

Zásah požárních jednotek v tunelu

Bronislav Hanzl

Bakalářská práce
2018

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav krizového řízení
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bronislav Hanzl**
Osobní číslo: **L15314**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Ovládání rizik**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Zásah jednotek požární ochrany v tunelu**

Zásady pro vypracování:

- 1. Zpracujte literární rešerši o tunelovém systému, jeho bezpečnostních prvcích a historii tunelových systémů.**
- 2. Identifikujte rizika související se zásahem požárních jednotek v tunelu.**
- 3. Navrhňte doporučení pro minimalizaci rizik souvisejících se zásahem požárních jednotek v tunelu.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] HOLUBOVÁ, Věra. **Bezpečnost silniční dopravy a ochrana majetku**. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3500-2.

[2] PŘIBYL, Pavel, JANOTA, Aleš a SPALEK, Juraj. **Analýza a řízení rizik v dopravě: tunely na pozemních komunikacích a železnicích**. Praha. 2008. ISBN 978-80-7300-214-5.

[3] Česko, HZS, **KATALOGOVÝ SOUBOR Typová činnost složek IZS při společném zásahu – Dopravní nehoda (MV – GR HZS ČR, č.j.: MV-96828-2/PO-2008)**. Praha 2008.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Miroslav Tomek, PhD.**

Ústav ochrany obyvatelstva

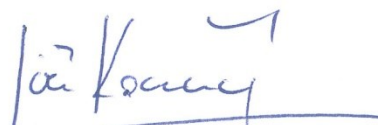
Datum zadání bakalářské práce: **3. listopadu 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2018**

V Uherském Hradišti dne 15. listopadu 2017



doc. RNDr. Jiří Dostál, CSc.
děkan



Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ / DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské/diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

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

V Uherském Hradišti

M. Kočala 2018

.....
podpis studenta

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy. Vysoká škola disertační práce nezveřejňuje, byla-li již zveřejněna jiným způsobem.

(2) Bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

(4) Vysoká škola může odložit zveřejnění bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce nebo jejich částí, a to po dobu trvání překážky pro zveřejnění, nejdéle však na dobu 3 let. Informace o odložení zveřejnění musí být spolu s odůvodněním zveřejněna na stejném místě, kde jsou zveřejňovány bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, již se týká odklad zveřejnění podle věty první, jeden výtisk práce k uchování ministerstvu.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělků jim dosažených v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

HANZL, Bronislav: Zásah požárních jednotek v tunelu. [Bakalářská práce]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta logistiky a krizového řízení; Ústav krizového řízení. Vedoucí: Doc. Ing. Miroslav Tomek, Ph.D. Stupeň odborné kvalifikace: Bakalář (Bc.) v programu: Procesní inženýrství, studijní obor: Ovládání rizik. Zlín: FLKŘ UTB, 2018, 58 stran.

Bakalářská práce je zaměřena na rizika zásahu jednotek požární ochrany v tunelových systémech v České republice. V práci je popsáno, jakým způsobem se provádí požární zásah v tunelovém systému, a které jednotky požární ochrany jsou pro tento zásah předurčeny. Pomocí metod analýzy rizik byla identifikována vybraná rizika související se zásahem jednotek požární ochrany v tunelovém systému. Identifikovaná rizika byla ohodnocena a u stanovených rizik byla navržena opatření pro jejich minimalizaci.

Klíčová slova: jednotka, ochrana, požár, tunel, záchrana, zásah

ABSTRACT

HANZL, Bronislav: Intervention fire protection unit in tunnel. [Bachelor thesis]. Tomas Bata University in Zlin. Faculty of Logistics and Crisis Management; Institute for Crisis Management. The Leader: doc. Ing. Miroslav Tomek, Ph.D. The Level of Professional Qualification: The Bachelor (Bc.) in a Programme: The Process Engineering, The Field of Study: The Risk Control. Zlin: FLKR UTB, 2018, 58 pages.

The bachelor thesis focuses on the risks of fire protection units in tunnel systems in the Czech Republic. The thesis describes how fire intervention is performed in the tunnel system and which fire protection units are destined for this intervention. By using the risk analysis methods, the selected risks associated with the intervention of the fire protection units in the tunnel system were identified. The identified risks have been assessed and designed measures have been proposed to minimise these risks.

Keywords: unit, protection, fire, tunnel, rescue, intervention

Touto cestou bych chtěl moc poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, panu Doc. Ing. Miroslavu Tomkovi, Ph.D., především za možnost psát téma, které je pro mne obohacující a týká se mého povolání, ale také za důkladné a odborné vedení, cenné rady, za jeho volný čas věnovaný mé osobě při konzultacích. Také patří poděkování mým kolegům z Hasičského záchranného sboru Jihomoravského kraje a společnosti Brněnské komunikace a.s. za poskytnutí všech informací a podkladů. Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 HISTORIE TUNELŮ PRO SILNIČNÍ DOPRAVU A SOUČASNOST	12
1.1 HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB A POUŽÍVANÉ TECHNOLOGIE VÝSTAVBY V ČESKÉ REPUBLICE	12
1.2 SOUČASNÁ TECHNOLOGIE VÝSTAVBY TUNELŮ V EVROPĚ.....	14
2 TUNELY V ČESKÉ REPUBLICE	15
2.1 PRÁVNÍ PŘEDPISY PRO BEZPEČNOST VÝSTAVBY A TECHNOLOGIE TUNELŮ V ČESKÉ REPUBLICE	15
2.2 BEZPEČNOST V TUNELECH	17
2.2.1 Prostředí tunelu	18
2.2.2 Jednotný přístup pro bezpečnost silničních tunelů.....	19
2.2.3 Katastrofy silničních tunelů	21
3 CÍL A METODY ZPRACOVÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	23
II PRAKTICKÁ ČÁST	27
4 ZÁSAH JEDNOTEK POŽÁRNÍ OCHRANY V TUNELU	28
4.1 ZÁKLADNÍ METODICKÉ POSTUPY PŘI ZÁSAHU JEDNOTEK POŽÁRNÍ OCHRANY V SILNIČNÍM TUNELU	28
4.1.1 Základní charakteristika silničního tunelu	28
4.1.2 Specifikace nebezpečí, které vycházejí z metodických listů Bojového řádu jednotek požární ochrany	32
4.1.3 Zásah jednotek požární ochrany v silničním tunelu je charakterizován těmito faktory	32
4.1.4 Úkoly jednotek požární ochrany a postup činnosti	33
4.1.5 Zásady jednotek požární ochrany při hašení požáru v tunelech	34
4.1.6 Očekávané zvláštnosti během zásahu jednotek požární ochrany.....	34
4.2 PROVÁDĚNÍ POŽÁRNÍHO ZÁSAHU V TUNELU.....	35
4.2.1 Vznik mimořádné události s následným požárem v tunelu	35
4.2.2 Ohlášení vzniku události na operační střediska složek Integrovaného záchranného systému	36
4.2.3 Centrální technický dispečink	36
4.2.4 Výjezd jednotek požární ochrany na místo zásahu	40
4.2.5 Zásah jednotek požární ochrany v tunelu.....	40
4.2.6 Komunikace složek Integrovaného záchranného systému při zásahu v tunelovém systému.....	42
4.2.7 Další složky Integrovaného záchranného systému využitelné při zásahu v silničním tunelu	43
5 ANALÝZA RIZIK OHROŽUJÍCÍCH BEZPEČNOST HASIČŮ PŘI ZÁSAHU V TUNELU	44
5.1 POPIS PROCESŮ ZÁSAHU JEDNOTEK POŽÁRNÍ OCHRANY V TUNELU ANALÝZOU „WHAT IF“ A JEJICH BODOVÁNÍ	46
5.2 POSOUZENÍ RIZIK PŘI ZÁSAHU JEDNOTEK POŽÁRNÍ OCHRANY V TUNELU.....	48
5.3 NÁVRHY OPATŘENÍ PRO VYBRANÁ RIZIKA	49
ZÁVĚR	53

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	54
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	56
SEZNAM OBRÁZKŮ	57
SEZNAM TABULEK.....	58

ÚVOD

S tunely a tunelovými systémy (dále jen „TS“) se setkal každý z nás a jsou nedílnou součástí našeho života. „Tunely“ nejsou vynález moderní doby, jejich historie sahá až do Římské říše. Každý den na celém světě tunely umožní propojit tisíce městských částí různých měst, překonat bez výškového převýšení stovky hor, spojit pevniny s ostrovy, usnadní lidem cestování do takových míst, kdy jindy by procestovali stovky kilometrů navíc, než by dorazili do cíle.

Zvolené téma bakalářské práce „Zásah požárních jednotek v tunelu“, jsem si vybral z důvodu, že mi je tato problematika velmi blízká a současné zajímavá. Pracuji jako profesionální hasič v Brně, na centrální požární stanici Lidická a s daným tématem se stýkám v rámci svého povolání velmi často.

V teoretické části popisují historii tunelů a tunelových systémů v České republice (dále jen „ČR“) a ve světě, jejich vývoj technologie výstavby a bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. Uvádím základní pojmy a právní předpisy související se zásahem jednotek požární ochrany (dále jen „JPO“) v tunelových systémech.

V praktické části se zabývám samotnou analýzou rizik, vznikajících při požáru v tunelu, které by mohly ohrozit zdraví a životy nejen postižených osob, ale i zasahujících hasičů. Tyto rizika vyhodnocuji, zpracovávám a navrhuji pro ně opatření.

Má práce může posloužit jako metodická pomůcka při provádění hasebních a záchranných činnostech nejen jednotkám Hasičského záchranného sboru (dále jen „HZS“) Jihomoravského kraje, ale i dalším základním a ostatním složkám Integrovaného záchranného systému (dále jen „IZS“).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE TUNELŮ PRO SILNIČNÍ DOPRAVU A SOUČASNOST

Významný mezník ve vývoji tunelového stavitelství v celoevropském měřítku byl spojen s využitím střelného prachu při ražbě ve skalních horninách v 1. polovině 17. století – poprvé byl střelný prach použit v roce 1627 na Slovensku v rudných dolech v Banské Štiavnici. Bezesporu nejvýznamnější dobou v rozvoji tunelového stavitelství byla 2. polovina 19. století a začátek 20. století – období výstavby základní železniční sítě. Tehdy byly při stavbě dodnes obdivuhodných a používaných vysokohorských tunelů vytvořeny a propracovány základní klasické tunelovací metody pilířového typu s výdřevou. Z této doby pochází celá řada alpských, apeninských a pyrenejských tunelů s délkou přes 10 km, např. známé tunely Velký Apeninský, Gotthard, Arlberg, Lötschberg, MtCenis a další. Simplonské tunely I a II byly při délce 19 730 a 19 750 m nejdělsími železničními tunely na světě po dobu téměř osmdesáti let. Až druhá polovina 20. století přinesla výraznou kvantitativní změnu, samozřejmě již s využitím moderních technologií ražby, včetně plnoprofilových tunelovacích strojů. V roce 1985 byl dostavěn 53 850 m dlouhý podmořský tunel Seikan mezi japonskými ostrovy Honšu a Hokkaido, čímž se rekordní tunelová délka skokem posunula. A zanedlouho poté, v roce 1994, byl uveden do provozu Eurotunel pod Kanálem La Manche, který je s délkou 50 500 m nejdělsím evropským tunelem. V blízké budoucnosti však bude dokončen v rámci švýcarského Alptranzit projektu básový tunel Gotthardský, jehož délka je úctyhodných 57 km. [1]

1.1 Historie podzemních staveb a používané technologie výstavby v České republice

V úvodu zmíněný rozmach tunelového stavitelství v období 2. poloviny 19. století, související s celosvětovým nástupem železnice, probíhal ve stejném trendu, byť ve značně menším rozsahu, i v českém podzemním stavitelství. V první polovině 20. století k železničním tunelům přibýly v podstatně menší míře tunely silniční. Z hlediska historického vývoje je správné alespoň krátce připomenout i podzemní objekty jiného charakteru. Významným projevem podzemní činnosti v minulosti byla výstavba podzemí historických měst. Sklepy, chodby a katakomby tvoří často rozsáhlé labyrinty pod historickými jádry měst. Tyto podzemní prostory, stejně jako sklepení hradů a zámků, byly téměř vždy původně určeny ke skladování potravin a získávání pitné vody, neboť v nich byly často pramenné jímky a studny, které byly v podzemí dobře chráněny proti znečištění. Zprvu pod jednotlivými domy, lemujícími středověká náměstí, vznikala důmyslně utvářená sklepení. Do tehdejších

