



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Studies

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zdravotně sociální fakulta

Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Diplomová práce

Simulace havárie vozidla převážejícího výbušniny, její dopady a řešení

Vypracovala: Bc. Lenka Nagyová

Vedoucí práce: prof. RNDr. Jiří Patočka, DrSc.

Konzultant práce: Ing. Libor Líbal

České Budějovice 2014

Abstrakt

Samotný název a téma této diplomové práce, *Simulace havárie vozidla převážejícího výbušniny, její dopady a řešení*, napovídá její hlavní cíl. Tím je, pomocí softwarového programu TerEx, nasimulovat havárii vozidla převážejícího výbušniny a z toho vyplývající dopady vzniklé mimořádné události, na což navazuje i cíl druhý, tedy vytvořit návrh řešení takto vzniklé mimořádné události složkami IZS v souvislosti s ochranou obyvatelstva. Po naplnění těchto úkolů bude možné zodpovědět výzkumnou otázku, : Jaké ohrožení představuje havárie vozidla převážejícího výbušniny?

Teoretická část práce se tedy na jejím začátku soustřeďuje na samotné výbušniny. Nastiňuje historii jejich objevů, použití a rozvoje. V další kapitole je definuje jako látky schopné výbušné přeměny, které mohou na náhlý vnější podnět uvolnit ve velmi krátké době značné množství energie. Pro jejich klasifikaci bylo nadále nutné v následujících odstavcích charakterizovat druhy výbušných přeměn, tedy obecné zákonitosti, podle kterých dochází k uvolňování energie. Velmi významné jsou potom oddíly teoretické části této práce, ve kterých jsou podrobně popsány účinky výbuchu a jeho jevy, které jsou nezbytné pro identifikaci hrozících škodlivých účinků a dopadů na okolní prostředí v případě jejich nežádoucí iniciace. Jsou jimi především tlaková vlna, tepelný a fragmentační účinek, odraz, směrování, blokování a násobení tlakové vlny. Po části, v níž jsou výbušniny klasifikovány podle různých hledisek, z nichž nejpodstatnější je hledisko rychlosti výbuchové přeměny mající zásadní vliv na jejich vlastnosti, bezprostředně následuje kapitola, která právě tyto charakteristiky identifikuje.

Druhá polovina teoretické části se věnuje problematice přepravy nebezpečných látek se zaměřením na výbušniny. Jsou zde specifikovány požadavky na jejich balení a značení, dále povinnosti jednotlivých účastníků přepravy, včetně školení. Neopomenutelné jsou nároky na dopravní prostředky a náležitosti přepravy zahrnující požadavky na průvodní doklady, osádku vozidel, dopravní jednotku, její konstrukci a vybavení, a průběh přepravy. Poslední oddíl teoretické části této práce je věnován specifikům přepravy výbušnin, které stanovuje právní úprava v České republice. Jedná se zejména o oznamovací povinnost organizace zajišťující přepravu výbušnin vůči

Policejnímu prezidiu ČR, a to alespoň 24 h před jejím zahájením, a vozidlo určené k přepravě výbušnin musí být vybaveno zařízením umožňujícím nepřetržité sledování jeho pohybu. V tomto smyslu jsou výbušniny jedinou kategorií nebezpečných látek, pro něž tato zprísněná pravidla platí.

Veškerá výše uvedená ustanovení mají za cíl minimalizovat rizika a hrozby vyplývající z přepravy výbušných látek a učinit ji tak relativně bezpečnou. To ovšem není možné absolutně, jelikož nikdy nelze vyloučit selhání lidského nebo technického faktoru, který může vyústit právě v dopravní nehodu, tedy proces náhlých, nekontrolovatelných a nepředvídatelných dějů, které se v průběhu nehodové události kumulují a mohou tak vyústit v jinak nepravděpodobnou detonaci nákladu.

Pro získání odpovědi na výzkumnou otázku bylo v empirické části práce nejprve nezbytné shromáždit vstupní data pro program TerEx, v němž byla následně simulace provedena. Tato data byla získána pomocí analýzy použití a výskytu výbušnin na území Jihočeského kraje, na jejímž základě byla pro účely simulované havárie vybrána vysoce brizantní plastická trhavina NKG-500, která je běžně používána při povrchovém dobývání, speciálních destrukčních pracích, trhacích pracích pod vodou a pro počínování průmyslových trhavin. Místem nehody bylo z důvodů četné nehodovosti stanoveno křížení komunikací Lidická třída a Mánesova ulice v Českých Budějovicích, coby nejvýznamnějšího dopravního uzlu na území JČK, kde dosud nebyla odpovídajícím způsobem vyřešena otázka komplikovanosti dopravní situace. Na základě výstupů provedené simulace bylo možné stanovit, že v osídlené oblasti, kde se nachází mnoho obytných a administrativních budov, představuje nehoda vozidla převážejícího výbušniny značné nebezpečí.

V návaznosti na zjištěná ohrožení a dopady takovéto mimořádné události, byl následně navržen jednotný postup složek integrovaného záchranného systému při jejím řešení, a to s ohledem na specifické činnosti jeho jednotlivých složek.

Klíčová slova: dopravní nehoda - přeprava - simulovaná havárie – výbuch – výbušniny

Abstract

The name and the topic of this diploma thesis, *Crash simulation vehicle carrying explosives, impacts and solutions*, illustrates its main goal. That is, using the TerEx software program, to simulate a crash of vehicle transporting explosives, the impacts resulting from such an incident and, as a secondary goal, to propose solutions of such an incident for the Emergency Service units, with the connection to public safety. After resolving these tasks, it will be possible to answer the research question: What are the dangers of a crash of vehicle transporting explosives?

In the beginning, the theoretical part of the thesis focuses on explosives as such. The history of their inventions, usage and development is outlined. In the next chapter, explosives are defined as substances capable of explosive transformation that can release a large amount of energy in a very short time upon a sudden external impulse. For the classification of explosives, it was necessary to characterize types of explosive transformations and general principles that lead to releasing energy. Very important are then the theoretical chapters of this thesis, where are described in detail the effects and phenomena of an explosion, which are necessary for the identification of imminent harmful effects and impacts on the environment in the case of their unwanted initiation. These phenomena include shock wave, thermal and fragmentational effect, recoil, routing, blocking and multiplication of the shock wave. Follows the part, where explosives are classified according to various aspects, from which the most important is the aspect of speed of explosive transformation, which cardinally affects the explosives' properties. This part is followed by a chapter that describes those characteristics.

The second half of the theoretical part is concerned with transportation of hazardous materials, especially explosives. Packing and marking requirements, duties of transportation participants and training of the participants are specified there. One must not forget traffic requirements and other necessities connected with transportation, including the need for accompanying documents, transport staff, traffic unit, its construction and equipment and the course of transportation. The last section of the theoretical part of this thesis is dedicated to specific rules of explosives' transportation,

which in the Czech Republic are set by the law. It includes mainly a duty to notify the Police Prezidium of the Czech Republic at least 24 hours prior to transportation of explosives and the duty for the vehicle used for transportation to be equipped with a tracking device. In this sense the explosives are the only group of hazardous materials, for which these stricter rules apply.

The goal of the aforementioned regulations is to minimize risks and threats arising from transportation of explosives and to make it relatively safe. This, however, cannot be absolute, because it is never possible to eliminate human error or a technical factor that can lead to an accident; that is the process of sudden, uncontrollable and unforeseeable occurrences, which are cumulating during the accidental situation and that can ultimately lead to an otherwise improbable detonation of the load.

In order to find an answer to the research question, it was necessary in the empirical part of the thesis to gather input data for the TerEx program, where the event was then simulated. These data were collected by an analysis of usage and occurrence of explosives in the area of the South Bohemian region. On the basis of this analysis, a highly brisant explosive NKG-500, which is commonly used for quarrying, special destructive works, underwater tasks and for priming of industrial explosives. The crossing of Lidická třída and Mánesova street in České Budějovice, as the most important intersection in the South Bohemian region, was designated as the place of the accident, also because accidents at this crossing are common. It is a place, where the density and complexity of traffic has not yet been tackled accordingly. On the basis of output from thus performed simulation it was possible to assess that in such a densely populated area with the large number of residential and administrative buildings an accident of vehicle transporting explosives poses a considerable threat.

In connection with the threats and impacts discovered in relation with such an incident, a unified course of action of the Emergency Service for their solution was designed, whereupon specific actions of its respective units were considered.

Keywords: road accident – transportation – simulated car crash – explosion – explosives

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

.....

(jméno a příjmení)

Poděkování

Touto cestou bych ráda vyjádřila své poděkování prof. RNDr. Jiřímu Patočkovi, DrSc. a Ing. Liboru Líbalovi za odborné vedení práce a cenné rady. Poděkování patří také Ing. Martinu Strejcovi, Ing. Pavlu Geršlovi a Martinu Faltusovi za jejich ochotu a vstřícnost při odborných konzultacích.

Obsah

Seznam použitých zkratk	10
Úvod	11
1 Teoretická část	13
1.1 Výbušniny.....	15
1.2 Definice výbušnin.....	17
1.2.1 Výbuchové přeměny.....	19
1.3 Klasifikace výbušnin.....	23
1.3.1 Podle rychlosti výbuchové přeměny.....	25
1.3.2 Vlastnosti výbušnin.....	27
1.4 Přeprava nebezpečných látek.....	30
1.4.1 Evropská dohoda o mezinárodní silniční dopravě.....	31
1.5 Povinnosti účastníků přepravy z hlediska bezpečnosti.....	40
1.6 Požadavky na dopravní prostředky a náležitosti přepravy.....	42
1.7 Specifika přepravy výbušnin stanovené právní úpravou v ČR.....	47
2 Výzkumná otázka	50
3 Metodika výzkumu	51
4 Výsledky	53
4.1 Použití výbušnin v JČK.....	53
4.2 Výběr a parametry zvoleného nebezpečného nákladu.....	57
4.3 Lokalizace simulované havárie.....	58
4.4 Nehodová událost.....	62
4.5 Vstupní data pro TerEx.....	64
4.6 Výsledky simulace.....	65
4.6.1 Varianta A.....	65
4.6.2 Varianta B.....	69
4.6.3 Varianta C.....	71
4.7 Následky simulované havárie.....	73
4.7.1 Poranění způsobená výbuchem.....	73

4.7.2 Hmotné následky výbuchu.....	77
4.8 Návrh řešení situace vzniklé události.....	78
4.8.1 Ohlášení mimořádné události na tísňovou linku.....	78
4.8.2 Informování základních složek IZS po oznámení události na linku 112.....	78
4.8.3 Prvotní činnost JPO.....	78
4.8.4 Vyrozumění základních složek IZS a dalších subjektů.....	79
4.8.5 Varování a tísňové informování obyvatelstva.....	80
4.8.6 Lokalizace a likvidace mimořádné události.....	81
4.8.7 Úkoly a činnosti příslušníků PČR.....	82
4.8.8 Poskytnutí zdravotnické péče raněným osobám.....	84
5 Diskuze.....	88
Závěr.....	94
Seznam informačních zdrojů.....	96
Přílohy.....	102

Seznam použitých zkratek

ADR – Evropská dohoda o mezinárodní dopravě nebezpečných věcí po silnici	MEMU – vozidlo určené k přípravě a nabíjení výbušnin
COTIF – Úmluva o mezinárodní železniční přepravě	MHD – Městská hromadná doprava
ČR – Česká republika	MZV – Ministerstvo zahraničních věcí
EX/II, EX/III – Vozidla pro převoz výbušných látek a předmětů	NVS – Nástražný výbušný systém
GPS – Global position system	OPIS – Operační a informační středisko
HZS – Hasičský záchranný sbor	ORP – Obec s rozšířenou působností
IATA – Mezinárodní sdružení leteckých dopravců	OSN – Organizace spojených národů
IATA DGR – IATA Dangerous Goods Regulations	PČR – Policie České republiky
ICAO – Mezinárodní organizace civilního letectví	PNP – přednemocniční neodkladná péče
IOS – Integrované operační středisko	RID – Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí
IZS – Integrovaný záchranný systém	SPŠ – Střední průmyslová škola
JČK – Jihočeský kraj	START – Snadné třídění a rychlý transport
JČU – Jihočeská Univerzita	TerEx – Teroristický Expert
JPO – Jednotky požární ochrany	TNT - Trinitrotoluen
JZDHO – Jednotka sboru dobrovolných hasičů obce	UNECE – Evropské hospodářské komise OSN
KD – Kulturní dům	ÚS ZZS JČK –Územní středisko Zdravotnické záchranné služby Jihočeského kraje
KOS – Krajské operační středisko	ZaLP – Záchranné s likvidační práce
KZOS – Krajské zdravotnické operační středisko	ZZS – Zdravotnická záchranná služba
KŘP – Krajské ředitelství Policie	

Úvod

Současná společnost je ve stále větším rozsahu vázána na důsledné a efektivní využívání nerostných surovinových zdrojů. Základní dobývací techniku k jejich získávání představují trhací práce, tedy fyzicky velmi náročnou činnost. Byl to černý prach, který byl poprvé v 17. století použit k tomu, aby člověku jeho práci usnadnil, ačkoliv byl původně vynalezen pro válečné účely, aby jej ničil. V průběhu let se spolu s dalšími trhavinami stal velmi důležitým technickým prostředkem, který se ve velmi širokém rozsahu dosud uplatňuje, a to ve stále rozsáhlejší oblasti lidské činnosti. K mimořádnému rozvoji ve výrobě výbušnin došlo ve druhé polovině 19. století. Významnou osobností v oblasti výbušnin se v té době stává Alfred Bernhard Nobel, který během svého života podal více než 100 patentů z oblasti technické chemie. Mimo jiné patentoval v roce 1876 výrobu dynamitu. Díky jeho technickému využití se tak výbušniny staly nepostradatelným pomocníkem člověka v jeho každodenní práci.

Trhavy, se kterými odborní pracovníci přicházejí do styku jsou dodávány v takové podobě, aby byly zajištěny veškeré požadované hodnoty bezpečnosti a jakosti. Výroba, přeprava a používání výbušnin však znamená zvýšení rizika ohrožení bezpečnosti člověka, jeho života a zdraví, včetně nezanedbatelných majetkových škod. Výroba výbušnin je proto soustavně kontrolována a v průběhu výrobního procesu je neustále sledována jejich chemická stabilita, což je základní podmínka jejich bezpečnosti. Široký okruh pracovníků dbá na to, aby vyrobená výbušnina byla bezpečná tak, aby bylo zajištěno zdraví těch, kteří s ní denně pracují.

Výroba, balení, značení, skladování, přepravování, spotřeba, likvidace a jiná manipulace s výbušninami je řízena celou řadou normativních předpisů, ty ovšem nedokáží zabránit selhání lidského nebo technického faktoru, které má často fatální následky.

Ročně se na území České republiky spotřebuje kolem 20 000 tun výbušnin. Toto, a vlastně mnohem větší množství, zahrneme-li mezinárodní přepravu, musí být po českých silnicích přepraveno mezi sklady, mezisklady a místem spotřeby.

A je to právě přeprava, která představuje možná nejrizikovější činnost při nakládání s výbušninami.

Dopravní nehody spojené s únikem nebezpečných látek a jejich negativním působením na okolní prostředí bohužel nejsou na světových ani českých silnicích výjimkou. Při dopravní nehodě totiž dochází k mnoha náhlým, nekontrolovatelným a nepředvídatelným dějům, které se v průběhu nehodové události kumulují a mohou tak vyústit v jinak nepravděpodobnou detonaci nákladu. V České republice v průběhu posledních let došlo hned k několika nehodám vozidel převážejících výbušninu. Naštěstí v žádném z těchto případů nedošlo k následnému zahoření vozidla nebo detonaci nákladu. Ve světě je ovšem situace odlišná. Nezřídka kdy dochází k nehodám takového rozsahu, kde jsou evidovány četné oběti na lidských životech. Poslední z nich se odehrála v únoru roku 2014 na území Jihoafrické republiky. Došlo zde ke kolizi nákladního vozidla naloženého průmyslovou trhavinou s jiným nákladním automobilem. Bezprostředně po nehodě začal náklad hořet a v okamžiku, kdy na místo dorazili přivolaní policisté, došlo k explozi. Následkem detonace zemřeli čtyři policisté a jeden řidič nákladního vozidla, další tři policisté byli hospitalizováni s vážnými poraněními.

Nepředvídatelnost místa silniční havárie vozidla převážejícího výbušninu z ní činí vysoce rizikovou situaci, při níž jsou vážně ohroženy životy a zdraví zasahujících příslušníků záchranných složek. Nelze se na ně totiž, narozdíl od stacionárních zdrojů ohrožení, připravit například zpracováním havarijních plánů. Z těchto důvodů je cílem této práce nasimulovat pomocí softwarového programu TerEx havárii vozidla převážejícího výbušninu a z toho vyplývající dopady vzniklé mimořádné události a následně vytvořit návrh řešení mimořádné události složkami IZS v souvislosti s ochranou obyvatelstva.

1 Teoretická část

Obecný úvod do problematiky nebezpečných látek

Vymezení a definice pojmu nebezpečné látky jsou velmi početné a rozličné. Jsou totiž závislé na souvislostech, v nichž je tento termín používán. Veškeré definice ale vycházejí ze skutečnosti, že jde o chemické prvky nebo jejich sloučeniny, jejichž forma skupenství se pohybuje od plynné, přes kapalnou až po pevnou, a v důsledku svých konkrétních vlastností, jako je např. výbušnost, toxicita, hořlavost, samozápalnost, infekčnost, žíravost nebo radioaktivita, mají potenciál působit škody na životech, zdraví nebo životním prostředí. Vlastnosti chemických látek, které z nich dělají látky nebezpečné vymezuje zák. č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon) ve znění pozdějších předpisů (45):

- **Výbušné** jsou takové pevné, kapalně nebo gelovité chemické látky, které mohou exotermně reagovat i bez přístupu kyslíku z ovzduší, rychle uvolňují plyny, detonují, rychle shoří nebo po zahřátí vybuchují.
- **Toxické** látky jsou způsobitelné při vdechnutí, požití nebo při průniku kůží ve velmi malých nebo malých množstvích způsobit smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví.
- **Hořlavé** látky jsou takové, které mají nízký nebo extrémně nízký bod vzplanutí.
- **Samozápalné** látky se při styku s ovzduším pokojové teploty mohou samovolně, bez jakéhokoliv dodání energie, zahřívat a nakonec i vznítit.
- **Žíravé** látky mohou díky svým vlastnostem zničit živé tkáně, pokud se s nimi dostanou do styku.

