačním systému. Pro dosažení vyšší účinnosti dekontaminace je možný ohřev vody využívané k promývání a doplnění o technické nebo přírodní detergenty, čímž je zajištěno účinnější vyplavování kontaminantů z horninového prostředí, díky změnám povrchového napětí kontaminantů a zvýšením jejich rozpustnosti (Oleje, ©2021 ex. Erben, Antoš, 2001).

3.4.3 Ventování horninového prostředí

Princip ventování spočívá v odsátí půdního vzduchu pomocí horizontálních nebo vertikálních vrtů a následném čištění ve filtrech s aktivním uhlím. Bioventování je s principem metody ventování technologicky shodné s tím rozdílem, že jsou do horninového prostředí dávkovány živiny, popřípadě mikroorganismy, přičemž je kontrolována teplota a vlhkost. K bioventovacímu efektu dochází při ventování vždy, proto není nutné tyto dva postupy zásadně odlišovat. Bioventování může probíhat v anaerobních podmínkách, kdy je biodegradace kontaminantu podporována vháněním směsi dusíku obohaceným o oxid uhličitý a vodík. Tuto metodu je vhodné použít při biodegradaci organických polutantů ve vysoce oxidovaném stavu, rozkládajících se pouze v silně redukčním prostředí. Aerobní bioventování, nebo také air sparging, je vhodné využít v případech, kdy nelze odstranit kontaminaci pomocí hydraulických metod. Při využití aerobního bioventování je vzduch vháněn do podzemních vod, čímž podzemní voda probublává, a tím dochází k odtěkání kontaminantů rozpuštěných ve vodě do vzduchových bublinek, které stripují kontaminanty a uvolňují je v plynné formě do nenasycené zóny, odkud jsou odváděny systémem vrtů do sanační stanice (UJEP v Ústí nad Labem, neuvedeno).

3.4.4 Dopady havárie na vody

Havárie s dopadem na životní prostředí lze rozlišovat podle ohrožené složky životního prostředí. Nejčastěji bývají zasaženy právě povrchové a následně podzemní vody. Největší problém představují nebezpečné látky v kapalném skupenství. Vyjma chemických vlastností unikající nebezpečné látky mají velký význam v environmentálních důsledcích také podmínky v místě vzniku havárie. V případě zasažení vodního prostředí nebezpečnou chemickou látkou je nutné zavést okamžitá nápravná opatření, závislá na druhu chemikálie a jejím vlivu na ekosystém, a minimalizovat tím negativní dopady (Lindgaard-Jørgensen, Bender, 1994).

Obecně lze říct, že v případě úniku nebezpečné látky na zpevněnou plochu může látka proniknout do kanalizace a v případě, že nedojde k odstranění v čističce odpadních vod, pronikne do vodního toku. V dalším případě může dojít ke znečištění vodního toku či podzemních vod přímo. V případě úniku plynné látky je riziko větší v případě deště. Plyn se rozptýluje ve směru větru, deštěm je spláchnut do půdy a následně může dojít k zasažení podzemních vod (Bernatík, Nevrlá, 2005).

Osud nebezpečných látek, rozptýlených po havárii, je dán v životním prostředí třemi procesy, a to transportem, transformací a přenosem mezi složkami životního prostředí. V případě vzniku havárie je unikající nebezpečná látka transportována přírodními silami. Pokud je kontaminována např. povrchová tekoucí voda, je rizikovým faktorem průtok v korytě. Kontaminant je silou průtoku exportován po proudu a jeho zachycení se tímto komplikuje (Bernatík, Nevrlá, 2005).

Náhlé změny kvality vody, zapříčiněné únikem nebezpečných látek, mají zpravidla nepříznivý dopad na celou vodní biocenózu. Mezi mikroorganismy a makroorganismy se vytvoří určitá biologická rovnováha, která je přítomností takové látky narušena a velmi dlouho trvá její opětovné vyrovnaní. Časové období, za které dojde k obnovení původního společenstva organismů v zasaženém úseku, je závislá na klimatických faktorech, ale také na druzích organismů a jejich vývojových stádiích. V případě nižší organismů dochází k obnově postupně přirozenou cestou. Pokud dojde k úhynu ryb, které velmi citlivě reagují na náhlé změny v kvalitě vody, obvykle je nutné přikročit k umělému zarybňování (Vučka, 1984).

Přítomnost nebezpečných látek ve vodním prostředí může způsobit stresovou reakci. Jedná se o reakci na změnu stavu složení vody, kdy je spuštěna neuroendokrinní odpověď, jako je rychlé uvolňování hormonů. Následují biochemické

a fyziologické změny spojené s vyprodukovanými hormony, což vede k hematologickým či metabolickým změnám (Simonato a kol., 2013).

4 Metodika

4.1 Popis modelové situace

Modelová situace vychází z běžného případu přepravy nebezpečných látek a věcí po silnici. Přesto, že nehody nejsou časté, tak nákladní automobily přepravující nebezpečné věci a látky představují pro své okolí potencionální riziko. Důležitou součástí přepravy je také plánování a optimalizace trasy, jak z pohledu ekonomického, tak z pohledu bezpečnostního pro obyvatele a životní prostředí (Zhang a Feng, 2021).

Simulace havárie vychází z modelové situace, kdy řidič nedodržel bezpečnostní přestávku a v důsledku mikrospánku havaroval. Po čtyřech a půl hodinách je řidič povinen udělat na nejméně 45 minut bezpečnostní přestávku nebo ji rozdělit do dvou intervalů v průběhu stejné doby jízdy. Tyto, nařízením Evropského parlamentu a rady (ES) č. 561/2006, stanovené intervaly jsou zapisovány z tachografu do karty řidiče, které je poté možné podrobit kontrole dopravcem nebo Policií České republiky. Pokud řidič poruší bezpečnostní přestávku, ale i jiné předpisy, a dojde k havárii, zodpovídá za takové porušení také dopravce. Modelová situace bude řešit zejména likvidaci havárie s cílem minimalizovat dopady na obyvatele a životní prostředí.

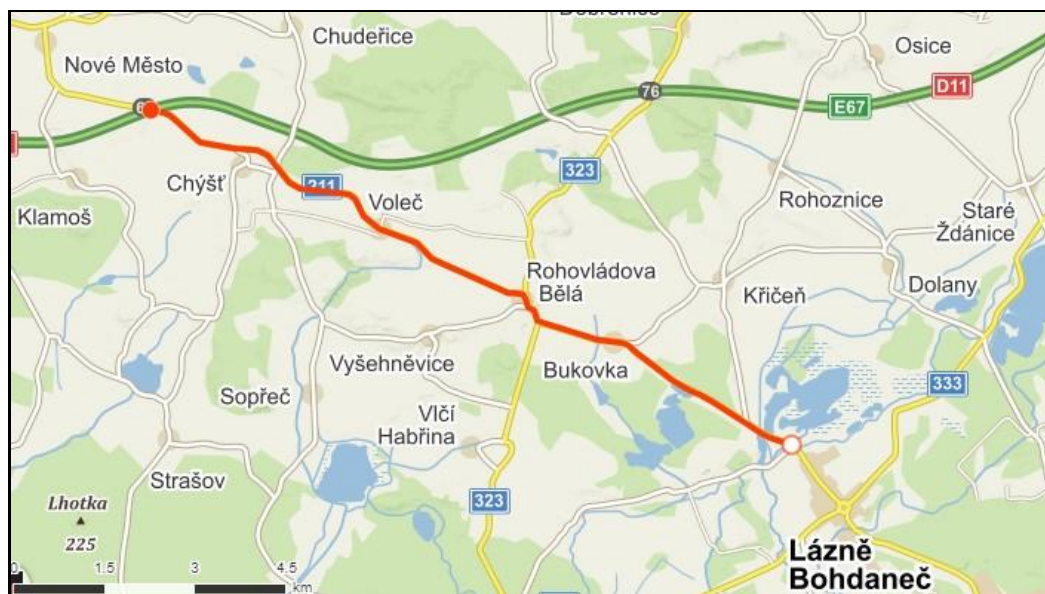
4.2 Výběr místa nehody a povahy ohrožení

4.2.1 Místo nehody

Modelová dopravní nehoda je situována mezi obcemi Bukovka a Lázně Bohdaneč v Pardubickém kraji. Přestože je silnice I/36, protínající Bukovku a Lázně Bohdaneč, přehledná a široká, nejedná se zde o ojedinělý výskyt dopravních nehod. Zmíněná silnice je jednou z nejdůležitějších silnic Pardubického kraje. Zatáčky jsou téměř po celé délce silnice pozvolné, tudíž při jízdě tímto úsekem může relativní přehlednost svádět řidiče vozidel k menší obezřetnosti či předjíždění.