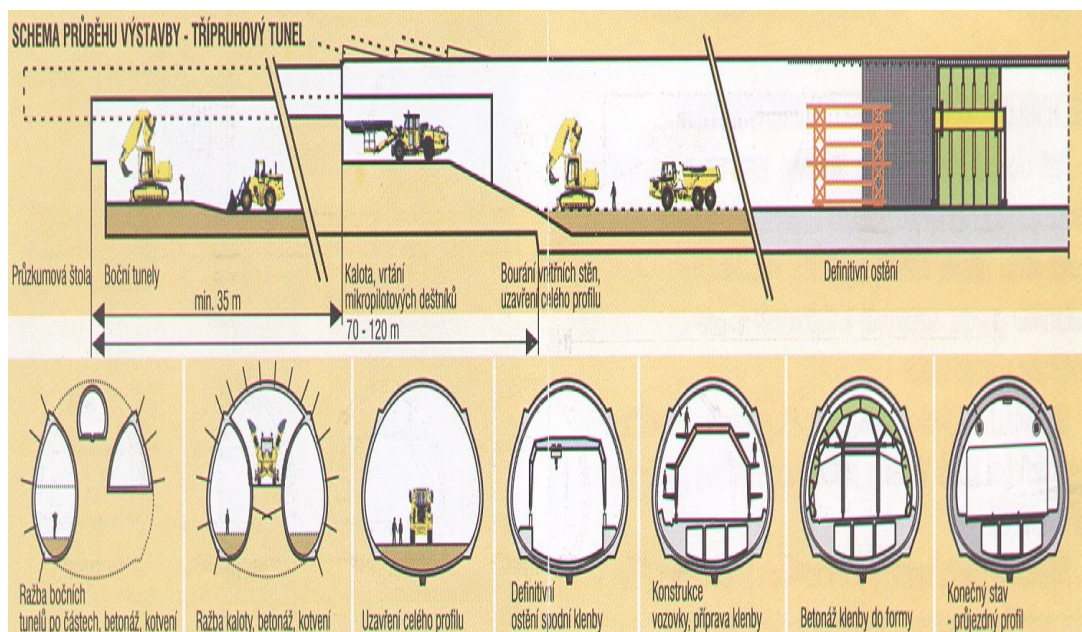
lednic vedly zpravidla z povrchu úzké komíny ke spouštění kusů ledu, roztátou vodu i přebytečnou podzemní vodu odváděly kanály trativodů, takže vysoká hladina vody neohrožovala stabilitu výrubu. Později mimořádný hospodářský rozkvět některých středověkých měst vedl k tomu, že bohatí majitelé vytvářeli další patra rozsáhlých sklepů, která přesáhly půdorysy jednotlivých domů. Postupné vzájemné propojování sklepů v soustavu podzemních prostor souviselo nejen s rozšiřováním a propojováním majetku, ale přinášelo též velké výhody při mimořádných událostech (dále jen „MU“), jakými byly časté požáry nebo obléhání nepřátelskými vojsky, nejčastěji obojí najednou. Výstavba a udržování plně funkčnosti podzemních soustav byly technicky náročné a současně nákladné. Je proto typické, že nejrozsáhlejší a nejdůmyslnější podzemní systémy měla města hornická, kde byly vedle havířů, nejpopovolanějších odborníků pro takové stavby, i dostatečné zdroje bohatství. K nejrozsáhlejším a nejznámějším patří znojemské, jihlavské, táborské a brněnské podzemí. Dosud zachované a funkční dílo je pozoruhodnou historickou podzemní stavbou (1582 až 1593), jejíž význam jako čistě technického díla, spjatého s osobností císaře Rudolfa II. Habsburského, překračuje rámec Českých zemí. Jedná se o vodohospodářskou štolu délky 1 100 m, jejímž účelem bylo bez náročného čerpání zásobovat vodou uměle zřízené rybníky v Královské oboře (dnešní park Stromovka). Rudolfova štola protínala pro Prahu typický vltavský meandr, obtékající letenský ostroh, tvořený pevnějšími ordovickými břidlicemi. [1]

Při tunelování byl používán téměř výhradně pilířový systém ražení s provizorní výztuží tvořenou výdřevou. Různé možnosti způsobu pobírání (uspořádání postupu ražby v příčném řezu tunelu) vedly postupně ke vzniku několika typů klasických tunelovacích soustav. Opominou-li se dílčí vývojové fáze v uspořádání výdřevy v jednotlivých soustavách, lze rozlišit pět základních typů klasických tunelovacích metod – soustavu rakouskou, belgickou (podchycovací), německou (jádrovou), anglickou a italskou, z nichž první doznala největšího rozšíření. Rakouská metoda v krokovém uspořádání výdřevy byla použita poprvé v roce 1839 na prvním železničním tunelu v Rakousku - Uhersku na Jižní dráze u Gumpoldskirchen. Systém výdřevy se postupně zdokonaloval a tzv. rakouská metoda modifikovaná v podélnicovém uspořádání výdřevy se stala na více než 100 let nejuniverzálnější klasickou tunelovací metodou. Klasické tunelovací metody byly bez podstatných změn používány v podzemním stavitelství více než 100 let. Až přibližně 50. léta 20. století znamenala faktické ukončení éry pilířového systému ražení a klasických tunelovacích metod, používajících výdřevu jako provizorní zajištění výrubu. Replika výdřevy plného vý-

lomu Modifikované rakouské soustavy v měřítku 1 : 1 byla jako exponát v roce 2008 postavena ve výukové štole Stavební fakulty Českého vysokého učení technického v Praze (někdejší průzkumná štola na zlato u Mokrska ve Středním Povltaví). [1]

1.2 Současná technologie výstavby tunelů v Evropě

V Evropě a stejně tak i v ČR je nyní používána nejfrekventovaněji tzv. „Nová rakouská tunelovací metoda“ (dále jen „NRTM“). Je to metoda ražením tunelu přímo do horniny, kde je podmínkou kvalitní geologický a geotechnický průzkum, který je velice důležitý pro stavební postupy a technologie při přizpůsobení se daným proměnným podmínkám horninového prostředí při výstavbě tunelu. Způsob provádění ražení je tedy s využitím spolupůsobení horninového prostředí. Rozpojování hornin v podzemních dílech je mechanizované, nebo trhavinami. Konstrukci podzemního objektu tedy tvoří horninové prostředí, primární ostění, sekundární ostění (obrázek 1). Zhotovitel stavby tunelu a jeho subdodavatelé musí mít také platná oprávnění a doklady pro provádění příslušných zhotovovacích prací. [2]



Obrázek 1 Schéma výstavby tunelu dle NRTM [2]

2 TUNELY V ČESKÉ REPUBLICCE

Česká republika není tunelovou velmocí jako např. Rakousko, Švýcarsko, Itálie či jiné státy, avšak výstavba tunelů v naší zemi se zvyšuje. S pomocí Evropské unie (dále jen „EU“) je nyní ve fázi projektu 17 dalších tunelových staveb (tabulka 1).

Tabulka 1 Přehled tunelů v ČR [3]

TUNELY V ČR	POČET	DO 500M	NAD 500M	POČET METRŮ TT
V provozu	40	18	22	32 820
Ve výstavbě	6	2	4	14 500

Nejdelším tunelem v ČR je tunel Bubenečský, který měří 3091 metrů. Tento tunel je součástí pražského tunelového komplexu Blanka, který měří 5502 metrů. Tunel Blanka se skládá ze tří samostatných, na sebe navazujících tunelů. [3]

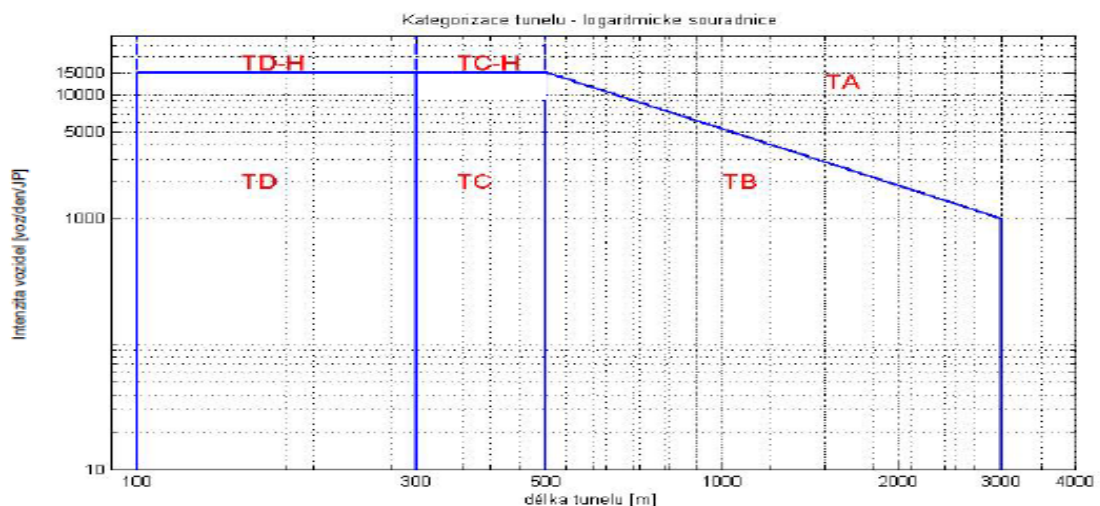
2.1 Právní předpisy pro bezpečnost výstavby a technologie tunelů v České republice

V ČR je výstavba a technologické vybavení tunelových systémů řízena hned několika právními předpisy:

- Předpisovou základnou v ČR pro provoz na pozemních komunikacích je zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích.
- Následuje jeho novela - zákon č. 80/2006 Sb. (doplněním § 12a mění zákon č. 13/1997 Sb. ve smyslu směrnice 2004/54/EC). Silniční správní úřad odpovídá za bezpečnost provozu tunelů delšího 500 m na základě údajů od správce komunikace (tunelu), sestavuje bezpečnostní dokumentaci a průběžně ji aktualizuje. Vyhotovuje zprávu o MU v tunelu nad 500 m, kterou správce tunelu zašle do 30 dnů Ministerstvu dopravy a složkám IZS. V neposlední řadě pověřuje fyzickou osobu koordinací opatření k zajištění bezpečného provozu tunelů delšího 500 m. [4]
- Nařízení vlády č. 264/2009 Sb. o bezpečnostních požadavcích na tunely delší 500 m, upravuje náležitosti bezpečnostní dokumentace tunelu, bezpečnostní požadavky na tunel, vzor zprávy o MU v tunelu, vymezuje činnost pověřené osoby a požadavky na její odbornou kvalifikaci a praxi. [3]

- Norma ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací - Vzorové listy VL 5 – Tunely. Technické podmínky: TP 98 - Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací; TP 154 - Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací; TP 229 - Bezpečnost tunelů pozemních komunikací. Najdeme zde také Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, kapitola 24 – Tunely a pro dokumentaci staveb PK, kapitola 7 – Tunely, podzemní stavby a galerie. [3]
- Metodické pokyny Ministerstva dopravy upravují školení obsluh tunelů, oprávnění k výkonu prohlídek tunelů pozemních komunikací, Zkoušky požárně bezpečnostních zařízení v tunelech pozemních komunikací, Technickoekonomické hodnocení tunelů pozemních komunikací, větrání silničních tunelů, provádění hlavních prohlídek tunelů pozemních komunikací. [3]

Rozsah bezpečnostního vybavení tunelu se určuje na základě zařazení tunelu z hlediska shodné kategorie bezpečnosti (obrázek 2). Tyto kategorie jsou dány přibližně stejnou mírou bezpečnosti určenou podílem počtu nehod na počet vozidel a ujetou vzdálenost, což je ověřováno dlouhodobými statistickými měřeními. Typ použitého technického bezpečnostního vybavení je dán délkou tunelu a ročním průměrem denních intenzit dopravy ekvivalentních vozidel vztažených na jeden jízdní pruh. Tunely jsou rozděleny z hlediska bezpečnosti do čtyř kategorií - TA, TB, TC a TD a dvou podkategorií TC-H a TD-H. [3]



Obrázek 2 Kategorizace tunelů v ČR [3]