Některé látky mohou být přímo nebezpečné, jiné svou nebezpečnost vykazují až za určitých podmínek, kdy mohou, například při tepelné destrukci nebo při styku s vodou, uvolňovat toxické, či jinak nebezpečné látky, zejména ve formě plynů.

S nebezpečnými látkami se setkáváme v celé šíři každodenního života, nicméně prostorem jejich největší koncentrace je průmysl ve všech jeho odvětvích, zemědělství a doprava. Nehoda spojená s přepravou nebezpečných nákladů bývá velmi nebezpečná, obzvlášť pokud dojde i k porušení obalů. S nebezpečnými látkami se ale můžeme setkat i při běžných dopravních nehodách, zejména s hořlavinami, které mohou unikat z palivových nádrží někdy i o velkém objemu. (19, 8)

Následující kapitoly této práce jsou vzhledem k jejímu tématu a zaměření věnovány výbušninám, coby nebezpečným látkám hojně používaným v nejrůznějších odvětvích těžebního, výrobního i zpracovatelského průmyslu.

1.1 Výbušniny

Historie výbušnin

Historicky první skutečná zmínka o výrobě výbušnin pochází z druhé poloviny 7. století, a to konkrétně o hořlavých směsích, nazývaných „řecké ohně“. Ještě kolem poloviny 13. století byly pomocí katapultů tyto hořlavé směsi vrhány na nepřítele. (27)

Významným mezníkem ve vývoji výbušnin představuje objevení černého prachu, jehož užívání se datuje již do období před 2000 lety v oblasti staré Číny. Tehdy byly směsi složením jemu podobné používány jako tzv. hnací hmoty pro rakety. Znalost ledku, tehdy zvaného „čínský sníh“, jedné ze základních surovin černého prachu, se do Evropy dostala v roce 1218 prostřednictvím Džingischánových výbojů. První písemná zmínka o těchto výbušných směsích pochází z roku 1242. Směsi na bázi černého prachu nabyly praktického významu až po vynalezení hlavnových střelných zbraní, tj. až na počátku 14. století, kdy se poprvé o těchto zbraních zmiňují Maurové. Po celém evropském kontinentě, včetně českých zemí, se první děla a černý prach stačila rozšířit do poloviny 14. století. (16, 27)

Pro použití v trhavé technice byl černý střelný prach v té době příliš drahý. Až velký výbuch Dubrovnického skladu prachu z roku 1459 vedl, jak tomu často bývá, nejprve k vojenskému použití rozpojovacích schopností prachu, a to k dobytí florentského hradu. Až roku 1627 poprvé použil černý prach k dobývání hornin ve slovenských dolech v Banské Štiavnici Kašpar Weindl. (27)

Ledek draselný a následně černý střelný prach byl v Evropě do konce 14. století vyráběn podomácky, teprve počátkem 15. století byla tato činnost přenesena do dílen, postupně přeměněných na továrny. V Čechách byla tato produkce soustředěna především v Praze, ale také v okolí Brna, Čáslavi, Jičína, Plzně a Tábora. Koncem 17. století se z důvodů vysoké výnosnosti stala výroba černého prachu i ledku v Rakousku-Uhersku státním monopolem. Jelikož na lidech, kteří tyto výrobky produkovali, do značné míry závisela bojeschopnost monarchie, byli tito nadáni významnými privilegii. (27)

Od poloviny 19. století, kdy francouzský chemik Braconnot, na něhož navázal švýcarský kolega Schönbein, vyvinul způsob přípravy nitrocelulózy, přestává být černý prach jediným prostředkem k výrobě civilních i vojenských trhavín a střelivín. I přes časté nehody, které výrobu a používání této střelné bavlny provázely, což vedlo dokonce k zákazu jejího používání, došlo roku 1875 v bratislavské Nobelově dynamitce k jejímu konečnému zavedení do výroby. (16, 27)

První kapalnou trhavinou praktického významu byl nitroglycerin poprvé připravený italským chemikem Sobrerem roku 1846. V roce 1854 začalo ruské dělostřelectvo na návrh profesora Zinina používat střelivo obsahující nitroglycerinové náplně. K masovému použití přivedl tuto látku až švédský průmyslník Alfred Nobel, který jí nechal nasáknout hlinku (křemelina) a patentoval tuto novou směs pod názvem Dynamit, který se tak stal první plastickou trhavinou. Po Švédsku rozšířil svou výrobu i do svých pražských a bratislavských továren, díky čemuž produkce střelivín a trhavín zaznamenala značný rozkvět. (4, 27)

Německý chemik Wilbrandt roku 1863 poprvé namíchal sloučeninu trinitrotoluenu, vzápětí testovanou jako výbušninu pro vojenské účely. Na samém počátku 20. století nalézá trinitrotoluen svou nezastupitelnou pozici při výrobě průmyslových trhavín té doby. (27)

1. světová válka měla v oblasti technologie výroby výbušnin značný vliv, kdy bylo připraveno nemalé množství nových výbušných směsí, z nichž za nejvýznamnější lze považovat pentaerythritetranitrát známější pod názvem pentrit. Další, dodnes hojně používanou výbušnou látkou je na počátku 2. světové války objevený hexogen. Ten se stal základem většiny plastických trhavín vyvinutých během tohoto celosvětového konfliktu. Vývoj v tomto směru se nezastavil ani po skončení války, kdy se začíná uplatňovat oktogen, coby nová složka vojenských, později i průmyslových trhavín. (3, 4, 27)

Již zmiňovaná výroba pražského a bratislavského Nobelova závodu byla ve 20. letech 20. století převedena do Semtína u Pardubic, kde byla založena Československá akciová továrna na látky výbušné. Dodnes funguje pod názvem Explosia a.s. (29)

1.2 Definice výbušnin

Výbušninami jsou látky schopné výbušné přeměny, které mohou na náhlý vnější podnět uvolnit ve velmi krátké době značné množství energie. Těmito látkami jsou tedy chemické sloučeniny, výbušné slože nebo směsi. Účinky výbušnin lze charakterizovat značně velkou rychlostí výbušné přeměny, exotermickým projevem této reakce, jejím samovolným šířením a množstvím přeměny energie tepelné v mechanickou. Zákon ČNR č. 66/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a ostatní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů (46) definuje pojem výbušniny jako látky (sloučeniny nebo směsi) v tuhém nebo kapalném stavu, které mají vlastnosti trhavin, třaskavin, střelivin nebo výbušných pyrotechnických složí. (9, 10, 12, 15, 17)

Výbuch a výbuchové přeměny

Pro klasifikaci výbušnin jsou nezbytné obecné zákonitosti, podle kterých dochází k uvolňování energie, tj. druhy výbušných přeměn. Proto je nutné nejprve uvést charakteristiku výbuchových dějů. (12, 17)

Velmi rychlé, náhlé uvolnění značného množství energie, tlaku, tepla, zvuku, případně světla s následnými účinky, kterými mohou být práce, destrukce apod., nazýváme výbuchem. Jedná se o fyzikální a fyzikálně-chemický děj. Samotná chemická přeměna výbušnin je přeměnou výbušnou (též výbuchovou). Při tomto ději dochází k hoření výbušniny realizované ve velmi krátké době. Při výbuchu dochází k okamžitému porušení rovnovážného stavu hmotného systému. Přejít látky nebo soustavy látek z jednoho rovnovážného stavu do nového probíhá extrémně rychle za současné přeměny jejich vnitřní energie na mechanickou práci. Ta se projevuje rozrušením nebo roztříštěním okolí nebo pohybem jiného druhu, kterého lze využít například k aktivaci airbagu, katapultážního systému stíhacích letadel nebo nouzového otevření dveří letadel. V epicentru výbuchu náhle vzrůstá tlak a prudce expandující stlačené plyny odvádějí mechanickou práci exploze. (10, 12, 16, 26)

Je známo několik fyzikálně–chemických závislostí, jejichž projevem je uvolnění energie formou výbuchu, a podle toho se i v praxi lze setkat s jeho několika druhy, kterými jsou:

- **výbuch mechanický** – je způsoben uvolněním mechanické energie. Může se projevit dvěma způsoby. Jestliže je jeho příčinou uvolnění přetlaku, projevuje se jako exploze, př.: výbuch lahví se stlačeným plynem, výbuch parního kotle. Druhý případ nastává v okamžiku uvolnění podtlaku, čímž dochází k implozi, př.: zhroucení vakuových nádob, imploze ponorky. (9, 10, 12, 17)
- **výbuch elektrický** – princip tohoto výbuchu spočívá v rychlé přeměně elektrické energie na energii jinou, tj. na mechanickou a tepelnou. Příkladem lze uvést kulový blesk nebo elektrická rozněcovadla. (9, 10, 17)
- **výbuch jaderný (nukleární)** – k uvolnění energie dochází následkem nukleární reakce. Uvolňuje-li se prostřednictvím nukleárního štěpení, jedná se o atomový výbuch. V případě, že se energie uvolňuje nukleární syntézou, jde o výbuch termonukleární. (9, 12, 17)
- **výbuch chemický** – k prudkému uvolnění energie dochází na základě chemické reakce. Jeho zdrojem je tedy již zmiňovaná chemická výbuchová přeměna. Ta je zapříčiněna velmi rychlými reakcemi chemických výbušnin. Př.: výbuch nálože trhaviny. (9, 10, 17)

Z hlediska praktického využití je z výše uvedených typů nejdůležitější výbuch chemický, kde vedle uvolnění značného množství energie, vzniká i velký objem výbuchových zplodin, který je ve srovnání s objemem výbušniny v pevném skupenství až desetitisícinásobný. Vzniká extrémně rychlou chemickou reakcí, v průběhu které dochází k uvolňování značného množství tepla za podmínek, které umožňují jeho okamžitou přeměnu v energii mechanickou. (10, 12)

Chemický výbuch je možný za určitých podmínek. (10, 17)

- **velká rychlost chemické přeměny** – je nutné, aby výbušnina dokázala emitovat plyny pod vysokým tlakem ve velmi krátkém čase. Pokud se při přeměně chemické látky nešíří vznikající plyny dostatečně rychle, nelze danou reakci považovat za výbuch.
- **exotermičnost chemické reakce** – za výbušniny lze považovat pouze takové látky, při jejichž chemické přeměně vnitřní energie na destrukční mechanickou se teplo uvolňuje a zároveň není nutné dodávat energii zvenčí.
- **samovolné šíření reakce** – působením počátečního impulzu je zahájena výbuchová přeměna v části látky, kterou lze zařadit mezi látky výbušné pouze za předpokladu, že se takto započatá přeměna šíří ve zbytku látky samovolně.
- **možnost přeměny tepelné energie v mechanickou** – tato podmínka umožňuje zrod plyných zplodin při výbuchu. Jelikož ten proběhne ve velmi krátké době, nejsou vzniklé plyny schopny v prvotní fázi expandovat do okolního prostředí. To vede ke vzniku vysokého tlaku v místě výbuchu, tím i zvýšení teploty vzniklých plynů a jejich následné expanzi z místa výbuchu, čímž odvedou mechanickou práci.

1.2.1 Výbuchové přeměny

Podmínka rychlosti výbušné chemické přeměny představuje nezbytné kritérium k určení druhu výbušné přeměny. Rychlost přeměny může být různá, je podmíněna druhem výbušniny, fyzikálních podmínkách výbuchu a druhu roznětu. Jejím měřítkem je lineární rychlost, nebo-li poměr tloušťky vybuchlé látky k času, za který přeměna proběhla. Lineární rychlost se pohybuje v rozmezí mm až tisících metrů za vteřinu. Podle takto zjištěné hodnoty a zároveň mechanismu přenosu tepelné energie mezi jednotlivými úseky výbušniny, můžeme definovat dva základní typy chemické výbušné

přeměny jako výbuchové hoření a detonaci. Některá literatura uvádí čtyři základní formy výbuchové přeměny, a to kromě již zmiňovaných, deflagraci a výbuch (26), kde toto podrobnější rozdělení je provedeno na základě rychlosti děje a jeho tlakového projevu. Vzhledem k tématu, zaměření a rozsahu této práce jsou následně popsány dva základní a nejvýznamnější druhy výbuchové přeměny. (10, 12, 17)

Princip explozivního, někdy také uváděného jako výbuchového, hoření je založen na přenosu tepla, vzniklého ve zplodinách reakční zóny, do nejbližší vrstvy výbušniny, ve které vyvolává prudkou chemickou reakci. Tento jev postupně proběhne ve všech, po sobě jdoucích, částech výbušniny. Explozivní hoření se výbušninou šíří rychlostí pouze několik milimetrů za sekundu a jenom ojediněle přesáhne rychlost sto metrů za sekundu. Nepřesahuje tedy rychlost zvuku. Vzniklé plyny tak stačí z místa chemického rozkladu unikát, čímž nevzroste významně tlak, který tak zůstává přibližně stejný jak v samotné výbušnině, tak i na jejím povrchu a v plynech, které ji obklopují. Jinak je tomu v případě, že výbuchové hoření neprobíhá v otevřeném prostředí. V takovém případě tlak v uzavřeném prostoru vzrůstá, čehož se využívá při udělování pohybu střelám nebo při trhacích pracích, kdy tohoto efektu může být užito, pokud má být konečným efektem pouze posunutí a tříštivý účinek zcela zanedbatelný. Častěji se tento jev ale objevuje jako nežádoucí důsledek nesprávného použití, nevhodné technologie nebo vadné (vyhořelé) nálože. (10, 12, 17)

Výbuchová přeměna typu detonace, někdy označovaná jako výbuch prvního řádu, je charakteristická rychlostí šíření chemické přeměny převyšující rychlost zvuku, obvykle 1 – 9 km/sec. Spočívá v přenosu energie mezi jednotlivými vrstvami výbušniny prostřednictvím rázové, detonační, vlny, která se šíří pouze výbušninou. Od ostatních rázových vln, po výbuchu postupujících okolím, se vyznačuje svou stálostí, jelikož úbytek energie během šíření výbušninou je nahrazován energií uvolněnou při chemické reakci. Výbuchové zplodiny se zpočátku pohybují směrem k výbušnině a jejich hustota je vyšší než hustota samotné výbušniny. Detonace je charakteristická náhlým skokem tlaku v místě výbušné přeměny o 30 – 40 MPa a extrémně destruktivním účinkem na okolní prostředí. (9, 10, 12)

Účinky výbuchu a jeho jevy

Energie uvolněná v průběhu výbuchu nejčastěji působí na okolní prostředí v podobě tlaku a tepla. Projevuje se jako vykonaná, nejrůznějšími způsoby využitelná práce. Při explozi ale dochází i k mnoha jiným primárním i sekundárním účinkům, které mohou zapříčinit nezanedbatelné škody a ztráty. (7, 9, 25)

Mezi primární účinky se řadí tlaková vlna, střepinový fragmentační účinek a tepelný účinek.

Tlaková vlna

Po uskutečnění výbuchu se do okolí začnou šířit produkty detonace, především tlaková, nebo-li rázová vlna, vzniklá náhlým velkým stlačením vzduchu v bezprostředním okolí výbuchu. Ta expanduje do okolního vzduchu, kde se oddělí od zplodin, které jsou díky své hmotnosti pohlceny částicemi vzduchu, a pokračuje dál už pouze jako vzdušná rázová vlna. Podle množství, druhu a uložení trhaviny může počáteční rychlost rázové vlny dosahovat hodnot až 6 km/s. S postupující vzdáleností působením odporu vzduchu její energie významně klesá zatím, co její objem a povrch narůstají.

Pokud je výbuch realizován pod vodní hladinou, dopadají účinky rázové vlny na podstatně vzdálenější okolí, a to díky praktické nestlačitelnosti vodního prostředí. S rostoucí vzdáleností tak energie tlakové vlny klesá jen velmi pomalu.

Rázové vlny v pevných látkách jsou produktem detonační rázové vlny působící ve výbušnině samotné, která následně vstupuje do okolního pevného prostředí, kde se šíří v podobě napět'ových vln. Tyto vlny napětí jsou zároveň vlnami deformačními, jelikož každé napětí způsobuje deformační pohyb částic hmoty. (9, 25)

Tepelný účinek

V důsledku přeměny mechanické energie na teplo se v rázové vlně teplota plynů zvýší řádově o stovky až tisíce °C. Tento jev však trvá pouze zlomek vteřiny a lze jej zaznamenat v podobě světelného záblesku nebo prošlehnutí plamene. (7, 25)

Střepinový fragmentační účinek

Při detonaci dochází v důsledku působení vysokého tlaku a rázové vlny k rozpojení soudržného materiálu bezprostředně obklopujícího výbušninu na fragmenty, které jsou při výbuchu vymrštěny do okolí. Díky jejich značné počáteční rychlosti, která může dosahovat až 1,5 km/s, nabývají kinetickou energii a stávají se tak zdrojem další destrukce a fragmentace. (7, 9, 25)

Nejobvyklejšími sekundárními účinky výbuchu je zvukový efekt, seismický účinek, odraz, směrování a blokování tlakové vlny a požár.

