

Redakčně upravená roční zpráva projektu

# Optimalizace tunelů z hlediska bezpečnosti – SAFETUN 2007



**Hlavní editor:** Prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc., Ing. Jindřich Heissiger

**Praha, leden 2008**

## Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>2</b>
<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>3</b>
<b>2. SPOLUŘEŠITELÉ</b> .....	<b>4</b>
<b>3. PLÁN ŘEŠENÍ PROJEKTU</b> .....	<b>4</b>
3.1 HLAVNÍ CÍLE PROJEKTU .....	4
3.2 PLÁNOVANÉ PRÁCE V ROCE 2007 .....	4
<b>4. KOORDINAČNÍ AKTIVITY</b> .....	<b>5</b>
<b>5. VÝSTUPY PROJEKTU</b> .....	<b>7</b>
<b>6. SHRnutí VÝROČNÍ ZPRÁVY 2007</b> .....	<b>8</b>
6.1 AKTIVITA A701.....	8
6.1.1 Porovnání stávajících dokumentů .....	8
6.1.2 Návrh nové kategorizace tunelů a jejich vybavení.....	11
6.1.3 Modely mimořádných situací v tunelu.....	19
6.1.4 Závěry a doporučení A701 .....	20
6.2 AKTIVITA A702.....	22
6.2.1 Stávající řešení .....	22
6.2.2 Navrhované změny automatizovaného zpracování MU.....	23
6.2.3 Vývoj nové aplikace pro automatickou analýzu dat.....	27
6.2.4 Vyhodnocení dotazníků pro zlepšení práce při zápisu MU.....	28
6.2.5 Navrhované změny v rámci revize TP 154 .....	31
6.2.6 Postup prací v roce 2008 .....	32
6.2.7 Závěry a doporučení A 702 .....	32
6.3 AKTIVITA A703.....	33
6.3.1 Metodika pro kvantitativní analýzu rizik.....	33
6.3.2 Závěry a doporučení A703 .....	42
6.4 AKTIVITA A803.....	43
6.4.1 Modelování evakuační procedury podle Perssona .....	43
6.4.2 Představení softwaru SIMULEX .....	47
6.4.3 Aplikace programu Simulex pro modelování prostředí silničního tunelu.....	50
6.4.4 Závěry a doporučení A803 .....	52
<b>7. SHRnutí A DOPORUČENÍ ROČNÍ PRÁCE PROJEKTU SAFETUN</b> .....	<b>53</b>
<b>PŘÍLOHA A: ZMĚNY A DOPLŇKY TP 98</b> .....	<b>55</b>
<b>PŘÍLOHA B: ZMĚNY A DOPLŇKY ČSN 73 7507</b> .....	<b>74</b>

## 1. Úvod

Stále se opakující katastrofy v tunelech (poslední se stala ve švýcarském tunelu Viamala 16. září 2006 a zahynulo při ní a následném požáru 9 lidí, lit. [1]), vyvolaly reakci Evropské unie, která cestou Evropské Rady a Parlamentu vydala v roce 2004 požadavky na minimální vybavování tunelů na trans-evropské silniční síti delší než 500 metrů (lit. [9]). Směrnice tedy neřeší krátké tunely, případně ekotunely a vysoce zatížené, ale krátké tunely ve městech. V případě naší republiky se občas vyskytuje extrém, kdy i tunely kratší než 500 metrů jsou vybavovány dle vůle dodavatelů či různých institucí, které se k projektu vyjadřují. Proto bylo značné úsilí v letošním roce soustředěno na objasnění problematiky krátkých tunelů (A701).

Analýza tunelových systémů provedená v rámci této aktivity ukázala, že tunely jsou, díky požadavkům na bezpečnost a ceně investic, vůbec nejkompexnějšími dopravními stavbami. Přitom se u nás již provozuje 9,3 km tunelů, v přípravě či výstavbě je 11,4 km a naplánováno je dalších 33,2 km. Význam výzkumu okolo krátkých tunelů spočívá i v tom, že polovina ze všech tunelů je nebo má být kratších než 500 m. V rámci A701 je navrženo řešení, které výstavbu i provoz významně zlevňuje a přitom jsou zachovány podmínky bezpečnosti pro uživatele tunelu.

Zmíněná evropská direktiva klade striktní požadavky na zaznamenávání a následnou analýzu všech mimořádných situací v tunelech. Cílem je respektovat známý požadavek z teorie rizik, kdy se každá událost musí analyzovat a musí se hledat opatření pro minimalizaci následků podobné budoucí události. V rámci projektu OPTUN byl položen základ pro monitorování událostí v tunelu, které se jednoduchými prostředky provádí od roku 2002. Aktivita A702 analyzuje a navrhuje nové řešení, kdy budou dispečeri zaznamenávat události na velínu a úložiště dat, včetně vyhodnocovacího software bude v Národním dopravně-informačním centru v Ostravě.

Největší teoretické práce se odehrávají okolo návrhu jednotné metodiky pro kvantitativní analýzu rizik (A703). V prvním roce řešení byly analyzovány přístupy v jiných zemích a byla navržena metodika pro tvorbu nástroje pro analýzu. Problémem je, že kromě návrhu rakouské směrnice RVS09.03.11 a nedostatečně popsaného holandského produktu TUNPRIM, není přístup k analýze rizik v ostatních zemích znám a není ani publikován. Proto není ani známo, na jaké úrovni se analýza provádí.

Ve výzkumné zprávě VZ 259/07 je popsána unikátní a dosud nepublikovaná metoda spočívající ve třech krocích:

1. Modelování nebezpečných situací v jazyku UML;
2. Redukce dimenzionality metodami umělé inteligence;
3. Kvantitativní hodnocení rizik metodou ETA.

Navržený přístup bude dopracován a ověřen v roce 2008.

Význam projektu SAFETUN leží i mimo vlastní předmět výzkumných prací. Projekt soustřeďuje dohromady odborníky, kteří by se normálně neměli možnost setkávat. Tato kontinuita začala již roku 2001 (Projekt Analýza rizik) a mohla by pokračovat v rámci podaného projektu DOTUN. Společně pracují odborníci z akademické sféry i z praxe. Tím se daří udržet úzkou vazbu na praxi a některé výstupy přímo do praxe převádět.

Na základě výstupů projektu jsou zpracovávány dodatky technických podmínek pro vybavování tunelů pozemních komunikací (TP98), revize celých technických podmínek pro jejich provozování (TP154) a změny k ČSN 73 7507. Velký význam má i dokončení zpracování a projednání metodiky pro testování požárů.

## 2. Spoluřešitelé

Vedoucím tohoto projektu je ELTODO EG, a.s., úsek viceprezidenta, koordinátorem pak oddělení Technický rozvoj. Spoluřešitelem je ČVUT, Fakulta dopravní.

V průběhu projektu jsou organizovány pracovní schůzky, kterých se účastnili zástupci zadavatele, oponenti, zástupce České silniční společnosti – Tunelové sekce a další odborníci.

Kolektiv řešitelů je konsolidovaný a pracuje v prakticky stejném složení na projektech vědy a výzkumu od roku 2001.

## 3. Plán řešení projektu

Práce na projektu MD č. CG711-020-910 „Harmonizace bezpečnosti tunelů pozemních komunikací s požadavky Direktivy 54/2004/ES a optimalizace tunelů z hlediska bezpečnosti“ (SAFETUN) byly zahájeny v roce 2007.

### 3.1 Hlavní cíle projektu

Jeho hlavní cílem je realizace Evropské direktivy 54/2004/ES v národním prostředí a to rozpracováním pro krátké tunely, vytvoření prostředí pro hodnocení rizik v tunelech a systematický trénink obsluh. Tento cíl je řešen během tří let a jeho splnění je rozpracováno v těchto úkolech:

1. Analýza a syntéza bezpečnostního a technologického vybavení tunelů pod 500 m délky v členění na silniční a dálniční tunely a extrémě zatížené krátké tunely ve městech;
2. Analýza bezpečnosti v silničních tunelech;
3. Návrh a ověření národní metodiky pro kvantitativní hodnocení rizik v tunelech pozemních komunikací;
4. Model evakuace osob z tunelu;
5. Zavedení systému pro výuku a testování dispečerů tunelů.

### 3.2 Plánované práce v roce 2007

V prvním roce řešení projektu byly detailně rozpracovány a na schůzkách řešitelů projednány úlohy, jejichž přehled i s požadovanými výstupy je v následující tabulce:

DC	Název úkolu	Shrnutí úkolu
		Předpokládané výstupy (komentář)
A701 DC001	Modelování mimořádných dopravních situací v tunelech do 500 m	Cílem práce je mimo jiné stanovení požadavků a parametrů pro optimalizaci rizik a harmonizace s vybranými národními předpisy.
		<b>Výstup:</b> Výzkumné zprávy shrnující výsledky bádání s přílohou návrhu pro zpracování dodatků TP 98 – Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací a ČSN 73 7507 – Projektování tunelů pozemních komunikací.
A702 DC002	Automatizované zpracování mimořádných událostí v silničních tunelech	Výzkum spočívá v vytvoření jednotného prostředí pro záznam údajů o mimořádných dopravních stavech a situacích v silničních tunelech, pro jejich automatickou analýzu a poskytování výsledků příslušným orgánům správy pozemních komunikací, státní správy a pro zpracovatele hodnocení rizik, součástí aktuální bezpečnostní dokumentace silničních tunelů.
		<b>Výstup:</b> Výzkumná zpráva shrnující současný stav a navrhuující konkrétní realizaci na NDIC.

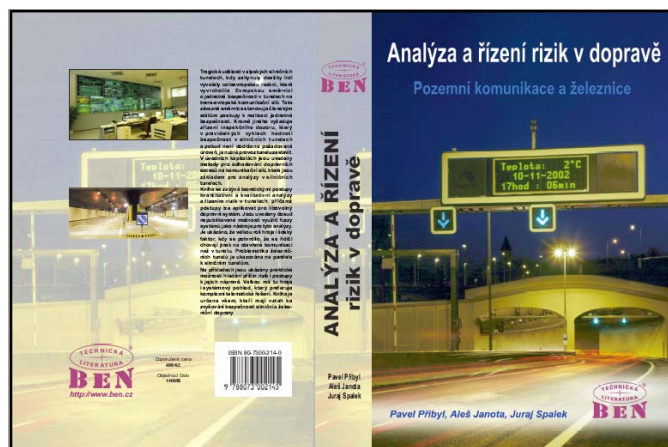
A703 DC003	Návrh a ověření jednotné metodiky pro analýzu rizik	Využití expertních systémů pro zjednodušení plnohodnotného provádění kvantitativní analýzy rizik v silničních tunelech.
		<b>Výstup:</b> Výzkumná zpráva s popisem nové metody kvantitativní analýzy rizik v silničních tunelech.

Tab. 1: Komentovaný přehled prací za rok 2007

## 4. Koordinační aktivity

V této kapitole jsou uvedeny některé další aktivity realizované v souvislosti s projektem:

- Dokončení „Metodické příručky pro testování požárů v silničních tunelech“;  
*Metodická příručka byla revidována, opatřena všemi náležitostmi, svázána a poslána k vyjádření GŘ HZS. Více-méně formální připomínky byly zapracovány a příručka byla předána k oficiálnímu vyjádření na Ministerstvo dopravy. Její význam je značný, neboť definuje požadavky na zkoušení tunelů požáry.*  
*Pro seznámení co nejširší veřejnosti bude v č. 1/2008 časopisu Tunel publikován článek Příbyl P., Košťál M.: „Metodika zkoušení požárů v tunelech pozemních komunikací“*
- Aktualizace technických podmínek TP 154 „Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací“;  
*První evropské technické podmínky pro provozování tunelů byly v roce 2007 týmem expertů upravovány. Jednalo se hlavně o zjednodušení a o zlepšení formální stránky. Pro splnění všech požadavků na toto dílo byl sestaven tým odborníků firem Eltodo EG, Eltodo dopravní systémy a SUDOP Praha, kteří zpracovávají jednotlivé kapitoly dokumentu. Byly navrženy úpravy stávajícího textu jednotlivých kapitol a zapracovány nové poznatky dané problematiky a zkušenosti z praxe.*  
*Byly uskutečněny čtyři pracovní výbory za účasti zástupců široké odborné veřejnosti. V pracovním kolektivu jsou kromě zpracovatelů jednotlivých kapitol zástupci společností Satra, Technické správy komunikací hl. m. Prahy, Ředitelství silnic a dálnic, Brněnských komunikací, Subterry, Metrostavu, Pragoprojektu a Policie ČR. Konečný pracovní výbor se uskuteční v lednu 2008.*
- Práce na vydání knihy „Analýza a řízení rizik v dopravě - Pozemní komunikace a železnice“;  
*Kniha v rozsahu 520 stran ve 12 kapitolách popisuje problematiku bezpečnosti v tunelech na silnicích a železnicích. Jsou analyzovány katastrofy, které se v tunelech staly a poučení z nich vyplývající, je zde ucelená teorie rizik, diskutovány jsou nebezpečné náklady, spolehlivost technických systémů nebo i chování řidiče v tunelu. V roce 2007 byly dopracovány poslední kapitoly, probíhalo několik kol korektur a kniha byla připravována k vydání.*  
*Lektorovaná kniha, jak je uvedeno v úvodu, vychází v rámci výstupů projektu OPTUN a SAFETUN. V minulém roce žádali autoři v rámci oponentního řízení projektu SAFETUN na Ministerstvu dopravy o příspěvek na její vydání. Bohužel, žádná podpora poskytnuta nebyla a tak bylo velké úsilí věnováno získání několika set tisíc od sponzorů. Zde se projevila solidarita firem a univerzit a jejich snaha pomoci vydat takto unikátní dílo. Kromě hlavního sponzora Eltodo EG, který je i hlavním řešitelem SAFETUN se podílela Fakulta dopravní ČVUT, Žilinská univerzita v Žilině, SPEL, Značky Praha, Metroprojekt, Betamont Zvolen a BKOM Brno.*