2.2 Bezpečnost v tunelech

Moderní silniční dopravní systémy nekladou důraz pouze na bezpečnost, ale také na ekologii a stále rostoucí potřeby ekonomické přepravy osob a zboží. Dané požadavky stimulují rozvoj rychlostních silničních a dálnic dříve nebývalých dimenzí. Rozvoj rychlostních silnic a dálnic však vyžaduje minimalizaci výškových rozdílů a preferuje zejména v hornatém terénu systémy tunel – most, vzhledem k redukci strmosti stoupání a klesání. Stejně tak ve městech se doprava stále více přesouvá pod zem a to hlavně z důvodu zvýšení plynulosti. V takto vytvořeném dopravním systému je tunel jedním z hlavních kritických míst, kde k hlavním rizikovým faktorům patří nehoda se zraněním či usmrcením osob, požár, exploze nebo únik jedovatých plynů a kapalin. Na rozdíl od silnic nebo železnic v otevřené krajině, v tunelu se jeho uživatel dostává do podmínek, které mu „vnutil“ investor, resp. provozovatel tunelu. A ten je také odpovědný za to, že v případě problému bude mít uživatel přiměřenou šanci na záchranu. Proto se musíme zabývat obecnými požadavky souvisejícími s bezpečností v tunelech. Při porovnání statistik prostého počtu nehod v silničních tunelech je zřejmé, že počet nehod na 1 km délky a rok je podstatně nižší, než je počet nehod na volných silnicích. To je, mimo jiné, dáno i absencí křižovatek v tunelech a malého vlivu počasí na provoz (viditelnost, kluzká vozovka, sníh, námraza apod.). Pokud se však porovná následky větších havárií, jsou ty v tunelech daleko vyšší než na běžných silnicích, vzhledem k uzavřenému prostoru v tunelu. Především při nehodách s následným požárem mohou být následky katastrofální a často zahrnují i značný počet obětí na lidských životech. Zvláštní pozornost musí být věnována té součásti tuzemské a mezinárodní silniční dopravy, u které si možné dopady v případech havárií a nehod dokážeme jen stěží představit. Jedná se o přepravu nebezpečných věcí a předmětů, která je realizována na základě přijatých evropských konvencí pro přepravu nebezpečných látek (dále jen „NL“) „Dohody ADR“ (Evropské dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí). Přeprava NL představuje největší riziko v tunelech (tj. následky s největšími škodami na majetku a lidských životech). Aby bylo možné průjezdy vozidel přepravujících NL účinně řídit, je nutné vozidla označená dle ADR automaticky identifikovat, mít informace o jejich pozici a znát co možná nejlépe obsah přepravovaného nebezpečného nákladu. Požadované informace může poskytnout speciální videodetekční modul, který pracuje na obdobném principu jako automatická detekce registračních značek. Systém v rámci poskytnutého záznamu rozpozná oranžové identifikační značky ADR umístěné na vozidlech. Jakmile je identifikační značka vozidla ADR detekována, mohou být vydány instrukce pro automatickou

detekci číselného označení druhu přepravovaného nákladu a proveden záznam údaje do databáze. Zaznamenaná data jsou předána do dopravně řídicího centra spolu s údaji a časem o předpokládaném místě (pozici) vozidla. Následným provázáním těchto informací s kamerovým systémem mohou být vydány potřebné řídicí instrukce pro přepravu a vozidlo může kontinuálně sledováno po celou dobu průjezdu tunelem (nebezpečnou zónou). Předností navrhovaného uplatnění videodetekční automatické identifikace vozidel ADR je především skutečnost, že může v reálném čase poskytnout příslušnému operátorovi (operátorovi tunelu) informace nejen o přítomnosti vozidla ADR, ale i o druhu nákladu, který vstupuje do tunelu. V případě nehody v tunelu pak mohou být přijata rychle vhodná a účinná opatření, protože HZS je informován o druhu a vlastnostech NL v tunelu. [5]

2.2.1 Prostředí tunelu

Websterův slovník definuje termín „prostředí“ následovně „Okolní podmínky, vlivy nebo síly, které ovlivňují nebo modifikují“:

- celý komplex klimatických, edafických a životních faktorů, jež působí na organismus nebo ekologický systém a v konečném důsledku určují jeho formu a přežití;
- spojení společných a kulturních podmínek jako jsou zvyky, zákony, jazyk, víra a ekonomická a politická organizace, která má vliv na život jedince nebo komunity. [5]

V inženýrské praxi slovo „prostředí“ spíše znamená soubor norem a doporučení, která musí být dodržena a limitní hodnoty, která nesmějí být překročeny při návrhu a realizaci technických řešení, aby nedocházelo ke znehodnocování životních anebo pracovních podmínek uvnitř i vně navrhovaného nebo řízeného procesu. Výstavba tunelu je zákonitou reakcí na neodvratitelný problém stále rostoucího objemu dopravy v hustě zalidněných oblastech. V kontextu vytváření zdravého a bezpečného prostředí v silničních tunelech je potřebné dodržet vysoký standard kvality vzduchu, dobré viditelnosti, přijatelné úrovně hluku a omezit na nejnižší možnou míru všechna potenciální ohrožení pečlivým návrhem systému řízení tunelu. Tento cíl lze dosáhnout především:

- správnou identifikací různých charakteristických parametrů dopravního toku (rychlost, hustota, kongesce a/nebo přítomnost stojících vozidel atd.);
- predikci blížícího se znečištění (např. založenou na dopravních parametrech);

- následnou aktivací mechanických větracích zařízení (větracích klapek, ventilátorů, atd.) s cílem udržet požadovanou úroveň kvality vzduchu při minimálních nákladech na energii;
- trvalou detekcí všech druhů ohrožení;
- přijímáním adekvátních opatření, např. vyhlásováním poplachů podle pravidel majících určité priority, posíláním účinných a vhodných zpráv uživatelům tunelu, pokud je to vhodné. [5]

Tunely jsou důležitými objekty dopravní infrastruktury, jež umožňují efektivně spojit jednotlivé regiony Evropy a plní tak důležité poslání v procesu dopravy a přepravy, hlavně na velké vzdálenosti. [5]

2.2.2 Jednotný přístup pro bezpečnost silničních tunelů

K hlavním příčinám nehod v silničních tunelech patří nekorrektní chování účastníků silničního provozu, nevhodná infrastruktura, nesprávný provoz, poruchy vozidel a problémy s nákladem. Společenský tlak na řešení otázky bezpečnosti evropských silničních tunelů vznikl jako odezva na kritické události v nedávné minulosti. Jejich příčiny lze vidět v následujících skutečnostech:

- zvyšující se riziko provozu silničních tunelů v posledních letech;
- většina evropských tunelů byla vybudována podle specifikací, které neodpovídají současným trendům: zařízení jsou zastaralá, dopravní podmínky se od otevření tunelů výrazným způsobem změnily a neexistuje žádné obecné právní mechanismy na zvyšování bezpečnosti provozovaných tunelů;
- změnili se uživatelé tunelů“ s rostoucím podílem mezinárodní přepravy a její nedostatečnou koordinací roste riziko vzniku nehod v přetížených tunelech s oběťmi především z řad „nedomorodých“ uživatelů, kteří nejsou v důsledku chybějící harmonizace bezpečnostních informací, komunikací a zařízení dostatečně informováni. [5]

Extrémní ztráty doprovázející dopravní nehody v tunelech:

- velký počet lidských obětí: 39 mrtvých v tunelu Mont. Blanc (24. 3. 1999 – Francie/Itálie), 12 mrtvých v tunelu Tauern (27. 5. 1999 – Rakousko), 11 mrtvých v tunelu St. Gotthard (24. 10. 2001) a jiné;
- přímé náklady nedávných požárů v tunelech (včetně nákladů na opravu) dosáhly částku 210 milionů €/rok;

- vysoké nepřímé dopady na hospodářství vyplývající z uzavření tunelů (v případě tunelu pod Mont. Blanc byly vyčíslené na 300–450 milionů €/rok pouze pro Itálii);
- poškození samotného evropského hospodářství (zvýšení nákladů na dopravu, omezením konkurenceschopnosti, negativní dopady na bezpečnost silničního provozu v důsledku delších tras, negativní dopady na životní prostředí apod.). [5]

Evropská komise si stanovila úlohu ve dvou krocích sjednotit požadavky na bezpečnost evropských tunelů nacházejících se v transevropské silniční síti:

- krátkodobý až střednědobý cíl: stanovit minimální závazné standardy, které by co nejrychleji zaručily vysokou úroveň bezpečnosti uživatelů tunelů;
- střednědobý až dlouhodobý cíl: vypracovat jednotný přístup k bezpečnosti v tunelech a jejím oceňování. [5]

Uvedená opatření mají sloužit k prevenci vzniku událostí ohrožujících lidské životy, životní prostředí a vybavení tunelů a na snížení následků těchto událostí. V roce 2002 se na půdě Evropského parlamentu a Rady Evropy začal vytvářet návrh společné evropské směrnice, která měla stanovovat požadavky na takové vybavení tunelů, které by zajistilo přibližně stejnou bezpečnost kdekoliv v rámci EU. Návrh směrnice vyústil do oficiálního přijetí Směrnice 2004/54/EC Evropského parlamentu na zasedání dne 29. dubna 2004 věnované minimálním bezpečnostním požadavkům na tunely v transevropské silniční síti (Official Journal L 167 of 30. 04. 2004). Směrnice vstoupila do platnosti 30. dubna 2004 a dne 30. dubna 2006 byla zapracována do legislativy členských zemí EU. Směrnice je určena pro provozované, rozestavěné a projektované tunely transevropské silniční sítě, které jsou delší než 500 m. Přehled tunelů delších jak 500 m je uveden v tabulce 2, není zde však uvedeno Norsko, které má 130 tunelů delších než 500 m s celkovou délkou 200 km. [5]

Z hlediska plnění opatření navrhovaných ve směrnici 2004/54/EC je situace v ČR do značné míry podobná situaci v SR. Obecně lze konstatovat, že požadavky na technologické vybavení českých a slovenských tunelů nezaostávají za evropskými a v mnohých ohledech nabízejí vyšší standard. [5]

Přehled tunelů nad 500 metrů v EU je uveden v tabulce 2.

Tabulka 2 Přehled tunelů v EU nad 500 metrů [5]

Členský stát EU	Existující tunely >1000 m	Nové tunely >1000 m (2002–2010)	Existující tunely 500–1000 m (2002–2010)	Nové tunely 500–1000 m (2002–2010)	Celkový počet tunelů > 500 m (v roce 2010)
Rakousko	33	8	19	4	64
Belgie	1	0	1	0	2
Německo	19	12	18	6	55
Dánsko	1	0	2	0	3
Španělsko	16	3	4	2	25
Finsko	0	1	0	4	5
Francie	18	2	13	2	35
Spojené království	6	2	4	0	12
Řecko	3	16	4	22	45
Irsko	0	1	0	0	1
Itálie	83	13	144	6	246
Lucembursko	0	0	0	3	3
Holandsko	1	3	7	0	11
Portugalsko	1	0	0	1	2
Švédsko	0	3	0	0	3
EU celkem	182	64	216	50	512

2.2.3 Katastrofy silničních tunelů

Zabývat se katastrofami v tunelech a poučovat se z nich je nesmírně důležitý proces. Je to proto, že obvykle stačí malá příčina a ta má fatální následky. Zkušenosti ukazují, že požár lze likvidovat téměř vždy při jeho vzniku dostupnými hasebními prostředky. Stejně tak je zřejmé, že první minuty po vzniku požáru rozhodují, zda se účastníci této události svými silami zachrání, mluví se o prvních šesti minutách, jako rozhodujících pro záchranu osob. Povinnosti se starat o záchranu osob a ochranu majetku vyplývají i z principu tunelových staveb. Zde jsou účastníci provozu posíláni do uzavřených podzemních prostor, kde je jejich šance na záchranu zcela jiná než na volné komunikaci. Při požáru mimo tunelový systém se účastníci zachrání sami, pokud je to v jejich silách, protože mají možnost volného prostoru. [5]

V tunelu je povinností investora a provozovatele vytvořit co nejlepší podmínky tak, aby měl účastník nehody reálnou šanci na přežití. Oproti požáru může působením kouře ohrozit životy všech lidí v tunelu, byť jsou vzdáleni stovky metrů od zdroje tepla. Naštěstí zatím nedošlo k významným haváriím daným únikem NL v tunelu a ani nebyl zatím zaznamenán teroristický atak proti tunelům. Velkou pozornost veřejnosti a následně i příslušné reakce Evropské legislativy vyvolaly katastrofy v tunelech Mt.Blanc (39 obětí), v tunelu Taumen (12 obětí) a požár v kabinové lanovce na horu Kaprun (155 obětí). Velký význam při zajištění bezpečnosti má nejenom technické vybavení tunelu, ale i organizační zajištění provozování a informování veřejnosti. Hlavní příčinou, že požár v Mt. Blanc skončil katastroficky, byly organizační nedostatky a nekoordinovanost činností dvou prakticky nezávislých dispečerských pracovišť na francouzské a italské straně. V prvních minutách se katastrofě dokonce dalo pravděpodobně úplně zabránit. Velmi zajímavé závěry byly získány při zkoumání příčin a důsledků nehod v rámci projektu „Analýza a řízení rizik v tunelech pozemních komunikací“. Bylo vyzkoumáno, že požáry v tunelu Gotthard se opakují s jistou periodicitou. Významnější požáry se opakují po 3 až 6 letech (kromě toho je každým rokem zaznamenáno několik požárů, které jsou likvidovány na místě a nemají důsledky ve ztrátě životů či větších materiálních škodách). [5]

Katastrofy v silničních tunelech se opakují a nelze jim zabránit. Podstatné je, že je nutné poskytnout účastníkům excesu co nejlepší možnost, aby se v prvních minutách po vzniku události zachránili a následně umožnit záchranným týmům, aby vykonávaly svoji činnost. K tomu, aby se omezily následky, slouží právě analýza rizik, která by měla být trvalým procesem, neboť je mnohokrát prokázáno, že malá, mnohdy banální nehoda může způsobit nedozírné následky. Dříve komentovaný požár v tunelu Mt. Blanc byl pro zpracování analýz důležitý proto, že tato katastrofa otevřela oči mnoha zodpovědným činitelům a ve svém důsledku vyvolávala vytvoření Evropské direktivy 54/2004/ES a jednotné bezpečnosti v tunelech. Poznatky z hlediska bezpečnosti byly implementovány v železničních i silničních tunelech. Pro silniční tunely tedy mělo zásadní význam přijetí směrnice Evropského parlamentu a Rady o jednotné bezpečnosti na transevropské síti. [5]

3 CÍL A METODY ZPRACOVÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cíl bakalářské práce je zpracování literární rešerše o zásahu požárních jednotek v tunelovém systému. S tím je spojena identifikace rizik související se samotným provedením celého požárního zásahu a navrhnutí doporučení pro minimalizaci rizik souvisejících se všemi situacemi, které mohou při provádění zásahu v tunelovém systému nastat.