Zvuková vlna

Extrémně rychlý pohyb částic zapříčiněný detonací, je původcem typického akustického jevu výbuchu, tj. třesku. Ten představuje při jeho vysoké intenzitě vážné riziko fyziologického poškození živých organismů. Zvukový efekt výbuchu nelze vnímat ani jako signál k ukrytí osob, jelikož se zvuková vlna šíří vzduchem rychlostí 331, 7 m/s, tedy pětkrát pomaleji, než činí rychlost vymrštěných částic. Ty tak dopadají v ohrožené oblasti dříve, než je možné zaslechnout zvukovou vlnu výbuchu. (7, 9, 25)

Seismický účinek

Otřesová seismická vlna se šíří půdou nebo vodou a je jí možné přirovnat ke krátkému, avšak intenzivnímu zemětřesení. Může zapříčinit porušení základů a zdiva budov nebo např. v zemi uloženého potrubí. Hloubka, nakrytí, druh a množství trhaviny a vlastnosti okolní půdy přímo ovlivňují velikost seismické vlny. Její hodnota bude největší v případě naprostého utlumení tlakové vlny, nejnižší naopak při povrchovém výbuchu. (7, 9)

Odraz, směrování a blokování tlakové vlny

Různé povrchy odrážejí tlakové vlny a zapříčiňují ztrátu jejich rychlosti a intenzity, případně i změnu směru působení tlakové vlny. Odražená vlna je způsobila původní tlakovou vlnu znásobit tím, že se s ní sloučí nebo ji přesáhne. To lze demonstrovat

na příkladu výbuchu v dlouhé úzké uličce, kde účinky tlakové vlny je možné naměřit ve vzdálenosti několikanásobně větší, než by tomu bylo při výbuchu na volném prostranství.

Pevné objekty mohou zablokovat postupující tlakovou vlnu, ta ztratí na intenzitě. Na prostor nacházející se bezprostředně za překážkou tak nepůsobí negativní účinky detonace plnou měrou. (7)

Požár

Vysoká teplota vzniklá při výbuchu může vyvolat v blízkosti snadno hořlavých materiálů požár. Ten může být iniciován i žhavou střepinou vymrštěnou z místa detonace, která je například způsobilá prorazit nádrž s pohonnými hmotami. (7)

1.3 Klasifikace výbušnin

Výbušniny se rozdělují podle různých hledisek. (7)

- Podle způsobu výbušné přeměny
 - přímé
 - nepřímé
- Podle rychlosti detonace
 - rychlé
 - pomalé
- Podle způsobu výroby
 - vyráběné průmyslově
 - vyráběné podomácku
- Podle povahy výbuchové přeměny
 - trhaviny
 - třaskaviny
 - střeliviny
 - pyrotechnické slože

- Podle uživatele
 - průmyslové
 - vojenské

Přehledné rozdělení výbušnin je uvedené v příloze č. 1

Podle způsobu výbuchové přeměny

Přímé výbušniny lze jednoduchým podnětem přivést k typické výbuchové přeměně. Tímto podnětem je nejčastěji tepelná energie, plamen nebo žár, náraz, tření apod. Do této skupiny výbušnin jsou řazeny třaskaviny a střeliviny.

Naproti tomu nepřímé výbušniny je možné iniciovat pouze pomocí značného množství energie. Tímto iniciátorem bývá především výbušnina přímá. Zástupcem této kategorie výbušnin jsou zpravidla veškeré průmyslové trhaviny.(7, 9, 13)

Podle rychlosti detonace

Rychlé výbušniny jsou charakteristické detonační rychlostí, která přesahuje rychlost zvuku, a vyvolávají velmi vysoké teploty. Jedná se o trhaviny a třaskaviny.

Pomalé výbušniny, jejichž detonační rychlost je nižší než rychlost zvuku, působí na okolí dlouhodobějším, i když nižším tepelným účinkem. Řadí se mezi ně střeliviny a pyrotechnické slože. (7)

Podle způsobu výroby

Průmyslově, tedy v továrnách vyráběné výbušniny jsou produkovány subjekty, které jsou vlastníky licencí. Jejich činnost podléhá přísným bezpečnostním, právním a technicko-technologickým normám.(7)

Podomácku vyrobené či upravené výbušné předměty jsou výtvoři osob, které pro jejich výrobu nejsou oprávněny a mnohdy ani vybaveny patřičným vzděláním a zkušenostmi. Podmínky, ve kterých svoji nelegální činnost provozují, zásadně neodpovídají základním bezpečnostním standardům. Tento způsob výroby využívají nejen domácí kutilové, ale i teroristé, což představuje značné riziko, jejich výtvoři totiž bývají někdy i velmi účinné. Amatérské výbušniny byly již příčinou mnoha smrtelných

úrazů a těžkých zranění, jelikož jsou mnohdy nestabilní a senzitivní vůči nárazu a změně teploty. (42)

Podle uživatele

Podle dominantního oboru použití je možné výbušniny rozdělit na průmyslové a vojenské, přičemž toto rozdělení výbušnin není zcela přesné, protože vzhledem k okolnostem mohou být vojenské výbušniny využívány při trhacích pracích a stejně tak v době války jsou uplatňovány průmyslové výbušniny pro vojenské účely. V podstatě jsou ale požadovány rozdílné vlastnosti pro průmyslové a vojenské užití výbušnin. Ty průmyslové mají specifické vlastnosti, které je předurčují k použití v konkrétních podmínkách, tedy pouze stanoveným způsobem. Jejich fyzikální a chemické vlastnosti musí zaručit potřebné výbušninářské a bezpečnostní parametry při zachování výrobních nákladů na co nejnižší úrovni. Průmyslové výbušniny bývají 5 – 10x levnější. Vyznačují se i nižší brizancí, ale také příznivějším složením výbuchových zplodin pro práci v dolech.

Od vojenských výbušnin je, vzhledem k dlouhodobému skladování i v nepříznivých podmínkách, vyžadována především dlouhodobá fyzikální a chemická stálost, a to 5 – 15 let. Využívají se k plnění střel, granátů, raketových hlavic, min, leteckých pum a coby trhací nálože pro destrukční práce. (3, 10)

1.3.1 Podle rychlosti výbuchové přeměny

Podle povahy výbuchové přeměny a způsobu uplatnění v praxi se chemické výbušniny dělí na střeliviny, třaskaviny, trhaviny a pyrotechnické slože. (12, 13)

Střeliviny jsou látky schopné hořením uvolňovat plyny o vysokém tlaku a teplotě prostřednictvím explozivního hoření. Dělí se na 2 základní skupiny, a to střelné prachy tedy náplň do všech druhů nábojů střelných zbraní, a pohonné hmoty vhodné např. k pohonu raket. Nejsou závislé na přísunu kyslíku z okolí, jelikož vedle samotného

paliva obsahují oksylichovadlo. Vzhledem k produkci značného množství škodlivých plynů během probíhající výbuchové přeměny jsou střeliviny vhodným prostředkem k provádění trhacích prací pouze ve výjimečných případech, jako např. zpoždovací složce elektrických časovaných rozbušek. Za jistých okolností, tj. mohutným počínovým impulzem v uzavřeném prostoru, může výbuchové hoření střeliviny přerůst v detonaci a chová se tak jako trhavina. (7, 10, 12, 13, 17, 42)

Trhaviny, jejichž charakteristickým typem výbušné přeměny je detonace, mají značný ničivý účinek na okolní prostředí. Vůči mechanickým a tepelným impulzům jsou méně citlivé, a proto je k jejich iniciaci zapotřebí silný podnět, např. detonace jiné výbušniny s vyšší brizancí. Jsou tak relativně bezpečnější i při nepříznivých okolnostech, které při jejich skladování nebo převozu mohou nastat. Trhaviny nalézají díky svým vlastnostem široké uplatnění v mnoha oborech. Primárně slouží k trhání, čili rozpojování soudržných hmot při těžbě nerostných surovin, stavebních pracích, provádění destrukční činnosti, výbuchovém zpracování kovů, v lesnictví, zemědělství, apod. Pro armádní účely jsou trhaviny používány k plnění munice a specifickým ženiijním pracím. (7, 10, 12, 13, 17, 42)

Třaskaviny jsou schopné rychlého přechodu od explozivního hoření k detonaci. Ve srovnání s jinými výbušninami jsou třaskaviny podstatně citlivější na mechanický a tepelný podnět. Dokáže je iniciovat i pouhý úder, náraz, tření nebo jiskra. Při jejich výrobě a následné manipulaci je proto nutné dbát zvýšené opatrnosti. Oproti trhavinám jsou energeticky slabší, nicméně díky své schopnosti akcelarovat výbuchovou přeměnu našly uplatnění v podobě iniciátorů vyvolávajících detonace jiných výbušnin. Jsou součástí rozněcovadel, především jsou jimi plněny rozbušky. (7, 9, 10, 12, 42)

Pyrotechnické složce jsou mechanické směsi látek mající charakter hořlavin, oxidovadel, pojidel a dalších přídavných látek. Jejich exotermická reakce je doprovázena světelnými, zvukovými, barevnými, dýmovými a pohybovými efekty, čehož se využívá mimo běžného života i v policejní a vojenské praxi. Jsou z nich

vyráběny osvětlovací slože pro noční boj nebo fotografický průzkum, dýmové slože pro signalizační a maskovací účely. Speciální pyrotechnické slože se používají k odstraňování podchlazených mlh na letištích. (10)

Toto dělení někdy neumožňuje striktní kategorizaci látek. Jestliže například vymezíme látku jako střelivinu, neznamená to, že za určitých okolností její výbuchová přeměna neproběhne formou detonace. (26)

1.3.2 Vlastnosti výbušnin

Pokud má být výbušnina využitelná v praxi, je zapotřebí, aby dostála specifickým požadavkům. Musejí být vyrobitelné z dostupných surovin, po dobu potřebnou k použití chemicky a fyzikálně stálé, nemohou být příliš citlivé, aby běžným zacházením nevybuchly, a je nutná jejich snadná iniciace. Vlastnosti, které mají významnější vliv na použití výbušnin jsou: kyslíková bilance, výbuchové teplo, výbuchová teplota, objem výbuchových zplodin, hustota výbušniny, detonační rychlost, citlivost výbušniny a její brizance. (10, 12, 13, 17)

Kyslíková bilance

Je vyjádřením důležité chemické hodnoty určené pro posouzení poměru kyslíku k ostatním složkám výbušniny. Rozumí se jí přebytek, nebo nedostatek kyslíku vzhledem k množství potřebnému pro úplnou oxidaci, tj. k dokonalému hoření. Ovlivňuje nejen rozsah a využití energie výbuchu, ale především složení výbuchových zplodin. Pokud je kyslíková bilance kladná, vznikají jedovaté oxidy dusíku. Záporná kyslíková bilance znamená, že se během výbuchové přeměny nedostává dostatek kyslíku k chemické reakci a vytváří se oxid uhelnatý. Z hlediska neškodnosti výbuchových zplodin je nejvhodnější kyslíková bilance vyrovnaná, kdy existuje předpoklad dokonalého okysličení uhlíku na CO_2 a vodíku na H_2O . (10, 11, 12, 13, 17)

Výbuchové teplo

Vyjadřuje množství tepelné energie uvolněné při chemické přeměně 1 kg výbušniny. Tato hodnota je udávána v Joulech. Slouží k posouzení pracovní schopnosti výbušnin, tj. práci, kterou by teoreticky mohla výbušnina vykonat. Podstatná část potenciální práce ale není využita. Značná část se například ztrácí při ohřevu okolí a rozdrčení bezprostředně přilehlého materiálu na prach. Jen asi 10% potenciální energie výbušniny je reálně využito k požadované práci. (11, 12, 13, 17)

Výbuchová teplota

Tato hodnota udává maximální teplotu plynů, které vznikají při výbuchu, a je důležitá pro výpočet jejich objemu. Díky vysokým teplotám ji totiž nelze změřit. U moderních nejvýkonnějších trhavin dosahuje až 5 000 °C. Výbuchová teplota tak ovlivňuje výsledný tlak výbuchových zplodin působících na okolí. (11, 12)

Objem výbuchových zplodin

Udává objem zplodin výbuchu vyjádřený v litrech na kilogram výbušniny přepočtený na hodnotu jedné atmosféry (nebo-li 0,1 MPa) a teplotu 0°C. Někdy je tato hodnota také nazývána měrný objem plynů. Skutečný objem zplodin je při reálných výbuchových teplotách přibližně desetinásobný. Zvětšení objemu pevné hmoty výbušniny na objem výbuchových zplodin se u klasických výbušnin násobí v řádech desetitisíců. (12, 17)

Hustota výbušniny

Rozhoduje o objemové koncentraci energie, která je definována jako množství Joulů uvolněných detonací 1dm³ výbušniny. Hustota výbušniny značně ovlivňuje řádný počín a průběh detonace. Nízká hodnota hustoty výbušniny může zapříčinit zpomalení nebo úplné zastavení výbuchové přeměny. Totéž nastává při opačném jevu tzv. přehutnění výbušniny. Nejčastěji k tomu dochází u sypkých trhavin. (12, 13)

Detonační rychlost

Udává rychlost postupu detonační vlny výbušninou, tedy rychlost výbušné přeměny v m/s. Je ukazatelem stability detonace a spolu s hustotou výbušniny má rozhodující vliv na určení detonačního tlaku výbušniny. Čím větší je detonační rychlost, tím větší je její detonační tlak a tím i její tříštivý účinek. (11, 12)

Citlivost výbušniny

K zahájení výbuchové přeměny je nezbytné dodat výbušnině jisté množství energie, které iniciuje chemickou reakci byť jen v části nálože. Tento, z vnějšího okolí dodaný podnět, nazýváme počátečním impulzem. To, jak je s ním výbušnina schopna reagovat určuje její citlivost, která je sledována z hlediska bezpečnosti práce s výbušninou a jistoty uvedení výbušniny v činnost. Jinými slovy řečeno, aby spolehlivě vybuchovaly, avšak nebyly příliš citlivé k vnějším podnětům, aby nedocházelo k nežádoucím detonacím a dějům. Na citlivost výbušnin má vliv jejich skupenství, hustota, krystalická forma, teplota, přítomnost přísad apod. (10, 12, 13)

Brizance výbušniny

Je-li volně ložená výbušnina schopna rozdrtit bezprostředně přilehlé objekty i v případě, že se při výbuchu vzniklé plyny mohou volně šířit do prostoru, vyznačuje se další z vlastností výbušniny, a to brizancí. Ta je charakterizována jako účinek výbuchové přeměny výbušnin, projevující se ve formě tříštění, drcení a probíjení bezprostředního okolí výbušniny. Závisí na typu výbušniny, detonační rychlosti a tvaru nálože (čím větší je její průměr a pevnější obal, tím je tato vlastnost výraznější). (9, 13)

1.4 Přeprava nebezpečných látek

Nebezpečnými věcmi rozumíme předměty a látky, které díky své povaze, vlastnostem nebo stavu mohou v souvislosti s přepravou ohrožovat bezpečnost osob, zvířat, věcí nebo životní prostředí. (§ 22 odst. 1 Zák. č. 111/1994 Sb. o silniční dopravě, ve znění pozdějších předpisů) V návaznosti na potřebu rozličných škodlivých a jedovatých chemických látek, coby surovin nezbytných pro průmysl, musejí být tyto látky, jejichž množství se pohybují od kilogramů až po desítky tun, dopravovány tam, kde jich je v daný okamžik zapotřebí. Možnost úniku těchto nebezpečných látek je při přepravě velmi nebezpečná, jelikož specializovaní pracovníci vycvičení a vybavení potřebnými prostředky pro likvidaci takových úniků, obvykle nemohou na místě zasahovat ihned. Relativně snadno může dojít k proražení nádrže při dopravní nehodě, úniku nebezpečné látky při přečerpávání, přehřátí nebo přetečení nádob. (8, 19)

Z těchto důvodů nejen jejich přepravu, ale i označování, balení, skladování a manipulaci s nimi je nezbytné upravovat přísnými bezpečnostními předpisy v podobě mezinárodních smluv, zákonů, vyhlášek a vnitřních provozních řádů.

Přeprava nebezpečných nákladů po železnici je uskutečňována podle podmínek stanovených **Řádem pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (RID)** (31) a Nařízením vlády č. 1/2000 Sb. o přepravním řádu pro veřejnou drážní nákladní dopravu. (48) Mezinárodní železniční přepravu **upravuje Úmluva o mezinárodní železniční přepravě (COTIF)** (32)

Leteckou přepravu nebezpečných věcí monitoruje Mezinárodní organizace civilního letectví (ICAO), Mezinárodní sdružení leteckých dopravců IATA a kontrolují ji příslušné státní orgány (Úřad pro civilní letectví). Řeší ji předpisy, které mají jednotný základ v dokumentu **Technické instrukce pro bezpečnou leteckou přepravu nebezpečného zboží**, který vydala Mezinárodní organizace civilního letectví. Totožný manuál, **IATA Dangerous Goods Regulations (IATA DGR)** (33) vydává i Mezinárodní sdružení leteckých dopravců. Tyto dokumenty umožňují za určitých podmínek přepravu nebezpečných věcí, které je jinak v letadlech přepravovat zakázáno

(především munice a výbušniny). Tyto okolnosti zahrnují mimořádně naléhavou přepravu, jsou-li jiné druhy přepravy nevhodné nebo jestliže to vyžaduje veřejný zájem.

Přepravu nebezpečných věcí ve vnitrozemské říční plavbě upravuje zákon č. 114/1995 Sb., o vnitrozemské plavbě, ve znění pozdějších předpisů. (49) Po vnitrozemských vodních cestách je možné přepravovat pouze nebezpečné látky stanovené prováděcími předpisy, a to s povolením plavebního úřadu. Námořní přepravu nebezpečných nákladů upravují předpisy Mezinárodní asociace námořní dopravy pro přepravu nebezpečného zboží. Nakládka a vykládka těchto nákladů je podřízena bezpečnostním ustanovením konkrétního přístavu.

Bezpochyby největší poměr množství přepravovaných nebezpečných látek připadá z důvodů rychlosti a široké dostupnosti na silniční dopravu. Mezinárodní přeprava nebezpečných nákladů je upravena **Evropskou dohodou o mezinárodní dopravě nebezpečných věcí po silnici (ADR)**. (44) Vnitrozemskou dopravu nebezpečných nákladů upravuje spolu s ADR zák. č. 111/1994 Sb., o silniční (47) dopravě ve znění pozdějších předpisů.