- Bezpečnostního vybavení Libereckého tunelu

*Ověření teoretických výstupů aktivity A701 bylo možné uskutečnit pro Liberecký tunel o délce 280 metrů, který byl nově navrhován, z hlediska bezpečnosti, ve spolupráci s řešitelem projektu ing. Heissigerem..*

Stručný komentovaný přehled dalších aktivit řešitelů je uveden v následující tabulce:

<b>Pracovní schůzky týmu</b>	Pracovní tým se na koordinačních schůzkách sešel v roce 2007 čtyřikrát a také proběhla řada jednání na bilaterální úrovni. Z jednání jsou pořizovány zápisy v jednotné podobě. Cílem schůzek je vzájemná informovanost, koordinace práce a kontrolní činnost. Kromě toho se koná řada neformálních schůzek.	DOKUMENTY D 2007/1 SAFETUN AŽ D 2007/4 SAFETUN
<b>Tunelová sekce České silniční společnosti</b>	V rámci Tunelové sekce byl projekt několikrát prezentován. Dále se na sekci projednávala Metodika pro zkoušení požárů.	
<b>Konference a publikace</b>	Účast na konferencích a publikace v roce 2007: <ul style="list-style-type: none"> <li>- časopis Tunel – dva články</li> <li>- prezentace na světovém kongresu</li> <li>- Seminář na VŠB Ostrava</li> </ul>	Publikace členů kolektivu jsou v databázi ENDNOTE
<b>Světový kongres WTC2007</b>	Světový kongres byl mimořádnou událostí a skončil velkým úspěchem, neboť se ho účastnilo nejvíce delegátů v dosavadní historii. Hlavní řešitel byl členem vědeckého výboru světového kongresu, vedení sekce „Bezpečnost a vybavení tunelů“.	
<b>PIARC, výbor C3.3 „Road Tunnel Operation“</b>	Prof. Příbyl zastupuje ČR v hlavním výboru, což s sebou neslo účast na několika zahraničních zasedáních a lektorování několika dokumentů. Výbor pracuje v šesti podskupinách a jeho práce jsou velmi přínosné. Práce vyvrcholily kongresem PIARC v Paříži (září 2007). Další aktivity se budou vyvíjet případně v rámci projektu DOTUN. Pracovní dokumenty i výsledné zprávy pracovních skupin jsou k dispozici u národního gestora.	Pracovní skupiny: WG1: Provoz tunelu WG2: Bezpečnost WG3: Lidský faktor WG4: Detekce, evakuace WG6: Větrání a zdolávání požárů

Tab. 2: Přehled koordinačních aktivit

## 5. Výstupy projektu

Práce probíhaly v pracovním postupu dle předloženého a schváleného plánu. Veškeré výstupy jsou formulovány do evidovaných výzkumných zpráv označených zkratkou VZ a číslem. Tyto zprávy jsou archivovány a jsou k dispozici pro další zájemce. V této kapitole je uveden přehled o vykonávaných činnostech a jejich začlenění do aktivit tohoto projektu, stručné výtahy z výzkumných zpráv jsou uvedeny v kap. 6. V roce 2007 byly řešené úkoly zpracované do následujících dokumentů:

**Aktivita A701** – Modelování mimořádných dopravních stavů a situací v tunelech délek do 500 m

- VZ 247/07 EEG „Analýza bezpečnostních standardů tunelů kratších než 500 m“
- VZ 249/07 EEG „Návrh nových kategorií silničních tunelů a modelování dopravy“

**Aktivita A702** – Automatizované zpracování mimořádných událostí v silničních tunelech

- VZ 250/07 EEG „Automatizované zpracování mimořádných událostí v silničních tunelech“

**Aktivita A703** – Návrh a ověření jednotné metodiky pro kvantitativní analýzu rizik v silničních tunelech

- VZ 259/07 EEG „Návrh a ověření jednotné metodiky pro kvantitativní analýzu rizik v silničních tunelech“

V tomto roce byla dále v předstihu zahájena aktivita A803 „Evakuační model tunelu“ dílčího cíle DC 004. Cílem práce je mimo jiné vypracování metodické příručky k modelování evakuace osob ze silničních tunelů.

**Aktivita A803** – Evakuační model silničního tunelu

- VZ 260-1/07 EEG „Možnosti software vybavení pro simulace pohybu osob při evakuaci ze silničních tunelů“

## 6. Shrnutí výroční zprávy 2007

V této kapitole je shrnutí nejdůležitějších částí a závěrů jednotlivých výstupů projektu realizovaných v roce 2007, které vycházejí z jednotlivých výzkumných zpráv, viz. výše. V tomto shrnutí jsou komentovány jednotlivé aktivity, které byly naplánované pro letošní rok (A701 – A703) a dále práce, které byly nad rámec plnění letošního roku (A803).

### 6.1 Aktivita A701

Úkolem této aktivity je hledání optimálního vybavení krátkých tunelů, tedy tunelů kratších než 500 m a to pro různé kategorie zatížení. Tedy jak optimálně vybavovat tunely dlouhé třeba jen 200 m, které ale mají extrémní dopravní zatížení anebo opačný případ, zda musí být technologií vybavovány ekodukty, například na dálnicích, které mají délku okolo 100 m.

Tato podkapitola je zpracována na základě výzkumných zpráv VZ 247/07 EEG (lit. [2]) a VZ 249/07 EEG (lit. [3]).

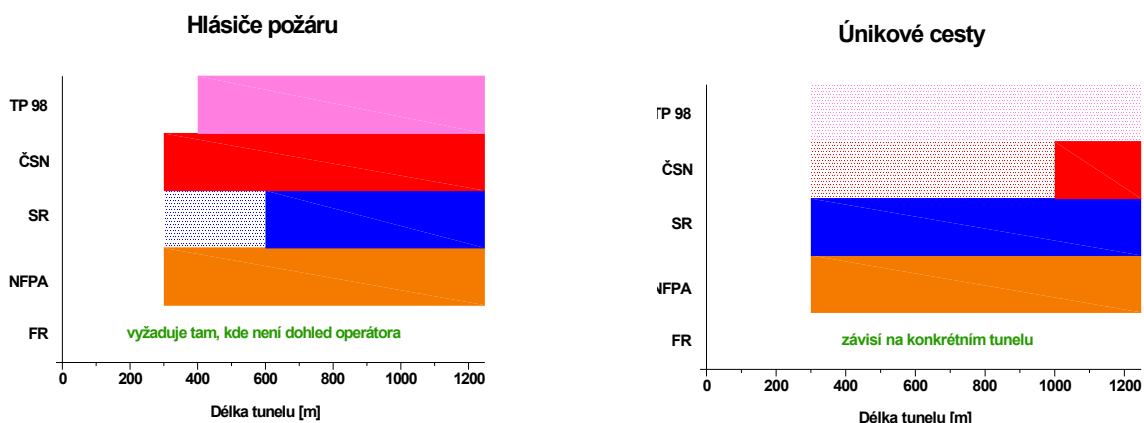
#### 6.1.1 Porovnání stávajících dokumentů

V této části úkolu byly analyzovány stávající národní i mezinárodní dokumenty zaměřené na silniční tunely všech délek. Z těch byly vybrány pasáže zmiňující se o rozdílném technologickém a bezpečnostním vybavení krátkých tunelů do 500 m od tunelů tyto délky přesahující (viz. lit. [2]). K porovnání obsahu standardů a doporučení týkajících se bezpečnostního vybavení tunelů do 500 m délky pro pozemní komunikace byly vybrány tyto dokumenty:

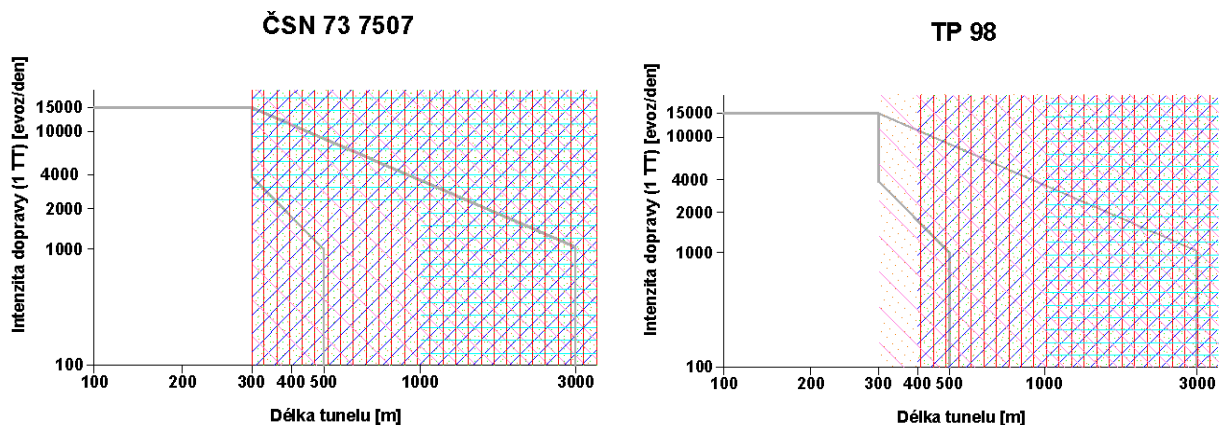
- *Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací – Technické podmínky 98,2004, Praha*
- *Česká technická norma ČSN 73 7507, Projektování tunelů pozemních komunikací, 2004, Praha*
- *Česká technická norma ČSN 73 6201, Projektování mostních objektů, 1995, Praha*
- *Projektovanie požiarnej bezpečnosti tunelov na cestných komunikáciách,*
- *NFPA 502 Standard for Road Tunnels, Bridges and other Limited Access Highways, 2001 Edition, USA*
- *Inter-ministry circular N° 2000 – 63 of 25 August 2000 concerning safety in the tunnels of the national highways network, Ministry of the Interior, Ministry of the Establishment, Transport and Housing, 2000, France*
- *RVS 9.282 Projektierungsrichtlinien Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen, Tunnelausrüstung, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Österreichischen Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV), Wien 2002*
- *RVS 9.261 Projektierungsrichtlinien Tunnel Lüftungsanlagen, Grundlagen, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Österreichischen Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV), Wien 2002*

- *Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee on Road Tunnels, 1998*
- *Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council, Brussels 2004*

Porovnání požadavků vybraných dokumentů je uvedeno v Tab. 3. Pro přehlednost bylo zpracováno i grafické vyjádření (viz. lit. [2]). Příklady jsou na Obr. 1 a Obr. 2.