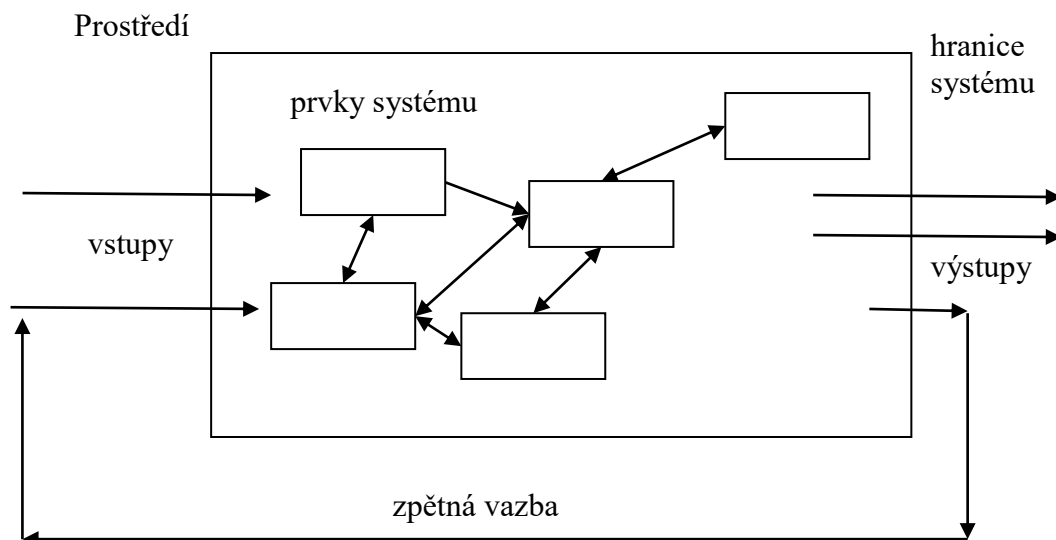
V teoretické části jsem zpracoval literární rešerši, kde jsem popsal historii a současný stav tunelových systémů v ČR a v Evropě. Uvedl jsem základní pojmy týkající se tunelů, a důležité právní předpisy související s výstavbou a technologickým vybavením tunelů, které mají za úkol zajistit co největší bezpečnost pro všechny uživatele tunelu. V teoretické části jsem taktéž nemohl opomenout dosavadní tragické události, které se udály v několika největších tunelových systémech v Evropě.

V praktické části popisují nejen danou metodiku zásahu z pohledu Hasičského záchranného sboru (dále jen „HZS“) v tunelovém systému, ale i praktickou posloupnost a koordinaci činností všech složek Integrovaného záchranného systému (dále jen „IZS“) při řízení zásahu velitelem zásahu (dále jen „VZ“). V praktické části taktéž rozebírám samotný zásah z pohledu zasahujícího hasiče a mapuji rizika, která mohou vzniknout v průběhu provádění celého zásahu. Následně provádím analýzy vybraných rizik. Identifikovaná rizika ohrožující bezpečnost zasahujících hasičů jsou vybrána jako nejdůležitější aspekt při vzniku MU (dále jen „MU“) v tunelovém systému (dále jen „TS“). Tyto rizika jsou ohodnocena příslušníky HZS, kteří již alespoň jednou zasahovali u MU v tunelu. Jsou navržena opatření u daných rizik, pro jejich minimalizaci. Taktéž jsou identifikována rizika související přímo s prováděním zásahu z pohledu příslušníků HZS provádějících zásah, a to pomocí vývojového diagramu. K ohodnocení rizik je využita metoda „What if“, česky řečena „Co se stane, když...“. Pro identifikovaná rizika jsou následně doporučena opatření k minimalizaci rizik.

Každý člověk se během života ocitá v nejrůznějších situacích, které mohou být spojeny s větším nebo menším rizikem. Není proto náhoda, že slovní spojení „bezpečnost na prvním místě“ je hojně používáno na celém světě. Přírodní pohromy jako záplavy nebo zemětřesení způsobují každoročně ztráty tisíce životů, podobně jako válečné konflikty, či teroristické útoky. Kromě toho musí člověk občas čelit nebezpečí selhání technických zařízení, či už se jedná o zřícená letadla, vykolejení vlaků, průmyslové havárie nebo požáry v tunelech. Na ochranu společnosti před důsledky život ohrožujících událostí se vynakládá

jí značné finanční prostředky. Naneštěstí, při rozhodování o jejich výši musí náklady na bezpečnost soutěžit s ostatními zájmy veřejnosti (zdravím, vzděláním, rozvojem infrastruktury atd.). Samotný pojem bezpečnost (angl. safety) bývá definován nejrůznějšími způsoby. Nejčastěji jak vlastnost vyjadřující schopnost objektu (produktu/výrobku, systému, organizace, procesu atd.) být ve stavu, kdy riziko ohrožení života a zdraví osob, poškození životního prostředí či majetku je omezeno na přijatelnou úroveň. Hovořit o přijatelné úrovni je nevyhnutné proto, neboť absolutní bezpečnost čehokoliv neexistuje. [5]

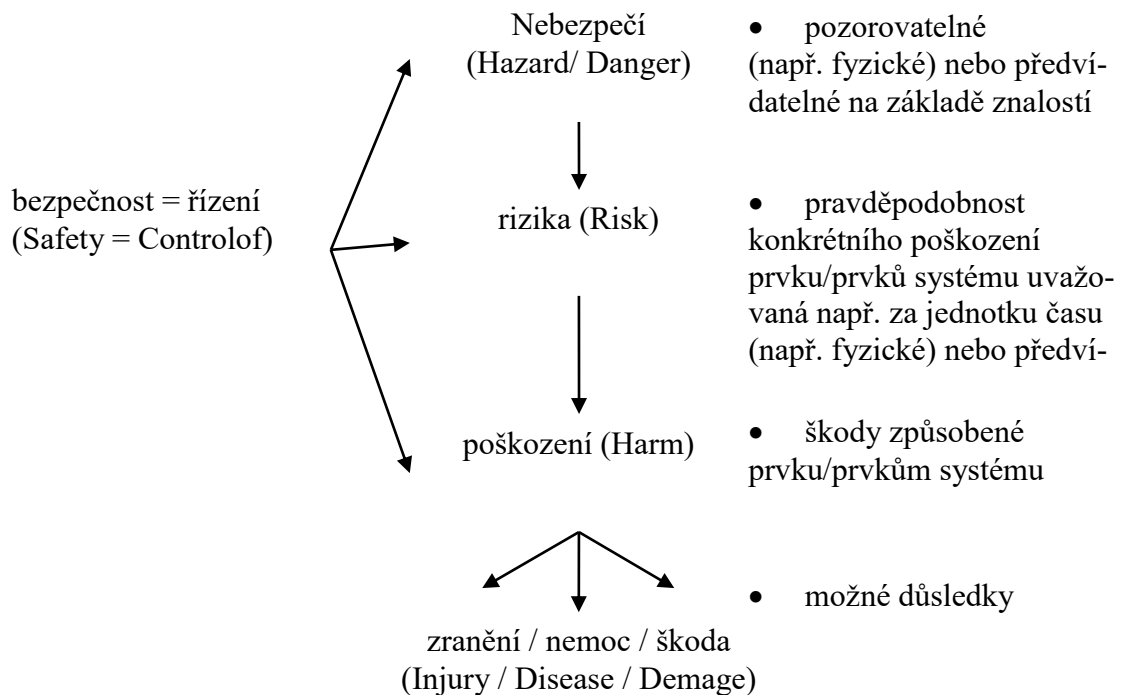
Než se začneme zabývat otázkami rizika, musíme si připomenout některé základní terminologické souvislosti. Pro tento účel si nejdříve zjednodušeným způsobem vysvětlíme pojem systém v následujícím obrázku 3. [5]



Obrázek 3 Zjednodušený model systému [5]

Proces komunikujících prvků, které spolu vzájemně reagují v rámci definovaných hranic systému. Hranice systému mohou být zdi továrny stejně jako člověkem řízené osobní vozidlo nebo jakékoliv jiné hranice odpovídající úrovni zamýšlené analýzy. Prvky systému na sebe vzájemně působí fyzicky nebo prostřednictvím informací vyměňovaných v souladu s určitými pravidly a postupy. Takto vymezený systém se nachází v určitém prostředí, plní řadu cílů a úloh, např. přináší zisk, produkuje určitý výstup, dostává se z bodu A do bodu B apod. Pro cílové chování systému je důležitý mechanismus zpětné vazby, díky které může systém porovnávat svoji aktuální polohu nebo stav se sledovanými cíli a na základě toho sledovat a usměrňovat své chování. Jednotlivými prvky systému může být technické vybavení (hardware), programové vybavení (software), nebo osoby. [5]

System jako celek často považujeme za prvek většího (nadřazeného) systému vytvářející tak požadované hierarchické členění. I když se uvedený způsob popisu systému jeví jako správný, je potřebné zdůraznit, že často je velmi obtížné dopředu vysledovat nebo předpovědět všechny interakce mezi prvky. Jejich skutečný počet a vzájemné působení se někdy zjistí až po vzniku nehody. Nebezpečí (angl. hazard, někdy též danger) je pojem, pro který lze bezproblémů uvést řadu příkladů (zdraví škodlivá radiace, potenciální výbuch, toxicita chemické látky apod.), ale který lze jen obtížně uspokojivým a přesným způsobem definovat. Většina definic za nebezpečí považuje situaci nebo stav systému, ve kterém existuje určitá předvídatelná možnost nezamýšleného poškození (angl. harm) osob nebo fyzických prvků v systému. Pojem riziko (angl. risk) potom používáme na kvalitativní a/nebo kvantitativní ohodnocení této možnosti. Pokud je uvažováno konkrétní ohrožení nebo nebezpečí, které za definovaných podmínek může způsobit poškození prvků systému, používá se v anglické terminologii pojem hazard. Každá nebezpečná situace tak obsahuje jedno nebo více nebezpečí (hazardů). Pod pojmem nehoda (angl. accident) se obecně rozumí proces výskytu nezamýšleného poškození, kde vystavení se nebezpečí (hazardu) způsobí poškození prvku systému. Pojem bezpečnost (angl. safety) potom označuje schopnost systému být ve stavu, kdy je riziko poškození omezeno na přijatelnou úroveň. Vztah mezi uvedenými pojmy je znázorněn na obrázku 4. [5]



Obrázek 4 Vztah mezi bezpečností, nebezpečím a dalšími pojmy [5]

Samotné riziko bývá v odborné a vědecké literatuře neformálně vyjadřováno mnohými způsoby, nejčastěji však jako:

- pravděpodobnost nežádoucí události;
- důsledek nežádoucí události;
- pravděpodobnost nežádoucí události vynásobená jejím důsledkem. [5]

První dvě definice jsou většinou považovány za neúplné, neboť vyzdvihují pouze jediný aspekt rizika (v prvním případě nežádoucí událost, v druhém případě její důsledek), což vede k nepřesnému posouzení např. těch událostí, které jsou málo pravděpodobné, avšak mají katastrofické důsledky a naopak. Pokud bychom porovnali riziko následujících dvou událostí – jediné hry v ruské ruletě (s pravděpodobností úmrtí 1/6) a jednoho hodu mincí (s pravděpodobností padnutí „hlavy“ 1/2) – i přes nižší hodnotu první pravděpodobnosti by většina z nás souhlasila s tvrzením, že ruská ruleta je rizikovější. Svůj názor opíráme o skutečnost, že kromě pravděpodobnosti výskytu dané události zvažujeme i její důsledky. [5]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 ZÁSAH JEDNOTEK POŽÁRNÍ OCHRANY V TUNELU

Pokyn číslo 41 Generálního ředitele HZS ČR ze dne 30. 11. 2017, který obsahuje Bojový řád jednotek požární ochrany, vstoupil v platnost dne 1. 1. 2018. V tomto Bojovém řádu nalezneme metodický list číslo 8S, kde jsou uvedeny všechny skutečnosti a náležitosti pro zásah JPO v tunelu.

4.1 Základní metodické postupy při zásahu jednotek požární ochrany v silničním tunelu

Hasičský záchranný sbor ČR disponuje velkým množstvím metodických pokynů, které slouží příslušníkům HZS jako metodická pomůcka při provádění pravidelné odborné přípravy. Každý specifický zásah má svůj metodický pokyn a ten je pilířem pro znalost prostředí a provádění zásahu příslušníkům HZS.