1.4.1 Evropská dohoda o mezinárodní silniční dopravě

Na podzim roku 1957 členské státy Evropské hospodářské komise OSN (UNECE) uzavřely v Ženevě tzv. Evropskou dohodu o mezinárodní silniční dopravě nebezpečných věcí (The European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road, známe spíše pod zkratkou ADR z francouzského překladu Articles Dangereux de Route). Základních ustanovujících 17 článků vstoupilo v platnost 29. ledna 1968. Následně o půl roku později nabyly platnosti i přílohy A a B, které jsou členěny do 9 kapitol, které se dále člení na oddíly a pododdíly. (19, 34, 44)

Československá republika se stala smluvní stranou Dohody ADR 17. července 1986. Tento právní předpis byl v ČSR vydán ve Sbírce zákonů jako Vyhláška Ministerstva zahraničních věcí č. 64/1987 Sb., o Evropské dohodě o mezinárodní silniční dopravě nebezpečných věcí. (50) Znění závazných příloh, které s úvodními

články Dohody tvoří nedílný celek byly rovněž zveřejněny ve Sbírce zákonů jako Sdělení Ministerstva zahraničních věcí č. 159/1997 Sb., o přijetí změn a doplňků Přílohy A – ustanovení o nebezpečných látkách a předmětech a Přílohy B – Ustanovení o dopravních prostředcích a o přepravě Evropské dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí vyhlášené vyhláškou č. 64/1987 Sb. Toto sdělení bylo dále aktualizováno a od roku 2000 jsou novely publikovány již ve Sbírce mezinárodních smluv. Tento dokument je vzhledem k neustálému vývoji v oblasti technologií pravidelně, každé dva roky aktualizován s ohledem na nejnovější vývoj v průmyslových odvětvích. V současné době je tedy v platnosti Sdělení Ministra zahraničních věcí č. 8/2013 Sb., o vyhlášení přijetí změn a doplňků Přílohy A – Všeobecná ustanovení týkající se nebezpečných látek a předmětů a Přílohy B – Ustanovení o dopravních prostředcích a o přepravě Evropské dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR). (19, 34, 51)

Tato vícestranná mezinárodní smlouva stanovuje pravidla přepravy nebezpečných věcí v silniční dopravě, dále nároky na jejich balení, značení a požadavky na konstrukci a vybavenost vozidel k přepravě těchto látek určených. Dále definuje požadavky na materiál, konstrukci, výrobu, upevnění a označení přepravních nádob, a to v závislosti na druhu a charakteristice nebezpečných věcí. Ty Dohoda ADR charakterizuje jako látky a předměty, jejichž přepravu Dohoda ADR vylučuje nebo ji připouští za podmínek v ní stanovených. (19, 44.)

Z působnosti tohoto předpisu je vyňata přeprava nebezpečných věcí soukromými osobami, pokud jsou dotčené věci baleny pro maloobchodní prodej a jsou určeny pro jejich osobní nebo domácí použití, volnočasové aktivity nebo sportovní činnost, pokud byla učiněna opatření zamezující za normálních přepravních podmínek úniku obsahu. Dohoda ADR se také nevztahuje na potřeby nouzové přepravy za účelem záchrany lidských životů nebo ochrany životního prostředí, a na pohonné hmoty v palivových nádržích vozidel provádějících přepravu sloužící k jejich pohonu (benzín, nafta). (19, 51)

Text Dohody ADR dává každé ze smluvních stran právo upravit nebo zakázat dovoz nebezpečných věcí na své území z jiných než bezpečnostních důvodů při

přepavě. Opravňuje rovněž k uzavření bilaterálních nebo multilaterálních dohod umožňujících na jejich území mezinárodní dopravu i těch nebezpečných látek, jejichž přepravu Dohoda ADR zcela zakazuje nebo zmírnění přepravních podmínek oproti těm, které jsou uvedeny v přílohách Dohody ADR. Tyto specifické dohody musí být prostřednictvím tajemníka OSN oznámeny ostatním smluvním stranám, které nejsou stranami těchto dohod. Ministerstvo dopravy České republiky může povolit v souladu s Dohodou ADR provádění přepravy nebezpečných věcí za odlišných podmínek, a to nejdéle na dobu 5 let. Toto povolení nelze vydat pro přepravu jaderných materiálů a radionuklidových zářičů. (19, 49, 51)

Klasifikace nebezpečných věcí

Dohoda ADR klasifikuje nebezpečné věci do následujících tříd.

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

Nebezpečné věci třídy 1 – výbušné látky a předměty (22, 37, 51)

Tuhé nebo kapalné látky nebo směsi látek, které mohou chemickou reakcí vyvinout plyny takové teploty, takového tlaku a takové rychlosti, že mohou způsobit škody v okolním prostředí. Výbušné předměty jsou předměty které obsahují jednu nebo více výbušných nebo pyrotechnických látek, přičemž pyrotechnickými látkami se dle ADR myslí látky nebo směsi látek určené k vyvolání zvukových, světelných, tepelných a plyných nebo dýmových efektů, či jejich kombinaci, probíhající v podobě nedetonačních, samovolně probíhajících exotermických chemických reakcí.

Každá látka nebo předmět, které mají nebo by mohly mít výbušné vlastnosti musí být posuzovány pro zařazení do třídy 1 na základě zkoušek a kritérií stanovených v Příručce zkoušek a kritérií.

Látky nebo předměty zařazené do této třídy mohou být přepravovány pouze tehdy, jestliže jsou v dokumentu výslovně jmenovány a splňují kritéria výše zmiňované příručky.

Látky a předměty třídy 1 musí být přiřazeny k některé z jejich šesti podtříd a k některé ze třinácti skupin snášlivosti. Ty charakterizují nebezpečí, které jednotlivé výbušné látky a předměty vykazují v případě nehody, a schopnost při společné přepravě zvýšit riziko nehodovosti. Proto je nutné přepravovat např. rozbušky a obdobné iniciační prostředky ve zvláštních komorách pro výbušniny, které jsou konstruovány tak, že eliminují nebezpečí přenosu případné detonace rozbušek na společně převážené trhaviny. Podtřída je stejně jako skupina snášlivosti určována prostřednictvím výsledků zkoušek a definic. Vyjadřují primární druh nebezpečí předpokládaný v případě nehody:

- 1.1 nebezpečí hromadného výbuchu
- 1.2 nebezpečí rozletu, ale bez nebezpečí hromadného výbuchu
- 1.3 nebezpečí ohně a malé nebezpečí tlakové vlny nebo rozletu nebo obojího, ale bez nebezpečí hromadného výbuchu
- 1.4 vykazuje pouze malé nebezpečí výbuchu s omezenými účinky
- 1.5 velmi necitlivé látky schopné hromadného výbuchu
- 1.6 extrémně necitlivé předměty bez nebezpečí hromadného výbuchu

Číslo podtřídy (1 – 6) spolu s písmenem skupiny snášenlivosti (A – H, J, K, L, N a S) tvoří tzv. klasifikační kód, který se využívá k zjednodušení označování pro potřebu skladovacích a přepravních dokumentů a bezpečnostních předpisů. Z podstaty existence šesti podtříd a třinácti skupin snášenlivosti by mělo vzejít 78 těchto kódů, nicméně některé kombinace charakteristik podtříd a skupin snášenlivosti v praxi nemohou existovat nebo dosud nejsou známy. Z tohoto důvodu je počet klasifikačních kódů omezen na počet 35. Viz příloha č. 2.

Z přepravy jsou vyloučeny předměty skupiny snášenlivosti K, tedy toxická munice. Obdobně i ostatní výbušné látky, které během zkoušek vykazují nepřipustně vysokou citlivost a ty, u kterých nastává samovolná reakce.

Balení nebezpečných věcí s důrazem na výbušné látky (8, 21, 38, 51)

Obaly nebezpečných věcí musí být natolik kvalitní a pevné, aby dokázaly odolat rázům a namáhání, které se běžně při přepravě vyskytují. Jejich výroba a uzavření musí zamezit úniku obsahu zejména v důsledku vibrací, změn teploty, vlhkosti nebo tlaku. Části obalů, které jsou v bezprostředním styku s nebezpečnou věcí, nesmějí být jejich působením narušovány ani zeslabovány, nesmějí s nimi reagovat nebo působit např. jako katalyzátor. Míra propustnosti obalu nesmí působit nebezpečí.

Obaly stanovené pro látky třídy nebezpečnosti 1 odpovídají obalové skupině II pro středně nebezpečnou skupinu. Jejich výroba a konstrukce je přizpůsobena tak, aby chránila výbušné látky a předměty, zabraňovala jejich unikání a nezvyšovala riziko nechtěného zážehu nebo roznětu za normálních podmínek dopravy, aby umožňovala bezpečnou manipulaci s jednotlivými kusy a odolávala vůči tlakům stohování tak, aby se nezvyšovalo riziko vyplývající ze samotné podstaty výbušných látek.

Přesné pokyny pro balení látek třídy 1 udává kapitola 4.1.4 Dohody ADR. Uzavírací zařízení obalů určených pro kapalné výbušné látky musí být zajištěno dvojitou ochranou proti jejich úniku. Uzavírací zařízení kovových sudů musí být vybaveno vhodným těsněním nebo musí být zamezeno prostupu výbušnin do závitů. Obaly

z necitlivěných nebo flegmatizovaných výbušnin musí zamezit změnám koncentrace během přepravy. Pokud jde o látky rozpustné ve vodě, jejich obal proti ní musí být odolný. Do vody vyplňující dvojitý obal se v případě nebezpečí jejího zamrznutí přidává patřičné množství prostředku, který tomu zabraňuje. Nesmí být ale použit takový, který by vzhledem ke své hořlavosti mohl zapříčinit riziko požáru.

Dovnitř obalu nesmějí proniknout sponky, hřebíky nebo jiné uzavírací komponenty vyrobené z kovu. Předměty obsahující výbušnou látku, které nejsou uloženy ve vnějším obalu, musí být odděleny jeden od druhého za použití vycpávek, fixačních podložek nebo dělicích přepážek tak, aby se předešlo tření a nárazu. Obaly je nutné vyrobit z takových materiálů, které jsou s výbušninami snášitelné a nezpůsobí změnu podtřídy nebo skupiny snášitelnosti těchto látek. Vniknutí výbušných látek do meziprostorů kovových obalů musí být zamezeno. Plastové obaly nesmějí vytvářet nebo akumulovat statickou elektřinu, jejíž výboj by mohl zapříčinit roznět nebo zážeh výbušných látek a předmětů a uvést je tak do činnosti. Látky a předměty třídy nebezpečnosti 1 nesmí být baleny do vnitřních či vnějších obalů, pokud by rozdíl vnějšího a vnitřního tlaku způsobený tepelnými nebo jinými účinky mohl iniciovat výbuch nebo roztržení kusu. Nároky odpovídající těmto ustanovením jsou implementovány do českého právního řádu v §18 Vyhlášky Českého báňského úřadu č. 327/1992 Sb., kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při výrobě a zpracování výbušnin a odborné způsobilosti pracovníků pro tuto činnost, ve znění pozdějších předpisů. (51, 52)

Za obaly se považují balící materiály, pytle nádoby, bedny, sudy, kanystry, cívky, fixační podložky, tuby, pouzdra, kompozitní obaly, tlakové nádoby, dělicí přepážky rozličných materiálů, tvarů velikostí a vlastností. (38)

Označování nebezpečných věcí s důrazem na výbušné látky (9, 21, 38, 51)

Ohrožení, které s sebou přepravované nebezpečné látky přinášejí, mohou osoby podílející se na jejich přepravě rozpoznat podle označení, kterými jsou jejich obaly opatřeny.

Každý převážený kus nebezpečné látky musí být zřetelně a trvanlivě označen odpovídajícím UN číslem, před nímž jsou umístěna písmena „UN“. Čísla a písmena označující kusy do objemu 5 litrů a váhy 5 kg musí být přiměřeně veliká. Kusy o objemu nejvýše 30 litrů a hmotnosti 30 kg musí být označena písmeny a čísly o výšce nejméně 6 mm. Pro předměty větších parametrů je stanovena minimální výška písmen a číslic 12 mm. Označení předmětu neopatřeného obalem musí být umístěno přímo na předmět, jeho podstavec nebo na jeho úložné nebo manipulační části.

Veškerá označení musí být zřetelně viditelná, odolná vůči povětrnostním vlivům a i za zhoršených podmínek čitelná. Na bednách je bezpečnostní značka umístěována na boční i čelní stěně a také na víku. Sudy jsou vybaveny značkami na jednom dně a dvou protilehlých stranách pláště. Pytle jsou označeny ze dvou stran horní části švu.

Kusy obsahující věci třídy nebezpečnosti 1 jsou navíc označovány oficiálním pojmenováním pro přepravu, které musí být čitelné a nesmazatelné, uvedené v úředním jazyce země odeslání. Pokud tímto jazykem není angličtina, němčina nebo francouzština musí být navíc doplněno i názvem v jednom z těchto jazyků.

Veškeré předměty a látky povolené k přepravě podle Dohody ADR musí být dále označeny příslušným výstražným štítkem, nebo-li také bezpečnostní značkou pro určení nebezpečnosti. Bezpečnostní značka musí být součástí nákladu po celou dobu přepravy, manipulace i skladování. Každé třídě nebezpečnosti je přiděleno odpovídající značení. Všechny nálepky označující nebezpečí se umísťují blízko sebe na tutéž plochu kusu a u třídy nebezpečnosti 1 musí být v blízkosti oficiálního pojmenování pro přepravu.

Bezpečnostní značky musí odpovídat barvami, symboly a tvarem vzorům vyobrazeným v příloze č. 3. Mají tvar čtverce postaveného na vrchol pod úhlem 45° o nejmenších rozměrech 10 cm x 10 cm. Ve vzdálenosti 5 mm od okraje jsou po celé délce svého obvodu opatřeny rovnoběžnou čarou. Musí být umístěny na podkladu v kontrastní barvě nebo být orámovány vytečkovanou nebo plnou čarou. Smějí být doplněny textem jako je např. UN číslo nebo slova popisující nebezpečí.

Na bezpečnostních značkách pro třídu 1, s výjimkou podtříd 1.4, 1.5 a 1.6 je vyobrazeno v jejich dolní polovině, nad číslem třídy, číslo podtřídy a písmeno skupiny snášenlivosti. Oproti tomu jsou bezpečnostní značky pro podtřídy 1.4, 1.5 a 1.6

v jejich horní polovině opatřeny číslem podtřídy a v dolní polovině číslem třídy a písmenem skupiny snášenlivosti.

Nařízení vlády ČR č. 84/2013 Sb., o požadavcích na jednoznačné označování výbušnin pro civilní použití v § 3 a 4 (53) v návaznosti na Zák. č. 83/2013 Sb. o označování a sledovatelnosti výbušnin pro civilní použití upravuje způsob a podobu označování těchto výbušnin. (54) To je prováděno pomocí nálepek nebo přímým tiskem na výbušninu a na její balení. Informace se skládá z vizuálně čitelné části tvořené dvěma písmeny označující členský stát EU, ve kterém byla výbušnina vyrobena nebo uvedena na trh, dále třemi číslicemi označujícími místo výroby výbušniny, kódem výrobku přiděleným výrobcem a logistické informace výrobce. Druhá část označení výbušniny je elektronicky čitelná ve formě maticového nebo čárového kódu, který je analogický s vizuálně čitelným abecedně číselným kódem. Viz příloha č. 4. Tyto informace slouží ke snadné a bezpečné sledovatelnosti výbušnin. Vyhláška Českého báňského úřadu č. 327/1992 Sb., kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při výrobě a zpracování výbušnin a odborné způsobilosti pracovníků pro tuto činnost, ve znění pozdějších předpisů, (52) v §18 odst. 2 stanovuje, že veškeré obaly musí být zřetelně a trvale označeny názvem výbušniny, označením výrobce, datem výroby nebo spotřební dobou s uvedením množství výbušniny v příslušných jednotkách.

Velké bezpečnostní značky se umisťují na vnější povrch kontejnerů a vozidel a musí odpovídat bezpečnostní značkám pro náklad obsažený v kontejneru nebo vozidle. Hovoříme-li o velké bezpečnostní značce, máme na mysli značku o rozměrech nejméně 250 mm x 250 mm. Vozidla převážející látky nebo věci třídy nebezpečnosti 1 musí být označeny na obou bočních stranách a zadní straně vozidla. Na velkých bezpečnostních značkách pro třídu 1 nemusí být uvedeny skupiny snášenlivosti, pokud přepravované látky nebo předměty spadají do dvou nebo více skupin snášenlivosti. V případě, že jsou společně přepravovány látky nebo předměty různých podtříd označují se vozidla nebo kontejnery výhradně bezpečnostními značkami odpovídajícími

vzoru nejnebezpečnější podtřídy, a to v pořadí 1.1, které je nejnebezpečnější, dále 1.5, 1.2, 1.3, 1.6 a 1.4.

Vozidla přepravující nebezpečné věci je dále nezbytné označit nejméně dvěmi pravoúhlými oranžovými tabulkami, tzv. výstražnými tabulkami. Je složena z identifikačního čísla nebezpečnosti umístěného nahoře a UN čísla umístěného dole. Identifikační číslo nebezpečnosti tvoří dvě nebo tři číslice, přičemž zdvojení číslice označuje zvýšení daného nebezpečí.

- č. 2 únik plynu tlakem nebo chemickou reakcí
- č. 3 hořlavost kapalin, par a plynů nebo kapalin schopných samohřevu
- č. 4 hořlavost tuhých látek nebo tuhých látek schopných samohřevu
- č. 5 podpora hoření
- č. 6 toxicita nebo nebezpečí infekce
- č. 7 radioaktivita
- č. 8 žíravost
- č. 9 nebezpečí prudké samovolné reakce

Poslední jmenovaná reakce zahrnuje z povahy látky nebezpečí výbuchu za uvolňování značného tepla nebo hořlavých a/nebo toxických plynů. Pro látky třídy nebezpečnosti 1 se jako identifikační číslo nebezpečnosti používá klasifikační kód, který je tvořen číslem podtřídy a písmenem skupiny snášenlivosti.