Obr. 1: Grafy požadavků na hlásiče požáru a únikové cesty



Obr. 2: Grafy požadavků ČSN 73 7507 a TP 98

	TP 98	ČSN 73 7507	Slovenská směrnice	NFPA 502	Francouzský oběžník	PIARC
<b>Rozdělení tunelů</b>	<p><b>Dle kategorie:</b>  <u>Do 1 000 voz/den:</u>            TC: od 100 do 500 m            TB: od 500 do 3000 m            TA: nad 3000 m  <u>Od 1000 do 15 000 voz/den:</u>            TC: od 100 do 300-500 m            TB: od 300-500 do 300-3000 m            TA: nad 300-3000 m  <u>Nad 15 000 voz/den:</u>            TA: nad 100 m</p>	<p><b>Dle délky:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Krátké: do 300 m</li> <li>• Střední: od 300 do 1000 m</li> <li>• Dlouhé: nad 1000 m</li> </ul> <p><b>Dle kategorie:</b>            TA, TB, TC (viz. TP 98)</p>	<p><b>Dle délky:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Krátký: do 300 m</li> <li>• Střední: od 300 do 3000 m</li> <li>• Dlouhý: nad 3000 m</li> </ul>	<p><b>Dle délky:</b>            Neplatí pro tunely do 90 m, tunely nad 300 m se musí řídit všemi ustanoveními.</p>	<p><b>Dle zatížení a umístění:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Málo zatížený – <math>\leq</math> do 2000 voz/den za rok</li> <li>• Městský – nad 1000 voz/h ve špičce v jednom jízdním pruhu, v oblasti nad 20 000 obyvatel</li> <li>• Mimoměstský – nesplňující definici městského</li> </ul>	
<b>Požární vodovod</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyžaduje u tun. <math>\geq</math> 400 m</li> <li>• průtok po dobu 1h 2 x 1200 l/min</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyžaduje u tun. &gt; 300 m</li> <li>• průtok po dobu 1h 2 x 1200 l/min</li> </ul>	<p>Nevyžaduje u tunelů do 200 m, jestliže místní podmínky umožňují jiný způsob zabezpečení vody.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyžaduje u tunelů &gt; 90 m</li> <li>• průtok po dobu 1h 1 920 l/min</li> </ul>	<p>Nevyžaduje u tunelů mimoměstských do 500 m a tam, kde je rozdílné nařízení místních úřadů.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• doporučuje</li> <li>• 1000 l/min při 0,5 MPa</li> </ul>
<b>Hlásiče požáru</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• doporučuje u tun. <math>\geq</math> 400 m tlačítkové i automatické</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyžaduje u tun. <math>\geq</math> 300 m tlačítkové i automatické</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nevyžaduje u tun. &lt; 300 m</li> <li>• doporučuje u tun. &lt; 600 m</li> <li>• vyžaduje u tun. <math>\geq</math> 600 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyžaduje u tun. &gt; 300 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyžaduje tam, kde není dohled operátora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• doporučuje</li> </ul>
<b>Únikové cesty</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• doporučuje u tun. <math>\geq</math> 300 m a <math>\geq</math> 2000 voz/den/JP nouzové osvětlení únikových cest</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• doporučuje u tun. 300 – 1000 m</li> <li>• vyžaduje u tun. &gt; 1000 m</li> <li>• po 250 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nevyžaduje u tun. &lt; 300 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyžaduje u tun. &gt; 300 m</li> <li>• max. po 90 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• závisí na jednotlivém tunelu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• doporučuje</li> <li>• po 100 až 200 m</li> </ul>
<b>Nucené větrání</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dle 2004/54/EC nevyžaduje u tun. &lt; 1000 m a provozu &lt; 2000 voz/den/JP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nevyžaduje u tun. &lt; 300 m</li> <li>• nevyžaduje u tun. &lt; 1000 m při provozu &lt; 2000 voz/den/JP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nevyžaduje u tun. &lt; 600 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nevyžaduje u tun. <math>\leq</math> 240 m</li> <li>• nevyžaduje u tun. &gt; 240 m s povolením státní správy</li> </ul>	<p>Vyžaduje pro tunely:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• městské &gt; 300 m</li> <li>• mimoměstské &gt; 500(800) m</li> <li>• málo dop. zatížené &gt; 1000 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nespecifikuje kritéria</li> </ul>
<b>Požární hydranty</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyžaduje u tun. <math>\geq</math> 400 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyžaduje u tun. <math>\geq</math> 300 m</li> <li>• po 60 – 125 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyžaduje u tun. <math>\geq</math> 200 m</li> <li>• po max. 100 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyžaduje u tun. &gt; 90 m</li> <li>• po max. 85 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tam, kde je rozvod vody</li> <li>• po 200 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• doporučuje</li> <li>• po 100 – 200 m</li> </ul>
<b>Přenosné hasicí přístroje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyžaduje u tun. <math>\geq</math> 300 m</li> <li>• 2 přístroje po max. 150 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyžaduje u tun. <math>\geq</math> 300 m</li> <li>• 2 přístroje po max. 150 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• doporučuje u tun. &lt; 300 m</li> <li>• vyžaduje u tun. <math>\geq</math> 300 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyžaduje u tun. <math>\geq</math> 300 m</li> <li>• po max. 90 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• po 200 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• doporučuje</li> <li>• po 100 – 200 m</li> </ul>

Tab. 3: Porovnání dokumentů

### 6.1.2 Návrh nové kategorizace tunelů a jejich vybavení

Na základě výzkumné zprávy VZ 247/07 EEG (lit. [2]), která byla stručně popsána v předcházející podkapitole je navržena nová kategorizace silničních tunelů. Pro každou kategorii tunelů do 500 m délky je dále navrženo jejich bezpečnostní vybavení, dopravní systém, osvětlení a větrání tunelu a zásobování elektrickou energií (podrobný popis viz. VZ 249/07 EEG lit. [3]).

V uvedeném dokumentu jsou také zpracovány změny a dodatky k TP 98 a ČSN 73 7507 plynoucí z návrhů zmíněné výzkumné zprávy a jsou uvedeny jako Příloha A a Příloha B. Tyto dodatky, po dohodě se zástupcem poskytovatele, nahrazují „Metodiku pro realizaci minimálních bezpečnostních požadavků pro tunely do délky 500 m“, která měla být původně zpracována jako aktivita A801.

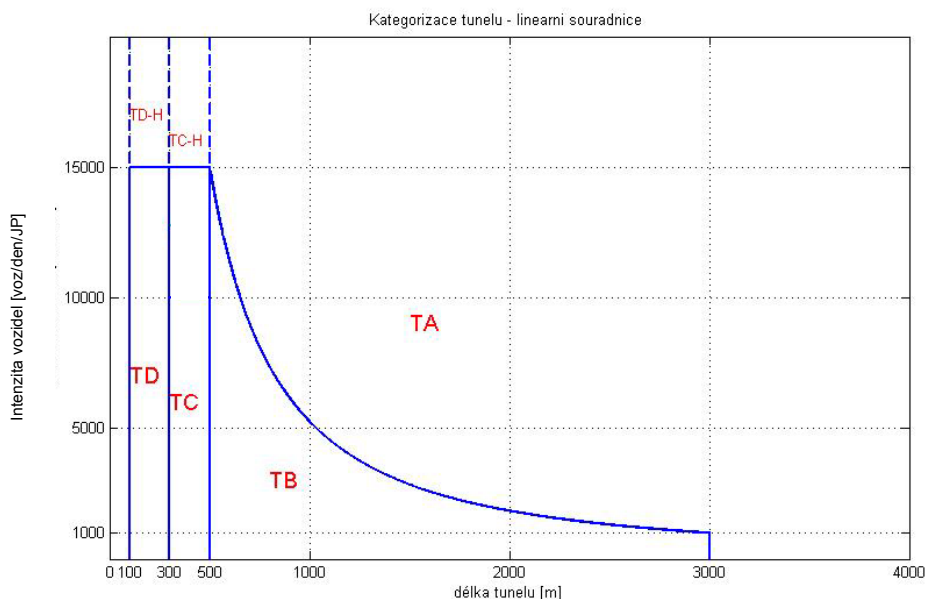
#### Návrh nového grafu pro kategorizaci tunelů

Tunely mezi 100 a 300 m se dělí na dvě kategorie. Nově zavedenou kategorii TD, která charakterizuje intenzita do 15 000 ekvivalentních vozidel za den a jízdní pruh, viz. kap. II v TP 98 a kategorii TD-H. Ta odpovídá tunelům s vysokým dopravním zatížením a platí pro ní speciální předpisy. Tuto kategorii řeší i v dokumentu PIARC (Recommendations to owners and operators of highly-trafficked urban tunnels).

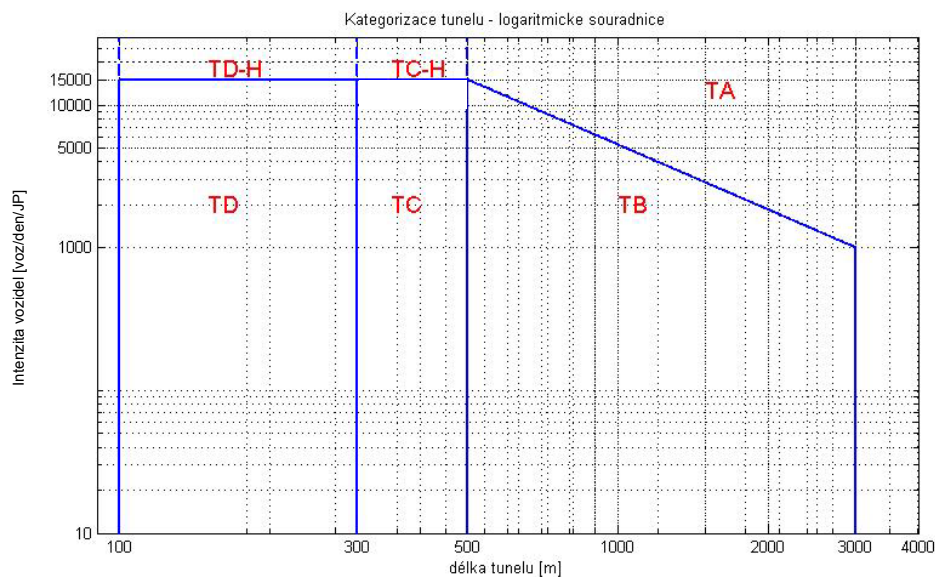
Kategorii tunelů TC odpovídají délky mezi 300 a 500 m a dopravní zatížení do 15 000 ekvivalentních vozidel za den a jízdní pruh.

Dále je navržena kategorie vysoce zatížených tunelů TC-H, kdy dopravní zatížení přesahuje 15 000 ekvivalentních vozidel za den a jízdní pruh.

Následující grafy (Obr. 3 a Obr.4) zobrazují nové dělení krátkých tunelů. Je nutné zdůraznit, že se jedná o graf, který se týká bezpečnostního vybavení tunelu ve smyslu TP 98 a takto definované kategorie nemají souvislost s ostatním technologickým vybavením, jako například s ventilací, osvětlením, či napájecí soustavou.



Obr. 3: Návrh nových bezpečnostních kategorií tunelů v lineárním měřítku



Obr. 4: Návrh nových bezpečnostních kategorií tunelů v logaritmickém měřítku

Požadavky na bezpečnostní vybavení jsou dány Tab. 4: „Upravená Tab.6-1 z TP 98 „Rozdělení technických prostředků podle kategorie tunelu“

## Osvětlení tunelu

Problematika osvětlení krátkých tunelů je v současnosti velmi diskutované téma v celosvětovém měřítku a koncepce na národních úrovních se mohou někdy významně lišit. Krátký tunel je definován do délky 500 m, nejmenší délka tunelu se podle ČSN 73 7507 uvažuje 100 m. Silniční objekt kratší než 100 m (mimoúrovňové křížení komunikací, viadukt), v případě, že svým postupem výstavby nebo konstrukčním uspořádáním má charakter raženého nebo hloubeného podzemního liniového objektu, se z hlediska osvětlení také klasifikuje jako silniční tunel.