Při výběru místa nehody byla brána v úvahu skutečná trasa možného převozu nebezpečných látek a věcí. Vzhledem k tomu, že silnice číslo 36 není osazena zákazovými značkami pro nákladní vozidla, převážející nebezpečné věci a látky, byla zvolena pro převoz chloru i ropných produktů tato část trasy.

Nákladní automobil jedoucí z nedalekého sjezdu číslo 68 dálnice D11 směrem na Lázně Bohdaneč, přibližně 12,5 km od sjezdu v mírné pravotočivé zatáčce, díky mikrosrápku řidiče, došlo ke sjetí z krajnice při rychlosti přibližně 70 km/h a následnému převrácení soupravy a úniku převáženého chloru a pohonných hmot.



Obr. 20: Lázně Bohdaneč – místo úniku chloru (mapy.cz upravila Nováková, 2021).

4.2.2 Ohrožení únikem chloru


Ačkoliv se chlor běžně vyskytuje také ve vodách – největší zásoby jsou obsaženy v mořské vodě, jedná se výhradně o sloučeniny tohoto prvku. Jeho využití je běžné jako dezinfekční přípravek např. pro plavecké bazény, ale také při úpravě pitné vody, avšak ve velmi nízkých koncentracích. Z hlediska chuťového, ale také zdravotního je maximální přípustná koncentrace volného chloru při úpravě pitné vody do 0,3 mg/l (Kožíšek, 2010).

Za běžných podmínek se jedná o žlutozelený nehořlavý, jedovatý těžký plyn, ostře štiplavého zápachu, spadající mezi halogeny. Chlor má silné oxidační účinky, a to především na neušlechtilé kovy, které je schopen oxidovat i při pokojové teplotě. Ve zkapalněné stavu se jedná o světlou bezbarvou kapalinu způsobující při styku s kůží omrzliny. Vodný roztok chloru působí ve styku s pokožkou silně žíravě, což může mít za následek zarudnutí pokožky či tvorbu puchýřů. Z jednoho litru kapalného

chloru se za běžných podmínek může vytvořit až 475 litrů plynného chloru, který je těžší než vzduch a šíří se při zemi.

V případě úniku chloru do životního prostředí během havárie nákladního vozidla, může dojít k bezprostřednímu popálení blízkých rostlin, reakci s vodou a vzdušnou vlhkostí a následným vytvořením chlorovodíku. Plynný chlorovodík je velmi rychle rozpustný ve vodě za vzniku silné kyseliny chlorovodíkové, která je při vyšších koncentracích toxická pro vodní organismy a rostliny (IRZ, ©2021).

V případě úniku chlóru, ať v plynné či kapalně podobě, během přepravy v důsledku porušení těsnosti přepravního obalu nebo technologie se jedná o mimořádnou událost. Chlor bývá skladován a přepravován jako stlačený plyn v kapalném skupenství. Zpravidla je přepravován ve žlutých ocelových lahvích, v sudech o objemu 400 až 500 litrů nebo v silničních cisternách z nerezové oceli s vnitřním potahem (Ministerstvo vnitra, 2017).

Výstražný symbol nebezpečnosti	
Signální slovo	Nebezpečí
Standardní věty o nebezpečnosti	H270 Může způsobit nebo zesílit požár; oxidant. H331 Toxický při vdechování. H319 Způsobuje vážné podráždění očí. H335 Může způsobit podráždění dýchacích cest. H315 Dráždí kůži. H400 Vysoce toxický pro vodní organismy.
Pokyny pro bezpečné zacházení	P403 Skladujte na dobře větraném místě. P308+P313 Při expozici nebo podezření na ni vyhledejte lékařskou pomoc. P314 Necítíte-li se dobře, vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření. P273 Zabraňte uvolnění do životního prostředí.
Další nebezpečnost	POZOR! Nepoužívejte společně s jinými výrobky. Může uvolňovat nebezpečné plyny (chlor).

Obr. 21: Výstražné symboly umístěující se na přepravní cisternu a varovné symboly (Spolana, 2008).

4.2.3 Ohrožení únikem ropných produktů

Vzhledem ke stále se zvyšující spotřebě ropy a ropných produktů, dochází také ke zvyšování nebezpečí úniku těchto nebezpečných látek do životního prostředí. Mimo ohrožení samotnými dopravními prostředky, jsou hrozbou také cisterny, převážející velké množství ropných produktů.

Ropné látky můžeme definovat jako nepolární uhlovodíky a jejich směsi. Ropné látky obsahují také látky polární jako sirné či dusíkaté sloučeniny, fenoly aj. Z technického hlediska lze tuto skupinu látek rozdělit na benziny, petroleje, plynové oleje a mazací oleje (Šafařík Z., 2017). Většina ropných produktů spadá mezi hořlavé, přičemž např. benziny mohou při kontaktu se vzduchem vytvořit výbušnou směs.

Rozpustnost ropných produktů nelze přesně stanovit, jelikož se jedná o směsi uhlovodíků a různé rozpustnosti ve vodě. Mezi nejlépe rozpustné ve vodě se řadí z této skupiny benzinové uhlovodíky. V důsledku malé viskozity mohou prosakovat do podloží, a tím ohrožovat jakost podzemních vod. Ačkoliv se uhlovodíky v geologickém podloží mikrobiologickými procesy postupně odbourávají, jedná se o proces velmi pomalý (Nymburský, 1985).

Co se týče biologické rozložitelnosti, závisí na chemickém složení. Nejlépe rozložitelné jsou n-alkany, nejméně pak aromatické uhlovodíky.

Zasažení vodního prostředí ropnými produkty má negativní vliv jak na kvalitu vody, tak na vodní organismy a rostliny. Popisované látky jsou velice obtížně biologicky rozložitelné, tudíž při jejich úniku do vodního prostředí hrozí bioakumulace. Díky své menší měrné hmotnosti plavou ropné látky na vodní hladině, přičemž vytvářejí olejový film, čímž dojde k zamezení přístupu kyslíku, a tím k omezení samočisticích procesů (Šafařík Z., 2017). Látky jako polycyklické aromatické uhlovodíky obsažené v ropných produktech jsou vysoce toxické pro vodní organismy, na které mají karcinogenní, teratogenní a mutagenní účinky (Yutong T. a kol., 2020).

K odstranění ropných produktů se běžně využívají metody založené na izolaci a shromažďování. V případě chemických metod jako ztužování či využití biologických redukčních činidel a následně snazšího odstranění z vodní hladiny. V této souvislosti bylo ale prokázáno, že uvedené metody jsou vysoce nákladné a vzniká vysoké riziko tvorby sekundárního znečištění. Značný počet studií, zaměřených na tuto problematiku prokázal, že vzhledem k obnově vodního prostředí a nákladům je nejúčinnější využít různé druhy sorbentů. Vzhledem ke skutečnosti, že ropné produkty obsahují velké množství různých látek, nelze uvést, která metoda na odstranění ropných havárií je nejúčinnější. Každá z využívaných metod má své výhody a nevýhody, které je nutné zohlednit při výběru (Oliviera a kol., 2021).



Obr. 22: Cisternový návěs určený pro přepravu některých ropných produktů (chinatrucksale.com, neuvedeno).

4.3 Software použitý pro modelování rozsahu havárie

Modelování šíření nebezpečných látek unikajících při havárii nákladních automobilů je důležitým prvkem při hodnocení hrozeb v silniční dopravě nebezpečných věcí a látek. K posouzení pravděpodobných dopadů takové havárie je možné využít speciální programy. Systémy, schopné předpovědět rozptyl chemikálií, jsou klíčovým nástrojem při plánování přípravných a záchranných operací v případě havárie, ale také umožňuje zohlednit meteorologické podmínky a topografii oblasti (Brzozowska, 2016)

K vytvoření modelu úniku chloru a vybraného ropného produktu byl využit program ALOHA. Jedná se o softwarový program sloužící k modelování úniku nebezpečných látek do atmosféry. Na základě zadání řady vstupních údajů a externích vlivů modeluje nebezpečnou zónu, která je ukazatelem rozsahu ohrožení vlastnostmi uniklé látky. Program je vhodný pro potřeby zvládnutí rychlého zásahu záchranných jednotek, jakož i pro havarijní plánování. Pomocí programu lze dobře vystihnout následky působení toxických látek.

Samotný program, který je validní jen pro čisté a vzájemně nereagující látky, disponuje informacemi o více než 1600 látkách. ALOHA je součástí databázového systému CAMEO, kde lze nalézt informace o více než 4000 čistých chemických látkách (Skřehot, 2008).