Údaje na výstražné tabulce musí být nesmazatelné a viditelné i po 15 minutách přímého působení ohně. Jejich rozměr je stanoven na 40 cm šířky a 30 cm výšky. Musí být opatřeny černým, 15 mm širokým lemem a mohou být předěleny na 2 stejné poloviny pomocí vodorovné, stejně široké černé čáry. Výška číslic černé barvy je 100 mm. Povolená odchylka od zmíněných údajů je $\pm 10\%$. Výstražné tabulky musí být jasně viditelné a jsou upevňovány vpředu i vzadu vozidla. Dolní okraj nesmí být umístěn ve výšce větší než 1,5 m nad vozovkou

1.5 Povinnosti účastníků přepravy z hlediska bezpečnosti

Všichni účastníci přepravy nebezpečných věcí jsou podle povahy a rozsahu nebezpečí povinni učinit taková opatření, aby se zabránilo vzniku škod na zdraví a majetku nebo se minimalizovaly jejich případné následky. Pokud vznikne bezprostřední riziko ohrožení bezpečnosti veřejnosti, účastníci přepravy včas vyrozumí příslušné zásahové jednotky a poskytnou jim kompletní informace a dokumentaci potřebné k provedení jejich zásahu. (51)

Odesílatel

Odesílatelem je pro účely ADR podnik, který odesílá nebezpečné věci pro sebe nebo třetí stranu. Je povinen předat pouze takové zásilky, které odpovídají požadavkům ADR. Zejména se musí přesvědčit, že nebezpečné věci jsou zařazeny a připuštěny k přepravě podle ADR. Předává dopravci informace a údaje, které je možné vysledovat a také předává požadované dopravní a průvodní doklady. Může použít pouze takové obaly, které jsou schválené a vhodné pro přepravu nebezpečných látek a patřičně označené podle ADR. Je povinen splnit požadavky týkající se způsobu odeslání a nevyčištěné přepravní jednotky řádně označit bezpečnostními značkami a zacházet s nimi tak, jako by byly plné. (8, 51)

Dopravce

Dohoda ADR dopravce definuje jako podnik, který provádí přepravu podle přepravní smlouvy nebo bez ní. Musí si zejména ověřit, že nebezpečné věci, které přepravuje, jsou k přepravě povoleny podle ADR. Dále je povinen přesvědčit se, že disponuje všemi informacemi, které jsou předepsané v ADR a že tyto informace jsou pravdivé. Vizuálně se přesvědčí, že vozidlo i náklad jsou bez viditelných vad a potřebná výbava je kompletní. Ověří si, že maximální povolená hmotnost nákladu není překročena, že bezpečnostní značky a předepsané označení pro vozidla jsou připevněny. Tyto výše popsané povinnosti dopravce zjistí pomocí přepravních a průvodních dokladů a vizuální prohlídkou vozidla. Je-li během cesty zjištěn defekt,

který by mohl ohrozit bezpečnost přepravy, musí být zásilka neprodleně zadržena tak, aby nebyla narušena bezpečnost silničního provozu včetně veřejnosti. (8, 51)

Příjemce

Příjemcem podle Dohody ADR rozumíme příjemce uvedeného v přepravní smlouvě. Pokud přeprava probíhá bez přepravní smlouvy považuje se za příjemce podnik, který tyto nebezpečné věci po příjezdu přebere. Povinností příjemce je bez zbytečných odkladů převzít přepravovanou věc a ihned ověřit, že předpisy ADR, které se ho týkají jsou dodrženy. Je-li stav přijatého nákladu v rozporu s ADR, nesmí příjemce vrátit takový náklad dopravci, dokud nebude předpisy splňovat.

Účastníci přepravy nesmí provádět vykládku a nakládku látek třídy nebezpečnosti 1 na veřejném místě v zastavěném území bez zvláštního povolení příslušných orgánů. Existuje-li vážný důvod provádět manipulaci s výbušnými látkami na veřejném místě, musí být tyto látky různého druhu od sebe odděleny podle bezpečnostních značek. Pokud vozidla přepravující látky a předměty třídy 1 jedou v koloně, musí mezi jednotlivými jednotkami dodržovat bezpečnou vzdálenost nejméně 50 metrů. Stejná vzdálenost platí také mezi vozidly stojícími na veřejném místě při provádění nakládky a vykládky. Pouze během těchto fází přepravního procesu je možné ponechat ložní prostory přepravní jednotky odemčené. (51)

Odpovídajícím způsobem upravuje povinnosti osob předávající nebezpečné věci k přepravě, dopravců a osob zajišťujících vykládku i český právní řád, konkrétně §23 odst. 1 písm. a) až j), odst. 2 písm. a) až n), odst. 3 písm. a) až d) zák. č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě ve znění pozdějších předpisů; (45) §25g zákona č. 66/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a státní báňské správě ve znění pozdějších předpisů. (46)

Školení

Osoby zaměstnané u účastníků přepravy podle ADR a jejichž pracovní náplň zahrnuje přepravu nebezpečných věcí je nezbytné vyškolit o předpisech pro dopravu

takových věcí v rozsahu jejich odpovědnosti. Všichni účastníci přepravy nebezpečných věcí ale musejí být seznámeni s obecnými předpisy a ustanoveními týkající se dané problematiky. Personál je navíc nutné poučit o rizicích a nebezpečích vyplývajících z podstaty nebezpečných věcí přiměřeně míře rizika zranění při nehodě v rámci dopravy, nakládce a vykládce těchto věcí. Školení je zaměřeno především na bezpečnou manipulaci a nouzové postupy s ohledem na aktuální stav právních a bezpečnostních předpisů. Pracovníci mohou vykonávat i činnost, pro kterou dosud nejsou školeni, avšak pod přímým dozorem osoby vyškolené. (2, 51)

1.6 Požadavky na dopravní prostředky a náležitosti přepravy

Požadavky na průvodní doklady

Převravní doklad musí obsahovat UN číslo, oficiální pojmenování pro přepravu, případně technický název, klasifikační kód či jinou specifickou identifikaci, jméno a adresu odesílatele a příjemce, počet kusů, celkovou čistou hmotnost výbušného obsahu pro každou látku nebo předmět zvlášť i vcelku v kilogramech, informaci o schválení obalu příslušným orgánem. Písemné pokyny pro pomoc během nehodové situace, k níž může během přepravy dojít, podle kterých činí opatření nutná k zamezení vzniku, omezení šíření a snížení dopadů mimořádné události (viz příloha č. 5). Musí být uloženy takovým způsobem, aby je bylo možné snadno nalézt. Průkazy totožnosti posádky vozidla, případně osvědčení o školení řidiče nebo osvědčení o splnění požadavků na vozidlo, jsou také součástí povinné dokumentační výbavy. (8, 21, 51)

Požadavky na osádku vozidla a průběh přepravy

V dopravních jednotkách je zakázáno přepravovat jiné osoby, než ty, které tvoří osádku vozidla. Řidič ani jiný člen osádky nesmí otevřít kus obsahující nebezpečné věci. Osádka nesmí ve vozidle ani v jeho blízkém okolí během celého převravního procesu kouřit, používat ohně a otevřeného plamene. Pokud není běh motoru nutný k pohonu čerpadel nebo jiných zařízení, musí být během vykládky a nakládky zastaven.

Během těchto etap přepravy není možné ani doplňovat pohonné hmoty. Osádka vozidla smí ponechat přepravní jednotku v objektu dopravního nebo průmyslového závodu bez dozoru pouze v případě, že je zaručena bezpečnost. Ve všech ostatních případech posádka nemůže zanechat vozidlo bez dozoru. Řidič vozidla převážejícího nebezpečné věci může vykonávat činnost pouze v případě, že je držitelem potvrzení o vykonání potřebných zkoušek a školení, při nichž byl seznámen se všemi aspekty přepravy nebezpečných věcí, včetně zvláštních rizik, která jsou vlastní výbušninám a pyrotechnickým látkám a předmětům, a zvláštních požadavků týkajících se společné nakládky látek a předmětů třídy 1. Náplň základního i specializačního školícího kurzu pro řidiče ADR je podrobně rozepsána v kapitolách 8.2 Přílohy B Dohody ADR. (8, 38, 51)

Požadavky na dopravní jednotku a její výbavu (8, 21, 51)

Dopravní jednotka naložená nebezpečnými věcmi může být tvořena vozidlem s jedním přívěsem nebo návěsem. Každá dopravní jednotka určená pro přepravu nebezpečných věcí musí být vybavena prostředky pro osobní i obecnou ochranu. Části výbavy musí odpovídat číslu bezpečnostní značky naložených věcí. Základní výbava přepravní jednotky je tvořena stojacím výstražným prostředkem, fluoreskující výstražnou vestou, zakládacím klínem, ochranou očí, ochrannými rukavicemi. V případě, že je vozidlo vybaveno přenosným osvětlovacím zařízením, takové zařízení nesmí mít kovový povrch, který by mohl vyvolat jiskření.

Každá přepravní jednotka musí být vybavena odpovídajícím počtem a kapacitou přenosných hasicích přístrojů plněných vhodným typem hasicí látky, nejčastěji suchým práškem. Dále musí být vhodné pro použití na vozidle a musí splňovat příslušné normy a být podrobeny periodickým kontrolám. Hasicí přístroje je nutné na přepravní jednotku instalovat tak, aby byly pro osádku snadno přístupné. Ta musí být plně obeznámena s jejich obsluhou. Vozidlo může být vybaveno pevným hasicím přístrojem pro hašení požáru v motoru, který je automaticky nebo osádkou snadno uváděn v činnost.

Požadavky na konstrukci vozidel (8, 51)

Konstrukce nástaveb těchto vozidel musí být vyrobena z materiálů, které s přepravovanými výbušnými látkami netvoří nebezpečné sloučeniny. Pro přepravu látek a předmětů třídy nebezpečnosti 1 jsou určena **vozidla s označením EX/II a EX/III**.

Konstrukce, výroba a výbava vozidel EX/II musí být koncipována tak, aby výbušné látky byly chráněny před vnějšími riziky a nepřízní počasí. Vozidla jsou uzavřená, případně krytá plachtou, která je nepromokavá, vyrobená z těžko hořlavého materiálu a odolná proti proděravění. Veškeré otvory ložného prostoru uzavřených vozidel musí být vybaveny uzamykatelným systémem nebo těsně přiléhajícími dveřmi. Mezi ložním prostorem a kabinou řidiče musí být celistvá stěna beze spár. Osvětlení v ložném prostoru je nutné umístit na strop a zakrýt je, tzn., že nesmí vyčnívat část vedení ani žárovka.

Požadavky na výrobu, konstrukci a výbavu vozidla EX/III jsou totožná s parametry vozidla EX/II, přičemž toto vozidlo může být pouze uzavřené. Kabina osádky je od ložného prostoru, jehož povrch musí být celistvý, opět oddělena jednodílnou přepážkou. V případě, že jsou navíc instalovány nákladové úchyty, musejí být všechny spoje utěsněny. Všechny otvory jsou uzamykatelné. Nástavbu je nutné vyrobít z tepelně odolných a ohnivzdorných materiálů o síle alespoň 10 mm.

Elektrické vedení vozidla EX/III musí být dostatečně dimenzováno k tomu, aby se nepřehřívalo, izolováno a vybaveno pojistkami. U tohoto vozidla se odpojovač vedení umísťuje co nejbližší akumulátoru (autobaterii) a jeho ovládání je pro snadno dosažitelné použití umístěno v kabině řidiče. Kontakty akumulátorů jsou shodně u obou typů vozidel izolovány (zakryty).

Veškerá elektroinstalace umístěná za kabinou řidiče vozidla EX/III je navržena, provedena a chráněna tak, aby nemohla způsobit za běžného provozu vozidla vznícení nebo zkrat.

V zájmu prevence nebezpečí požáru splňují obě vozidla následující technická ustanovení:

- Palivová nádrž vozidla musí být umístěna tak, aby byla co možno nejlépe chráněna proti nárazu
- V případě jakékoli netěsnosti nádrže musí palivo vytékat přímo na zem tak, aby se nedostalo do styku s horkými částmi vozidla
- Vozidla mají umístěný motor tak, aby nedošlo k ohrožení nákladu vznícením, proto je situován před čelní stěnou ložního prostoru. Lze jej instalovat i pod ložný prostor za předpokladu, že teplo jím vydávané nezvýší teplotu vnitřní strany ložného prostoru nad hodnotu 80°C a došlo by tím tak k ohrožení nákladu.
- Vozidla určená pro přepravu látek a předmětů zařazených do třídy 1 mají vždy vznětový motor
- Výfukový systém je veden tak, aby neohrozil náklad zahřátím – vznícením a od palivové nádrže je vzdálen alespoň 100 mm nebo je nádrž chráněna tepelným štítem
- Vytápěcí systém s vnitřním spalováním vozidel musí splňovat obdobná kritéria jako palivová nádrž a výfukový systém tak, aby bylo eliminováno riziko vznícení nebo přehřátí nákladu. Může být instalován pouze pro vyhřívání kabiny řidiče nebo motoru
- Vozidla o nejvyšší hmotnosti převyšující 3,5 t jsou limitována omezovačem rychlosti nastaveným tak, aby nedošlo k překročení hodnoty 90 km/h
- Napětí elektrického systému nesmí přesáhnout 24V
- Elektrická zařízení vně ložného prostoru musí nárazu zevnitř odolat a být odolná proti prachu

Jednotka MEMU je samostatná jednotka nebo vozidlo s jednotkou smontované, která jsou určena k přípravě a nabíjení výbušnin z nebezpečných látek, které však primárně nejsou výbušninami. Jednotka je tvořena cisternami a kontejnery pro volně

ložené látky a provozními zařízeními jako jsou např. čerpadla a mísící stanice. V MEMU může být vyhrazen speciální úložný prostor i pro balené výbušniny.

Dopravní omezení

Smluvní strany Dohody ADR mohou na svém území vůči vozidlům provádějícím mezinárodní silniční přepravu nebezpečných věcí uplatňovat dodatečné bezpečnostní požadavky týkající se např.:

- vozidel užívajících mosty nebo tunely, či přepravovaných tankery nebo vlaky
- jízdy vozidel po stanovených trasách vyhýbajících se obchodním nebo obytným územím, průmyslovým zónám s rizikovými zařízeními nebo územím citlivým z hlediska ochrany životního prostředí
- dopravní trasy nebo podmínek parkování za mimořádných situací vyplývajících z nehody, odborářských akcí, občanských nepokojů, vojenských konfliktů, extrémních povětrnostních podmínek nebo zemětřesení (tedy v podstatě za mimořádných událostí a krizových situací)
- omezení provozu na pozemních komunikacích v určitých dnech týdne nebo roku (51)

Omezení průjezdu tunely

Pokud příslušné orgány Smluvní strany Dohody ADR přistoupí k omezení průjezdu vozidel převážejících nebezpečné věci tunely, musí takové prvky infrastruktury zařadit do jedné z pěti kategorií. Tato kategorizace vychází z předpokladu, že v tunelech existují tři hlavní rizika, která mohou způsobit četné oběti nebo technické poškození tunelu. Jsou jimi požáry, únik toxického plynu nebo třaskavé toxické kapaliny a výbuch.

- Tunel kategorie A nepředstavuje žádné omezení pro dopravu nebezpečných věcí.
- Do tunelu kategorie B nesmí vjíždět vozidla převážející nebezpečné věci, které mohou vést k velmi silnému výbuchu.

- Tunel kategorie C představuje omezení pro nebezpečné věci, které mohou vést k silnému nebo velmi silnému výbuchu, či velkému úniku toxické látky.
- Vozidla naložená nebezpečnými věcmi, které mohou způsobit silný až velmi silný výbuch, mohou vést k velkému úniku toxické látky nebo velkému požáru, nemohou vjíždět do tunelu kategorie D.
- Tunel kategorie E znamená omezení pro vozidla, která převážejí veškeré nebezpečné věci o hmotnosti větší než 8 tun na dopravní jednotku. Toto omezení se nevztahuje na radioaktivní látky, infekční medicínský odpad a biologické látky.

Při aplikaci omezení průjezdu vozidel s nebezpečnými věcmi tunely musí být uvážena charakteristika tunelu, odhad rizika, ale také možnost a vhodnost alternativních tras a způsob a řízení provozu. Proto je nutné umístit značky a signály zakazující vjezd do tunelu na takovém místě, které umožňuje volbu alternativní trasy (viz příloha 6). Zabrání se tím i nebezpečnému otáčení se řidičů na nepřehledných místech. Omezení průjezdu tunely platí pro dopravní jednotky, pro které je vyžadováno označení oranžovými tabulkami, nevztahuje se na případy vyňaté z působnosti Dohody ADR. Podrobnější podmínky stanovují kapitoly 1.9 a 8.6 jmenovaného dokumentu. (8, 51)

1.7 Specifika přepravy výbušnin stanovené právní úpravou v ČR

Organizace zajišťující přepravu výbušnin je povinna oznamovat Policejnímu prezidiu České republiky přepravu výbušnin alespoň 24 hodin před jejím zahájením, a to nejpozději do 12ti hodin posledního pracovního dne pře plánovanou přepravou. Vozidlo určené k přepravě výbušnin musí být vybaveno zařízením umožňujícím nepřetržité sledování jeho pohybu. Po celou dobu přepravy musí být zařízení přihlášeno do systému sledování pohybu, do kterého je zaregistrováno. Výjimku tvoří od 1.1.2014 pouze dopravní prostředky přepravující méně než 20 kg čisté hmotnosti výbušniny nebo méně než 50 rozbušek. Při jejich použití je organizace povinna oznámit přepravu

výbušnin alespoň 5 dní předem. Od 1.1.2014 také došlo ke změně ve způsobu hlášení přeprav na Policejní prezidium ČR v tom smyslu že dosavadní systém zasílání byl nahrazen novým elektronickým formulářem dostupným v síti internet. Oznamovací formulář obsahuje:

- číslo povolení k předávání, nabývání, vývozu, dovozu nebo tranzitu výbušnin, datum jeho vydání a označení orgánu státní báňské správy, který povolení vydal
- identifikační údaje organizací, mezi kterými nebo v rámci kterých se přeprava výbušnin uskutečňuje
- předpokládanou trasu přepravy a adresu míst, odkud a kam mají být výbušniny dopravovány
- množství a popis výbušnin, které budou přepravovány
- způsob dopravy, dopravní prostředek a údaje o dopravci
- spojení na osádku dopravního prostředku nebo na osobu odpovědnou za přepravu
- identifikační údaj dopravního prostředku, zejména lokalizační údaje a registrační značky, které umožní Policii ČR nepřetržité sledování jeho aktuální polohy
- datum, místo a čas zahájení přepravy nebo vstupu na území ČR
- kontaktní telefon na Policejní prezidium České republiky

Policejní prezidium na základě těchto údajů zajišťuje sledování přepravy a poskytuje aktuální informace o mimořádných situacích obsluze vozidla nebo osobě odpovídající za přepravu výbušnin. Organizace provozující vozidla, která nemusí být vybavena zařízením, které umožňuje nepřetržité sledování jeho pohybu, je povinna bez zbytečného odkladu oznámit Policejnímu prezidiu ČR každou mimořádnou událost, zejména neplánovanou změnu trasy, poruchu dopravního prostředku, havárii nebo překážku na trase vzniklou v průběhu přepravy. Nesplnění těchto povinností je považováno za správní delikt, za který může správní orgán uložit pokutu do výše 2 000 000 Kč.