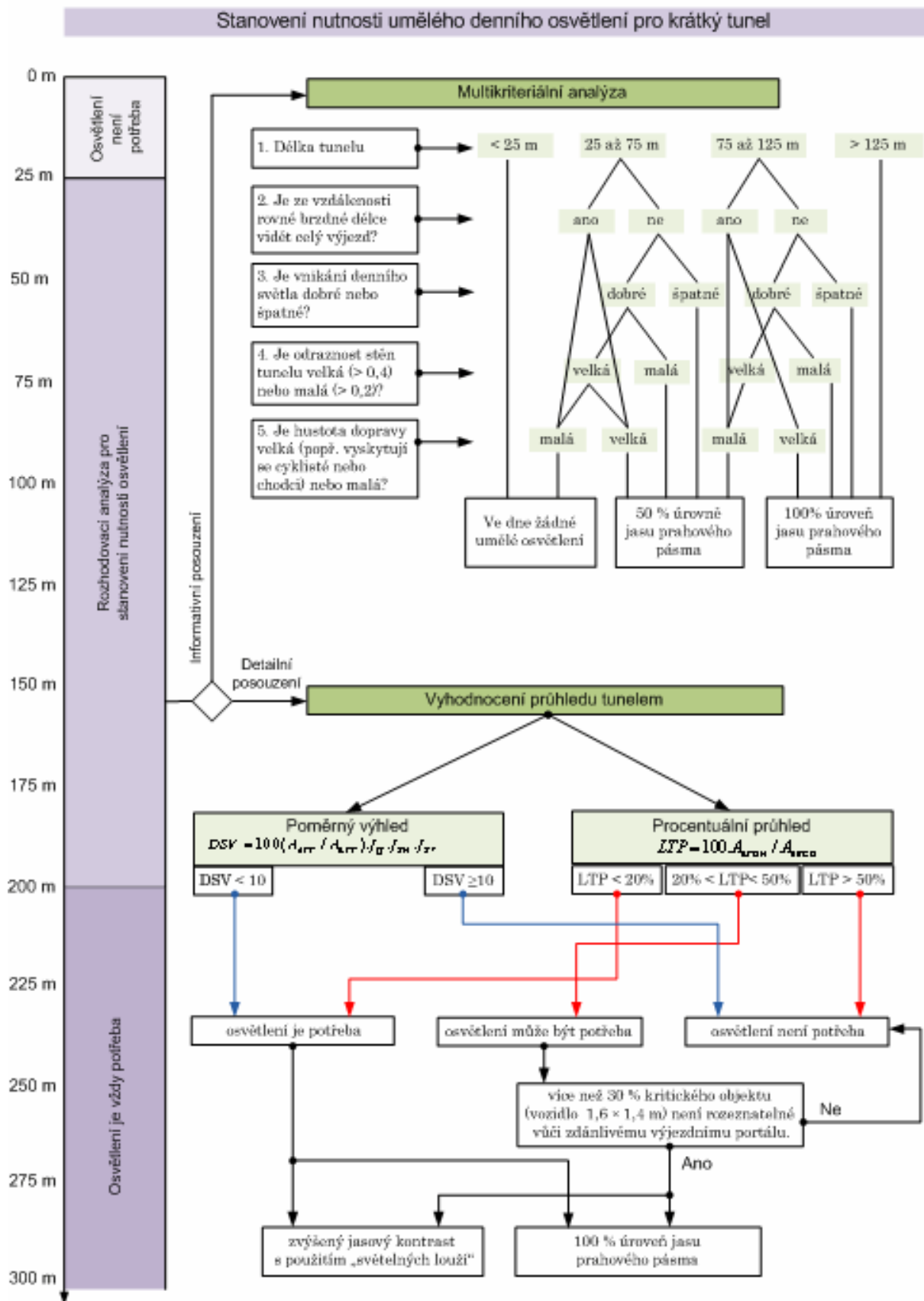
Obecně lze stanovit, že tunely kratší než 25 m není třeba osvětlit speciálním umělým denním osvětlením. Posouzení nutnosti umělého denního osvětlení tunelu se provádí pro tunely v rozmezí délky 25 m až 200 m. V zásadě se uplatňují dva přístupy – multikriteriální analýza a nebo vyhodnocení průhledu skrz tunel (Obr. 5). Metodiky jsou si svým přístupem blízké, kdy hlavním kritériem je schopnost řidiče vidět skrz tunel.

Pro informativní posouzení nutnosti vybavit tunel umělým denním osvětlením tunelu se využívá multikriteriální analýza, která hodnotí zda je ze vzdálenosti rovné brzdné délce vidět celý výjezd, hodnotí vnikání denního světla do tunelu, odrazivost stěn a hustotou dopravy. Při splnění vhodných podmínek nemusí být tunel osvětlen až do délky 75 m. Delší tunel je doporučeno osvětlit alespoň na 50% úrovně osvětlení prahového pásma pro dlouhý tunel. Tunel delší než 125 m se doporučuje osvětlit jmenovitou úrovní osvětlení pro prahové pásmo dlouhého tunelu.

Pro detailnější posouzení nutnosti vybavit tunel umělým denním osvětlením se vyhodnocuje graficky průhled skrz tunel pomocí metody procentuálního průhledu LTP nebo poměrného výhledu DSP (detailní popis metody viz. lit. [3]), které jsou založeny na poměru viditelného výjezdu a viditelného vjezdu a závisí na:

- geometrických parametrech tunelu jako je šířka, výška a délka,
- horizontálním a vertikálním zakřivení tunelu,
- brzdné dráze,
- vlivu přirozeného denního světla na osvětlení vjezdu a výjezdu portálu.

Následující schéma ukazuje postup při hodnocení instalace osvětlení.



Obr. 5: Algoritmus posouzení nutnosti vybavit tunel umělým denním osvětlením

Při využití jedné z metod pro detailní posouzení nutnosti umělého denního osvětlení v tunelu může často nastat situace, kdy tunel, který by dle multikriteriálního hodnocení měl být osvětlen, nemusí být osvětlen vůbec. Doporučuje se proto v případech, kdy je to možné, provést grafické posouzení průhledu skrze tunel.

Návrh samotného osvětlení krátkého tunelu je pak možné rozdělit v zásadě do dvou koncepcí. V praxi nejběžnější koncepcí je přístup k návrhu osvětlení stejně jako je tomu pro dlouhý tunel, tzn. že se vychází z úrovně jasu v prahovém pásmu, který má zajistit odpovídající adaptační stav zraku.

Druhá koncepce nevyužívá adaptačních pásem v tunelu k úplné adaptaci zraku, ale pro zvýšení kontrastu a jasu pozadí s jasnou překážkou, tzn. vytváří se v tunelu tzv. „světelné louže“. Tím vznikne vjem dvou nebo více na sobě navazujících podjezdů. Překážky, které se vyskytují v tunelu je možno vidět jako tmavé objekty na světlejším pozadí světlíkového pásma. Přístup zvýšených kontrastů je aplikován především v Rakousku a Švýcarsku, na Slovensku je metoda využita v tunelu Lučivná.

Tunely delší než 200 m potřebují vždy nějaký druh denního osvětlení (zpravidla se osvětlují jako dlouhé tunely).

Pro noční osvětlení krátkých tunelů se doporučuje v případě, kde se tunel nalézá na neosvětlené komunikaci, zajistit uvnitř tunelu hodnotu udržovaného jasu nejméně  $1 \text{ cd.m}^{-2}$  při celkové rovnoměrnosti 40 % a podélné rovnoměrnosti nejméně 60 %. Nachází-li se tunel na úseku osvětlené komunikace, mělo by mít noční osvětlení uvnitř tunelu nejméně stejnou hladinu, rovnoměrnost a stupeň zábrany oslnění jako na příjezdové komunikaci. Rovnoměrnost nočního osvětlení tunelu by mělo splňovat stejné požadavky jako ve dne.

## Návrh změn a úprav pro kategorie tunelů do 500 m

### Podjezdy a tunely do délky 100 metrů

Pro tunely do délky 100 m v zásadě platí mostní norma ČSN 73 6201. Tyto tunely nejsou vybavovány řídicím ani bezpečnostním systémem, pokud to nevyplývá z dopravního řešení širší oblasti či z jiných odůvodněných požadavků analýzy rizik.

Tunely a podjezdy jsou vybavovány dopravním značením dle „Minimálního vybavení pro krátké tunely“, včetně informativní značky označující tunel.

Tunely a podjezdy jsou vybavovány osvětlovací soustavou ve shodě s grafem na Obr. 5.

Další bezpečnostní zařízení nejsou instalována, viz. Tab. 4.

### Málo zatížené krátké tunely do 300 metrů délky: TD

Ve smyslu normy ČSN 73 7507 „Projektování tunelů pozemních komunikací“ patří do kategorie **málo zatížených krátkých** tunelů ty, jejichž délka je menší než 300 m a intenzita dopravy je nižší než 15 000 ekvivalentních vozidel za den a jízdní pruh. Tato změna kapitoly 2.1 TP 98 definuje požadavky na technologické, dopravní a bezpečnostní vybavení tunelů této kategorie, které jsou ale delší než 100 m.

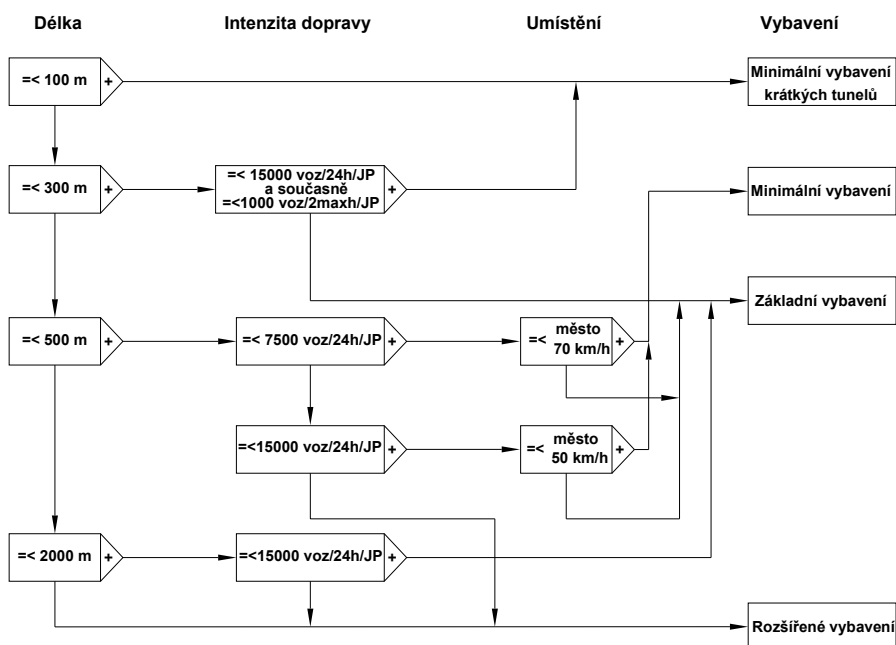
- **Dopravní systém**

Krátké tunely jsou vybavovány ve smyslu kapitoly 3.2.3.1 „Minimálním vybavením krátkých tunelů“ lit. [12] svíslými dopravními značkami.

V případě tunelů propojených na nadřazený management dopravy vyžadující měnit rychlost, či zastavit dopravu světelnými signály se tunely vybavují dle kapitoly „Minimální vybavení tunelu“ lit. [12].

V případě tunelů propojených na nadřazený management dopravy vyžadující měnit dopravu v jízdních pružích jsou krátké tunely vybaveny ve smyslu dopravního řešení i dalšími zařízeními, jako jsou světelné signály pro jízdu v pružích, případně zařízení pro provozní informace, resp. aktivními reflexními elementy pro přesměrování jízdy v pružích.

Kriteria pro vybavení tunelu z hlediska dopravního značení a zařízení



Obr. 6: Kriteria pro vybavení tunelu z hlediska dopravního značení a zařízení

- **Osvětlení tunelu**

Normální osvětlení se projektuje dle zásad v Obr. 5.

Náhradní osvětlení: náhradní osvětlení není v tunelech této kategorie instalováno.

- **Větrání tunelu**

Krátké tunely se nevybavují provozní ani požární ventilací. Tunely se na základě kvantitativní analýzy rizik vybavují požární ventilací pro směrování kouře pouze pokud jsou únikové východy ve větší vzdálenosti než 250 m nebo je jinak ztížen únik osob.

Při vyšších intenzitách dopravy a při předpokladu tvorby kongescí v tunelu je v odůvodněných případech možné tyto tunely provozní ventilací vybavit.

- **Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky**

Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky tunelu kategorie TD odpovídá Tab. 4, ze které vyplývá, jaká zařízení je povinné v tunelu instalovat nebo která jsou doporučena.

- **Zásobování elektrickou energií**

Pro krátké tunely se připouští napájení elektrickou energií ve stupni 2, viz. TP 98, kap. 11.3.1.

Nezávislý záložní zdroj napájení elektrickou energií ve smyslu kap. 11.4.2 [12] se nepoužívá.