4.1.1 Základní charakteristika silničního tunelu

Silniční tunel je liniový podzemní objekt, kterým prochází pozemní komunikace (silnice, dálnice nebo místní komunikace), umožňující plynulou a bezpečnou jízdu vozidel podcházením horských masivů, vodních překážek, osídlených oblastí, kulturně historicky či ekologicky cenných území apod.; vyznačuje se uzavřeným příčným profilem. [6]

Součástí silničního tunelu, např. v závislosti na jeho délce, uspořádání nebo větrání tunelu mohou být:

- tunelová trouba - část tunelu, vymezená portály tunelu, kterou je vedena pozemní komunikace;
- portál tunelu - část tunelu, která z vnějšku ohraničuje tunelovou troubu a utváří vjezdový, výjezdový nebo kombinovaný otvor tunelové trouby a prostor kolem něho;
- tunelová propojka - příčná část tunelu, zpravidla navrhovaná jako částečně chráněná úniková cesta, jež spojuje dvě tunelové trouby mezi sebou ve vymezených vzdálenostech, může plnit funkci záchranné cesty a je zpravidla přetlakově větrána;
- technologické vybavení tunelu - technické vybavení komplexu tunelu, sloužící ke zvýšení bezpečnosti a ochrany zdraví účastníků provozu i pracovníků provozovatele tunelu, bezpečnosti a plynulosti provozu na pozemních komunikacích a k zabez-

pečení odpovídajících podmínek pro výkon obsluhy a údržby pracovníky provozovatele; jeho části plní plně nebo částečně funkci bezpečnostního vybavení v souladu se závěry bezpečnostní dokumentace. Patří sem např. i technologické šachty nebo chodby pod vozovkou;

- nouzový chodník - komunikační prostor v tunelové trubě pro chůzi osob, který slouží jako nechráněná úniková cesta, dále jako přístupová cesta ke vstupům záchranných cest, k SOS kabinám, k hydrantům požárního vodovodu a zároveň k provádění servisní činnosti;
- nouzový pruh - přidružený pruh, umístěný vpravo ve směru jízdy, který umožňuje plné nebo částečné nouzové odstavení vozidel, popř. bezproblémový průjezd vozidel složek IZS;
- nouzový záliv - rozšířený prostor tunelu pro nouzové odstavení vozidel, který se zřizuje po určitých vzdálenostech;
- otáčecí záliv - rozšířený prostor tunelu, který umožňuje v tunelu nouzové otočení vozidel do protisměru;
- nástupní plocha - zpevněná plocha, určená k soustředění sil a prostředků při zdolávání mimořádné události zpravidla před portálem tunelu, vně tunelové trouby slouží k nástupu jednotek, složek IZS a jejich techniky;
- náhradní úniková cesta - úniková cesta, umožňující únik osob z tunelu mimořádným (nestandardním) způsobem, např. po žebříku, po skluzné tyči, oknem, technologickou šachtou nebo chodbou atd.;
- záchranná cesta - část únikové cesty, chráněná od místa ohrožení v tunelové trubě požární dělicí konstrukcí; podle účelu a velikosti světlého průřezu rozeznáváme záchranné cesty pro osoby, záchranné cesty pro vozidla, záchranné cesty pro osoby a zásahová vozidla, záchranné šachty, resp. schodišťové objekty; záchranná cesta ústí na volné prostranství nebo do souběžné tunelové trouby a zpravidla je přetlakově větrána;
- záchranná šachta - svislý nebo šikmý komunikační prostor, sloužící pro únik osob, popř. pro zásah složek IZS; [6]

- záchytné bezpečnostní zařízení - dopravní zařízení, určené k zachycení vozidel, jako jsou zábradlí, svodidla, vodící stěny, prahy a obrubníky, tlumiče nárazu atd.;
- kabina SOS - uzavřený prostor hlásky nouzového volání, určený rovněž k umístění dalšího bezpečnostního vybavení;
- nouzové osvětlení tunelu - člení se na náhradní osvětlení tunelu a nouzové únikové osvětlení tunelu;
- náhradní osvětlení tunelu - je zajišťováno náhradním osvětlením tunelové trouby a plnohodnotnou funkcí všech dalších osvětlovacích soustav osvětlení tunelu náhradní osvětlení tunelu umožňuje pokračování provozu komplexu silničního tunelu se stanovenými omezeními nebo zvýšení bezpečnosti provozu v tunelu při jeho uzavírání;
- náhradní osvětlení tunelové trouby - je zpravidla zajišťováno funkcí vybraných svítidel normálního osvětlení pozemní komunikace tunelové trouby a je součástí náhradního osvětlení tunelu; uvádí se do funkce ve zvláštním režimu provozu tunelu při náhradním napájení elektrickou energií;
- nouzové únikové osvětlení tunelu - je zajišťováno samostatnou soustavou únikových svítidel nebo všemi svítidly osvětlovacích soustav pro osvětlení únikových cest v komplexu silničního tunelu; je funkční ve všech režimech provozu tunelu při normálním i náhradním napájení komplexu silničního tunelu elektrickou energií; nouzové únikové osvětlení tunelu se člení na osvětlení záchranných cest, nouzové osvětlení nechráněných únikových cest v tunelu, částečně chráněných a chráněných únikových cest v tunelu a nouzové osvětlení únikových cest, které jsou příslušné technologickým prostorám. [6]

Pro zajištění bezpečného provozu v tunelu, příp. pro zajištění efektivní pomoci v případě vzniku MU v tunelu dále může sloužit:

- systém dohledu, nazývaný centrální technický dispečink (dále jen „CTD“) - zabezpečuje vizuální informace zvláště o dopravních situacích v tunelové troubě a před portály; v případě MU poskytuje automaticky (prostřednictvím funkcí řídicího systému) vizuální informace o lokalitách, kde jsou MU identifikovány;

- vodní hospodářství - zahrnuje požární vodovod, požární nádrže, čerpací stanice, standardní zásobování pitnou vodou technologických prostor s trvalou obsluhou a systémy odpadních vod;
- provozně technický objekt tunelu (dále jen „PTO“) - nachází se zpravidla u jednoho či obou portálů tunelu; jedná se o objekt, do kterého jsou svedena ovládání technologie tunelu, jež je možno manuálně ovládat v případě MU;
- systém větrání tunelu - zahrnuje systém provozního a havarijního větrání;
- informační systém - souhrn zařízení poskytující informace pro uživatele tunelu pro běžné a mimořádné situace (značky, komunikační prostředky apod.). [6]

Silniční tunely se dělí podle:

- délky na krátké (do 300 m), střední (do 1000 m) a dlouhé (nad 1000 m);
- příčného uspořádání na obousměrné (v jedné tunelové trubě dva dopravní směry) a jednosměrné (v jedné tunelové trubě jeden dopravní směr);
- typu větrání na tunely s větráním přirozeným a nuceným, které může být podélné, polopříčné, příčné, popř. v kombinaci. [6]

U požáru v silničním tunelu je předpoklad rychlého šíření zplodin hoření, rychlého rozšíření požáru a vysoké teploty (v extrémních případech více než 1 000 °C). Zplodiny hoření jsou vysoce toxické vzhledem k výskytu a charakteru hořlavých látek v místě požáru (vozidla a jejich náklad, provozní náplně vozidel). Jejich množství a hustota kouře je zásadním faktorem, který ovlivňuje nasazení sil a prostředků a možnost provedení záchranných a likvidačních prací.

Při požáru:

- Je ohrožen velký počet osob. Hrozí zde nebezpečí výbuchu, jelikož se v místě požáru může nacházet vozidlo na plynový pohon nebo vozidla převážející nebezpečné látky a předměty;
- Při požáru dochází k působení tepla na stavební konstrukce (povrch vozovky, odprýskávání betonu, odpadávání konstrukcí) a k jejich značnému tepelnému namáhání (ztráta únosnosti výztuže), současně může docházet k poruchám větrání. [6]

4.1.2 Specifikace nebezpečí, které vycházejí z metodických listů Bojového řádu jednotek požární ochrany

Vyhraněná nebezpečí, která mohou ohrozit zasahující hasiče při požáru v tunelu:

- nebezpečí fyzického vyčerpání;
- nebezpečí intoxikace;
- nebezpečí ionizačního záření;
- nebezpečí opaření;
- nebezpečí popálení;
- nebezpečí na pozemních komunikacích;
- nebezpečí přehřátí;
- nebezpečí psychického vyčerpání;
- nebezpečí výbuchu;
- nebezpečí zřícení konstrukcí;
- nebezpečí ztráty orientace;
- nebezpečí výbuchu výbušných látek a pyrotechnických směsí. [6]

4.1.3 Zásah jednotek požární ochrany v silničním tunelu je charakterizován těmito faktory

Faktory, které mohou zásah zkomplikovat a znesnadnit zásah zasahujících hasičů:

- fyzicky náročná doprava technických prostředků na místo zásahu v tunelu;
- stísněný prostor v případě hromadné havárie;
- překonání značných vzdáleností, mnohdy pěšky, obtížný transport osob, prostředků;
- malá viditelnost, sálavé teplo, silné zakouření;
- komplikované odvětrávání prostoru;
- neznámý počet ohrožených osob a pozdní reakce osob na vznikající nebezpečí;
- problémy s komunikací mezi zasahujícími;

- potřeba spolupráce s dohledovým pracovištěm a komunikace s ohroženými osobami v tunelu (informační systém). [6]

4.1.4 Úkoly jednotek požární ochrany a postup činnosti

O způsobu zásahu v silničním tunelu rozhodne:

- druh události v tunelu - požár, nehoda bez požáru, jiná MU;
- množství a druhy postižených vozidel v tunelu (počet ohrožených osob, nebezpečný náklad atp.);
- kategorie tunelu a bezpečnostní stavební úpravy tunelu;
- typ a momentální stav systému větrání tunelu;
- technologické vybavení tunelu. [6]

Hlavní směry nasazení JPO při požáru v:

- v obousměrném tunelu s příčným větráním - lze nasadit z obou stran na požár;
- obousměrném tunelu s podélným větráním - nasazení ve směru proudění čerstvého vzduchu tunelem;
- jednosměrný tunel s podélným větráním - nasazení ve směru proudění čerstvého vzduchu tunelem;
- jednosměrný tunel s příčným větráním - lze nasadit z obou stran na požár;
- pokud má tunel dvě tunelové trouby, provádí se zásah z druhé (nezasažené)
- tunelové trouby přes nejbližší záchranou cestu;
- Kromě hlavních směrů nasazení je nutno pro záchranu osob počítat také s ostatními směry nasazení v místech předpokládaného výskytu osob, které jsou v tunelu;
- Při zásahu je třeba zvážit hloubku vjezdu do zasažené tunelové trouby zásahovými automobily vzhledem k odvětrání tunelu, poloze místa hoření apod. [6]

Při průzkumu je nutné zjistit:

- polohu místa události (kilometrovník po 100 m), druh události;
- stav evakuace, výskyt a počet ohrožených (pohřešovaných) osob;
- situaci v dopravě (uzavření vjezdů do tunelu v obou směrech);

- směr proudění plynných zplodin hoření (pásmo zakouření), posoudit odvětrávání tunelu;
- počet a druhy vozidel nacházející se v tunelu;
- výskyt vozidel přepravujících nebezpečný náklad, popř. na plynový pohon;
- rozsah požáru a jeho šíření;
- informace o stavu technického a technologického zařízení tunelu;
- funkci vzduchotechnického zařízení, možnosti jeho reverzace. [6]

4.1.5 Zásady jednotek požární ochrany při hašení požáru v tunelech

Zásady, kterými se musí JPO řídit, není však podmínkou dodržení všech uvedených bodů:

- zřídit štáb velitele zásahu, místo pro týl k umístění a evidenci zraněných, označit místo pro leteckou záchrannou službu a ostatní složky IZS;
- využívat dokumentaci zdolávání požáru a další dokumentaci o tunelu;
- spolupracovat s dohledovým pracovištěm (provozovatel tunelu);
- vyhlásit odpovídající stupeň poplachu, povolát dostatečné množství sil a prostředků;
- zajistit vyproštění a záchranu osob, poskytnout první pomoc a vynést zraněné osoby z tunelu na předem stanovené místo nebo do nezasažené tunelové trouby vytvořit pro tento úkol úsek;
- vytvořit nástupní prostor pro zásah, nutno počítat s použitím velkého množství dýchacích přístrojů, velkými vzdálenostmi a střídáním nasazených hasičů při zásahu;
- organizovat jištění zasahujících hasičů;
- vést kontrolu o vstupu a výstupu hasičů ze zasažené tunelové trouby. [6]

4.1.6 Očekávané zvláštnosti během zásahu jednotek požární ochrany

Při požáru v silničním tunelu je nutno počítat s následujícími komplikacemi:

- s malou viditelností, s vysokými teplotami, toxicitou zplodin hoření, odprýskáváním betonové konstrukce tunelu;
- s velkým množstvím vozidel a osob v zasaženém tunelu;

- s obtížným transportem zařízení, zraněných osob apod.;
- s možností výskytu nebezpečných látek a předmětů;
- s velkou potřebou sil a prostředků a dlouhodobým nasazením jednotek;
- s přítomností vozidel na plynový pohon;
- s nedostatečným množstvím láhví se vzduchem pro dýchací přístroje;
- možností omezeného spojení pomocí radiostanic;
- s omezeným pohybem v tunelu. [6]

4.2 Provádění požárního zásahu v tunelu

Při vzniku MU a zejména s následným požárem v tunelu, se musí na samotném zásahu podílet všechny složky IZS. Největší podíl práce a odvedení specifických činností je na jednotkách požární ochrany uvedených v plošném pokrytí jednotlivých krajů. Převládající činnosti jsou podmíněny tím, že velitel celého zásahu je vždy velitel JPO HZS ČR, která dorazí na místo již v prvním stupni poplachu svého hasebního obvodu. Velitel zásahu koordinuje postup záchranných a likvidačních prací zejména z hlediska bezpečnosti pro všechny zasahující složky IZS a pro provedení efektivního a rychlého zásahu. Důležitá je proto i komunikace velitele zásahu (dále jen „VZ“) s vedoucími pracovníky ostatních složek IZS.