ALOHA při numerických výpočtech, ve všech horizontálních směrech, předpokládá konstantní rychlost a směr vanutí větru. Dokáže počítat také s odpařováním z kaluží a z termodynamického hlediska je počítáno s přenosem tepla z odpařující se kaluže a povrchu země. Model vychází z polohy zdroje rizika, informací o vlastnostech chemických látek, množství uniklé látky, atmosférických podmínek a charakteru krajiny. Výstupem modelu je text sumarizující uživatelské vstupy, grafy odhadu šíření oblaku a náčrty stopy úniku v oblasti po větru, které lze následně přenést do mapovacího programu MAPLOT a zobrazit tak zasažení v konkrétním místě (Skřehot, 2008).

4.4 Použité standardní postupy složek IZS pro zvládnutí modelového znečištění

4.4.1 Organizace zásahu jednotek požární ochrany

Po přijetí prvního ohlášení na tísňové lince o havárii nákladního automobilu jedoucího v režimu ADR, je situace vyhodnocena jako mimořádná událost v případě chloru, taktéž v případě ropných látek. Jedná se o situaci, kdy se nebezpečná látka ocitne mimo kontrolu v takovém množství, které ohrožuje životy osob, zvířat a životní prostředí a je nutné provést záchranné a likvidační práce. Obsluha ohlašovny operačního střediska, přijímající zprávu o události, musí zjistit maximum informací o vzniklé situaci, jako adresu události, druh události, bližší údaje potřebné pro jednotky požární ochrany, kontaktní údaje volající osoby apod. Ze získaných informací obsluha ohlašovny neprodleně vyhodnotila nutnost vyhlášení poplachu. Nejpozději do dvou minut jednotka požární ochrany vyjede na místo havárie. (Ministerstvo vnitra, 2017b). Přesnější specifikaci o unikající nebezpečné látce poskytne jednotce TRINS.

Vzhledem rozsáhlosti postupů jednotky požární ochrany při zásahu a zneškodňování havárie s únikem nebezpečné látky, je postup zjednodušen. Následující části nastíní činnosti, nutné k provedení zásahu při úniku kapalného chloru a ropných produktů.

4.4.2 Postup při zneškodňování havárie nákladního automobilu převážející chlor

Po příjezdu na místo havárie a zjištění, že se skutečně jedná o havárii s únikem nebezpečné látky, potvrdil velitel místo a druh události na příslušné operační středisko a vyhlásil zvláštní stupeň poplachu. Za použití nezávislého vzduchového nebo filtračního dýchacího přístroje a protichemického ochranného oděvu, jednotka požární ochrany provede průzkumné činnosti, potřebné pro rozhodování a způsob vedení zásahu. Průzkumné činnosti probíhají dále nepřetržitě do ukončení zásahu. Jejich cílem je zjištění, zda jsou ohroženy osoby, zvířata a majetek, ale také zjištění stability havarované cisterny. Největší ohrožení je zaznamenáno v souvislosti s životním prostředím, a to únik chloru do ovzduší, kdy koncentrace chloru může až několiknásobně převýšit přípustnou hranici a změna barvy vegetace a její odumírání (Ministerstvo vnitra, 2017c). Ve spolupráci s přílehlými obcemi jsou informováni obyvatelé o úniku chloru s doporučením zůstat ve svých domovech, uzavřít okna a dveře a přesunout se, pokud možno, do horních podlaží (ministerstvo vnitra, 2017f). S ohledem na bezpečnost v místě havárie musí být dočasně odkloněna doprava na objízdné trasy. Pověřený příslušník jednotky požární ochrany, na pokyn velitele zásahu, odklání přijíždějící vozidla, až do příjezdu Policie České republiky.

Jednotky postupují podle stanovených bezpečnostních zásad Bojového řádu jednotek požární ochrany, a to přibližování k místu havárie zpravidla po směru větru, nezajíždět do bezprostřední blízkosti havárie a zjišťovat přítomnost nebezpečné látky. Při zásahu s únikem nebezpečných látek spočívá zásah ve vytvoření kontrolovaných zón a přesném dodržování zásad a postupů. Zóny jsou charakterizovány nebezpečím a prováděnou činností. Jednotky požární ochrany tyto hranice vytvoří za použití např. dopravních kuželů. Na místě, kde vytéká a odpařuje se chlor, je vytyčena nebezpečná zóna s poloměrem 80 m, která značí prostor maximálního ohrožení a její hranice mohou být v průběhu zásahu upravovány. V této zóně jsou prováděna opatření a činnosti, vedoucí ke snížení rizik a omezení rozsahu havárie, vyhodnocení změn v intenzitě působení nebezpečných vlastností kapalného chloru, jako intenzita úniku a rychlost odpařování, jímání a odčerpávání vytékajícího kapalného chloru do nádrží, ředění či neutralizace. Vnější zóna, obklopující nebezpečnou zónu, je určena k uzavření místa události, popřípadě evakuaci obyvatel. Uvedené zóny obklopuje tzv. zóna ohrožení, která značí prostor možného šíření chloru, zpravidla po směru větru (Žemlička, 2008).

Po stanovení a vytyčení výše popsaných zón, je velitelem zřízen nástupní prostor, umístěný ve vnější zóně na návětrné straně havárie, který slouží pro soustředění sil, prostředků a zajištění přípravy před zásahem v nebezpečné zóně (Žemlička, 2008).

K zabránění dalšího šíření chloru ze sudu může být použit těsnicí tmel a zbylý kapalných chlor je přečerpán do neporušené nádoby. Vyjma těsnicího tmelu je vhodné použít také těsnicí vaky nebo klíny či navlhčenou tkaninu, jež vlivem nízké teploty přimrzne na otvor v cisterně (Ministerstvo vnitra, 2017f).

Místo uniklé kapaliny ohrazeno sytkým sorbentem. V souvislosti s omezením šíření plynné fázi chloru je možné využít vodní clonu, chránící vodní plochy a další složky životního prostředí před unikajícím plynným chlorem, dokud kapalných chlor nebyl pokryt celistvou vrstvou sorbentu. Lze použít také hydrogenuhličitan sodný nebo uhličitan vápenatý, ale také vápno či mletý vápenec (Ministerstvo vnitra, 2017f).

Po stabilizaci situace je nutné provést dekontaminaci v místě havárie, jehož cílem je odstranění kapalných chloru z vozovky. Kontaminované místo je zasypáno sorbentem společně s nanesením kapalných dekontaminačního činidla, které je nutné nechat působit deklarovanou dobu expozice, po jejímž uplynutí působení je vzniklá směs z kontaminovaného místa vložena do sudu a zalita přebytkem dekontaminačního činidla. Další dekontaminaci, jak povrchu terénu, tak přilehlých vod, provádí odborně způsobilá organizace k tomu určená, pokud nehrozí riziko z prodlení (Ministerstvo vnitra, 2017g).

4.4.3 Postup při zneškodňování havárie cisterny převážející ropné látky

Po příjezdu na místo havárie a zjištění, že se skutečně jedná o havárii s únikem ropné látky, potvrdí velitel místo a druh události na příslušné operační středisko a vyhlásí zvláštní stupeň poplachu. Za použití ochranného obleku jednotka požární ochrany provede průzkumné činnosti, potřebné pro rozhodování a způsob vedení zásahu. Průzkumné činnosti probíhají dále nepřetržitě do ukončení zásahu. Jejich cílem je zjištění, zda jsou ohroženy osoby, zvířata a majetek, ale také zajištění stability havarované cisterny (Ministerstvo vnitra, 2017c).

Taktéž při úniku ropných látek je možné vytvořit kontrolované zóny s charakteristickým nebezpečím, a to v závislosti na druhu a množství unikající látky. Jednotky požární ochrany tyto hranice vytvoří za použití např. dopravních kuželů. Na

místě, kde vytéká ropný produkt, je vytyčena nebezpečná zóna, která značí prostor maximálního ohrožení a její hranice mohou být v průběhu zásahu upravovány. V této zóně jsou provedena opatření a činnosti, vedoucí ke snížení rizik a omezení rozsahu havárie. Vnější zóna, obklopující nebezpečnou zónu, je určena k uzavření místa události, popřípadě evakuaci obyvatel. Uvedené zóny obklopuje tzv. zóna ohrožení, která značí prostor možného šíření ropné látky, zpravidla po směru větru (Žemlička, 2008).

Pokud dojde k poškození cisterny a úniku ropných látek, je nutné co nejdříve utěsnit místo úniku. K utěsnění je vhodné použít dřevěné či plastové klíny, speciální tmely, popřípadě těsnící vaky apod. Zbylý obsah cisterny je odčerpán za použití speciálních čerpadel a příslušenství. Dalším důležitým úkolem při úniku ropných látek je zamezení jejich úniku do níže položených prostor jako kanalizací nebo šachet, za použití kanálových ucpávek, nepropustných fólií sorbentů nebo jiných vhodných a dostupných materiálů. V tomto případě je nejdůležitější především zabránit úniku do podzemních vod. Pokud dojde k úniku lehce vznětlivých ropných látek, je třeba zajistit snížení jejich odparu např. pokrytím střední pěnou (Ministerstvo vnitra, 2017d).