Bezpečnostní vybavení	100 m	TD	TD-H	TC	TC-H	TB	TA
<b>Bezpečnostní systém</b>							
• Hlášky nouzového volání		◆ <sup>1</sup>	◇	◇	◇	◇	◇
• Poplachová tlačítka		◆ <sup>1</sup>	◇	◇	◇	◇	◇
<b>Systém videodohledu</b>							
• Televizní dohledový systém (viz. kap. 9.1 [12])		◆ <sup>2</sup>	◇	◇	◇	◇	◇
• Měření úsekové rychlosti			◆	◆	◇	◆	◇
<b>Dopravní systém</b>							
• Sběr dopravních dat (viz.kap.3.3[12] a TP154)			◇	◆ <sup>3</sup>	◇	◇	◇
• Dopravní značení a dopravní zařízení	◇ <sup>4</sup>	◇ <sup>4</sup>	◇ <sup>5</sup>	◇ <sup>5</sup>	◇ <sup>5</sup>	◇ <sup>5</sup>	◇ <sup>5</sup>
• Zařízení pro provozní informace					◇	◇	◇
• Světelné signály pro jízdu v pruzích				◆ <sup>6</sup>	◇	◇	◇
• Světelné signály S1a, S1b (viz kap. 3.2.5 [12])				◆ <sup>6</sup>	◇	◇	◇
• Měření výšky vozidel					◇ <sup>6</sup>	◇ <sup>6</sup>	◇ <sup>6</sup>
• Zábrany					◇	◇	◇
• Reflexní elementy (dle kap. 3.2.7.1 [12])		◇	◇	◇	◇	◇	◇
• Identifikace dopravního excesu v tunelu			◇	◆ <sup>6</sup>	◇	◇	◇
<b>Spojovací a dorozumívací zařízení</b>							
• Rádiové spojení				◆ <sup>6</sup>	◇	◇	◇
• Mobilní telefonní síť				◆ <sup>6</sup>	◇	◇	◇
• Ozvučovací zařízení				◆ <sup>6</sup>	◇	◇	◇
<b>Evakuační vybavení</b>							
• Nouzové únikové osvětlení				◆ <sup>6</sup>	◇	◇	◇
• Bezpečnostní značení			◇	◇	◇	◇	◇
<b>Požární zařízení</b>							
• Automatické hlásiče požáru				◆ <sup>7</sup>	◇	◇	◇
• Tlačítkové hlásiče požáru				◆ <sup>7</sup>	◇	◇	◇
• Přenosné hasící přístroje			◇	◇	◇	◇	◇
• Požární hydranty				◆ <sup>8</sup>	◆ <sup>8</sup>	◇	◇
<b>Další vybavení</b>							
• Normální osvětlení	◆ <sup>9</sup>	◆ <sup>9</sup>	◆ <sup>9</sup>	◇	◇	◇	◇

Tab. 4: Upravená Tab.6 - 1 z TP 98 „Rozdělení technických prostředků podle kategorie tunelu“

◇ - povinné vybavení

◆ - požadovaná analýza potřeby a/nebo alternativního řešení s ohledem na bezpečnostní rizika, viz. Poznámky uvedené pod tabulkou

- 1 Doporučuje se instalovat mimo portály tunelu hlášky nouzového volání napojené na 24 h dispečerskou službu
- 2 Doporučuje se instalovat TV kameru v oblasti portálu s jednoduchým sekvenčním přenosem přehledového obrazu na dispečink
- 3 Pro intenzitu dopravy  $\geq 10\,000$  ekvivalentních vozidel na den a jízdní pruh
- 4 Dopravní značení tunelů do 100 m odpovídá „Minimálnímu vybavení pro krátké tunely“ dle TP 98, kap. 3.2.3
- 5 Dopravní značení tunelů od 100 m se volí ve shodě s grafem na obr. 3-4 TP 98
- 6 Pro intenzity dopravy v tolerančním pásmu na základě dopravního řešení a bezpečnostní analýzy
- 7 Instalují se pokud je v tunelu mechanická ventilace
- 8 Požaduje se v tunelech delších než 400 m
- 9 Osvětlení tunelu se navrhuje dle tabulky ...  
Náhradní osvětlení se nenavrhuje

### Vysoce zatížené krátké tunely do 300 metrů délky: TD-H

Hledisko intenzity je nutné brát v potaz u krátkých tunelů pouze u vysoce dopravně exponovaných, obvykle městských, tunelů, které jsou charakterizovány ročním průměrem denní intenzity v jednom jízdním pruhu přepočítaným na dobu 15 let (DTV) vyšší než 15 000 a současně s intenzitou dopravy vyšší než 1000 vozidel po dobu dvou hodin v jednom jízdním pruhu v denní špičce.

- **Dopravní systém**

Vysoce dopravně zatížené krátké tunely se vybavují „Základním vybavením“ lit. [12].

V případě tunelů propojených na nadřazený management dopravy vyžadující měnit dopravu v jízdních pružích jsou krátké tunely vybaveny ve smyslu dopravního řešení i dalšími zařízeními, jako jsou světelné signály pro jízdu v pružích, případně zařízení pro provozní informace, resp. aktivními reflexními elementy pro přesměrování jízdy v pružích.

- **Osvětlení tunelu**

Normální osvětlení se projektuje dle zásad v Obr. 5.

Náhradní osvětlení: náhradní osvětlení není v tunelech této kategorie instalováno.

- **Větrání tunelu**

Krátké tunely se nevybavují provozní ani požární ventilací. Tunely se na základě kvantitativní analýzy rizik vybavují požární ventilací pro směrování kouře pouze pokud jsou únikové východy ve větší vzdálenosti než 250 m nebo je jinak ztížen únik osob.

Při vysokých intenzitách dopravy a při předpokladu tvorby kongescí v tunelu je v odůvodněných případech možné tyto tunely provozní ventilací vybavit.

- **Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky**

Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky tunelu kategorie TD-H odpovídá Tab. 4, ze které vyplývá, jaká zařízení je povinné v tunelu instalovat nebo která jsou doporučena.

- **Zásobování elektrickou energií**

Pro krátké tunely se připouští napájení elektrickou energií ve stupni 2, viz. TP 98, kap. 11.3.1.

Nezávislý záložní zdroj napájení elektrickou energií ve smyslu kap. 11.4.2 [12] se nepoužívá.

Zdroj nepřerušované dodávky elektrické energie, kap. 11.4.3 [12], se použije pouze v odůvodněných případech pro světelné signály a proměnné dopravní značky dopravního systému.

### Tunely kategorie TC

Tunely této kategorie mají délku mezi 300 a 500 metry a tvoří je **málo zatížené tunely**, které jsou charakterizovány ročním průměrem denní intenzity v jednom jízdním pruhu přepočítaným na dobu 15 let (DTV) nižším než 15 000.

- **Dopravní systém**

Tyto tunely se vybavují dopravním zařízením dle grafu na Obr. 6.

V případě tunelů propojených na nadřazený management dopravy vyžadující měnit dopravu v jízdních pružích jsou krátké tunely vybaveny ve smyslu dopravního řešení i

dalšími zařízeními, jako jsou světelné signály pro jízdu v pruzích, případně zařízením pro provozní informace, resp. aktivními reflexními elementy pro přesměrování jízdy v pruzích.

- **Osvětlení tunelu**

Normální osvětlení se projektuje dle zásad v Obr. 5.

Náhradní osvětlení: náhradní osvětlení není v tunelech této kategorie instalováno.

- **Větrání tunelu**

Krátké tunely se nevybavují provozní ani požární ventilací. Tunely se na základě kvantitativní analýzy rizik vybavují požární ventilací pro směrování kouře pouze pokud jsou únikové východy ve větší vzdálenosti než 250 m nebo je jinak ztížen únik osob.

Při vyšších intenzitách dopravy a při předpokladu tvorby kongescí v tunelu je v odůvodněných případech možné tyto tunely provozní ventilací vybavit.

- **Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky**

Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky tunelu kategorie TC odpovídá Tab. 4, ze které vyplývá, jaká zařízení je povinné v tunelu instalovat nebo která jsou doporučena.

- **Zásobování elektrickou energií**

Zásobování těchto tunelů elektrickou energií se provádí dle kap. X TP 98.

### Vysoce zatížené tunely TC-H

Vysoce dopravně exponované, obvykle městské, tunelů, jsou charakterizovány ročním průměrem denní intenzity v jednom jízdním pruhu přepočítaným na dobu 15 let (DTV) vyšší než 15 000 **a současně** s intenzitou dopravy vyšší než 1000 vozidel po dobu dvou hodin v jednom jízdním pruhu v denní špičce.

- **Dopravní systém**

Tyto tunely se vybavují dopravním zařízením dle grafu na Obr. 6.

- **Osvětlení tunelu**

Normální osvětlení se projektuje dle zásad v Obr. 5.

Náhradní osvětlení: náhradní osvětlení není v tunelech této kategorie instalováno.

- **Větrání tunelu**

Tyto tunely se v zásadě nevybavují provozní ani požární ventilací. Tunely se na základě kvantitativní analýzy rizik vybavují požární ventilací pro směrování kouře pouze pokud jsou únikové východy ve větší vzdálenosti než 250 m nebo je jinak ztížen únik osob.

Při vysokých intenzitách dopravy a při předpokladu tvorby kongescí v tunelu je v odůvodněných případech možné tyto tunely provozní ventilací vybavit.

- **Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky**

Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky tunelu kategorie TC-H odpovídá Tab. 4; ze které vyplývá, jaká zařízení je povinné v tunelu instalovat nebo která jsou doporučena.

- **Zásobování elektrickou energií**

Zásobování těchto tunelů elektrickou energií se provádí dle kap. X TP 98.

### 6.1.3 Modely mimořádných situací v tunelu

Dalším úkolem v rámci aktivity A701 bylo simulovat mimořádné situace v tunelu pro zjištění vývoje kolon. Vzhledem k uzavřenému prostoru tunelu je každá mimořádná událost daleko větším rizikem, než na volné komunikaci, zejména omezenými možnostmi opustit místo události. Z toho důvodu je důležité optimálně dimenzovat únikové prostory pro účastníky provozu. Byly tedy simulovány tvorby kolon při nehodě, kdy byl neprůjezdný dvoupruhový jízdní pás. Během deseti minut od počátku nehody byl sledován nárůst počtu vozidel pro různé intenzity dopravy a skladby dopravního proudu.

#### Vývoj kolon

Vlastní simulace byla provedena v programu GETRAM TSS, kdy se v prostředí TEDI tvoří silniční síť a definují různé nezbytné parametry a v prostředí AIMSUN probíhá simulace s měřením požadovaných hodnot.

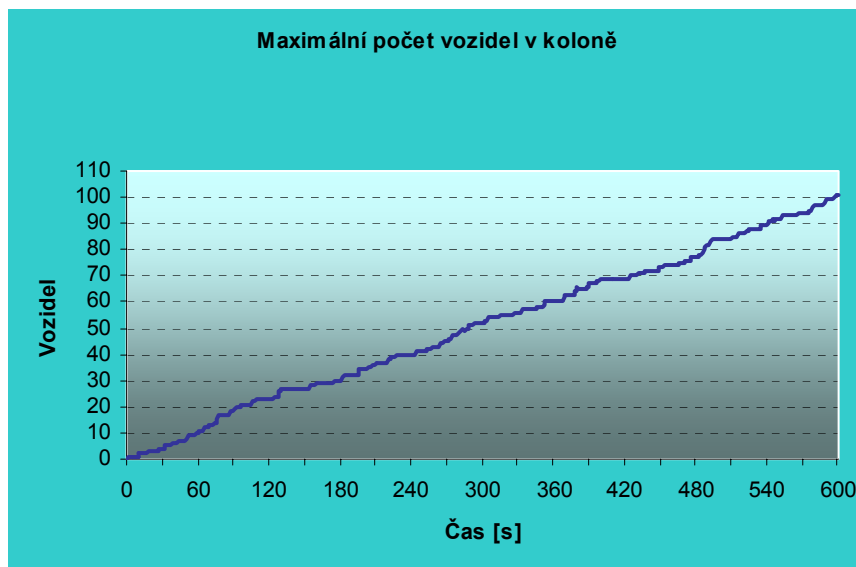
Silniční síť v prostředí TEDI v případě simulace dopravy v tunelu tvoří pouze přímý dvoupruhový jízdní pás s omezenou maximální rychlostí. Na konci jízdního pásu byla simulována nehoda blokující oba jízdní pruhy. Dále byla definována různá skladba dopravního proudu (osobní a nákladní vozidla a autobusy). Také byly nastaveny různé hodinové intenzity dopravy. Přehled čtyř scénářů je v Tab. 5.

scénář	skladba dopravního proudu [%]			intenzita	max. rychlost
	BUS	NV	OV	[voz/h]	[km/h]
1.	5	15	80	200	80
2.	5	15	80	500	80
3.	1	2,1	96,9	300	70
4.	1	2,1	96,9	1500	70

Tab. 5: Parametry simulovaných scénářů

V prostředí AIMSUN pak probíhaly vlastní simulace. Vozidla byla do simulovaného úseku vpouštěna dle exponenciálního rozdělení, které se nejvíce blíží reálnému provozu. Každou sekundu se pak zaznamenával počet stojících automobilů v koloně. Byly simulovány čtyři scénáře (Tab. 5), které se lišily ve skladbě dopravního proudu, intenzitě dopravy a maximální povolené rychlosti. V každém scénáři proběhlo dvacet simulací.

Výsledný graf každého scénáře je sestaven z maximálních hodnot pro každou sekundu z oněch dvaceti simulací (viz. lit. [3]). Na Obr. 7 je jako příklad uveden výsledný graf ke scénáři číslo 2.



Obr. 7: Vývoj kolony ve 2. scénáři

Z grafů jednotlivých scénářů (viz. lit. [3]) je patrné, že počet automobilů v koloně při větších intenzitách provozu roste více méně lineárně. Ovšem tyto maximální hodnoty jsou přibližně o 20% vyšší, než hodnoty, ke kterým by se dospělo jednoduchým násobením intenzity dopravy a času.

Při znalosti počtu automobilů v tunelové troubě a průměrné obsazenosti dopravních prostředků (které činí pro osobní automobil dvě osoby, pro nákladní jednu osobu a pro autobus třicet osob) lze vypočítat, kolik osob bude v tunelové troubě přítomno po určité době od nehody do uzavření tunelové trouby. Tyto výpočty slouží jako základ pro simulaci evakuace osob z tunelů, což je náplní aktivity A803.