Policie České republiky je oprávněna provádět dohled nad přepravou výbušnin tím, že kontroluje dopravní prostředky převážející výbušniny, úplnost nákladu a přepravních a průvodních listin. Vyžaduje-li to bezpečnost přepravy výbušnin nebo jiný veřejný zájem, je také oprávněna zakázat řidiči vozidla přepravujícího výbušniny na nezbytně nutnou dobu jízdu nebo mu určit trasu jízdy. Pokud Policie ČR zjistí skutečnosti, které nasvědčují tomu, že byly porušeny povinnosti stanovené tímto zákonem, je oprávněna výbušniny zabavit. Jestliže nejsou dodržovány předpisy v oblasti přepravy výbušnin jako nebezpečné látky, je spolu s celními úřady oprávněna vybírat kauci ve výši 5 000 – 100 000 od dopravce, který je podezřelý, že takové předpisy porušil a existuje důvodné podezření, že by se mohl vyhybat správnímu řízení. Pokud řidič, jenž pro tyto účely dopravce zastupuje, na výzvu kauci nesloží, přikáže orgán Policie ČR nebo celní úřad řidiči jízdu na nejbližší místo, které je z hlediska bezpečnosti a plynulosti provozu vhodné k odstavení vozidla a zabrání mu v jízdě technickým prostředkem nebo zakáže pokračovat v jízdě a zadrží řidiči doklady k vozidlu a doklady související s prováděnou přepravou. (40, 43, 46, 47)

2 Výzkumná otázka

Výzkumná otázka

Jaké ohrožení představuje havárie vozidla převážejícího výbušniny?

Jak už samotná formulace výzkumné otázky napovídá, je jejím záměrem, analyzovat nebezpečí havárie vozidla převážejícího výbušniny a z nich plynoucí ohrožení životů, zdraví a hmotných statků. To vše v závislosti na druhu a množství převážené výbušniny společně s lokalizací takové kolize. V návaznosti na zjištěná ohrožení bude zpracován návrh řešení mimořádné události složkami IZS v souvislosti s ochranou obyvatelstva tak, aby škodlivé působení mimořádné události bylo co nejvíce eliminováno a míra ohrožení sekundárními projevy takové události snížena na co nejnižší mez.

3 Metodika výzkumu

Tato diplomová práce je zpracována na základě podrobné analýzy nashromážděných dat o dané problematice získaných rešerší dostupných literárních pramenů, odborných internetových zdrojů a normativních předpisů zahrnující mezinárodní smlouvy a dohody, zákony, vyhlášky, provozní řády a jiné bezpečnostní předpisy. Empirická část práce je potom založena zejména na analýze dostupných bojových řádů a jiných metodických pokynů určených pro jednotky složek IZS a konzultacích s odbornými pracovníky, kterými byli vedoucí trhacích prací, vedoucí střel mistrů v lomu a pyrotechnik zásahové jednotky Krajského ředitelství Policie ČR JČK.

K simulaci havárie vozidla převážejícího výbušniny s následnou analýzou výstupních dat simulace a vyhodnocením dopadů nehody na její okolí a na ně navazující řešení mimořádné události je použit softwarový program TerEx (Teroristický Expert) vyvinutý společností T-Soft. Tento nástroj rychlé prognózy následků a dopadů působení nebezpečných chemických a otravných látek a výbušných systémů s návazností na grafický informační systém pro přímé zobrazení výsledků slouží tedy mimo jiné k odhadu následků průmyslových havárií a použití zbraní hromadného ničení. Je určen pro rychlé určení rozsahu ohrožení a realizace následných opatření ochrany obyvatel zejména jednotkami IZS, samosprávnými a státními orgány, institucemi a podniky. Je tak využitelný například i pro analýzu rizik při územním plánování a v pojišťovnictví. Předpověď dopadů a následků je založena na podmínkách, při nichž dochází k maximálním možným dopadům a následkům na okolí. Obsahuje popis jednotlivých látek, jejich vlastnosti, zraňující projevy a případnou první pomoc. Uživateli nabízí vyhodnocení osmi havarijních situací, a to:

- model typu **TOXI** vyhodnocující obsah a tvar oblaku, které jsou dány zvolenou koncentrací toxické látky
- model typu **UVCE** vyhodnocující dosah působení vzdušné rázové vlny vyvolané detonací směsi látky se vzduchem

- model typu **PLUME** vyhodnocuje déletrvající únik plynu do oblaku, déletrvající únik vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku nebo pomalý odpar kapaliny z louže do oblaku
- model typu **PUFF** vyhodnocující jednorázový únik plynu nebo vroucí kapaliny s rychlým odparem do oblaku
- modely typu **FLASH RIRE** vyhodnocují velikost prostoru ohrožení osob plamennou zónou, a to **BLEVE** – ohrožení nádrže plošným požárem, **JET FIRE** – déletrvající masivní únik plynu se zahořením, **POOL FIRE** – hoření louže kapaliny nebo vroucí kapaliny
- model typu **POISON** předpovídá šíření oblaku vzniklého rozptýlením otravné látky na určité území
- model typu **ATP-45B** jehož výsledky jsou závislé na způsobu použití látky na síle větru
- model typu **EXPLOSIVE** vyhodnocuje možné dopady detonace výbušných systémů založených na kondenzované fázi, použité s cílem ohrožení okolí detonací.

Právě posledního jmenovaného modelu **EXPLOSIVE** bude použito při modelové situaci havárie vozidla převážejícího výbušniny s následnou detonací. (1, 28, 30)

4 Výsledky

Tato kapitola je dostupná v tištěné verzi a na CD uchovávaném Katedrou radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva, z důvodu obsahu citlivých informací.

5 Diskuze

Cíli této práce bylo pomocí softwarového programu Teroristický Expert nasimulovat havárii vozidla převážejícího výbušniny a z toho vyplývající dopady vzniklé mimořádné události a následně vytvořit návrh řešení takto vzniklé události složkami IZS v souvislosti s ochranou obyvatelstva. Na základě těchto postupů následně analyzovat a odpovědět na otázku, jaké ohrožení představuje havárie vozidla převážejícího výbušniny.

Nejprve tedy bylo nezbytné zpracovat problematiku týkající se samotných výbušnin, coby jedné kategorie nebezpečných látek. Na základě určení jejich vlastností, druhů, mechanismu jejich chemické výbuchové přeměny, způsobu a účelu jejich použití bylo možné identifikovat hrozící účinky a dopady v případě jejich nežádoucí iniciace, jimiž jsou ničivá rázová vlna a její destruktivní působení na okolní prostředí, vysoká teplota, toxicita, škodlivé zplodiny výbuchu a další. Tyto projevy výbuchové přeměny mohou ohrozit životy, zdraví osob a hmotné statky.

K eliminaci nežádoucího účinku působení výbušnin na své okolí jsou zpracovány nejruznější bezpečnostní a právní předpisy, které stanovují způsob a podmínky jejich výroby, balení, značení, skladování, přepravování, spotřebu, likvidaci a jinou manipulaci s nimi. Tyto dokumenty upravují také požadavky a nároky na osoby s nimi zacházející a na prostředky k tomu určené. Jedná se zejména o interní předpisy v podobě bezpečnostních listů jednotlivých druhů výbušnin, vyhlášky Českého báňského úřadu, nařízení vlády a zákony, včetně mezinárodních právních aktů, jimiž je Česká republika vázána, implementovaných do českého právního řádu. S ohledem na téma této diplomové práce je jimi míněna především Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí ADR a Řád o mezinárodní železniční přepravě nebezpečných věcí RID. Rozsah použití těchto dokumentů se vztahuje na případy, kdy daná země je pouze tranzitní, tedy není ani místem odeslání ani příjmu, dále pokud jde o přepravu mezi dvěma sousedními členskými státy. Pokud jde o vnitrostátní přepravu, jsou aplikovány národní právní předpisy, které se ovšem od těchto dohod v podstatě neliší nebo se na ně přímo odkazují.

Přepřavu výbušnin v České republice specifikuje zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti a výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů, který stanovuje informační a oznamovací povinnost organizaci, která zajišťuje přepřavu výbušnin, Policejnímu prezidiu České republiky. Přepřavní jednotky podle tohoto zákona, až na výjimky, musejí být vybaveny zařízením, které umožňuje nepřetržité sledování jejich pohybu. Výbušniny jsou tak jednou z mála kategorií nebezpečných látek, u kterých je přepřava takto monitorována. Toto opatření přispívá ke zvýšení bezpečnosti přepřavy, je tedy nepochopitelné, že takto není zabezpečena přepřava všech kategorií nebezpečných látek. Systém GPS, kterým je pohyb vozidel při přepřavě výbušnin sledován, by bylo ovšem vhodné doplnit o varovné signalizační zařízení, které by v případě nežádoucích dějů (např. náraz) během přepřavy vyslalo tísňovou zprávu složkám IZS i Policejnímu prezidiu ČR. Tím by bylo možné uspišit reakci záchranných složek a minimalizovat tak rizika škodlivého působení případné dopřavní nehody.

Zpracování empirické části diplomové práce bylo podpořeno konzultacemi s odborníky z oborů zabývajícími se prací s výbušninami. Na základě takto získaných informací bylo například zjišřeno, že přepřava výbušnin v rámci výkonu policejních činností se zásadně liší od této přepřavy pro civilní účely. V případě činnosti PČR, tedy převoz nalezené nevybuchlé munice nebo NVS, a trhavin určených pro krizové a prostupové trháni, nejsou vždy vozidla označena podle ADR, vybavena GPS lokátorem a zároveň převoz není hlášen Policejnímu prezidiu ČR. Dopřavní jednotka s výbušninou je v takovém případě provázena doprovodnými vozy jedoucími v koloně, ve složení průzkumný tzv. tykadlový vůz jedoucí vpředu a krycí zásahový vůz vzadu. Převoz je tedy plně zajišřován vlastními silami a prostředky PČR. Přepřava trhavin pro civilní účely probíhá pomocí vlastních prostředků spotřebitele anebo odbornou externí firmou. Tato vozidla konstrukcí i výbavou, včetně označení, plně odpovídají předpisu ADR.

Informace týkající se výroby, označování, balení, přepřavy, spotřeby a likvidace výbušnin jsou velmi citlivé, a proto je velmi složité je získat. Oslovení odborní

pracovníci byli ochotni tyto informace sdělit pouze s příslibem neuveřejnění této diplomové práce v plném rozsahu elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze diplomových prací. Tato sdělení byla ovšem nezbytná k tomu, aby výchozí data pro simulaci, co nejvíce odpovídala reálným skutečnostem. Na základě získaných informací bylo možné provést analýzu používání výbušnin na území Jihočeského kraje a s tím související lokalizaci konkrétních míst jejich výskytu, z čehož bylo možné odvodit přepravní trasy. V České republice totiž nejsou nijak přímo regulovány trasy přepravy výbušnin (vyjma některých kategorií tunelů). Stanovení nejvhodnější přepravní trasy je plně na zvážení a odpovědnosti přepravce. Ten by se v zájmu bezpečnosti měl vyhnout hustě osídleným oblastem, rizikovým úsekům, jako jsou mosty, tunely, nepřehledné zatáčky, příkrá stoupání a klesání, úseky s vysokou intenzitou provozu a pod.

Výstupem této analýzy a zmapování se stala lokalizace simulované havárie v křížení klíčových komunikací v krajském městě České Budějovice, coby důležitého dopravního uzlu. Část mezinárodní tranzitní sítě, komunikace E-55, protíná širší centrum města.

Výše popsané skutečnosti se staly podklady nezbytnými pro proces simulace havárie v programu TerEx. Vzhledem k jeho snadnému ovládnutí i s minimálním množstvím dat, je neocenitelným pomocníkem při odhadování škodlivých následků mimořádných událostí spojených s únikem nebezpečných látek složkami IZS a subjekty zpracovávajícími havarijní a územní plány. Zůstává tedy s podivem, že jím tyto instituce nejsou, nejspíš z důvodů finanční náročnosti, vybaveny.

Pro simulaci byly zvoleny tři varianty převáženého množství trhaviny NKG-500 s ohledem na různé účely použití při trhacích pracích, jak je již v praktické části zmíněno. TerEx nabízí výběr pouze základních druhů trhavin, mezi nimiž se NKG-500 nevyskytuje, avšak díky jejímu složení, které odpovídá 76,5% pentritu a 10% TNT, byla v zadávacím rozhraní zvolena trhavina pentrit. Obě trhaviny (pentrit i NKG-500) odpovídají jak svými fyzikálně chemickými vlastnostmi, tak i rychlostí výbuchové přeměny. Varianta znázorňující výbuch 100 kg zvolené trhaviny predikuje

do vzdálenosti 54 m vážně poškozené budovy a do vzdálenosti 89 m ohrožené osoby nacházející se mimo budovy. V případě detonace 700 kg by došlo k vážnému poškození budov do 102 m a osoby nacházející se mimo budovy by byly vystaveny přímým účinkům výbuchu do vzdálenosti 171 m. V poslední simulované variantě výbuchu 4000 kg trhaviny by byly poškozeny budovy do vzdálenosti 185 m a ohrožení osob mimo budovy účinkem tlakové vlny do 305 m. Z těchto údajů mimo jiné vyplývá, že ohrožená oblast se nerozšiřuje exponenciálně v závislosti na zvoleném množství trhaviny.

Tyto výsledky nejsou zcela přesně vypovídající, jelikož program TerEx není schopen rozeznat zastavěnou plochu od volného prostoru a tím vyjádřit princip šíření ničující rázové vlny, kdy v reálném prostředí dochází k jejímu blokování, odrazu a násobení (např. právě v dlouhých ulicích obklopených stavbami). Výstup je zobrazen kružnicí, to ovšem neznamená, že například budovy nacházející se za hranicí této kružnice nebudou poškozeny a naopak, že všechny budovy v této zóně budou zničeny. Předpokládané účinky jsou znázorněny v příloze č. 8. TerEx počítá pouze s nástražným výbušným systémem, nikoli s nehodou při civilním využitím trhaviny, jako je její převoz, který probíhá prakticky denně.

S ohledem na výsledky simulace je možné odpovědět na výzkumnou otázku: Jaké ohrožení představuje havárie vozidla přepravujícího výbušniny? V obydlené oblasti, kde se nachází mnoho obytných a administrativních budov, představuje nehoda vozidla převážejícího výbušniny značné nebezpečí. I při dodržení veškerých bezpečnostních norem a opatření není možné zabránit lidskému selhání, ať už jde o náhlé zhoršení zdravotního stavu nebo snížení reakční rychlosti vlivem únavy, a tím vzniku nehodové situace, tedy procesu náhlých, nekontrolovatelných a nepředvídatelných dějů, které se v průběhu nehodové události kumulují a mohou tak vyústit v jinak nepravděpodobnou detonaci nákladu. Obyvatelé statutárního města České Budějovice jsou těmito riziky ohroženi o to víc, jelikož dosud nebyl vybudován městský obchvat odklánějící hlavní dopravu z centra města, kde se vyskytuje značné množství osob. Zasahující složky jsou při řešení takovéto mimořádné události také značně ohroženy primárními a sekundárními účinky výbuchu. Pro ilustraci následků viz příloha č. 9.

Při zpracovávání návrhu řešení vzniklé mimořádné události složkami IZS v souvislosti s ochranou obyvatelstva bylo zjištěno, že manuály, bojové řády, pokyny a postupy složek IZS mnohdy nepočítají s variantou již nastalého výbuchu nebo nehodou vozidla převážejícího výbušniny. Většina těchto dostupných dokumentů popisuje činnosti související s ochranou obyvatel při výbuchu teprve hrozícím, kdy jde zpravidla o ohlášení umístění nebo nálezu nástražného výbušného systému. Nehoda vozidla převážejícího výbušniny s jejich následným požárem nebo detonací při nehodě je o to zákeřnější, že se může odehrát kdekoli během přepravy.

V případě takovéto nehody lze předpokládat, že prvotní dojem nastalé situace by odpovídal teroristickému útoku, a to do té doby než by byly nalezeny tabulky označující přepravovanou nebezpečnou látku. Je otázkou, zda by je vlivem účinku detonace bylo možné nalézt. V takovém případě by byly aktivovány i složky, do jejichž kompetence spadá boj s organizovaným zločinem. Pro následné šetření příčin takové dopravní nehody by bylo vhodné zachovat při záchranných a likvidačních pracích takové postupy, které budou co nejšetrnější pro zachování důkazních materiálů.

Při nehodové události lze také předpokládat, že nedojde k iniciaci celého nákladu současně, tedy že bude hrozit i následný výbuch zbylé trhaviny, například odmrštěné tlakovou vlnou z epicentra výbuchu. Proto považují za nutné, aby k takové nehodě byl přivolán příslušník Pyrotechnické služby PČR, který je jako jediný způsobilý k posouzení potencionálního nebezpečí. Na základě konzultací totiž bylo zjištěno, že v takovém případě nejsou plně stanovené kompetence pro konkrétní útvar PČR. To je s největší pravděpodobností, společně s neexistencí jednotného popisu činností složek IZS při dopravní nehodě vozidla převážejícího výbušniny, příčinou rozdílného postupu těchto složek při řešení publikovaných případů takových nehod v minulosti. Je nutné zdůraznit, že žádná z těchto havárií nevyústila v detonaci. Jeden z těchto případů byl řešen ve spolupráci s pyrotechnikem PČR, který byl přivolán na místo a až po jeho vyjádření, že manipulace s havarovanou výbušninou je bezpečná, došlo k otevření nákladového prostoru vozidla a následnému překlada trhaviny na náhradní vůz. V druhém případě byli příslušníky HZS na místo nehody přivoláni pracovníci přepravce, kteří havarovaný náklad zhodnotili, jako bezpečný a uskutečnili jeho přesun

do nového vozu. Ve třetím případě nebyl k nehodě přizván žádný odborník a příslušníci HZS havarované výbušniny začali bezprostředně po prvotních protipožárních opatřeních překládat do přistaveného náhradního vozidla.