Při haváriích tohoto charakteru je třeba počítat se šířením ropných látek po hladině. V případě tekoucích vod je situace závažnější, jelikož ropná skvrna postupuje rychleji dále od místa havárie. K zamezení dalšího šíření po proudu slouží nejčastěji vybudování norných stěn, které jsou schopny oddělit ropné látky plovoucí na hladině od samotné hladiny.

Výběr nástupního místa pro instalaci norné stěny odpovídá jejímu druhu, s ohledem na způsob instalace na vodní hladinu a případný přístup člunu. Výběr takového místa závisí na rychlosti vodního proudu, šířce a hloubce vodního toku, směru a síle větru, ale také na množství unikající ropné látky. Při instalaci norné stěny je nutné, aby proud napomáhal k soustředění znečištění u břehu, kde je následně prováděn sběr. Maximální hloubka norné stěny je, v ideálním případě, v jedné třetině až v polovině hloubky vodního toku, aby nedošlo ke zvýšení rychlosti vody pod nornou stěnou a ropná látka pod ní nebyla strhávána (Ministerstvo vnitra, 2017e).

Instalace dvoukomorové norné stěny je provedena vtahováním na hladinu z přípravného postavení ve vytvarovaném stavu, tudíž naplněná. Při šířce koryta do 20 m a rychlosti vodního toku do $0,3 \text{ m/s}^{-1}$ je norná stěna přetažena pomocí lana na protější břeh kolmo nebo v menším úhlu k ose vodního proudu. Kolmé postavení má

za následek hromadění ropné látky podél norné stěny a její postupování směrem ke břehu, kde je následně zachycena a uložena do vhodných záchytných nádob nebo se váže na sorbent (Ministerstvo vnitra, 2017e).

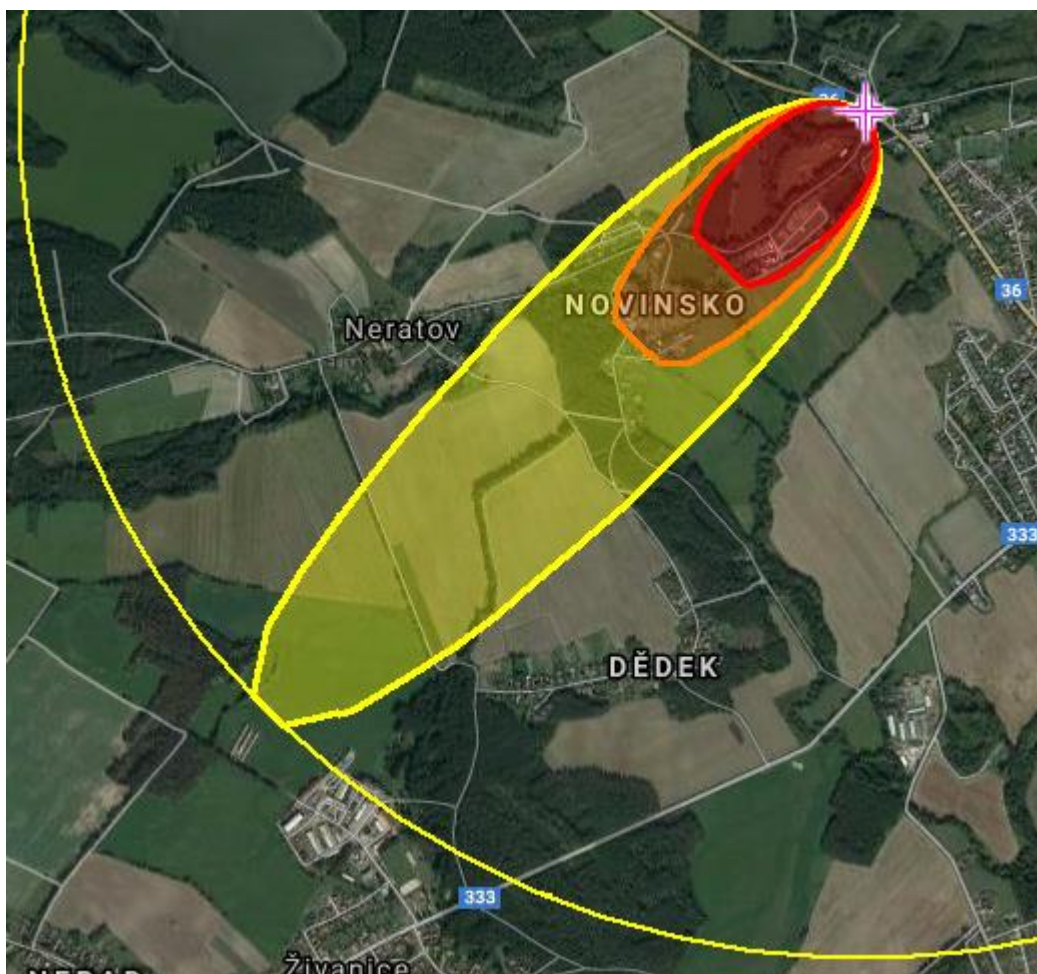
V případě úniku většího množství ropných látek a vzniku závažnějších škod na vodách, je nutné vyrozumět o této skutečnosti vodoprávní orgán společně s Českou inspekcí životního prostředí (Ministerstvo vnitra, 2017d).

5 Výsledky

5.1 Výsledky modelu ohrožení zasažené oblasti v důsledku úniku chloru

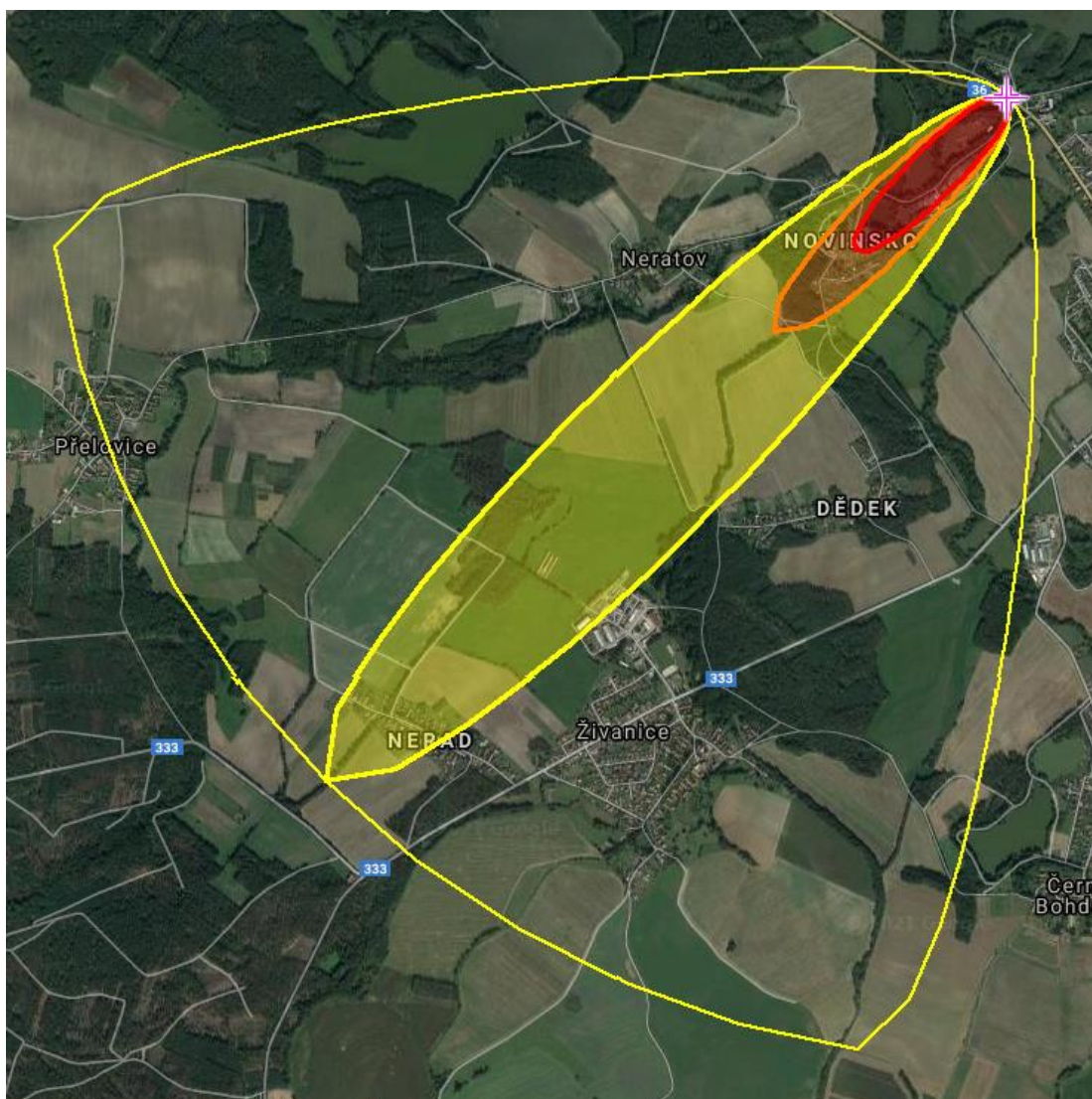
Chlor je v této modelové havárii převážně v 500 litrových tlakových sudech ve zkvalněném skupenství. Následující situace zobrazují možné zasažení chlorem během různých povětrnostních podmínek, ale také za odlišného počasí. Vždy je počítáno s přízemní teplotou vzduchu 20 °C a severovýchodním směrem větru.