#### 6.1.4 Závěry a doporučení A701

Z rozborů uvedených dokumentů v kap. 6.1.1 plyne (viz. lit. [2]), že většina analyzovaných standardů nebere při předepisování technologického či bezpečnostního vybavení silničních tunelů do úvahy parametr intenzity dopravy a řídí se více méně pouze délkou tunelu. Z grafického porovnání je dále patrné, že hranice, kde dochází k nejvyššímu nárůstu požadavků na vybavení tunelů je kolem 300 m (viz. lit. [2]). Toto je bráno v potaz při návrhu nového rozdělení silničních tunelů do bezpečnostních kategorií a jejich vybavení.

Byly tedy vytvořeny nové kategorie tunelů TD, TD-H a TC-H. Tyto kategorie jsou vybaveny pouze velmi omezeným bezpečnostním vybavením ve smyslu upravené tabulky z TP 98 (Tab. 4: Upravená Tab.6 - 1 z TP 98 „Rozdělení technických prostředků podle kategorie tunelu“). Jinými slovy, původní kategorie TC se rozpadla na dvě podskupiny: původní TC a novou TD. Dělicí hranicí je délka 300 metrů a intenzita 15 000 ekvivalentních vozidel na jízdní pruh za den.

Tunely této kategorie jsou vybavovány minimálním dopravním vybavením a pouze výjimečně ventilací pro odvod kouře. Speciální kapitolou jsou požadavky na osvětlení, které se určí dle Obr. 5, podrobný popis metody viz. lit. [3].

Kategorie TD-H a TC-H vznikly v oblasti grafu, v které tunely původně spadaly do kategorie TA. Vznikly prodloužením hranic kategorií TD a TC nad hranici 15 000 ekvivalentních vozidel na jízdní pruh za den. Jedná se tedy o tunely krátké (do 300 m, resp. do 500 m délky), ale vysoce (High) zatížené, které mají mimo výše uvedené průměrné denní intenzity ještě nejméně ve dvou hodinách denní variace dopravy

intenzitu v jednom směru vyšší než 1000 vozidel v jednom jízdním pruhu, což obvykle odpovídá denní špičce.

Z přehledu současných a plánovaných tunelů pozemních komunikací také plyne (viz. lit. [2]), že problematika krátkých tunelů je velmi aktuální, neboť z plánovaných 62 tunelů v České republice jich více jak polovina nepřesahuje délku 500 metrů.

Výsledky simulací vývoje kolon budou sloužit jako podklady pro simulace evakuace osob z tunelů, což je náplní aktivity A803.

Doporučené změny v TP 98 plynoucí z této kapitoly jsou uvedeny v příloze A této zprávy spolu se změnami, které vyplynuly z projektu OPTUN. V příloze B jsou pak doporučené změny plynoucí z výsledků aktivity A701 pro ČSN 73 7507.

## 6.2 Aktivita A702

Tato podkapitola je zpracována na základě výzkumné zprávy VZ 250/07 EEG (lit. [4]).

Dle Evropské direktivy 54/2004/ES ze dne 29.dubna 2004 o minimálních bezpečnostních požadavcích na tunely transevropské silniční sítě [9], je každý členský stát Evropské unie povinen každé dva roky vypracovat zprávu o požárech v tunelech a o nehodách, které významně ovlivnily bezpečnost uživatelů komunikací v tunelech, a o četnosti a příčinách těchto nehod, tyto nehody vyhodnotit a uvést informaci o skutečné úloze a účinnosti bezpečnostních zařízení a opatření, včetně nově přijatých.

V rámci vytežitelnosti získaných dat i pro analýzu rizik bylo rozhodnuto rozšířit sběr dat o mimořádných událostech (MU) na všechny silniční tunely provozované v ČR. Tato iniciativa vychází z projektu OPTUN, který byl realizován v letech 2004 až 2006. V rámci tohoto projektu byly zkušebně zavedeny elektronické dotazníky pro záznam mimořádných událostí v tunelech provozovaných v Praze (TSK) a Brně (BKOM).

Do dnešního dne jsou na dispečincích tunelů tato data sbírána a dílče i vyhodnocována. Díky takto získaným informacím mohou být lépe vyhodnocovány příčiny a důsledky jednotlivých MU jak kvalitativně tak kvantitativně.

Ze zkušebního provozu elektronických dotazníků vyplynuly nové požadavky na strukturu a ovládání aplikace pro zápis MU a stejně tak nový požadavek na aplikaci pro vyhodnocení MU.

Výzkumná zpráva nejprve analyzuje stávající řešení vycházející z projektu OPTUN a navrhuje systém pro internetově orientovaný záznam MU do centrálního datového úložiště. Kromě toho řeší i způsob přenosu dat. V neposlední řadě zpráva popisuje návrh aplikace pro základní analýzu získaných dat. Dále je účelem této zprávy posloužit jako podklad pro aktivity v roce 2008.

### 6.2.1 Stávající řešení

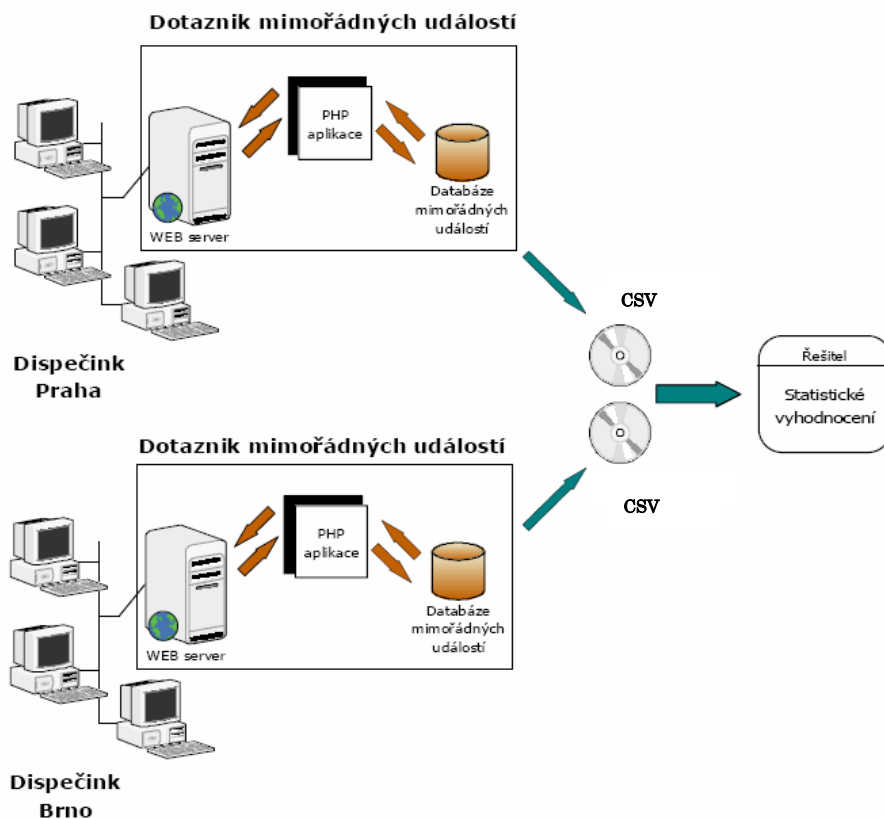
Stávající řešení spočívá v rozdělení dané aplikace pro jednotlivá dispečerské pracoviště, kde je na vnitřní síť (LAN) nainstalována aplikace, která slouží pro uchovávání údajů o mimořádných událostí, dále pak tato aplikace provádí předzpracování informací o mimořádných událostech sloužících pro správce tunelu.

Z hlediska práce dispečera se údaje o mimořádných událostech zapisují do databáze pomocí www formulářů. Ve stávajícím řešení se data ukládají na počítač (server) lokální síť na dispečinku. Pro výslednou statistickou analýzu je potřeba tyto data přenést z jednotlivých dispečinků na místo vyhodnocení (v současné době, ale i v minulosti, provádí vyhodnocování řešitelé projektu). Tento přenos dat je v současné době realizován pomocí přenosných datových médií CD – ROM, na které je ukládán export databáze ve formě csv souboru. Celý proces přenosu dat je naznačen na Obr. 8. Samozřejmostí je, že je nutné oba dispečinky objíždět.

### Elektronický dotazník – popis stávajícího technického řešení

Vlastní elektronická aplikace dotazníků mimořádných událostí je tvořena PHP skripty nad databází MySQL. PHP je skriptovací programovací jazyk, který je interpretován na straně webového serveru. Tyto skripty generují HTML stránky, které dynamicky mění svůj obsah v závislosti na podnětech od uživatele.

V tomto případě PHP aplikace vytváří uživatelsky přijatelné rozhraní mezi uživatelem (dispečer) a vlastní databází mimořádných událostí. Údaje zapisuje dispečer do připravených HTML formulářů, ke kterým přistupuje pomocí běžného www prohlížeče v tomto případě Internet Explorer. Po odeslání jsou data předána PHP aplikaci, která zajišťuje zápis údajů do databáze.



Obr. 8: Princip stávajícího datového přenosu pro elektronický dotazník

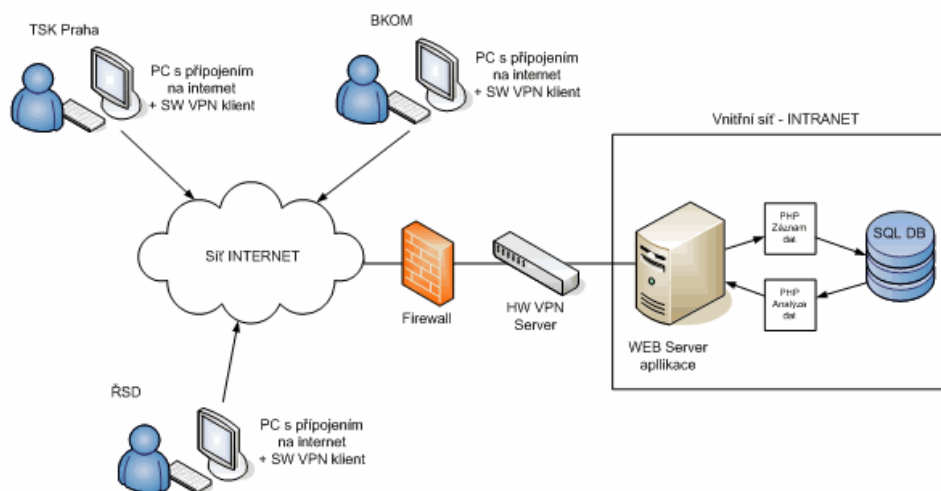
Správu databáze obstarává tzv. Systém Řízení Báze Dat (SŘBD), který umožňuje data vkládat, mazat, editovat a samozřejmě i vyhledávat. Pro tuto aplikaci byl použit databázový server MySQL. MySQL je open source databáze používaná na operačních systémech MS Windows, která pracuje s SQL jazykem a umožňuje export dat pro přenos mezi jednotlivými databázemi v různých formátech, (v našem případě byl zvolen formát CSV). Tato vlastnost zaručuje přenositelnost údajů o mimořádných událostech v tunelech na libovolný databázový server pracující s jazykem SQL. Tím je zajištěna možnost provádět výsledné statistické vyhodnocení na jiném místě než je dispečerské pracoviště.

## 6.2.2 Navrhované změny automatizovaného zpracování MU

### Varianta A:

Schéma celkového řešení automatického zpracování MU je patrné z Obr. 9. V navrhovaném řešení jsou oproti stávajícímu řešení tyto změny:

Správu databáze obstarává systém řízení báze dat (SŘBD), který je v rámci univerzálnosti použití navržen pomocí databázového serveru MSSQL. Tato změna oproti používanému MySQL s sebou nese nutnost úpravy již používaných PHP skriptů, naproti tomu je zaručena možnost umístění databáze na různých místech bez nutnosti zásahů do aplikace (jedná se o komerčně nepoužívanější produkt SŘBD).



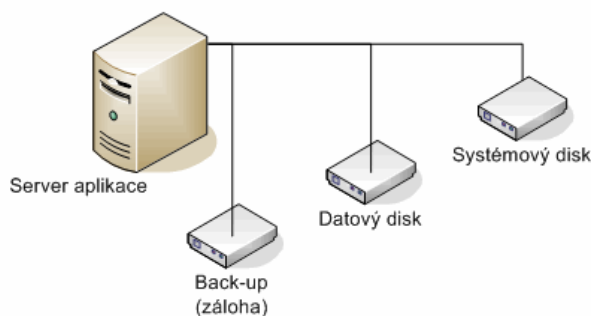
Obr. 9: Nová koncepce řešení automatizovaného zpracování MU

Samotná databáze MU bude umístěna na společném úložišti pro všechny sledované tunely<sup>1</sup>. Oproti stávajícímu řešení, kde jsou jednotlivé databáze provozovány separátně pro každý tunel, se zjednoduší zálohování dat a konečnou analýzu MU bude možno provést efektivněji, jak pro jednotlivý tunel, tak pro libovolnou skupinu tunelů v systému. V rámci vytvoření nové databáze budou importována dosud získaná data ze sledovaných tunelů.