4.2.1 Vznik mimořádné události s následným požárem v tunelu

Možností vzniku požáru v tunelu je hned několik, ale přibližme si dvě nejběžnější příčiny. Nejčastější MU v tunelu s následným požárem je technická závada na vozidle, která je doprovázena požárem vozidla. Při této události nejsou většinou přímo ohroženy lidské životy. Lidé mají dost času, aby se dostali do bezpečných evakuačních míst tunelu, popřípadě přímo opustit tunelový systém. Oproti tomu je daleko víc nebezpečnější situace, kdy dojde k dopravní nehodě jednoho či více dopravních prostředků. Ve vozidlech mohou zůstat uvězněni lidé, kteří jsou odkázáni pouze na pomoc složek IZS. Zde hraje největší roli čas dojezdu složek IZS na místo zásahu a efektivnost provedení zásahu. To vše je spojeno s včasným ohlášením události na operační střediska složek IZS účastníky či svědky MU, popřípadě včasným zareagováním obsluhy Centrálního technického dispečinku, který zalarmuje okamžitě taktéž všechny potřebné složky IZS na místě zásahu.

4.2.2 Ohlášení vzniku události na operační střediska složek Integrovaného záchranného systému

Základní složky IZS mají svá operační střediska, která na základě získaných informací o vzniklých MU vysílají své jednotky na místo zásahu. Součástí Krajského operačního a informačního střediska HZS (obrázek 5) je také telefonní centrum tísňového volání, kde probíhá příjem tísňových volání na linkách 112 a 150. V případě ohlášení MU na linku 112 nebo 150, jsou o MU informovány všechny tři základní složky IZS současně. Ostatní složky IZS nedisponují vlastními operačními středisky a jsou povolávány prostřednictvím operačních středisek základních složek IZS. Tyto operační střediska mezi sebou neustále komunikují a předávají si získané informace, které jsou důležité pro dostatečné, efektivní a rychlé nasazení sil a prostředků na místě zásahu.



Obrázek 5 Krajské operační a informační středisko HZS Jmk [vlastní zpracování]

4.2.3 Centrální technický dispečink

Podmínkou k získání kvalitních informací o dění v tunelovém systému je jeho monitoring. Centrální technický dispečink (dále jen „CTD“) je pracoviště, které drží nepřetržitou službu v dvanáctihodinových směnách a má za úkol provádět dohled nad tunelovými systémy. Tento dispečink je povinen zřídit vždy provozovatel komunikace - v městě Brně jsou to Brněnské komunikace. Kompletní kamerový systém disponuje dvěma druhy kamer. Kamery umístěné před a za tunely jsou otočné o 360°, kamery v tunelu jsou ovladatelné pouze horizontálně. Všechny kamery jsou vybaveny videodetekcí, která upozorní obsluhu dispečinku na některé typy MU:

- zastavení vozidla v tunelu;
- vozidlo jedoucí v protisměru;

musí obsluha CTD reagovat, a v případě potřeby může na dálku ovládat jakékoliv technologické vybavení tunelu:

- spustit nucenou ventilaci k odvětrání tunelu;
- zvýšit intenzitu osvětlení tunelu na maximum;
- upravit nejvyšší povolenou rychlost v tunelu;
- uzavřít tunelové trouby závorymi z obou stran.

Aby byla zajištěna 100% bezpečnost a kontrola nad TS, má každý TS svůj velín umístěný přímo v místě tunelových trub, kde lze taktéž veškeré technologie ovládat pro případy výpadku elektrického proudu nebo tzv. „blackoutu“. Proto v případě jakéhokoliv výpadku elektrického proudu okamžitě vyjíždí obsluha CTD ze svého místa pracoviště na velín daného TS. Tato obsluha by komunikovala na místě MU přímo s VZ pomocí rádiového spojení nebo osobně. Bezpečnostní prvky silničních tunelů znázorňuje obrázek 7.



Obrázek 7 Bezpečnostní prvky tunelu [7]

Shrňme si činnosti dispečerské funkce obecnými zásady při vzniku MU:

- při aktivaci elektrické požární signalizace postupuje obsluha podle havarijních karet a podle místa inicializace tlačítkového hlásiče;
- všichni dispečeré (obsluha CTD) se vzájemně informují o prováděných úkonech – „všichni na TCD vědí všechno“;
- na pracovišti zůstávají minimálně dva dispečeré, respektive dvě osoby schopné obsluhovat CTD – řízení dopravy a technologie (obrázek 8);
- alarmová hlášení podává dispečer vždy na KOPIS HZS nebo PČR – neobvolává všechny složky, zpráva o vzniku MU je dále šířena prostřednictvím Národního informačního systému (dále jen „NIS“) - pomocí datové větvy.



Obrázek 8 Centrální technický dispečink „CTD“ – Brněnské komunikace [vlastní zpracování]

4.2.4 Výjezd jednotek požární ochrany na místo zásahu

Krajské operační a informační středisko po zpracování události okamžitě vysílá na místo zásahu jednotky požární ochrany dle platného požárního poplachového plánu v daném hasební obvodu. Současně KOPIS předává zprávu o vzniku MU prostřednictvím systému NIS (Národní informační systém) pomocí datové věty dalším složkám IZS. Podle situace na místě zásahu a rozsahu MU jsou povolávány jednotky začleněné do příslušného stupně poplachu, který je v daný moment vyhlášen operačním důstojníkem operačního střediska. V prvním stupni poplachu jsou zahrnuty 4 jednotky, v druhém stupni 8 jednotek. Při MU doprovázené požárem v tunelu se zpravidla vyhláší první stupeň poplachu, doplněný o 3 jednotky z druhého stupně, tudíž na místo zásahu vyjíždí tedy 7 jednotek, které jsou operačním střediskem navigovány na místo zásahu tak, aby přijížděly k TT z obou stran. Nájezdy a rozmístění jednotek jsou vždy uvedeny v dokumentaci zdolávání požáru, která je zpracována pro každý jednotlivý tunel. Tuto dokumentaci si veze sebou VZ ve vozidle. Následné nasazení jednotek určuje VZ podle získaných informací, podle předpokládaného množství zraněných či ohrožených osob, a podle aktuální situace na místě zásahu. [8]

4.2.5 Zásah jednotek požární ochrany v tunelu

Jednotky požární ochrany po příjezdu na místo zásahu zastavují před TT a VZ odchází na styčné místo vedoucích pracovníků složek IZS, které se nazývá portál = velitelské stanoviště. Je to meziprostor na začátku obou TT. Příslušníci JPO zůstávají ve vozidlech a čekají na pokyny VZ, ten si upřesní veškeré informace potřebné k nasazení sil a prostředků na místě zásahu. JPO vždy najíždí do nezasažené TT a obsluha CTD doporučí, který tunelový propoj je nejbližší místu zásahu. Mobilní požární technika se odstavuje vždy u vnitřní strany TT blíže k propojce TT. Dle typu MU VZ rozděluje činnosti jednotlivých jednotek. V případě pouze požáru vozidla po technické závadě nebo požáru více vozidel po dopravní nehodě, jednotky jsou nasazeny na hašení, avšak v případě požáru vozidla s výskytem zaklíněných osob, rozděluje VZ jednotky na dva úseky. Jeden úsek má za úkol hašení požáru a druhý úsek vyproštění osob z havarovaných vozidel. Každý úsek má svého velitele, který zodpovídá za provedení jednotlivých úkonů, provádí další průzkum a podává neustále informace o průběhu činností VZ. Může nastat i situace, kdy jsou nalezeni v TT lidé, kteří nestihli opustit zasažený prostor požárem a zplodinami hoření, tyto lidé musí být bezprostředně evakuováni pomocí vyváděcích prostředků přes tunelové propojky do nezasažené TT. Všechny osoby jsou identifikovány a zaznamenávány prostřednictvím PČR. Dokud

není prostor v TT bezpečný, není možné, aby do ní vstoupila jakákoliv jiná složka IZS. Po provedení záchranných a likvidačních prací JPO a vytvoření bezpečného prostoru pro zásah dalších složek IZS, zejména pro ZZS, jsou jednotky nápomocny složkám ZZS s transportem zraněných osob přes tunelové propojky do vozidel ZZS. Po celkové likvidaci požáru jednotky JPO provádí kontrolní měření teploty uhašených vozidel do bezpečného stavu pomocí termokamer, v případě potřeby dohašují skrytá ohniska požáru. Mnohdy dochází k úniku provozních kapalin z havarovaných vozidel, tyto kapaliny jsou zasypávány sorbentem a poté společně uklizeny se střepy a trosky z havarovaných vozidel. Celkový úklid komunikace po ukončení zásahu provádí správa a údržba komunikací. Po celou dobu zásahu jednotky IZS, respektive VZ komunikují s CTD. Předává pokyny, informace, požadavky na řízení technologie a dopravy, oznamuje ukončení zásahu apod. [9]

K tomu může využít následující způsoby:

- obecně na místě, pokud je zde přítomen technik (obsluha) CTD;
- telefonicky;
- prostřednictvím skříně SOS;
- prostřednictvím KOPIS.

Pro rychlejší a kvalitnější odvětrání TT využívá HZS také speciální techniku. Jedná se o speciální mobilní ventilátor Big Tempest MGV 125 (obrázek 9). Tento mobilní velkokapacitní ventilátor je používán zejména pro rychlé odvětrání silničních tunelů a velkých průmyslových hal, popřípadě na odvětrání jakýchkoliv velkých prostorů. Tato technika je povolána automaticky KOPIS na MU s požárem v silničním tunelu. Jeho objemový tok je 220 000 m³/h, kde motorová jednotka je tvořena spalovacím motorem Ford Duratec o obsahu 1 596 ccm a výkonu 77 kW. Celková hmotnost přívěsu je 1100kg a tento přívěs je možné připojit za mobilní požární techniku. [10]



Obrázek 9 Mobilní ventilátor Big Tempest MGV L125 [vlastní zpracování]

4.2.6 Komunikace složek Integrovaného záchranného systému při zásahu v tunelovém systému

Požáry v silničních tunelových systémech vyžadují velké množství sil a prostředků. Jednak k záchraně a evakuaci většího množství osob, ale také k provedení kvalitního a rychlého zásahu. Proto je nejdůležitější komunikace na místě zásahu. To je zabezpečeno pomocí mobilních telefonů, ale především digitálním rádiovým spojením, kde se komunikuje na součinnostních kanálech IZS. Tyto rádiové kanály byly vytvořeny proto, aby se spolehlivě slyšely všechny složky IZS. Pro nepřetížení jednoho kanálu VZ komunikuje s KOPIS, ZZS, PČR, CTD, Městskou policií a JPO jedoucími na místo na kanále 10 IZS 112, na radiostanici pozice 10. S jednotlivými JPO, které jsou již na místě zásahu VZ komunikuje na kanále IZS, na radiostanici pozice 9. [10]

Shrňme si veškeré prostředky pro komunikaci v tunelu:

- pevné telefonní linky;
- mobilní telefonní linky;
- radiostanice;
- SOS skříně;
- servisní telefon v prostorách tunelu;
- hlasité ozvučení v tunelu (informační rozhlas);
- vysílání FM rádia;
- fyzická přítomnost – verbální komunikace.

4.2.7 Další složky Integrovaného záchranného systému využitelné při zásahu v silničním tunelu

Každá MU v silničním tunelu má svá specifika, které si mohou vyžádat speciální službu.

Patří mezi ně tyto:

- Městská policie;
- Havarijní služba - napájení a energetika;
- Havarijní služba – plyn;
- Havarijní služba – voda;
- Servisní složky pro opravy a údržbu tunelu;
- Kynologové (v případě vyhledávání osob).