V případě havárie nákladního automobilu převážejícího chlor v sudech, může dojít k vyvrácení a vypadnutí sudů z automobilu a jeho následnému proražení. Tento model počítá pouze s trhlinou v jednom sudu a únikem 100 litrů chloru. Nižší množství bylo vybráno z důvodu velkého rozsahu zasažení při vyšším množství unikajícího chloru, které v některých případech program nezobrazil v kompletním okruhu zasažení. Pro modelaci jsou přednastaveny hladiny koncentrace chloru pro jednotlivé zasažené zóny ve výši 30 ppm, kdy u člověka dochází k okamžité bolesti na hrudi a kašli, 10 ppm, kdy dochází k podráždění horních cest dýchacích a hladina 1 ppm vede k mírnému podráždění sliznice po 1 hodině expozice.



Obr. 23: Zasažená oblast v případě síly větru 1 m/s (ALOHA upravila Nováková, 2021).

Obrázek 23 znázorňuje zasaženou oblast v případě severozápadního proudění větru o rychlosti 1 m/s za deštivého počasí s relativní vlhkostí vzduchu 75 %. Červená, nevíce zasažená oblast, znázorňuje vzdálenost zasažení přibližně 635 metrů od místa havárie. V této oblasti je unikající chlor v nejvyšší koncentraci, která představuje přibližně 87 mg/m^3 . V oranžové a žluté oblasti jeho koncentrace výrazně klesá. S postupujícím proudem větru je chlor naředěn, až postupně dochází ke splnutí s atmosférou. Nejméně zasažená oblast by se nacházela ve vzdálenosti přibližně 2,6 kilometrů, kde by koncentrace dosahovala hodnoty přibližně $2,9 \text{ mg/m}^3$. Hodnota 0,1 ppm, tedy koncentrace, která by již neměla způsobit žádné obtíže, bude ve vzdálenosti přibližně 6,6 kilometrů od místa havárie.



Obr. 24: Zasažená oblast v případě síly větru 2 m/s (ALOHA upravila Nováková, 2021).

Model úniku, znázorňující Obrázek 25, počítá s rychlostí proudění větru 2 m/s, taktéž severozápadně, za jasného počasí, s relativní vlhkostí vzduchu 25 %. Červeně vyobrazená zóna představuje maximální koncentraci unikajícího chloru v ovzduší, která v tomto případě taktéž činí přibližně 87 mg/m^3 , a to do vzdálenosti přibližně 880 m. Nejnižší koncentrace se nachází přibližně 3,1 kilometru od místa havárie, kde koncentrace dosahuje hodnot $2,9 \text{ mg/m}^3$, což představuje žlutá zóna, ve které by jedinci, vystaveni této koncentraci po dobu až jedné hodiny, neměli zaznamenat téměř žádné nepříznivé účinky. Hodnota 0,1 ppm, tedy koncentrace, která by již neměla způsobit žádné obtíže, bude ve vzdálenosti přibližně 7 kilometrů od místa havárie.



Obr. 25: Zasažená oblast v případě síly větru 4,1 m/s (ALOHA upravila Nováková, 2021).

Obrázek 25 zobrazuje zasaženou oblast při rychlosti proudění větru 4,1 m/s severozápadně, s relativní vlhkostí vzduchu 50 %, za polojasného počasí. Podle následujícího znázornění je patrné, že oblak chloru, který je těžší než vzduch, se šíří bez výraznějšího rozptylu do prostoru. Oblak chloru by se ve vyobrazeném případě mohl šířit až do vzdálenosti přibližně 3,7 kilometrů, kdy jedinec pocítí jen mírné podráždění sliznice, což je maximální koncentrace chloru, které by mohl být jedinec vystaven po dobu jedné hodiny bez nepříznivých účinků. K úplnému naředění chloru v ovzduší by došlo ve více než 10kilometrové vzdálenosti od místa havárie.

Přestože je program ALOHA určen spíše pro modelování dopadů a následků mimořádných událostí s únikem nebezpečných látek, kdy mohou být ohroženi obyvatelé, lze na výše uvedených výstupech popsat chování chloru v případě, že uniká do životního prostředí. Ačkoliv je přepravován v sudech jako stlačená kapalina, na vzduchu velice rychle mění své skupenství na plyn. Tato skutečnost vysvětluje, proč je zasažená oblast vzdálena i několik kilometrů od místa havárie.





Jak již bylo zmíněno výše, chlor patří mezi těžké plyny, jejichž typickou vlastností je při úniku pokles k zemskému povrchu vlivem gravitace, podél kterého se následně rozptylují. V ideálních podmínkách – bezvětří, by se chlor mohl rozšiřovat do stran. Během rozptylu se uplatňují odporové síly, vznikající třením mezi unikajícím plynem a zemským povrchem a vazké síly, vznikající třením plynu a okolním vzduchem. Pokud by zemský povrch relativně rovný, blížilo by se proudění těžkého plynu laminárnímu. Vzhledem k členitosti terénu ale vznikají turbulence, kdy se těžký plyn a okolní vzduch mísí, zpravidla s výraznou časovou chaotičností. Fázi šíření podél zemského povrchu ovlivňuje proudící vzduch, ale také hybnost plynu, která je získána při úniku současně s působením gravitačních sil. Rozptýlený plyn se postupně nařadí vzduchem a dojde k jeho splnutí s atmosférou, což je dáno převážně povětrnostními podmínkami (Skřehot A. P. a kol., 2019).

Ve všech uvedených případech se jedná o šíření chloru po dobu jedné hodiny od úniku. Vzhledem ke skutečnosti, že jednotky požární ochrany budou na místě havárie za značně kratší dobu, nedojde k takto rozsáhlému zasažení. Pokud by jednotkám trval dojezd jednu hodinu, při uvolněném množství 100 litrů kapalného chloru by mohlo ovzduší kontaminovat více než 40 000 litrů chloru plynného.

Uvedené modely počítaly ve všech případech pouze s teplotou 20 °C, jelikož okolní teplota neměla výrazný vliv na velikost zasažené oblasti, pokud nedošlo současně ke změně více parametrů, jako např. drsnost povrchu. Jasné počasí a vysoké teploty v porovnání s teplotami pod bodem mrazu nevykazovaly značné rozdíly.

5.2 Výsledky modelu ohrožení zasažené oblasti v důsledku úniku ropného produktu

Jako příklad havárie při převozu ropného produktu lze uvést únik benzínu. Jedná se o lehký těkavý ropný produkt, dosahující teploty varu mezi 30 a 210 °C. Benzín je bezbarvá kapalina prakticky nerozpustná ve vodě. Pro vodní organismy je benzín vysoce toxický s dlouhodobými účinky. V případě ryb, žijících ve vodě kontaminované benzinem, dochází k adsorpci rozpuštěných uhlovodíků přes žábry. Tato tkáň, vysoce náchylná k environmentálním výkyvům, je bariérou mezi vnějším a vnitřním prostředím (Simonato a kol., 2013).

Výstražný symbol			
GHS02	GHS08	GHS07	GHS09
			
Signální slovo Nebezpečí			
Standardní věty o nebezpečnosti			
H224	Extrémně hořlavá kapalina a páry.		
H304	Při požití a vniknutí do dýchacích cest může způsobit smrt.		
H315	Dráždí kůži.		
H336	Může způsobit ospalost nebo závratě.		
H340	Může vyvolat genetické poškození.		
H350	Může vyvolat rakovinu.		
H361	Podezření na poškození reprodukční schopnosti nebo plodu v těle matky.		
H411	Toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.		
Pokyny pro bezpečné zacházení			
P201	Před použitím si obstarejte speciální instrukce.		
P210	Chraňte před teplem/jiskrami/otevřeným plamenem/horkými povrchy. – Zákaz kouření.		
P280	Používejte ochranné rukavice/ochranný oděv/ochranné brýle/obličejový štít.		
P301+P310	PŘI POŽITÍ: Okamžitě volejte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÍ STŘEDISKO nebo lékaře.		
P403+P233	Skladujte na dobře větraném místě. Uchovávejte obal těsně uzavřený.		
P501	Odstraňte obsah/obal státních předpisů.		