Webový server, na kterém bude umístěna aplikace je navržen jako součást vnitřní sítě organizace, která bude celý systém spravovat. Tímto způsobem bude zaručena „neviditelnost“ ze sítě internetu a zároveň dostupnost z místní sítě.

Pro uchování dat zapsaných v databázi bude opatření proti ztrátě dat řešeno pravidelným automatickým zálohováním na oddělený diskový prostor. Interval automatického zálohování je předběžně navrhován 1x měsíčně. Tuto funkci v sobě obsahuje MS SQL server a je zde tímto zachována možnost individuálního nastavení časového intervalu dle vzešlých požadavků během provozování aplikace.

Datová část celého systému musí být umístěna na jiném diskovém prostoru, než je systémová část. Zároveň je nepřijatelné datovou část umístit společně se zálohovanými daty na stejný diskový prostor. Z tohoto požadavku plyne potřeba minimálně třech oddělených diskových prostorů pro provoz aplikace (systémová část, datová část, záloha viz. Obr. 10).



Obr. 10: Diskové prostory na serveru aplikace

<sup>1</sup> Ukládání dat v NDIC bylo projednááno s koordinátorem projektu ing. Zvárou

Samotný přístup k databázi řeší PHP aplikace (viz. kap. 6.2.1), která pomocí HTML formulářů ukládá dispečerem vyplněná data do databáze. Stávající aplikace bude muset být přepracována pro komunikaci s MS SQL databázovým serverem. V rámci těchto úprav budou do aplikace zapracovány připomínky od dispečerů, kteří aplikaci používali v předchozí verzi.

Nově bude vytvořena aplikace pro automatickou analýzu dat. Detailní popis viz dále.

Propojení z dispečinků jednotlivých tunelů bude realizováno pomocí zabezpečených kanálů VPN.

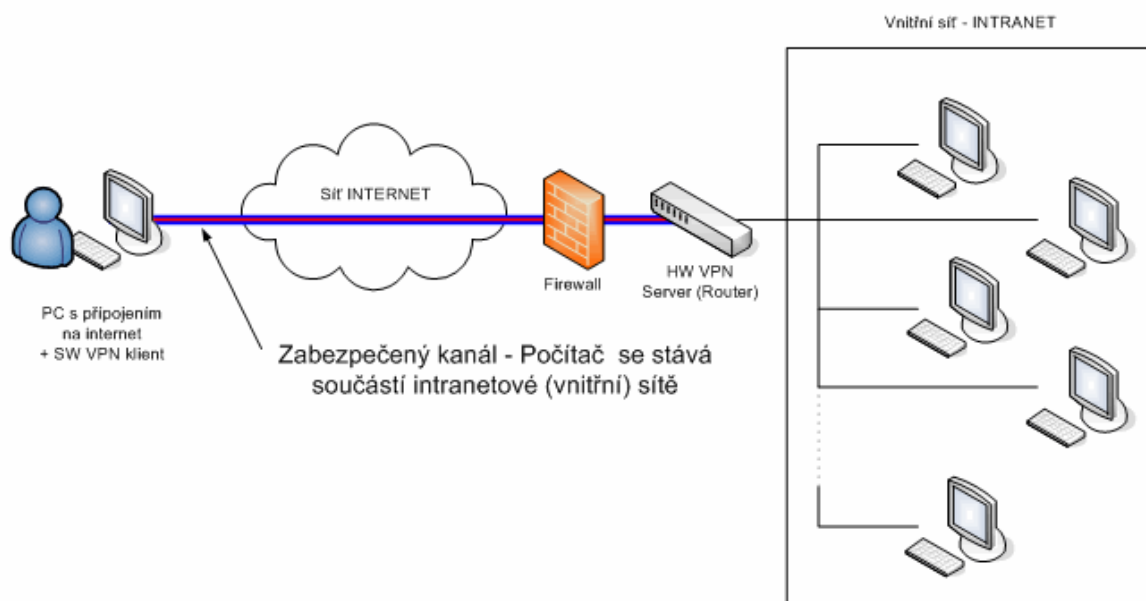
VPN je obecný koncept, jenž lze realizovat různými způsoby. Nejčastějším je realizace pomocí protokolu IPSec mezi propojovanými lokalitami. Tento protokol je schopen zajistit všechny služby potřebné pro bezpečnou komunikaci:

- důvěrnost přenosu (útočník není schopen přečíst přenášená data),
- ochranu před zásahem do obsahu dat (útočník nemůže podstrčit do zachyceného paketu svá data),
- ochranu před pokusem zaslat opakovaně nějaký útočníkem zachycený datový tok (např. opakované zaslání útočníkem zachyceného zápisu do databáze).

VPN server potřebný pro provoz aplikace je navržen jako hardwarový router s funkcí VPN serveru umístěný mezi webovým serverem a sítí internet (viz. Obr. 11).

Každý počítač, kterému bude umožněn přístup do aplikace, musí být vybaven síťovou kartou pro připojení k síti internet a následně na něm musí být nainstalován software VPN klient, který zajišťuje komunikaci po zabezpečeném kanálu s již zmíněným VPN serverem.

Toto řešení se jeví jako dostačující z hlediska bezpečnosti komunikace a zároveň nejjednodušší díky využití veřejné sítě internet (bez nutnosti vytváření nové sítě, což by bylo velice nákladné a v takovémto měřítku obtížně řešitelné).



Obr. 11: Schéma principu VPN (Virtual Private Network)

**Varianta B:**

Vzhledem k probíhajícímu jednání s dispečery na dispečincích tunelů využívajících stávající aplikaci, která byla vytvořena v rámci projektu OPTUN, vyvstal požadavek na kompletní elektronické zpracování veškerých dat zapisovaných dispečery do Tunelové knihy viz. [10] (kap.1.3.11 Dokumentace o provozu tunelu pořízená dispečerskou službou).

V takovémto případě se jeví navržený postup zpracování dat dle varianty A nepostačující a je tedy nutné navrhnout aplikaci s odlišnou strukturou datového modelu a zároveň co nejvíce kompatibilní s jednotlivými systémy fungujícími na dispečincích tunelů pro minimalizaci pracovního zatížení dispečera „administrativními úkony“. Návrh takovéto aplikace, však přesahuje rámec této výzkumné zprávy.

Aplikace by měla v sobě zahrnovat kompletní systém zadávání dat a jejich následného uchování pro pozdější vyhodnocení provozu tunelu jako celku. Aplikace se však bude lišit v návaznosti na požadavcích jednotlivých provozovatelů tunelů, proto není možné navrhnout jednotnou aplikaci, ale pouze definovat strukturu a obsah předávaných dat pro pozdější zpracování nově vytvořenou aplikací pro automatickou analýzu získaných dat od všech provozovatelů tunelů (viz. kap. 6.2.3).

Toto řešení předpokládá obdobné využití vnitřní sítě organizace, která bude celý systém spravovat, jako v předchozí variantě. Rozdíl oproti variantě A je v odlišném způsobu předávání dat do systému aplikace z dispečinků tunelů. Předpoklad pro úspěšné provozování této varianty je kompletní elektronické zpracování údajů pořizovaných dispečery, export těchto dat v přesně definované datové struktuře a jejich následný přesun na určený server organizace pověřené zpracováním takovýchto dat.

Přenos do databáze mimořádných událostí bude v tomto případě realizován pomocí předávání XML souborů na FTP speciálně vytvořené pro tento účel. Z takto sebraných souborů se data naimportují do databáze zřízené na místním MS SQL serveru a je s nimi dále pracováno jako v předchozí variantě.

XML je standard, jehož cílem je umožnit automatickou výměnu informací obsažených v elektronických dokumentech. Formát XML je založen na pojetí dokumentu jako strukturovaného souboru znovu použitelných obsahových jednotek, které jsou jednoznačně identifikovatelné a interpretovatelné. Pomocí formátu XML lze vytvářet libovolně podrobné obsahové struktury, které umožní nejen člověku, ale i počítači rozeznat obsah konkrétního dokumentu a na tomto základě s ním dále pracovat.

Toto řešení v sobě však zahrnuje důležitý předpoklad a to, existenci systému elektronického zadávání dat pro potřeby Tunelové knihy na všech zúčastněných dispečincích tunelů. V současné době je získávání dat prováděno ručně v papírové formě, proto je varianta B použitelná pouze v případě paralelního vývoje aplikace pro elektronické zadávání dat pro potřeby tunelové knihy a jejího nasazení na dispečincích jednotlivých tunelů. To by pak znamenalo ale úpravy v SW jednotlivých tunelů a to ve spolupráci s konkrétními dodavateli. Takovýto řez by znamenal značný a drahý zásah do stávajícího programového vybavení tunelů.

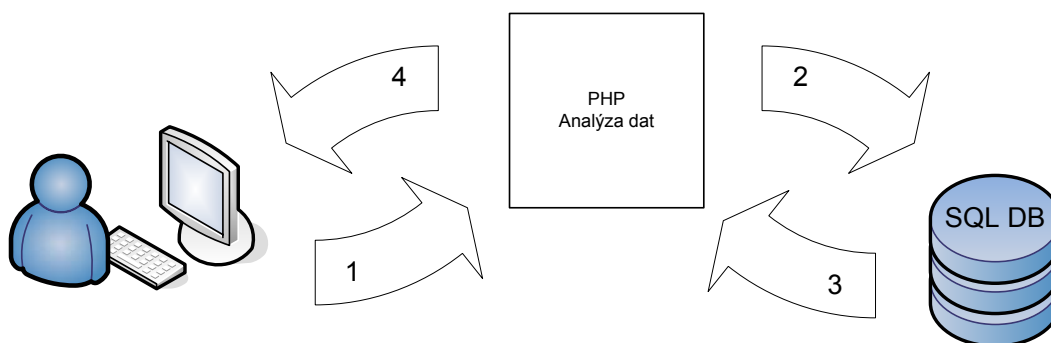
Řešitelé předpokládají, že se přesto tato možnost ověří a to nad rámec zadání tohoto projektu. V rámci dodávky řídicího systému tunelu Klimkovice je hlavní dodavatel Eltodo-dopravní systémy ochotno spolupracovat na vytvoření elektronické Tunelové knihy a na odzkoušení funkčnosti přenosu záznamů o MU do centrálního úložiště.

### 6.2.3 Vývoj nové aplikace pro automatickou analýzu dat

Pro zjednodušení konečné analýzy uložených dat je navrhována webová aplikace, pomocí které bude možno tabulkově a graficky znázornit sumární či detailní hodnoty průběhu MU v tunelech. Tato aplikace by měla být přístupná z veřejné internetové sítě pro potřeby jednotlivých účastníků projektu.

Nová elektronická aplikace pro automatickou analýzu dat, bude stejně jako aplikace pro zápis MU ve variantě A tvořena PHP skripty nad databází MSSQL. Díky využití rozsáhlých možností skriptovacího jazyka PHP bude možno velmi rychle a jednoduše analyzovat a vyhodnotit uchované data.

PHP aplikace bude umožňovat uživatelům přehledné a jednoduché vytvoření grafických výstupů s možností volby vstupních kritérií. Požadovaná vstupní kritéria zadá uživatel pomocí HTML formulářů (1), ke kterým se přistupuje pomocí běžného www prohlížeče (konkrétně Internet Explorer7). Po odeslání budou data předána PHP aplikaci, která odešle SQL dotaz na vyfiltrování dat z databáze dle zadaných počátečních parametrů (2). Po obdržení požadovaných dat (3) od databáze PHP aplikace převede tyto data do grafického výstupu dle požadavku uživatele a zobrazí konečný výsledek (4). Schéma toku dat viz.Obr. 12.