Tato diplomová práce by tak po zobecnění a vypuštění citlivých údajů mohla sloužit jako materiál k vytvoření dokumentu pro jednotný postup složek IZS při nehodě vozidla převážejícího výbušniny.

Závěr

Tato diplomová práce, s ohledem na své téma, zpracovává problematiku výbušnin, jejich přepravy, coby jedné z kategorií nebezpečných látek, ohrožení vznikajících v případě nehody vozidla, které je přepravuje, a řešením takové situace se záměrem minimalizace škodlivého působení jejích vlivů.

Výbušniny nelze vnímat pouze jako prostředek ničení. Jsou nepostradatelné v mnoha oborech lidské činnosti, kde vykonávají těžkou práci. S jejich pomocí se provádí vrtné a geofyzikální práce. Stavebnictví jich využívá při přípravě a provádění staveb pomocí demoličních a destrukčních prací, jako je odstřel nevyhovujících budov, výškových komínů atd., úpravě terénu a ražbě tunelů. V metalurgii se uplatňují při tváření a jiné úpravě kovových materiálů výbuchem. Jsou určeny k provádění trhacích prací při hlubinném nebo povrchovém dobývání ložisek nerostů. Své uplatnění nalézají i při řešení mimořádných událostí a krizových situací, například k uvolňování naplavených stromů, kmenů, větví a jiných předmětů, zabraňující potřebnému průtoku, odstřelu ledových ker, hrází a břehů k vytvoření náhradního odtoku a odstraňování plovoucích objektů. V rámci protipožárních opatření jsou pomocí výbušnin vytvářeny rýhy proti ohni a káceny stromy. Dále se jimi provádí odstraňování stavebních prvků a objektů, odstřel nestabilního horninového masivu, laviny nebo převisu sněhu a další činnosti s využitím výbušnin v rámci ZaLP.

Ve všech těchto případech je nutné výbušniny na místo spotřeby přepravit, a to především pomocí silniční dopravy, jejíž koncentrace v posledních letech neustále stoupá. Při takovéto hustotě provozu na pozemních komunikacích stoupá riziko nehody vozidla převážejícího výbušniny a tím i ohrožení působením škodlivých vlivů takové havárie, zejména v případech, kdy tranzitní síť prochází hustě osídlenými oblastmi. Přesně takovým případem je město České Budějovice, jehož představitelé dosud nedokázali vyřešit otázku vybudování obchvatu města tak, aby především nákladní doprava, pod níž spadá i přeprava nebezpečných látek, byla odkloněna z centra města, v němž se obvykle pohybuje vysoký počet lidí.

Hlavním cílem této práce tedy bylo pomocí softwarového programu TerEx, nasimulovat havárii vozidla převážejícího výbušniny a z toho vyplývající dopady vzniklé mimořádné události. Po jeho naplnění a analýze odborných zdrojů ve kterých jsou podrobně popsány účinky výbuchu a jeho jevy, které jsou nezbytné pro identifikaci hrozících škodlivých účinků a dopadů na okolní prostředí v případě jejich nežádoucí iniciace, bylo možné zodpovědět výzkumnou otázku v tom smyslu, že v obydlené oblasti, kterou bez pochyby centrum Českých Budějovic je, kde se nachází mnoho obytných a administrativních budov, představuje nehoda vozidla převážejícího výbušniny značné nebezpečí. Na takový výsledek navazuje druhý cíl práce. Byl vytvořen návrh řešení takto vzniklé mimořádné události složkami IZS v souvislosti s ochranou obyvatelstva.

Při vytváření modelové situace v programu TerEx se ukázalo, že vzhledem k jeho snadnému ovládní i s minimálním množstvím dat, je neocenitelným pomocníkem při odhadování škodlivých následků mimořádných událostí spojených s únikem nebezpečných látek. Řešení podobné dopravní nehody složkami IZS, pokud by jím tedy byly vybaveny, by bylo mnohem efektivnější a mohly by tak být více eliminovány škodlivé vlivy výbuchu na životy, zdraví a hmotné statky nejenom občanů, ale i samotných příslušníků záchranných sborů. Nepředvídatelnost místa silniční havárie vozidla převážejícího výbušniny z ní činí vysoce rizikovou situaci, jelikož se na ni nelze, narozdíl od stacionárních zdrojů ohrožení, připravit například zpracováním havarijních plánů.

Seznam informačních zdrojů

1. BARTLOVÁ, Ivana; ZLATOHLÁVKOVÁ, Dana. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií*. 1. vyd. Ostrava: Naše vojsko, 2003, 153 s. ISBN 80-866-3430-2.
2. BARTLOVÁ, Ivana. *Nebezpečné látky*. 2. rozš. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005, 211 s. ISBN 80-866-3459-3.
3. BREBERA, Stanislav. *Vojenské trhaviny a technologie výroby trhavinových náloží: licenční studium "Teorie a technologie výbušin"*. Vyd. 2. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2005, 111 s. ISBN 80-719-4725-3.
4. BREBERA, Stanislav. *Vojenské trhaviny II: trhaviny různé konzistence*. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002, 124 s. ISBN 80-719-4497-1.
5. DOBIÁŠ, Viliam et al. *Prednemocničná urgentná medicína*. 1. vyd. 2007, 109 s. ISBN 978-808-0632-557.
6. FOLWARCZNY, Libor; POKORNÝ; Jiří. *Evakuace osob*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006, 125 s. ISBN 80-866-3492-2.
7. HRAZDÍRA, Ivo; KOLLÁR, Milan. *Základy policejní pyrotechnické činnosti*. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie České republiky, 2001, 154 s. ISBN 80-725-1069-X.
8. HRAZDÍRA, Ivo. *Nebezpečné látky: (vybrané kapitoly)*. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie České republiky, 1997, 203 s. ISBN 80-859-8158-0.
9. JANÍČEK, Miroslav. *Pyrotechnická ochrana před terorismem: licenční studium "Teorie a technologie výbušin"*. 1. vyd. Vyškov: Educa Consulting, 2001, 175 s. ISBN 80-902-0896-7.
10. JANÍČEK, Miroslav. *Pyrotechnik v boji proti terorismu: licenční studium "Teorie a technologie výbušin"*. Vyd. 2. Praha: DEUS, 2005, 111 s. ISBN 80-86215-17-2.
11. KLŮC, Antonín; ZLATOHLÁVKOVÁ, Dana. *Život pyrotechnika*. 1. české vyd. Praha: Naše vojsko, 2003, 153 s. ISBN 80-206-0675-0.
12. KOLEKTIV AUTORŮ RUDNÉ DOLY, n.p. *Učební texty pro střelmisty v neplynujících rudných dolech v ČSR*. Příbram: Odbor výchovy a vzdělávání pracujících, 1980, 214 s.

13. KOŘÍNEK, Roman. *Trhací práce v lomech*. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ V OSTRAVĚ, Fakulta hornicko-geologická. 2. vyd. Ostrava, 1992, 196 s.
14. KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše. *Ochrana obyvatelstva*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005, 140 s. ISBN 80-866-3470-1.
15. KUSÁK, Jan. *Základy konstrukce munice I*. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003, 272 s. ISBN 80-719-4629-X.
16. LEHKÝ, Ladislav. *Technologie hnacích hmot*. Vyd. 2., opr. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2005, 124 s. ISBN 80-719-4754-7.
17. MEČŘÍŘ, Roman; VÁLEK, Dušan. *Novodobá vrtací a trhací technika*. 2. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1969, 500 s.
18. PORADA, Viktor. *Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi*. Praha: Linde, 2000, 378 s. ISBN 80-720-1212-6.
19. PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Nebezpečné chemické látky a chemické přípravky a průmyslové nehody*. Vyd. 1. Praha, 2008, 418 s. ISBN 978-80-7251-275-1.
20. SOKOL, Miloš; DOGOŠI, Michal; FUSEK, Josef. *Soudní lékařství a toxikologie pro vojenské lékaře*. Vyd. 1. V Hradci Králové: Univerzita obrany, 2010, 90 s. ISBN 978-80-7231-347-1.
21. STEPHAN, Frank et al. *Přeprava nebezpečných věcí v kusech a volně ložených zásilek*. 1. vyd. v českém jazyce. Překlad Petr Šabart, Ivana Papešová. Kolín nad Rýnem: TÜV Thüringen Fahrzeug, 1999, 109 s. ISBN 80-862-8100-0.
22. ŠENOVSKÝ, Michail. *Nebezpečné látky II*. 2., aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, 229 s. ISBN 978-80-7385-000-5.
23. ŠTĚTINA, Jiří. *Medicína katastrof a hromadných neštěstí*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2000, 429 s. ISBN 80-716-9688-9.
24. URBAŇSKI, Tadeusz et al. *Chemie a technologie výbušnin I. díl*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1958, 332 s.
25. VÁVRA, Pavel; VÁGENKNECHT, Jiří. *Teorie působení výbuchu*. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002, 105 s. ISBN 80-719-4494-7.

26. VÁVRA, Pavel. *Teorie výbušin: vedení pedagogické praxe*. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, Katedra teorie a technologie výbušin, 2002, 115 s. ISBN 80-719-4444-0.
27. ZEMAN, Svatopluk. *Technologie energetických materiálů I: texty přednášek z předmětu Technologie základních výbušin*. Vyd. 2. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2007, 146 s. ISBN 978-80-7194-939-8.

Elektronické zdroje

28. BARTA, Jiří. UNIVERZITA OBRANY, Katedra ochrany obyvatelstva. *Informační systémy pro krizové řízení: Použití informačních systémů pro modelování a simulace krizových situací - T4* [Pdf]. Brno, 2004, 40 s. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z WWW: <https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/16043/mod_resource/content/2/Program_Terex.pdf>
29. EXPLOSIA, a.s. *Trhaviny: Katalog* [Pdf]. 2011, 32 s. [cit. 2014-02-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.explosia.cz/trhaviny/download/trhaviny.pdf>>
30. HORÁK, Jan a Aleš KUDLÁK. *Pomůcka pro využívání softwaru pro rychlý odhad následků havárií a teroristických útoků: Program TerEx*. České Budějovice: Jihočeská Univerzita, 2007. Dostupné z WWW: <http://www.zsf.jcu.cz/cs/katedra/katedra-radiologie-toxikologie-a-ochrany-obyvatelstva/informace-katedry/projekty/vyukove-pomucky-pro-software-emoff-a-terex/terex.pdf>
31. INTERGOVERNMENTAL ORGANISATION FOR INTERNATIONAL CARRIAGE BY RAIL . International Rule for Transport of Dangerous Substances by Railway (RID). [cit. 2014-04-25]. Dostupné z WWW: <http://www.cit-rail.org/en/rail-transport-law/cotif/>
32. INTERGOVERNMENTAL ORGANISATION FOR INTERNATIONAL CARRIAGE BY RAIL, The Convention concerning International Carriage by Rail (COTIF). [cit. 2014-04-15]. Dostupné z WWW: <http://www.cit-rail.org/en/rail-transport-law/cotif/>
33. International Air Transport Association , IATA Dangerous Goods Regulations (IATA DGR). [cit. 2014-04-3]. Dostupné z WWW: <<https://www.iata.org/whatwedo/cargo/dgr/Documents/DGR55-Addendum1-EN-20131223.pdf>>

34. KLEPRLÍK, Jaroslav. Informace o nebezpečných látkách při přepravě nebezpečných věcí v silniční dopravě. *Metodika posuzování vlivu dopravních tras na biodiverzitu a složky životního prostředí*. 2008, roč. 3, č. 4, s. 8. Dostupné z WWW: <http://perverscontacts.upce.cz/11_2008/kleprlik.pdf>
35. KOŘÍNEK, Robert, Zdeněk KALÁB a Miroslav PINKA. *Technické odstřely a jejich účinky: Přednáška č. 1* [Pdf]. 2009, 24 s. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.geotechnici.cz/wp-content/uploads/2012/08/1-prednaska-studenti1.pdf>>
36. MAINIERO, Richard a ROWLAND, James. *A Review of Recent Accidents Involving Explosives Transport* [Pdf]. Pittsburgh, PA: NIOSH, Pittsburgh Research Laboratory, 2008, 13 s. [cit. 2014-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.cdc.gov/niosh/mining/UserFiles/works/pdfs/arorai.pdf>>
37. MINISTERSTVO OBRANY. *Český obranný standard 130013: Klasifikace vojenské munice a výbušnin* [Pdf]. 2. vyd. Praha: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti, 2013, 44 s. [cit. 2014-03-23]. Dostupné z WWW:< www.oos.army.cz/cos/cos/130013.pdf>
38. MINISTERSTVO OBRANY. *Český obranný standard 139801: Zásady bezpečnosti pro přepravu vojenské munice a výbušnin* [Pdf]. 1. vyd. Praha: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti, 2007, 72 s. [cit. 2014-03-24]. Dostupné z WWW: <<http://www.oos.army.cz/cos/cos/139801.pdf>>
39. MINISTERSTVO VNITRA – GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY. *Bojový řád jednotek požární ochrany - taktické postupy zásahu: Trhací práce při záchranných a likvidačních pracích - S.13* [Pdf]. 2007, 2 s. [cit. 2014-04-7]. Dostupné z WWW: <<http://metodika.cahd.cz/bojovy%20rad/S.13%20Trhaci%20prace.pdf>>
40. POLICEJNÍ PREZIDIUM POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY - OPERAČNÍ ODBOR. *Hlášení přepravy výbušnin na Policejní prezidium ČR od 1.1.2014* [Jpg]. 2013, 1 s. [cit. 2014-05-01]. Dostupné z WWW: <<http://cbusbs.cz/docs/vybusniny-preprava04.jpg>>
41. POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY *Pyrotechnická služba Policie České republiky*. [online]. 2014 [cit. 2014-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.policie.cz/clanek/pyrotechnicka-sluzba-policie-ceske-republiky-906180.aspx>>

42. POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY. *Výbušniny a zbraně: Nejsou hračky a každou chybu tvrdě trestají!* [Pdf]. Praha: Preventivně informační oddělení krajského ředitelství policie hl.m. Prahy, 2010, 24 s. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.policie.cz/soubor/zbrane-a-vybusniny-zbrane-a-vybusniny-pdf.aspx>>
43. SLOVÁK, Josef. SYMPOSIUM - HORNICKÁ PŘÍBRAM VE VĚDĚ A TECHNICE. *Zákon č. 184/2011 Sb. – přeprava výbušnin: Přednáška* [Pdf]. Příbram, 2012, 11 s. [cit. 2014-03-26]. Dostupné z WWW: <<http://slon.diamo.cz/hpvt/2012/Sekce%20L/L04.pdf>>
44. UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. *ADR European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road: Volume I*. New York and Geneva: United Nations Publication, 2012, 657 s. ECE/TRANS/225. ISBN 978-92-1-139143-5. [cit. 2014-02-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/adr/adr2013/English/VolumeI.pdf>>

Legislativní dokumenty

45. Česká republika. Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: 2011. č. 122, 2011. Dostupné z WWW: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=75352&nr=350~2F2011~20Sb.&ft=pdf>>
46. Česká republika. Zákon č. 66/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů. In: 1988. č. 10, 1988. Dostupné z WWW: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=37650&nr=61~2F1988~20Sb.&ft=pdf>>
47. Česká republika. Zákon č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě, ve znění pozdějších předpisů. In: 1994. č. 37, 1994. Dostupné z WWW: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=41984&nr=111~2F1994~20Sb.&ft=pdf>>
48. Česká republika. Nařízení vlády č. 1/2000 Sb., o přepravním řádu pro veřejnou drážní nákladní dopravu, ve znění pozdějších předpisů. In: 2000. č. 1, 2000. Dostupné z WWW: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=48431&nr=1~2F2000~20Sb.&ft=pdf>>

49. Česká republika. Zákon č. 114/1995 Sb., o vnitrozemské plavbě, ve znění pozdějších předpisů. In: 1995. č. 30, 1995. Dostupné z WWW: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=43003&nr=114~2F1995~20Sb.&ft=pdf>>
50. Česká republika. Vyhláška Ministra zahraničních věcí č. 64/1987 Sb., o Evropské dohodě o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR), ve znění pozdějších předpisů. In: 1987. č. 13, 1987. Dostupné z WWW: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=37317&nr=64~2F1987~20Sb.&ft=pdf>>
51. Česká republika. Sdělení Ministra zahraničních věcí č. 8/2013 Sb., o vyhlášení přijetí změn a doplňků Přílohy A – Všeobecná ustanovení týkající se nebezpečných látek a předmětů a Přílohy B – Ustanovení o dopravních prostředcích a o přepravě Evropské dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR). In: 2013. 5. Dostupné z WWW: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirkazakonu/SearchResult.aspx?q=8/2013&typeLaw=mezinarodni_smlouva&what=Cislo_zakona_smlouvy>
52. Česká republika. Vyhláška ČBU č. 327/1992 Sb., , kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při výrobě a zpracování výbušnin a o odborné způsobilosti pracovníků pro tuto činnost. In: 1992. 66. Dostupné z WWW: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonInfo.jsp?idBiblio=40051&fulltext=&nr=327~2F1992&part=&name=&rpp=15#local-content>>
53. Česká republika. Nařízení vlády ČR č. 84/2013 Sb., o požadavcích na jednoznačné označování výbušnin pro civilní použití. In: 2013. 39. Dostupné z WWW: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonInfo.jsp?idBiblio=79735&fulltext=&nr=84~2F2013&part=&name=&rpp=15#local-content>>
54. Česká republika. Zákon č. 83/2013 Sb., o označování a sledovatelnosti výbušnin pro civilní použití. In: 2013. 39. Dostupné z WWW: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonInfo.jsp?idBiblio=79734&fulltext=&nr=83~2F2013&part=&name=&rpp=15#local-content>>