Obr. 26: Výstražné symboly, varovné věty a pokyny při přepravě benzínu (has-cs.cz, 2016).



Obr. 27: Možné zasažení oblasti při severovýchodní směru větru (ALOHA, 2021).

V případě havárie cisternové soupravy dojde k proražení pláště cisterny, vzniku otvoru o průměru 10 cm a úniku 3000 litrů benzínu z jedné cisternové komory. Jelikož benzín patří mezi lehké ropné produkty, dochází k pomalému odparu a šíření do ovzduší tak, jak je znázorněno na Obrázku 27. Součástí benzínu je také směs alkanů, cykloalkanů a alkenů, ale může obsahovat také organické sloučeniny nebo kontaminanty. Do ovzduší se ale odpařují v největší míře nejtěkavější uhlovodíkové složky (Matějovský, 2005).

Shodně jako v případě úniku chloru se jedná o šíření při severovýchodním směru větru, v tomto případě o rychlosti 2 m/s při okolní teplotě 20 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50 %. Růžový křížek představuje místo vniku nehody. Červeně vyobrazená oblast označuje část o vzdálenosti přibližně 60 metrů, která je nejvíce zasažena odpařujícím se benzínem. Oproti tomu žlutá oblast je zasažena výrazně méně a dosahuje vzdálenosti 277 metrů. Tyto oblasti jsou přibližným ukazatelem výparu benzínu po jedné hodině po vzniku havárie. K největšímu odparu dochází v prvních hodinách po havárii, čímž se snižuje množství uniklého benzínu, které může ohrozit vodní

prostředí, avšak dochází k zasažení jiné složky životního prostředí. V této modelové situaci je možnost vytvoření kaluže benzínu o průměru 27 m, přičemž by při tomto rozpětí mohlo dojít k zasažení přilehlých toků s následným rozšířením po směru toku. Vzhledem k modelu, který ukazuje zasažení po jedné hodině, v reálném případě by byla zasažená oblast znatelně menší.

5.3 Dopady chloru na vodní prostředí

Ačkoliv nemusí při havárii dojít k velkému zasažení přilehlých vod, účinek uniklého chloru je patrný. V případě, že by ve vodách nebyly organismy, na které by chlor negativně působil, škody by nebyly nedozírné. Chlor je látka velmi silně jedovatá pro ryby. Míra účinku je ovlivněna kvalitou vody, zejména koncentrací rozpuštěného kyslíku, kdy vyšší koncentrace kyslíku snižuje toxické účinky chloru, ale také teplota a hodnota pH, kdy se vzrůstající hodnotou pH se rozpustnost zvyšuje, ovlivňují toxicitu chloru. Obecně lze uvést, že koncentrace chloru v rozmezí 0,04 až 0,2 mg.l⁻¹ je při dlouhodobém působení letální pro většinu druhů ryb.

Klinické příznaky se projevují počátečním silným neklidem, skákáním ryb nad hladinu a výskytem svalových křečí. Poté se ryby pokládají na bok, lze pozorovat křečovitě pohyby, tím porušení dýchacího rytmu, dušení, úpadu do útlumu a následně uhynutí.

Působení chloru na ryby se dělí na lokální a celkové. Lokální účinky jsou patrné zejména na kůži a žábách. V případě vysoké koncentrace dochází k těžšímu poškození v podobě dystrofie až nekróze respiračních buněk s následným odlupováním buněk. Celkové působení, při vstřebání chloru do krve, se projeví zejména jako poruchy nervového systému. Ryby, vystavené účinkům chloru, mohou ztrácet rovnováhu a nejsou schopny zotavit se ani po převedení do čisté vody. Tato skutečnost je vysvětlena vazbou chloru na sulfhydrylové skupiny aminokyselin, které jsou součástí enzymů, tvorbou pevných kovalentních vazeb a nevratného poškození aktivity těchto enzymů.

Chlor nepůsobí toxicky jen na ryby, ale na řadu dalších vodních živočichů jako jsou např. obojživelníci. Při působení koncentrace 0,6 mg.l⁻¹, která je již toxická, na jejich vývojová stadia, dochází ke změně barvy larev, poruše svlékání kůže a zpomalení růstu (Velíšek a kol., 2014).

5.4 Dopady ropných produktů na vodní prostředí

Důsledky kontaminace vod ropnými látkami jsou dlouhodobé a jejich odstranění je časově, ale také finančně náročné. Kontaminace vod ropnými produkty značí především organoleptickými změnami a rychle se šířící ropnou skvrnou, pokrývající vodní hladinu tenkou vrstvou, což v případě tekoucích vod není zcela běžné, přičemž rychlost šíření je ovlivněna viskozitou a teplotou vody. Pokrytí hladiny ropnou skvrnou má za následek snížení přístupu kyslíku a omezení slunečního záření, čímž dochází ke zpomalení fotosyntézy (Rogowska a Namieśnik, 2010).

Negativní účinek ropných produktů závisí na jejich chemických vlastnostech a abiotických mechanismech probíhajících ve vodním prostředí v souvislosti s biologickými fyzikálními a chemickými procesy, jako je hydrolýza, mikrobiologická degradace, fotooxidace apod. Kombinací různorodých procesů se snižuje koncentrace uhlovodíků ve vodě a v sedimentech a dochází k fyzikálním a chemickým změnám složení ropných produktů. Hlavní příčinou těchto procesů může být např. adsorpce na částicích tuhých hmot suspendovaných ve vodě nebo tvorba emulzí či jejich deemulgace. Chemické procesy jako biologická degradace probíhá především ve svrchních vrstvách vod. Anaerobní podmínky pro degradaci ropných produktů nejsou příliš významné (Dvořák a kol., 1982).

Ropné produkty mají negativní vliv převážně na organismy, žijící v zasažených vodách. Toxicita pro druhy ryb je, shodně jako u chloru, velmi rozdílná. Mezi organismy, nejméně citlivé na působení ropných produktů, spadají řasy. V případě mechanického působení na vodní organismy dochází k zanášení dýchacích orgánů, čímž způsobují udušení. Negativní dopad má tato kontaminace také na organismy žijící u dna v důsledku potápění planktonu zasaženého např. oleji, následně nemají vhodné podmínky a uhynou (Nymburský, 1985).

V důsledku kontaminace vody je vysoká pravděpodobnost zasažení půdy, kdy ropné produkty naruší biochemické procesy a dochází k odumírání vegetace.

6 Diskuse

K porovnání dopadů nebezpečných látek byl zvolen chlor a ropné produkty z důvodu běžně dostupných látek s velmi rozdílnými vlastnostmi, kdy se jedná především o snížení svého objemu v důsledku výparu.

Díky svým fyzikálně chemickým vlastnostem je chlor označován jako těžký plyn, což znamená, že je těžší než vzduch. Při jeho úniku do životního prostředí, v důsledku havárie nákladního automobilu, bude v ideálních podmínkách unikat jako podchlazená kapalina, která se velice rychle odpařuje z povrchu. Díky proudění vzduchu se toxický mrak, vznikající v místě úniku, začne rozprostírat ve směru větru.

Chlor, jakožto rychle reagující látka, která ve vodě reaguje na kyselinu chlorovodíkovou a kyselinu chlornou a během okamžiku se odpaří z povrchu, nemá devastující účinky na vody, jako ropné produkty plovoucí na hladině. V případě úniku takové látky do vodních toků, bude rychlost zásahu jednotek požární ochrany klíčovým, převážně v postavení norných stěn a zabránění dalšímu šíření. V případě chloru je pravděpodobné, že k zasažení vodního prostředí může dojít v malém množství, oproti ropným produktům, pokud chlor neuniká během havárie ze sudu přímo do vod. Model úniku chloru poukazuje na skutečnost, že nejvíce zasaženou oblastí je ovzduší.