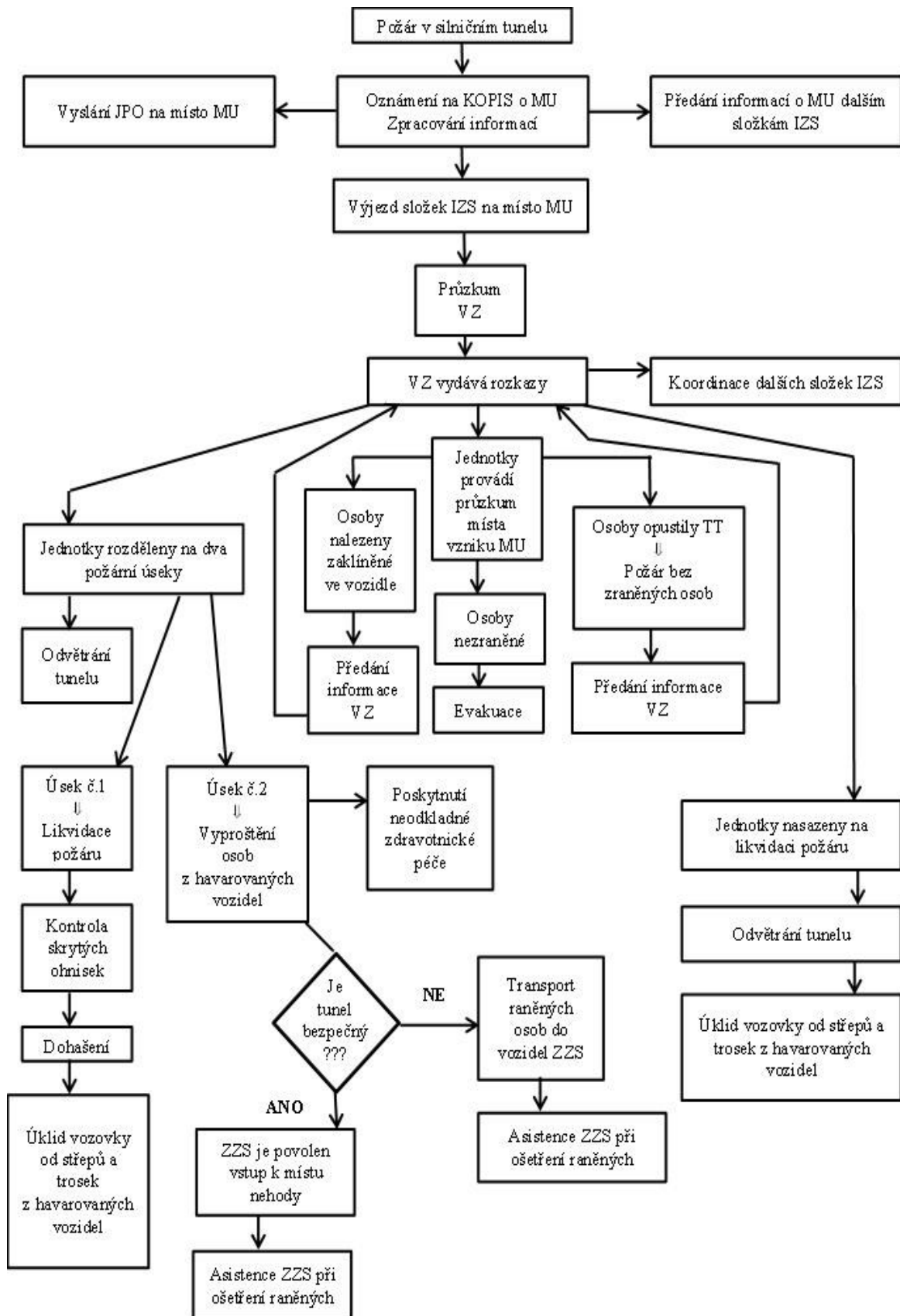
5 ANALÝZA RIZIK OHROŽUJÍCÍCH BEZPEČNOST HASIČŮ PŘI ZÁSAHU V TUNELU

Hasiči, a to jak členové jednotek sborů dobrovolných hasičů obce, tak příslušníci HZS ČR, jsou vystavováni nemalým rizikům v průběhu provádění požárního zásahu. Při likvidaci požáru v TS je to o to nebezpečnější, že jsou zde složité podmínky pro zásah. Proto jsem daná rizika zanalyzoval a navrhl opatření pro jejich minimalizaci. Pro zjednodušení identifikace rizik, které mohou ohrozit zasahující hasiče, jsem vytvořil vývojový diagram. Tento vývojový diagram znázorňuje průběh celého zásahu JPO v silničním tunelu v jednotlivých krocích.

Vývojový diagram (anglicky Flow chart) je grafické znázornění procesu, sekvence kroků, postupu nebo algoritmu. Cílem je znázornit tok kroků procesu od začátku do konce grafickým způsobem, který může být lépe pochopitelný než jen pouhý slovní popis. Vývojový diagram využívá jednoduché geometrické symboly pro zobrazení různých elementů popisovaného procesu. Klíčové prvky procesu jsou start, konec, rozhodnutí, činnost. Pomocí vývojového diagramu můžeme vytvořit popis sekvence kroků například:

- popis procesu;
- popis pracovního postupu;
- popis výrobního procesu;
- popis algoritmu počítačového programu. [11]

Vývojový diagram zásahu JPO v silničním tunelu je zobrazen na obrázku 10.



Obrázek 10 Vývojový diagram zásahu JPO v tunelu [vlastní zpracování]

5.1 Popis procesů zásahu jednotek požární ochrany v tunelu analýzou „What If“ a jejich bodování

Pro zanalyzování procesů a případných rizik jsem vybral metodu „What if“, tato metoda je založena na brainstormingu, při kterém kvalifikovaný pracovní tým (dobře seznámený se zkoumaným procesem) prověřuje formou dotazů a odpovědí neočekávané události, které se mohou v procesu vyskytnout. Formulované dotazy začínají charakteristickým „What – if“ (Co se stane, když ...?). Identifikace možných selhání a jejich následků se uskutečňuje formou tvořivých pracovních porad. Porad se zúčastní vybraná skupina odborníků dobře seznámených se zkoumaným procesem. Kdokoliv v týmu může formulovat otázku typu „Co se stane, když...“, která ho zajímá. Není podmínkou, aby každý byl odborníkem v dané problematice, jelikož i z laického pohledu je mnohdy možné přijít na závažné situace, které odborník již nemusí vidět. Pracovní tým pak hledá odpovědi na takto formulované dotazy. Odhadují se následky vzniklého stavu nebo situace, navrhuje se opatření a doporučení. [12]

Pro ohodnocení jednotlivých rizik byla použita bodová metoda v pětistupňové škále (tabulka 3):

Tabulka 3 Bodová metoda pravděpodobnosti [13]

Stupeň	Důsledek	Popis důsledku
1	Zanedbatelný	Drobné poranění, zanedbatelná porucha systému
2	Málo významný	Lehký úraz, drobné poškození systému
3	Významný	Závažnější úraz Závažné poškození systému, finanční ztráty
4	Kritický	Těžký úraz, nemoc z povolání, rozsáhlé poškození systému, ztráty ve výrobě, velké finanční ztráty
5	Katastrofický	Smrtelný úraz, úplné zničení systému, nenahraditelné ztráty

Analýza rizik metodou „What if“ ohrožujících zasahující hasiče společně s jejich ohodnocením je znázorněna v tabulce 4:

Tabulka 4 Analýza „What if“ s hodnocením rizik [vlastní zpracování]

Proces	Když (příčina)	Co se stane (důsledky)	P	D	R
1	Oznámení MU na KOPIS s chybnou dislokací místa události	Časová ztráta, která může být kritická pro rozvoj požáru a následků MU	2	3	6
2	Dopravní nehoda JPO při jízdě na místo MU	JPO nedorazí na místo zásahu = nedostatečný počet sil a prostředků na místě zásahu	1	1	1
3	Chybný průzkum VZ	Špatné vstupní informace pro nasazení JPO	2	4	8
4	Chybný rozkaz VZ pro ostatní složky IZS	Špatná koordinace složek IZS	1	3	3
5	Chybný průzkum JPO	Nenalezená osoba či osoby = ohroženy na životě	3	5	15
6	Chybné předání informace VZ	Chybné nasazení JPO na danou činnost	2	2	4
7	Panika při evakuaci	Ohrožení lidé i hasiči	4	4	16
8	Likvidace požáru – ztráta viditelnosti, zakouření	Nebezpečí úrazu, popálení, dezorientace, přehřátí	5	5	25
9	Likvidace požáru – výbuch vozidla	Nebezpečí úrazu, popálení, dezorientace, přehřátí, úmrtí	4	5	20
10	Likvidace požáru – špatný postup	Nebezpečí opaření	2	4	8
11	Likvidace požáru – nadměrná doba pobytu v zasaženém prostoru	Nebezpečí přehřátí, kolaps	2	4	8
12	Likvidace požáru – náhlý pád hasiče	Nebezpečí úrazu, intoxikace	3	4	12
13	Likvidace požáru – dlouhotrvající zásah	Nebezpečí fyzického i psychického vyčerpání	4	4	16
14	Poskytnutí neodkladné zdravotnické péče	Nebezpečí biologické infekce při kontaktu s raněným	1	4	4
15	Poskytnutí neodkladné zdravotnické péče	Nebezpečí psychického vyčerpání	1	2	2
16	Vyproštění osob z havarovaných vozidel	Nebezpečí pořezání	3	3	9
17	Vyproštění osob z havarovaných vozidel	Nebezpečí úrazu vyprošťovacími nářadími	3	4	12
18	Vyproštění osob z havarovaných vozidel	Nebezpečí zasažení střepy a trosky vozidel	3	5	15

Tabulka 4 Analýza „What if“ s hodnocením rizik (pokračování tabulky) [vlastní zpracování]

Proces	Když (příčina)	Co se stane (důsledky)	P	D	R
19	Odvětrání tunelu – riziko podpory hoření a požáru	Nebezpečí popálení	2	3	6
20	Transport raněných do vozidel ZZS	Nebezpečí vyčerpání	1	2	2
21	Výbuch, jiná zvláštnost – nebezpečí zřícení konstrukcí	Nebezpečí úrazu, popálení, dezorientace, přehřátí, úmrtí	3	5	15

Legenda užitých zkratk v tabulce:

P Pravděpodobnost

D Důsledek

R Riziko

5.2 Posouzení rizik při zásahu jednotek požární ochrany v tunelu

Kombinace závažnosti a důsledku negativního jevu určuje hodnotu rizika. Podle bodové metody je možno sestavit matici, která je bodovým vyjádřením rizika. Vycházíme-li z definice rizika, pak riziko vyjadřuje pravděpodobnost vzniku a zároveň závažnost následku případné nežádoucí události. To znamená, že riziko (R) je funkcí dvou základních parametrů, a to pravděpodobnosti (P) a důsledku (D). Vyjádřeno matematicky $R = P \times D$. [13]

Pro posouzení rizik souvisejících s prováděním požárního zásahu v tunelu jsem použil matici rizik (tabulka 5).

Tabulka 5 Určení hodnoty rizika [13]

Důsledek		Málo významný				
		Zanedbatelný	Málo významný	Významný	Kritický	Katastrofický
Pravděpodobnost		1	2	3	4	5
1	Velmi nízká	1	2	3	4	5
2	Nízká	2	4	6	8	10
3	Střední	3	6	9	12	15
4	Vysoká	4	8	12	16	20
5	Velmi vysoká	5	10	15	20	25

Zjištěné hodnoty rizika jsou zařazena do skupin podle jejich přijatelnosti (tabulka 6):

Tabulka 6 Přijatelnost rizika podle bodového hodnocení [13]

Hodnota rizika	Posouzení přijatelnosti	Kritéria bezpečnosti
1 - 4	Riziko přijatelné	System je bezpečný
5 - 8	Riziko mírné	System je bezpečný podmíněně, např. vyškolení obsluhy, kontroly apod.
9 - 12	Riziko nežádoucí	System je nebezpečný – nutno uplatnit ochranné opatření
15 - 25	Riziko nepřijatelné	Okamžité opatření, příp. odstavení systému

5.3 Návrhy opatření pro vybraná rizika

Hasiči i další příslušníci jiných složek IZS jsou vystaveni riziku téměř při každém zásahu. Tato míra rizika, je v povědomí všech příslušníků bezpečnostních sborů, a většina z nich umí dobře pracovat jak se stresem tak rizikem při každé činnosti. Zásah JPO v tunelu je však specifická událost, která v sobě nese další rizika, na které je potřeba myslet, vyvaro-

vat se jim, a dodržovat stanovená opatření. Pro jednotlivé procesy zásahu JPO v tunelu uvedené v tabulce 4 byla navržena tato opatření a doporučení:

- **Chybná dislokace místa události:** KOPIS musí ověřit polohu vzniklé události z více stran – ověření přes CTD, další oznamovatele události, VZ po příjezdu na místo MU oznamuje KOPIS správnost polohy místa události pro poskytnutí informace dalším jednotkám jedoucím na místo MU;
- **Dopravní nehoda JPO při jízdě na místo MU:** nervozita řidičů stojících v koloně je jedna z nejčastějších příčin dopravní nehody složek IZS, proto JPO jedoucí na místo zásahu musí dbát maximální opatrnosti vzhledem k hustotě provozu a kolonám tvořícím se před tunelovou troubou aby zabránili střetu s ostatním vozidlem, které by vybočilo ze svého pruhu a vjelo do cesty jedoucím jednotkám JPO;
- **Chybný průzkum VZ:** prvotní průzkum VZ v zasažené TT je nesmírně důležitý pro nasazení JPO a další koordinaci složek IZS, VZ musí zhodnotit všechny aspekty MU pro minimalizaci rizik, které by mohli ohrozit zasahující složky;
- **Chybný rozkaz VZ pro ostatní složky IZS:** VZ musí každé své rozhodnutí pečlivě zvážit a zejména zhodnotit daná rizika pro jejich minimalizaci;
- **Chybný průzkum JPO:** každé družstvo JPO, které vykonává u zásahu jakoukoliv činnost má v první řadě za úkol provést podrobný průzkum, tento průzkum je třeba provádět s nejvyšší pozorností pro správnost informací, které následně předá VZ;
- **Chybné předání informace VZ:** předávání informací od jednotlivých družstev nebo velitelů jednotlivých úseků VZ musí být vždy jasné, zřetelné, srozumitelné a slyšitelné, předaná informace musí být vždy VZ potvrzena slovem „rozumím“;
- **Panika při evakuaci:** tento jev je doprovázen u řady MU, JPO musí postupovat s rozvahou, snažit se uklidnit vzniklou situaci, rychle a efektivně osoby evakuovat ze zasaženého prostoru, nikdy nenecháváme osoby bez dohledu;
- **Likvidace požáru – ztráta viditelnosti, zakouření:** orientace a pohyb v prostoru se silným zakouřením musí být prováděn vždy s nejvyšší opatrností, je třeba dodržovat nedělitelnost družstev (nikdo není nikdy sám), využívat všechny možné prostředky pro zlepšení viditelnosti a orientace v tunelu;

- **Likvidace požáru – výbuch vozidla:** pro minimalizaci rizika při výbuchu je nutné vždy dodržovat správný směr nasazení sil a prostředků, zmenšit počet zasahujících na minimum, volit správné hasební prostředky, zachovat ostražitost, předávat nepřerušovaně informace o měnícím se stavu průběhu zásahu, měřit koncentrace plynů a par v zasaženém prostoru provádět hašení z větší vzdálenosti, zjišťovat teploty povrchů pomocí bezkontaktních teploměrů, zamezit rozvíření hořlavých plynů, prachů a par;
- **Likvidace požáru – špatný postup:** za správnost dodržování požární taktiky vždy zodpovídá VZ, nebo velitel družstva, je třeba všechny činnosti kontrolovat i v jejich průběhu a okamžitě hlásit změnu stavu události všem zasahujícím v první řadě;
- **Likvidace požáru – nadměrná doba pobytu v zasaženém prostoru:** dobu pobytu zasahujících v zasaženém prostoru vždy hlídá pomocník VZ, popřípadě člen štábu VZ, je třeba dodržovat absolutní přehled o zasahujících, hasiče nepřetěžovat, dodržovat stanovené přestávky po zátěži;
- **Likvidace požáru – náhlý pád hasiče:** ochrana spočívá v dodržování taktických postupů, nevstupovat do míst kde přímo hrozí riziko pádu, zajistit bezpečnost únikových cest, správné použití a nasazení technických prostředků, sledovat únosnost konstrukcí, využívat všech prostředků proti pádu;
- **Likvidace požáru – dlouho trvající zásah:** dodržovat včasné střídání hasičů, dodržování režimu práce a odpočinku, dodržování pitného režimu a stravy, používání vhodných ochranných oděvů, zajištění prostoru pro odpočinek;
- **Poskytnutí neodkladné zdravotnické péče:** je třeba dbát zvýšené opatrnosti před stykem s ostrými předměty a porušením ochranných pomůcek, znásobovat použití chirurgických rukavic pod zásahové rukavice, vyhýbat se kontaktu s biologickým materiálem raněných osob;
- **Poskytnutí neodkladné zdravotnické péče:** přecházet vzniku paniky, vnášet do davu klid a informace, které uklidní osoby v zasaženém prostoru, povolát včas na místo psychologickou pomoc;
- **Vyproštění osob z havarovaných vozidel – nebezpečí pořezání:** je třeba pracovat pečlivě, ostražitě, rychle a efektivně, nespěchat v situaci kdy to není na místě, pou-

žívat všechny dostupné ochranné pomůcky, krytí místa možného poranění zasahujících, informovat se mezi sebou;

- **Vyproštění osob z havarovaných vozidel – nebezpečí úrazu vyprošťovacími zařízeními:** je třeba pracovat pečlivě, ostražitě, rychle a efektivně, nespěchat v situaci kdy to není na místě, používat všechny dostupné ochranné pomůcky, vzhledem k váze vyprošťovacího nářadí včas střídat zasahující;
- **Vyproštění osob z havarovaných vozidel – nebezpečí zasažení střepy a trosky vozidel:** je třeba pracovat pečlivě, ostražitě, rychle a efektivně, nespěchat v situaci kdy to není na místě, používat všechny dostupné ochranné pomůcky, dodržovat pořádek na místě zásahu, dbát zvýšené opatrnosti;
- **Odvětrání tunelu – riziko podpory hoření a požáru:** informovat zasahující o zahájení odvětrávání, volit správný směr a podle toho nasazovat JPO, zahájit odvětrání nejlépe po lokalizaci požáru;
- **Transport raněných do vozidel ZZS:** při transportu postupovat obezřetně, svědomitě, dodržovat střídání hasičů provádějících transport, použít k transportu vybavení ZZS;
- **Výbuch – jiná zvláštnost, nebezpečí zřícení konstrukcí:** pozorně sledovat změny stavu konstrukcí a příznaky zřícení, nevyžaduje-li to záchrana osob, nenasazovat jednotky do zasaženého prostoru, nenasazovat jednotky do míst konstrukcí, které jsou tepelně namáhány, v případě nutnosti konstrukce hrozící se zřícením preventivně podepřít, zpevnit, zesílit nebo zcela strhnout, organizačně zajistit včasné varování zasahujících v rizikových místech, na střeších a podlažích se nepohybovat nad ohniskem požáru;
- **Úklid střepů a trosek vozidel:** je třeba dbát zvýšené opatrnosti před stykem s ostrými předměty a porušením ochranných pomůcek, používat všechny dostupné technické prostředky pro úklid a likvidaci MU, v případě potřeby využít kolových nakladačů popřípadě vyprošťovacích jeřábů, využít ostatních složek IZS. [14] [15]

ZÁVĚR

Zásah požárních jednotek v tunelu není úkolem pouze pro jednotky požární ochrany, nýbrž pro celý tým složek IZS. Událost se vzniklým požárem v silničních tunelových systémech naštěstí není na denním pořádku. Tato situace je MU, která nese opravdu velké riziko jak pro zdraví a životy lidí užívajících tunelový systém, tak zejména pro zasahující hasiče a další příslušníky všech složek IZS. Největší riziko při požáru v tunelu je rychle šířící se vysoce toxický kouř a s ním spojená expozice zplodinami hoření se vzrůstající teplotou. Z hlediska důležitosti této MU, je proto nesmírně důležitá koordinace a spolupráce všech složek IZS a správné zafungování obsluhy CTD nad tunely.

V teoretické části bakalářské práce jsem popsal historii tunelů a tunelových systémů v ČR a ve světě, technologii výstavby tunelů a bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. Uvedl jsem základní pojmy a právní předpisy související s požadavky na technické podmínky výstavby technologií a vybavení tunelových systémů.

V praktické části bakalářské práce popisují přesnou metodiku zásahu požárních jednotek v tunelovém systému a pohled na samotný zásah z reálného a skutečného hlediska. Rizika, které mohou nastat, a my je mohli minimalizovat, jsem analyzoval společně s návrhem opatření v poslední kapitole praktické části. Pevně věřím, že navrhnutá opatření mohou vést k minimalizaci daných rizik.

Tvorba bakalářské práce byla pro mne velmi zajímavá. Obohatila mě o nové zkušenosti a znalosti tunelových systémů, které jsou nesmírně důležité pro samotné uplatnění nejenom při výkonu služby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BARTÁK, Jiří. Podzemní stavitelství v České republice. Praha: SATRA, 2007. ISBN 978-80-239-8568-9.
- [2] Tunely - stavební část. In: Fbiweb.vsb.cz: Safeteach [online]. [cit. 2018-02-13]. Dostupné z: https://fbiweb.vsb.cz/safeteach/images/pdf/Prezentace/Tunely_stavebni_cast.pdf
- [3] Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací. In: Fbiweb.vsb.cz: Safeteach [online]. [cit. 2018-02-01]. Dostupné z: https://fbiweb.vsb.cz/safetach/images/pdf/Prezentace/Technologicke_vybaveni_tunelu_pozemnich_komunikaci.pdf
- [4] Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích. In: Beck-online [online]. 1997 [cit. 2018-01-16]. Dostupné z: <https://www.beck-online.cz/bo/view-document.seam?documentId=onrf6mjzhe3v6mjtufuzte>. Dostupné po přihlášení.
- [5] PŘIBYL, Pavel, Aleš JANOTA a Juraj SPALEK. Analýza a řízení rizik v dopravě: tunely na pozemních komunikacích a železnicích. Praha: BEN - technická literatura, 2008. ISBN isbn978-80-7300-214-5.
- [6] MINISTERSTVO VNITRA - GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY. Bojový řád jednotek požární ochrany: Taktické postupy zásahu. Metodický list č. 8S - zásah v silničním tunelu. S platností od 1. ledna 2018. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2017. ISBN 978-80-7385-026-5. Čj. MV - 130527- 1/PO -IZS -2017.
- [7] Prezentace - Dopravní nehody: Tunely a DaRK [online]. In: HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR JIHOMORAVSKÉHO KRAJE. Brno, 2014, 2014, s. 17 [cit. 2018-05-08].
- [8] ADAMEC, V., FOLDINA, V., HANUŠKA, Z. Taktika zdolávání požárů, nehod a havárií. Praha: MV - Ředitelství HZS ČR, 1995.
- [9] Bojový řád jednotek požární ochrany. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. ISBN 978-80-7385-026-5.

- [10] MINISTERSTVO VNITRA ČESKÉ REPUBLIKY[online]. 2016 [cit. 2016-11-06]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovník-krizove-rizeni-a-planovani-obrany-statu.aspx>.
- [11] Vývojový diagram: Flow chart. In: Www.managementmania.com [online]. 910 FoulkRoad, Suite 201 Wilmington, New CastleCounty Delaware 19803 USA: MANAGEMENTMANIA.COM, 2018 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/vyvojovy-diagram-flow-chart>
- [12] Identifikace nebezpečí a hodnocení rizik - metody. In: Www.bozpinfo.cz [online]. Jeruzalémská 9, 110 00 Praha 1: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2010 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/identifikace-nebezpeci-hodnoceni-rizik-metody>
- [13] Návrh metodické příručky pro hodnocení rizika. In: Www.cbusbs.cz [online]. Ostrava: Český báňský úřad, 2001, 2001 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: http://www.cbusbs.cz/docs/13_hodnocenrizik.pdf
- [14] Konspekty odborné přípravy jednotek PO. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1999. ISBN 8086111466.
- [15] ŠENOVSKÝ, M. Legislativa požární ochrany. 3., aktualiz. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2002. ISBN 80-86634-98-1.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CTD	Centrum technického dohledu
ČR	Česká republika
D	Důsledek
EU	Evropská unie
HZS	Hasičský záchranný sbor
IZS	Integrovaný záchranný systém
JPO	Jednotka požární ochrany
KOPIS	Krajské operační a informační středisko
NIS	Národní informační systém
P	Pravděpodobnost
PTO	Požární technické opatření
R	Riziko
TS	Tunelový systém
TT	Tunelová trouba
VZ	Velitel zásahu
ZZS	Zdravotnická záchranná služba

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma výstavby tunelu dle NRTM [2].....	14
Obrázek 2 Kategorizace tunelů v ČR [3].....	16
Obrázek 3 Zjednodušený model systému [5]	24
Obrázek 4 Vztah mezi bezpečností, nebezpečím a dalšími pojmy [5]	26
Obrázek 5 Krajské operační a informační středisko HZS Jmk [vlastní zpracování].....	36
Obrázek 6 Kamerový pohled na SOS skříň z monitoru CTD [vlastní zpracování].....	37
Obrázek 7 Bezpečnostní prvky tunelu [7]	38
Obrázek 8 Centrální technický dispečink „CTD“ – Brněnské komunikace [vlastní zpracování]	39
Obrázek 9 Mobilní ventilátor Big Tempest MGV L125 [vlastní zpracování]	42
Obrázek 10 Vývojový diagram zásahu JPO v tunelu [vlastní zpracování]	45

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Přehled tunelů v ČR [3]	15
Tabulka 2 Přehled tunelů v EU nad 500 metrů [5]	21
Tabulka 3 Bodová metoda pravděpodobnosti [13]	46
Tabulka 4 Analýza „What if“ s hodnocením rizik [vlastní zpracování]	47
Tabulka 5 Určení hodnoty rizika [13]	49
Tabulka 6 Přijatelnost rizika podle bodového hodnocení [13]	49