Ostatní zdroje

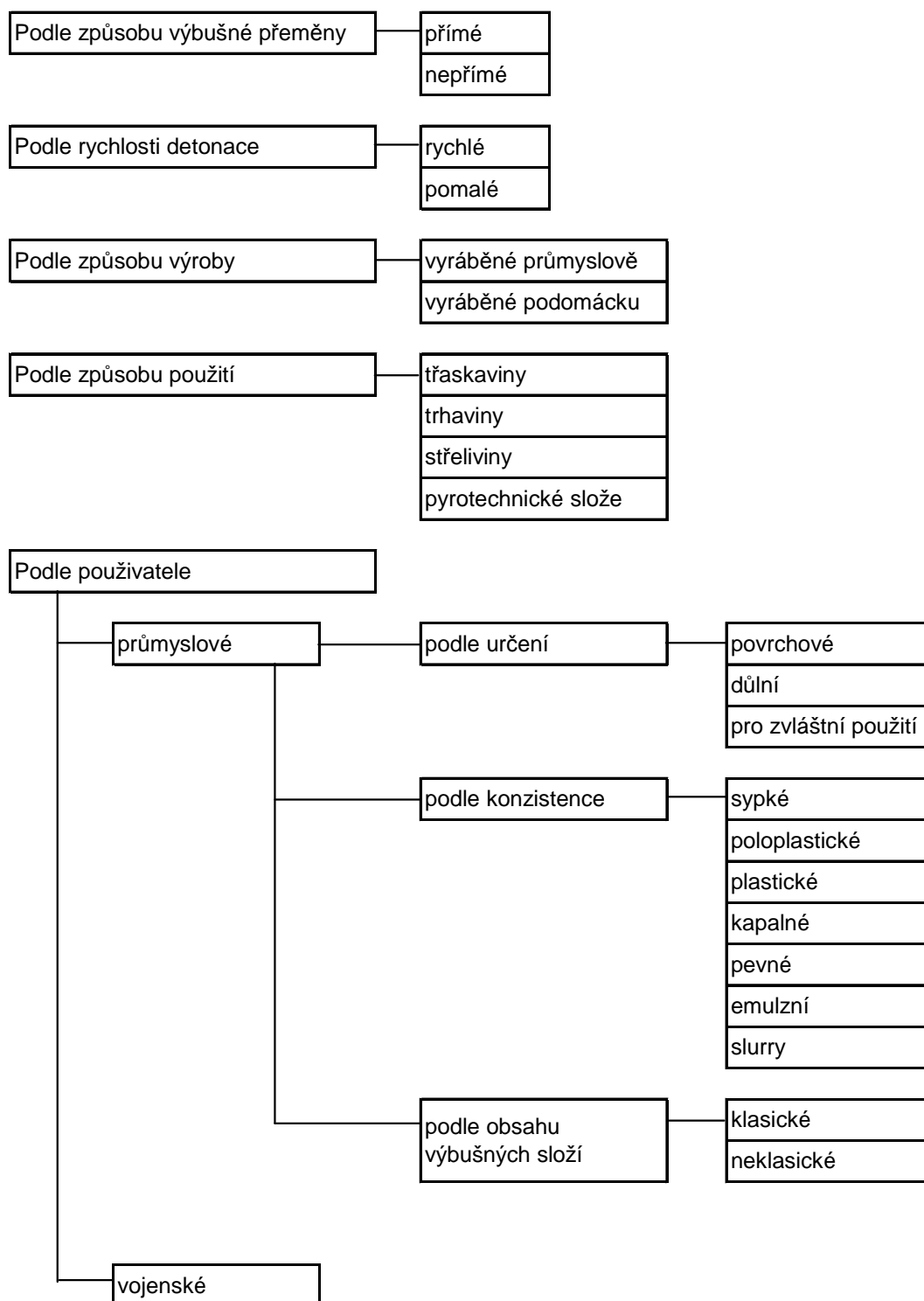
55. MAKOVIČKA, Michal. Interní dokument. *Návod k používání počinové náložky NKG-500*. Explosive Service a.s., Praha. 2008, 5 s.

Přílohy

Seznam příloh

- Příloha č. 1 - Klasifikace výbušnin podle různých hledisek
- Příloha č. 2 - Tabulky podtříd a skupin snášenlivosti třídy nebezpečnosti 1
- Příloha č. 3 - Značení nebezpečných látek a věcí podle Dohody ADR
- Příloha č. 4 - Označení výbušniny formou maticového a čárového kódu
- Příloha č. 5 - Protokol o nebezpečnosti výbušnin
- Příloha č. 6 - Omezení průjezdu tunely
- Příloha č. 7 - Počínová náložka NKG-500
- Příloha č. 8 - Předpokládané nejničivější účinky výbuchu při simulované havárii
- Příloha č. 9 - Příklady ničivých účinků havárie při převozu výbušnin
- Příloha č. 10 - Motto diplomové práce

Příloha č. 1 - Klasifikace výbušnin podle různých hledisek



Zdroj: Základy policejní pyrotechnické činnosti (7)

Příloha č. 2 - Tabulky podtříd a skupin snášenlivosti třídy nebezpečnosti 1

Tabulka - Podtřídy třídy 1

1.1	Nebezpečí hromadného výbuchu
1.2	Nebezpečí rozletu, ale bez nebezpečí hromadného výbuchu
1.3	Nebezpečí ohně a malé nebezpečí tlakové vlny nebo rozletu nebo obojího, ale bez nebezpečí hromadného výbuchu
1.4	Žádné významné nebezpečí
1.5	Velmi necitlivé látky s nebezpečím hromadného výbuchu
1.6	Extrémně necitlivé předměty bez nebezpečí hromadného výbuchu

Tabulka - charakteristika skupin snášenlivosti

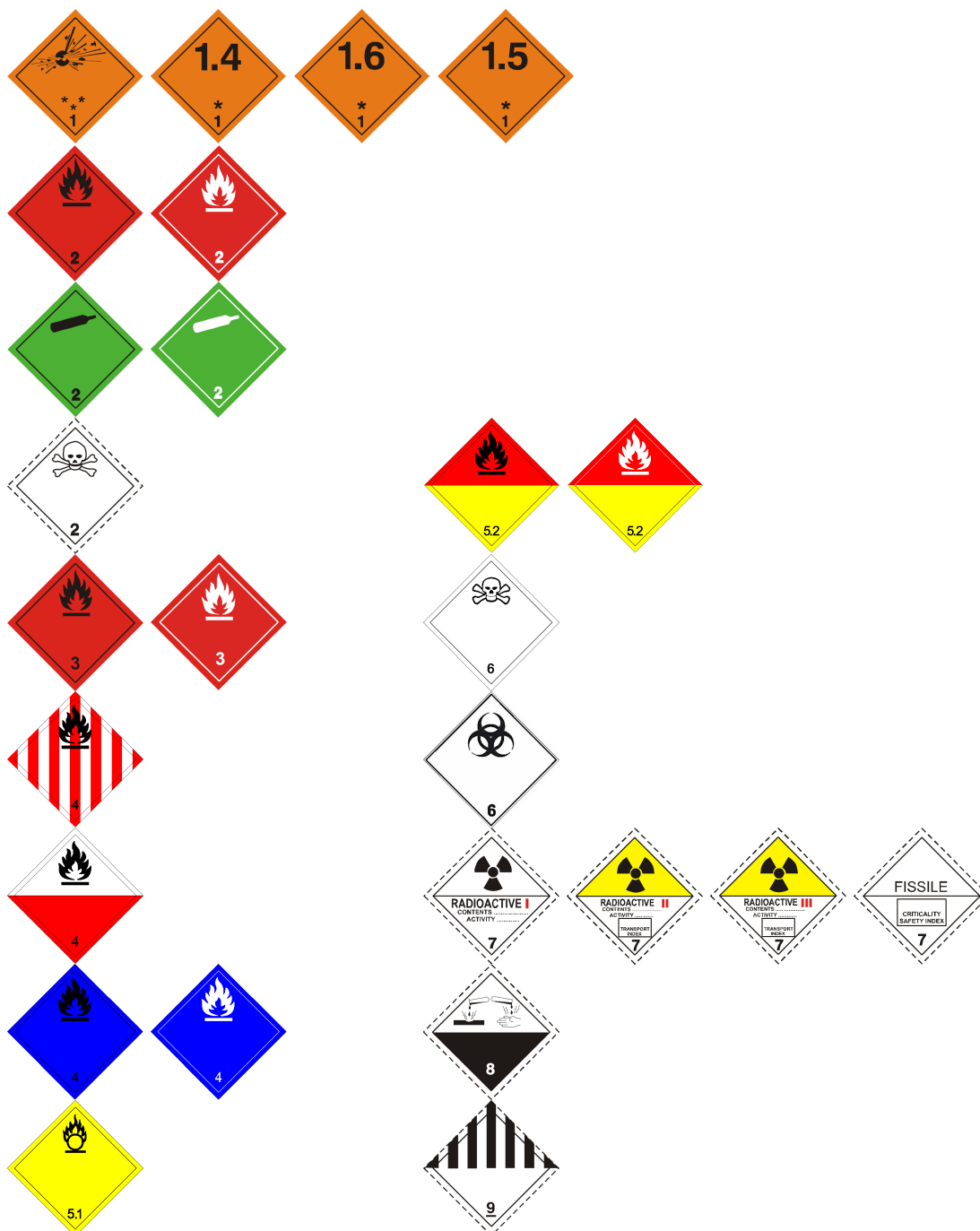
Skupina A	Třaskaviny
Skupina B	Předměty obsahující třaskavinu, které mají méně než dvě účinná pojistná zařízení
Skupina C	Střeliviny nebo jiné deflagrující výbušniny nebo předměty obsahující takové výbušniny
Skupina D	Trhaviny, černý prach nebo předměty obsahující trhaviny, vždy bez roznětných prostředků a bez hnací náplně, nebo předměty obsahující třaskaviny, které mají nejméně dvě účinná pojistná zařízení
Skupina E	Předměty obsahující trhaviny, bez roznětných prostředků a s hnací náplní
Skupina F	Předměty obsahující trhaviny s vlastním roznětným prostředkem, s hnací náplní nebo bez hnací náplně
Skupina G	Pyrotechnické látky, předměty obsahující pyrotechnické látky nebo předměty obsahující jak výbušniny, tak osvětlovací, zápalné, slzotvorné nebo dýmotvorné látky
Skupina H	Předměty obsahující jak výbušniny, tak bílý fosfor
Skupina J	Předměty obsahující jak výbušniny, tak hořlavou kapalinu nebo hořlavý gel
Skupina K	Předměty obsahující jak výbušniny, tak toxickou chemickou látku
Skupina L	Výbušniny nebo předměty obsahující výbušniny, které představují zvláštní riziko a vyžadující oddělení jednotlivých druhů
Skupina N	Předměty obsahující pouze extrémně necitlivé detonující látky
Skupina S	Látky nebo předměty, které jsou zabaleny nebo konstruovány tak, aby všechny nebezpečné účinky vyvolané náhodným uvedením do činnosti zůstaly omezeny na prostor obalu s výbušninou, pokud nebyl obal znehodnocen požárem. V takovém případě jsou účinky tlakové vlny a rozletu omezeny tak, že významně nebrání likvidaci požáru nebo jiným záchranným pracím v bezprostřední blízkosti obalu

Tabulka - Závislost kombinace podtříd a skupiny snášenlivosti

Podtřída	Skupina snášenlivosti												
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	S
1.1	1.1A	1.1B	1.1C	1.1D	1.1E	1.1F	1.1G		1.1J		1.1L		
1.2		1.2B	1.2C	1.2D	1.2E	1.2F	1.2G	1.2H	1.2J	1.2K	1.2L		
1.3			1.3C			1.3F	1.3G	1.3H	1.3J	1.2K	1.3L		
1.4		1.4B	1.3C	1.4D	1.4E	1.4F	1.4G						1.4S
1.5				1.5D									
1.6												1.6N	

Zdroj: Český obranný standard 139801(38)

Příloha č. 3 - Značení nebezpečných látek a věcí podle Dohody ADR



Zdroj: Dohoda ADR

Příloha č. 4 - Označení výbušniny formou maticového a čárového kódu



Zdroj: Nařízení vlády ČR č. 84/2013 Sb.

Příloha č. 5 - Protokol o nebezpečnosti výbušin

PROTOKOL O NEBEZPEČNOSTI VÝBUŠIN PRO SILNIČNÍ PŘEPRAVU MUNICE třída 1, skupina 1.2 ADR



NÁKLAD	Munice a výbušiny
NEBEZPEČÍ	Postupná exploze Střepiny a úlomky Další nebezpečí: Dodatkový protokol o nebezpečnosti výbušiny, jestliže existuje
PROSTŘEDKY OCHRANY	Výstražná vesta nebo oblečení pro každého z osádky Ruční lampa pro každého z osádky Viz také Dodatkový protokol o nebezpečnosti výbušiny, jestliže je připojen
ČINNOST ŘIDIČE	ZACHOVEJTE KLID Upozorněte policii nebo centrální záchranný systém a předejte informace o municí V případě nutnosti povolejte HASIČE Vypněte motor a světla, nekuřte Zabezpečte místo nehody, označte cestu výstražnými zařízeními Upozorněte uživatele silnice, stůjte proti větru, pokud je možné Poskytněte první pomoc Střežte náklad a zabraňte přístupu nepovolaným osobám do vzdálenosti nejméně 25 m Nedotýkejte se spadlé nebo vymetené munice Informujte dispečerskou skupinu CVD St. Boleslav o situaci
DOPLŇKOVÁ A /NEBO SPECIÁLNÍ ČINNOST ŘIDIČE	Dodatkový protokol o nebezpečnosti výbušiny přiložen: ANO NE
POŽÁR	Vznikající požár (náklad ještě není v plamenech): Haste oheň všemi dostupnými prostředky Vzniklý požár (náklad v plamenech): Oheň nehaste Odsuňte co nejrychleji z prostoru ohrožení Okamžitě opusťte prostor ohrožení Vyhledejte bezpečný úkryt (pevnou budovu) bez skleněných ploch
PRVNÍ POMOC	Standardní, pokud není v připojeném dodatkovém protokolu uvedeno jinak

**DOPLŇKOVÉ
INFORMACE**

Doporučené vzdálenosti pro záchranáře na druhé straně
Stručný popis materiálu:
Pro další informace volejte:

Doporučené vzdálenosti pro záchranáře

POŽÁR

Vzniklý požár (náklad v plamenech):

Odstraňujte pokud možno co nejrychleji z prostoru
ohrožení zraněné

Okamžitě opusťte prostor požáru

**Odsuňte všechny osoby (vyjma záchranářů) z místa požáru
do místa s malým ohrožením**

Malé ohrožení - ve vzdálenosti nejméně 1000 m

Vyhledejte bezpečný úkryt (pevnou budovu) bez skleněných
ploch

Minimální vzdálenosti pro záchranáře:

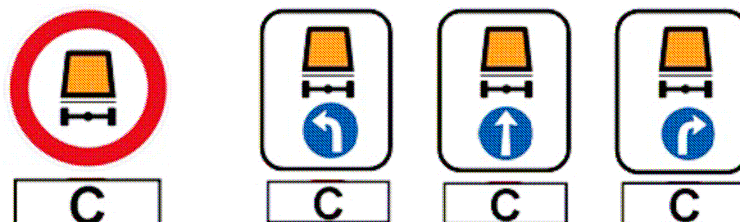
Střední ohrožení -ve vzdálenosti nejméně 390 m

Vysoké ohrožení -ve vzdálenosti nejméně 135 m

Požár haste z úkrytu

Zdroj: Český obranný standard 139801(38)

Příloha č. 6 - Omezení průjezdu tunely



Kategorie tunelu	omezení
A	žádná
B	nebezpečné věci, které mohou vést k velmi silnému výbuchu
C	nebezpečné věci, které mohou vést k velmi silnému výbuchu, silnému výbuchu nebo velkému úniku toxické látky
D	nebezpečné věci, které mohou vést k velmi silnému výbuchu, silnému výbuchu, velkému úniku toxické látky nebo velkému požáru
E	nesmí být použit pro přepravu nebezpečných věcí vyjma látek označených UN 2919, 3291, 3331 a 3373, nebo jiných látek jejichž přepravované množství překračuje 8 tun celkové hmotnosti na dopravní jednotku

Zdroj: <<http://www.cdvplus.cz/file/prezentace-akce-problematika-prepravy-chemickych-latek/>>

Příloha č. 7 - Počínová náložka NKG-500



Zdroj: Fotoarchiv autorky práce

Příloha č. 8 - Předpokládané nejničivější účinky výbuchu při simulované havárii



Zdroj: autorka práce

Příloha č. 9 - Příklady ničivých účinků havárie při převozu výbušnin



Výbuch nákladního vozidla při převozu trhaviny v důsledku havárie, Walden (Ontario, Kanada) rok 1998.



Before Explosion

After Explosion



Výbuch nákladu výbušnin převážených po železnici. Ryongchon (Severní Korea) rok 2004.

Zdroj: A Review of Recent Accidents Involving Explosives Transport (36)



Výbuch nákladního vozidla při převozu trhaviny v důsledku havárie. Mihailesti (Rumunsko), rok 2004.

Zdroj: A Review of Recent Accidents Involving Explosives Transport (36)



Crater, 20-35 feet deep



**Crater and
damaged roadway**



Remains of truck

Výbuch nákladního vozidla při převozu trhaviny v důsledku havárie. Salt Lake City, Utah (USA) rok 2005.

Zdroj: A Review of Recent Accidents Involving Explosives Transport (36)

Příloha č. 10 - Motto diplomové práce

*Ledku sedm dílu vezmi
a pět uhlíků z lískového dřeva,
až zamícháš obé za zavřenými dveřmi,
pět dílů síry přidat je třeba.*

*Ovládneš-li toto mocné umění,
vyvoláš hrom a velké zděšení.*

*Ale na ruce pozor dej,
měj i ty trochu strach
a z mysli nepouštěj,
že omámil tě černý prach.*

Antonín Klůc