Ačkoliv se ropné látky, totožně jako chlor, odpařují, zdaleka ne v tak velkém množství. Chlor sám o sobě, jak již bylo zmíněno, se odpařuje téměř okamžitě a následně reaguje s jinými prvky či sloučeninami, kdežto v případě ropných produktů dochází k uvolnění pouze některých složek. K odpařování ropných produktů dochází v největší míře v prvních hodinách, čímž dojde ke ztrátě původního objemu. Je však nutné rozlišovat, o jaký konkrétní druh ropného produktu se jedná. Některé ztratí vypařením více než polovinu původního objemu, což je v případě zasažení vod prospěšné, ovšem u některých ke ztrátě objemu odpařováním dochází ve velmi malém množství. Skutečná redukce koncentrace ropných produktů probíhá za pomoci biodegradace, což vede k přeměně na produkty, které nemusí být pro vodní prostředí ohrožující. Důležitým faktorem, umožňující tento proces, je biologická rozložitelnost znečišťující látky. V porovnání s chlorem jsou ropné látky obrovským zásahem do vodního prostředí. Jejich odstraňování je značně problematické a důsledky dlouhodobé. Oproti chloru není vyloučena nutnost sanování horninové prostředí

v blízkosti zasažených vod. Ačkoliv ropné uhlovodíky podléhají v půdě mikrobiálnímu rozkladu, jedná se o proces velmi dlouhodobý.

V závislosti na počasí či teplotě může docházet k reakcím, kdy ropná látka mění své fyzikální a chemické vlastnosti, tudíž je třeba znát konkrétní přepravovanou látku a jaké produkty mohou vznikat nebo se uvolňovat. Každý ropný produkt se ve vodě chová odlišně a také odlišně ovlivňuje vodní organismy. Je tedy důležité rozlišovat mezi lehkými a těžkými ropnými produkty. V případě lehkých ropných produktů, které jsou těkavé, dochází k jejich rychlému odpaření. Oproti tomu těžké ropné produkty mohou ve vodním prostředí přetrvávat při neúplném odstranění i několik let. Z hlediska posuzování vlivu ropných produktů na vodní prostředí není jednoznačné, jaká koncentrace dané látky je již toxická. Taktéž, vzhledem ke svému složení, nelze odděleně posoudit dopad uhlovodíků a příměsí ropných produktů.

Zásah jednotek požární ochrany, vzhledem k rychle se šířícímu chloru a ropným produktům, je základem k zajištění co nejmenšího zasažení vod, ale i životního prostředí jako celku. Celá struktura řízení zásahu musí probíhat na zásadách vzájemného sladění, přesného stanovení pokynů a rozkazů, kontinuity velení při neočekávaných stavech a nedotčení celkové odpovědnosti velitele za řízení zásahu. Úspěšný a rychlý zásah jednotek požární ochrany se tak obejde bez újmy na zdraví jak členů jednotek, tak obyvatel v okolí havárie.

7 Závěr

Tato diplomová práce se zabývala problematikou přepravy nebezpečných látek kamionovou dopravou v režimu ADR a možného znečištění vod v případě úniku takové látky.

Hlavním cílem práce bylo poskytnutí uceleného přehledu o přepravě nebezpečných látek a činnostech v případě kontaminace vod těmito látkami. Dále popis zásahu jednotek požární ochrany v případě úniku chloru a ropných produktů při havárii nákladního automobilu, vytvoření modelu úniku nebezpečných látek a porovnání jejich dopadů na vodní prostředí.

Výsledným zjištěním je, že rychlý a cílený zásah jednotek požární ochrany je klíčovým v souvislosti se škodami na vodním prostředí. Ačkoliv dochází mezi havárií a příjezdem jednotek požární ochrany na místo události k prodlevě, výcvik a součinnost mezi jednotlivými oddíly přispívá k efektivnímu zásahu, který je při haváriích tohoto druhu nenahraditelný. Přesto, že havárií tohoto typu u nás není nepřehledné množství, je třeba klást důraz na výcvik a připravenost jednotek požární ochrany.

Důležitým faktorem při rychlém a správném zásahu jednotek požární ochrany jsou také poskytnuté informace obdržené na tísňové lince a v centrech TRINS, kdy jsou obdržené informace o unikající látce doplněny a konkretizovány a jednotka může zvolit správný a efektivní postup likvidace havárie.

Pokud unikne při havárii chlor, nemusí ke kontaminaci vod, vzhledem k jeho vlastnostem, dojít, avšak vznikají škody na jiných složkách životního prostředí, převážně v souvislosti s ovzduším. Obrovský dopad mají ale ropné produkty, které jsou v porovnání s chlorem pro vody a vodní organismy velkou zátěží. Ryby jako indikátor havarijního znečištění mají nezanedbatelný význam. Reagují velmi citlivě na změnu kvality vody, tudíž lze podle jejich reakce rozpoznat druh znečištění, popřípadě také koncentraci nebezpečné látky. V případě, kdy dojde k nemalému úhynu ryb v důsledku kontaminace vod, vyžaduje obnova vynaložení značných prostředků, které nevynahradí rozsah škod, které vznikly únikem chloru, ale převážně ropných produktů.

Nejen v případě zasažení vod ropnými produkty, ale také v případě jiných nebezpečných látek je důležité, aby byly vyhodnoceny také dlouhodobé účinky nebezpečných látek unikajících během havárie, jako např. tendence hromadění těchto

látek nebo jejich složek v sedimentu nebo absorpce organismy v rámci potravního řetězce.

K zamezení havárií při přepravě nebezpečných látek kamionovou dopravou by jistě přispělo lepší plánování tras např. v podobě jako u převozu nadměrného nákladu či nadměrných souprav, kdy by trasy byly vedeny co nejméně poblíž vodních zdrojů.

8 Seznam použité literatury

AVIV, 1994: Fundamenteel onderzoek naar kanscijfers voor risicoberekeningen bij wegtransport gevaarlijke stoffen. Onderzoek en advisering veiligheidsen milieuvraagstukken, Enschede, 133 s.

Bernatík A., Nevrlá P., 2005: Vliv havárií na životní prostředí. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, Ostrava, 68 s.

Brzozowska L., 2016: Computer simulation of impacts of a chlorine tanker truck accident. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 43: 107-122.

Brožová P., 2011: Hodnocení rizik silniční přepravy nebezpečných věcí metodou FTA. *Neuvedeno* 6: 9-18.

Cordeiro F. G., Bezerra B. S., Peixoto A. S. P., Ramos R. A. R., 2016: Methodological aspects for modeling the environmental risk of transporting hazardous materials by road. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 44: 105-121.

ČIŽP, ©2004-2016: Ochrana vod a prevence závažných průmyslových havárií (online) [cit. 2021.2.1], dostupné z <<http://www.cizp.cz/file/sh3/Zprava-2003-text.pdf>>.

Dvořák J., Erlebach J., Ptáček M., Grünwald A., Kočica J., Pelikán V., Šedivý J., Včelák L., Vučka V., 1982: Čištění odpadních vod s obsahem ropných látek. Nakladatelství technické literatury, Praha, 361 s.

EPA, neuvedeno: Software MARPLOT (online) [cit. 2021.2.10], dostupné z <<https://www.epa.gov/cameo/marplot-software>>.

IRZ, © 2021: Chlor a anorganické sloučeniny (jako HCl) (online) [cit. 2021.1.20], dostupné z <<https://irz.cz/node/52>>.

Kožíšek F., 2010: Proč voda s chlorem, proč voda bez chloru?. Sborník konference Pitná voda 2010, České Budějovice: 35-40.

Lindgaard-Jørgensen P., Bender K., 1994: Review od environmental accidents and incidents. Pergamon: 165-172 s.

Matějovský V., 2005: Automobilová paliva. Grada Publishing, Praha, 224s.

Ministerstvo vnitra, 2017a: Bojový řád jednotek požární ochrany – taktický postup zásahu. Metodický list číslo 1/L. Ministerstvo vnitra, Praha, 4 s.

Ministerstvo vnitra, 2017b: Bojový řád jednotek požární ochrany – taktický postup zásahu. Metodický list číslo 1/O. Ministerstvo vnitra, Praha, 2 s.

Ministerstvo vnitra, 2017c: Bojový řád jednotek požární ochrany – taktický postup zásahu. Metodický list číslo 6/O. Ministerstvo vnitra, Praha, 3 s.

Ministerstvo vnitra, 2017d: Bojový řád jednotek požární ochrany – taktický postup zásahu. Metodický list číslo 10/L. Ministerstvo vnitra, Praha, 5 s.

Ministerstvo vnitra, 2017e: Bojový řád jednotek požární ochrany – taktický postup zásahu. Metodický list číslo 11/L. Ministerstvo vnitra, Praha, 5 s.

Ministerstvo vnitra, 2017f: Bojový řád jednotek požární ochrany – taktický postup zásahu. Metodický list číslo 16/L. Ministerstvo vnitra, Praha, 6 s.

Ministerstvo vnitra, 2017g: Bojový řád jednotek požární ochrany – taktický postup zásahu. Metodický list číslo 17/L. Ministerstvo vnitra, Praha, 7 s.

Ministerstvo vnitra, ©2020: Ropné havárie – norné stěny (online) [cit. 2020.12.15], dostupné z <<https://www.hzscr.cz>>.

Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 561/2006, o harmonizaci některých předpisů v sociální oblasti týkající se silniční dopravy, o změně nařízení Rady (EHS) č. 3821/85 a (ES) č. 2135/98 a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 3820/85.

Nymburský J., 1985: Studijní podklady k péči o životní prostředí. Informační a publikační komise Rady pro životní prostředí při vládě ČSR ve státním zemědělském nakladatelství, Praha, 93 s.

Oleje, ©2021: Úniky ropných látek a jejich likvidace (online) [cit. 2021.1.5], dostupné z <<https://www.oleje.cz/clanek/Uniky-ropnych-latek-a-jejich-likvidace>> ex. Erben J. a Antoš M., 2001: Likvidace ropných produktů unikajících při dopravních nehodách. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice, 26 s.

Palkoska V., 1995: Převážení nebezpečných věcí po silnici. Grafické podniky KUS8K, s.r.o., Vyškov, 183 s.

Rak L., Martinek J., 2007: Řešení ekologických havárií. Statutární město Hradec Králové, Hradec Králové, 50 s.

Rogowska J., Namieśnik J., 2010: Environmental Implications of Oil Spills from Shipping Accidents. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 206: 95-114.

Skřehot P., 2008: Modelování rozptylu toxických látek v atmosféře při průmyslových haváriích. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí, Praha. 112 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. Univerzity Karlovy v Praze.

Skřehot P., 2009: Prevence nehod a havárií 2. díl, Mimořádné události a prevence nežádoucích následků. Výzkumný ústav bezpečnosti práce, Praha, 595 s.

Skřehot A. P., Marek J., Houser F., Hon Z., Staněk M., Melicharová M., Jaňour Z., Korba P., 2019: Predikce vzniku a šíření těžkého plynu při chemických haváriích. *Chemické Listy* 113: 553-558.

Šafařík Z., Princ I., Mička J., 2017: Únik ropných látek a jejich vliv na životní prostředí. *The Science for Population Protection*: 69- 80.

Šenovský M., Bartlová I., 2006: Nebezpečné látky. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, Ostrava, 17 s.

Tretiruka, ©2013: Příklady významných vodohospodářských havárií od r. 1964 (online) [cit. 2021.1.2], dostupné z <<https://www.tretiruka.cz/news/priklady-vyznamnych-vodohospodarskych-havarii-od-r-1964/>>.

Oliveira L.M.T.M., Saleem J., Bazargan A., Duarte J. L. da S., McKay G., Melili L., 2021: Sorption as a rapidly response for oil spill accidents: A material and mechanistic approach. *Journal of Hazardous Materials* 407: ISSN 0304-3894

ORLEN Unipetrol, neuvedeno: Podmínky, cíle a funkce TRINS (online) [cit. 2021.1.5]

<http://www.ultradiesel.cz/CS/sluzbyareal/trins/Stranky/cile_podminky.aspx>.

Simonato J. D., Fernandes M. N., Martinez C. BR., 2013: Physiological effect of gasoline on the freshwater fish *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae). *Neotropical Ichthyology* 11 (3): 683-691.

Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, neuvedeno: Biotechnologie v ochraně životního prostředí. Fakultě životního prostředí UJEP v Ústí nad Labem, Ústí nad Labem, 260 s.

Velíšek J., Svobodová Z., Blahová J., Máchová J., Stará A., Dobšíková R., Šíroková Z., Modrá H., Valentová O., Randák T., Štěpánková S., Maršálek P., Kocour Kroupová H., Grabic R., Zusková E., Bartošková M., Stancová V., 2014: Vodní toxikologie pro rybáře. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 600 s.

Věžníková H., 2014: Transport nebezpečných látek a odpadů. Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava, Ostrava: 5-31.

Vučka V., Bartáček J., Křivánek S., Kunst Z., Mařík Z., Růžička J., Rykl J., 1984: Havarijní stavy v čistotě vod. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 207 s.

Vyhláška č. 64/1987 Sb., o Evropské dohodě o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR), v platném znění.

Yutong T., Yong Z., Chunhui L., Xuan W., Qiang L., Yanwei Z., 2020: Ecological risk assessment of petroleum hydrocarbons on aquatic organism based on multisource data. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 192: ISSN 0147-6513.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.

Zhang L., Feng X., 2021: Planning tank-truck hazardous materials shipments in intercity road transportation networks. *Applied Mathematical Modelling* 89: ISSN 0307-904X.

Žemlička Z., 2008: Činnost jednotky PO při zásahu s přítomností nebezpečných látek. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, Ostrava, 26 s.

Seznam použitých obrázků

Obr. 1: Přehled základních typů cisteren na motorových a přípojných vozidlech (Skřehot,2009).

Obr. 2: Systém DIAMANT (Šenovská a Bartlová, 2006).

Obr. 3: Označení motorového a přípojného vozidla přepravující nebezpečné látky (Šenovský a Bartlová, 2006).

Obr. 4: Označení cisternového vozidla, převážejícího nebezpečné látky (online) [cit. 2020.11.20], dostupné z <<https://www.schwarzmueller.com/de/fahrzeuge/tank-fahrzeuge/mineraloel-tanksattelhaenger/3-achs-aluminium-tanksattelhaenger-380001/>>.

Obr. 5: Výstražné tabulky třídy 1 (online) [cit. 2020.12.2], dostupné z <<https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>>.

Obr. 6: Výstražné tabulky třídy 2 (online) [cit. 2020.12.2], dostupné z <<https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>>.

Obr. 7: Výstražné tabulky třídy 3 (online) [cit. 2020.12.2], dostupné z <<https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>>.

Obr. 8: Výstražná tabulka třídy 4.1 (online) [cit. 2020.12.4], dostupné z <<https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>>.

Obr. 9: Výstražná tabulka třídy 4.2 (online) [cit. 2020.12.4], dostupné z <<https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>>.

Obr. 10: Výstražné tabulky třídy 4.3 (online) [cit. 2020.12.4], dostupné z <<https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>>.

Obr. 11: Výstražná tabulka třídy 5.1 (online) [cit. 2020.12.5], dostupné z <<https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>>.

Obr. 12: Výstražná tabulka třídy 5.2 (online) [cit. 2020.12.5], dostupné z <<https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>>.

Obr. 13: Výstražná tabulka třídy 6.1 (online) [cit. 2020.12.6], dostupné z <<https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>>.

Obr. 14: Výstražná tabulka třídy 6.3 (online) [cit. 2020.12.6], dostupné z <<https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>>.

Obr. 15: Výstražná tabulka třídy 7 (online) [cit. 2020.12.9], dostupné z <<https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>>.

Obr. 16: Výstražná tabulka třídy 8 (online) [cit. 2020.12.9], dostupné z <<https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>>.

Obr. 17: Výstražná tabulka třídy 9 (online) [cit. 2020.12.9], dostupné z <<https://www.pozary.cz/clanek/50601-kemler-a-un-oznacovani-nebezpecnych-latek-pri-silnicni-preprave/>>.

Obr. 18: Norná stěna k usnadnění sběru znečištěného sorbentu (online) [cit. 2020.12.15] dostupné z <<https://www.hzscr.cz>>.

Obr. 19: Sanační technologie (UJEP v Ústí nad Labem, neuvedeno).

Obr. 20: Lázně Bohdaneč – místo úniku chloru (mapy.cz upravila Nováková, 2021).

Obr. 21: Výstražné symboly umístěující se na přepravní cisternu a varovné symboly (online) [cit. 2020.1.20], dostupné z <https://www.spolana.cz/CZ/Produkty/Documents/BL_Chlor_%20kapalny_technicky_CZ.pdf>.

Obr. 22: Cisternový návěs určený pro přepravu některých ropných produktů (chinatrucksale.com, neuvedeno).

Obr. 23: Zasažená oblast v případě síly větru 1 m/s (ALOHA upravila Nováková, 2021).

Obr. 24: Zasažená oblast v případě síly větru 2 m/s (ALOHA upravila Nováková, 2021).

Obr. 25: Zasažená oblast v případě síly větru 4,1 m/s (ALOHA upravila Nováková, 2021).

Obr. 26: Výstražné symboly, varovné věty a pokyny při přepravě benzínu (online) [cit. 2020.2.20], dostupné z <<https://www.has-cs.cz/userfiles/file/bezpe%C4%8Dnostn%C3%AD%20listy%20slovnaf%20benzin.pdf>>.

Obr. 27: Možné zasažení oblasti při severovýchodní směru větru (ALOHA, 2021).

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1: Rozdělení nebezpečných látek a věcí podle převládajících nebezpečných vlastností (Šenovský, Bartlová, 2006).

Tabulka 2: Obalové skupiny (Dohoda ADR, 2019).