Obr. 12: Schéma toku dat při použití aplikace pro automatickou analýzu

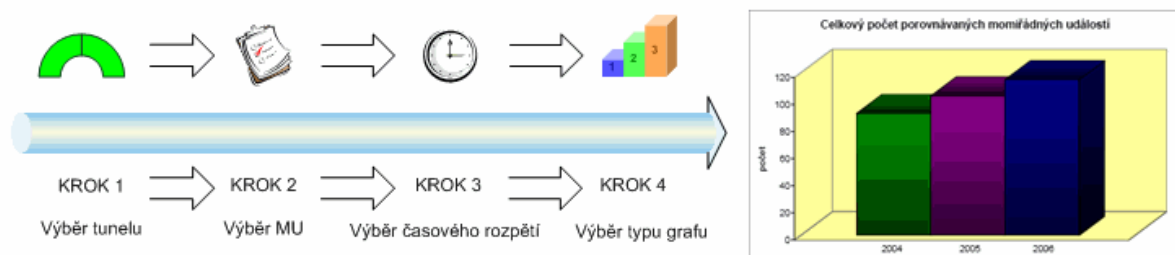
Zadání počátečních parametrů bude probíhat v několika krocích:

- V prvním kroku bude probíhat zvolení jednoho (případně více nebo všech) sledovaných tunelů. Tato HTML stránka by měla automaticky vyčítat jednotlivé tunely z databáze, čímž se zajistí aktuálnost seznamu bez potřeby zásahu do zdrojového kódu samotné stránky (řeší naprogramování funkce ve skriptu PHP, použito i v následujících krocích). Samotný výběr by měl probíhat co nejjednodušším způsobem s ohledem na pohodlí uživatele.
- Následující krok bude obsahovat výběr sledované MU (případně více MU nebo všech), které je požadováno zobrazit ve výsledném grafu. Vlastnosti HTML stránky jsou stejné jako v prvním kroku.
- V následující nabídce bude uživatel vyzván k výběru časového rozpětí pro požadovanou analýzu dat. Je doporučeno použít pro výběr časového rozpětí kalendář dle zvyklostí tvorby webových stránek. Toto řešení v sobě přináší velmi dobrou zpětnou vazbu s uživatelem a je velice přehledné. Omezení výběru časového rozpětí bude záviset na počátku uchování dat jednotlivých tunelů. Uživatel by měl být upozorněn na nedostupnost dat v případě, že ve výběru tunelů je zahrnut celek jehož data jsou mimo zvolené časové rozpětí.

- V posledním kroku uživatel zvolí výsledný typ grafu (jednotlivé typy budou upřesněny se zhotovitelem aplikace) a po opětovném potvrzení všech navolených hodnot bude zobrazen výsledný grafický výstup.

V jednotlivých krocích výběru bude zachována možnost zpětné úpravy jednotlivých parametrů.

Celý postup vytvoření grafického výstupu viz. Obr. 13.



Obr. 13: Postup vytvoření grafického výstupu

Přístup k aplikaci pro automatickou analýzu dat bude umožněn pouze odpovědným orgánům, jejichž správu bude mít v kompetenci organizace zodpovědná za provoz databáze. Technické řešení přístupu bude provedeno nastavením přístupových práv k aplikaci na úrovni intranetové (vnitřní) sítě daného subjektu.

Kategorizace MU vychází z členění provedeného v rámci projektu OPTUN a využívaného ve stávající verzi aplikace. Pro názornost jsou zde uvedeny jednotlivé druhy MU:

Požár	Zastavení vozidla	Pomalou jedoucí vozidlo
Nehoda	Výpadek technologie	Pomalou jedoucí kolona
Bomba	Nadměrné vozidlo	Zastavení kolony
Demonstrace	Člověk nebo zvíře v TT	Vozidlo v protisměru
Jiná		

#### 6.2.4 Vyhodnocení dotazníků pro zlepšení práce při zápisu MU

V rámci výzkumných prací na tomto úkolu byl vypracován speciální dotazník sloužící k dotazování dispečerů pracujících s již zmíněnou aplikací pro záznam MU aplikovanou v rámci projektu OPTUN na dispečinku tunelů v Praze a Brně. Vzhledem k následnému vývoji aplikace i po ukončení projektu OPTUN je na dispečinku tunelů v Praze aplikace doplněna navíc o zápis údržbových prací. Předchozí verze aplikace, která je instalovaná na dispečinku v Brně tuto možnost postrádá.

Celkem bylo zpracováno 10 dotazníků vyplněných dispečery v Brně a 10 dotazníků od dispečerů z Prahy. Předmětem hodnocení byl stávající formát dotazníku viz. Obr. 14.

Obsahem dotazníku byla odpověď na 8 otázek týkajících se zaznamenávání MU dispečery, kteří s touto aplikací pracují a mají tak zkušenosti přímo z provozu. Zde je uveden přehled položených otázek:

- 1) Vyhovuje z praktického hlediska kategorizace mimořádných událostí (MU)? Pakliže ne, navrhněte jaké kategorie MU doplnit / odstranit.
- 2) Je dostatečný formulář pro zápis údržbových prací? Pakliže ne, specifikujte požadavky na doplnění formuláře.

- 3) Je přiměřený rozsah zápisu dat do formuláře MU? Pakliže ne, napište jaká další data MU zapisovat / která zapisovaná data jsou zbytečná.
- 4) Vyhovuje grafické uspořádání formuláře pro zápis MU? Pakliže ne, napište jaká grafická úprava by zlepšila práci s formulářem.
- 5) Jak celkově hodnotíte práci s aplikací pro zápis MU?
- 6) Myslíte si, že by bylo vhodné doplnit něco do struktury systému zápisu MU?
- 7) Jaké jsou Vaše celkové zkušenosti s aplikací zápisu MU?
- 8) Máte nějaké další návrhy na vylepšení aplikace pro zápis MU?

Z jednotlivých odpovědí na otázky v rámci Dotazníku pro zlepšení práce při zápisu mimořádných událostí vyplynuly následující poznatky:

Dispečink Praha:

- Přidat možnost zpětného vyvolání zápisu údržbových prací
- Zvětšení formulářového pole „FIRMA“
- Problémy při tisku MU
- Zlepšení možnosti zpětného vyhodnocení uložených dat
- Zlepšení možnosti vyhledávání MU
- Údaje o stupni dopravy by měla ukládat PČR (není v kompetenci dispečerů)
- Grafické úpravy uspořádání formuláře atd.

Dispečink Brno:

- Požadavek propojení aplikace s ostatními zadávanými daty do PC
- Přidat do aplikace tlačítko zpět pro možnost úpravy právě zadávaných dat
- Doplnit omezení uzavření jednotlivých JP v tunelu
- Rozšíření výběru tunelů o nově vzniklé tunely (MÚK Hlinky, ...)
- Příjezd IZS nahradit příjezdem jednotlivých složek.
- Grafické úpravy uspořádání formuláře atd.

Veškeré vzešlé připomínky budou aplikovány v rámci úpravy stávající verze aplikace, která bude probíhat v průběhu následujícího roku. Zároveň se změnou grafického uspořádání dle Obr. 15, budou upraveny aplikační funkce dle požadavků dispečerů.

Na Obr. 14 a Obr. 15 jsou červenou barvou vyznačeny změny v grafickém uspořádání formuláře.

Zápis mimořádné události	
<b>Požár v tunelu PIS_A</b>	Zapsána: 22. 11. 2007 13:31:50
Doba trvání události Od: * <input type="text"/> h <input type="text"/> 31 min Do: <input type="text"/> h <input type="text"/> min	
Pozice události: <input type="text"/> Km	
<b>Identifikace události</b>	
Způsob detekce <input type="radio"/> Automaticky <input type="radio"/> Dispečerem <input type="radio"/> Uživatelem <input type="radio"/> Jiné: <input type="text"/>	<del>Umístění detekčního zařízení, technologie detekce: <input type="text"/></del>
<del>Vačší okolnosti při vzniku události</del>	
<del>Stupeň dopravy: <input type="text"/> * změněná hodnota (jinak se jedná o odhad) Přeprava nebezpečného nákladu <input type="checkbox"/> Přeprava nadměrného nákladu <input type="checkbox"/> Jiné okolnosti: <input type="text"/></del>	
<b>Průběh řešení události</b>	
Doba uzavření trouby tunelu Od: <input type="text"/> h <input type="text"/> min Do: <input type="text"/> h <input type="text"/> min	
Čas nahlášení IZS: <input type="text"/> h <input type="text"/> min	
Čas příjezdu Policie: <input type="text"/> min	
HZS: <input type="text"/> min	
ZZS: <input type="text"/> min	
<b>Popis události</b>	
Počet přímo ovlivněných vozidel: <input type="text"/>	
Délka kolony: <input type="text"/> (počet nepřímo ovlivněných vozidel)	
Podrobný popis události: <input type="text"/>	
<input type="button" value="Odeslat"/> <input type="button" value="Vymazat"/>	

Obr. 14: Zápis mimořádné události (původní stav)

**Zápis mimořádné události**

←→ **Požár v tunelu SAT\_A**
Zapsána:  
22. 11. 2007 13:30:55

Doba trvání události  
 Od: \*  h  min Do:  h  min

Pozice události:  
 Km

**Identifikace události**  
 Způsob detekce  
 Automaticky  
 Dispečerem  
 Uživatelem  
 Jiné:

**Průběh řešení události**  
 Doba uzavření:  - částí tunelové trouby  - celé tunelové trouby

Od:  h  min  
 Do:  h  min

Čas nahlášení IZS:  h  min  
 Čas příjezdu:  
 - Městská policie:  h  min  
 - Policie:  h  min  
 - HZS:  h  min  
 - ZZS:  h  min

**Popis události**  
 Počet přímo ovlivněných vozidel:   
 Délka kolony:  (počet nepřímo ovlivněných vozidel)  
 Podrobný popis události:

Obr. 15: Zápis mimořádné události (nový stav)

### 6.2.5 Navrhované změny v rámci revize TP 154

Vzhledem k výše uvedenému, se vyskytly požadavky na doplnění technických podmínek TP 154 vydané Ministerstvem dopravy ČR, odbor pozemních komunikací „Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací“ [10]. Vzhledem k jejich současné revizi se níže uvedené vztahuje k připravované verzi TP154.

Pro potřeby automatizovaného zpracování MU je navrhováno doplnit TP 154 konkrétně:

- v kap. I. Provozní dokumentace, podkapitole 1.3 Tunelová kniha, oddíl 1.3.5 Dokumentace o provozu tunelu pořízená dispečerskou službou

doplnit o následující text:

*„Zápis mimořádných událostí se řídí zvláštními pravidly, které plynou z požadavků uvedených ve směrnici evropského parlamentu a rady 2004/54/ES ze dne 29. dubna 2004 o minimálních bezpečnostních požadavcích na tunely transevropské silniční sítě. Konkrétně článek 15 „Podávání zpráv“, který ukládá povinnost členským státům každé dva roky vypracovat zprávu o mimořádných událostech v tunelech. Pro tento účel je určena Ministerstvem dopravy ČR organizace, která spravuje a vyhodnocuje data*

*týkající se mimořádných událostí v tunelech na území celé České republiky. Tato data je každý provozovatel tunelu povinen poskytovat a v pravidelných intervalech je aktualizovat.“*

### 6.2.6 Postup prací v roce 2008

DC	Název úkolu	Shrnutí úkolu
		Předpokládané výstupy (komentář)
A702	Zpracování aplikace pro analýzu získaných dat	Cílem úkolu je vytvořit funkční aplikaci pro zpracování dat umístěných v databázi MU.  <b>Výstup:</b> Funkční aplikace generující tabulkové a grafické výstupy na základě získaných dat od provozovatelů tunelu (včetně technické dokumentace). Zadávací dokumentace bude řešena v prvním čtvrtletí roku.
	Úprava stávajícího formuláře pro zápis MU	Úprava stávajícího formuláře (grafika, aplikační funkce, spojení s MSSQL).  <b>Výstup:</b> Upravený webový formulář schopný předávat vyplněná data do databáze (včetně technické dokumentace). Tento úkol současně zahrnuje vyřešení přístupu k databázi.
	Zprostředkování a pilotní testy přenosu dat dle řešených variant	Součástí tohoto úkolu je vypracování jednotlivých projektů pro nasazení systému na dispečincích tunelů (TSK, BKOM, ŘSD). V konečné fázi projektu dojde ke zkušebnímu provozu celého systému automatického zpracování MU.  <b>Výstup:</b> Projektová dokumentace potřebná pro nasazení systému na dispečincích tunelů. Funkční a plně spolehlivý systém automatického zpracování MU (provozovaný ve zkušebním provozu).

Tab. 6: Komentovaný přehled plánovaných prací A702 v roce 2008

### 6.2.7 Závěry a doporučení A 702

Z jednotlivých výše uvedených řešení plynou možnosti pro rozvoj a rozšíření aplikace používané na dispečincích v Brně a Praze pro automatizované zpracování MU, jak na další tunely provozované na území ČR, tak pro zlepšení práce při vyhodnocování získaných dat. Primárním úkolem je zavést obě varianty na dispečincích tunelů k tomu určených (varianta A pro tunely ve správě TSK a BKOMu, varianta B jako pilotní projekt na tunelu v Klimkovicích). Na základě úspěšných testů a zpracované metodiky by měl být projekt rozšiřován na všechny tunely v gesci ŘSD

V rámci projektu SAFETUN bude provozován „hybridní model“, což v sobě zahrnuje realizaci části systému dle varianty A a v případě použití elektronického zadávání dat na dispečincích (prvotně je počítáno s dispečinkem tunelu Klimkvice) postupně integrovat přenos těchto dat dle schématu varianty B. Tímto řešením pak výsledná aplikace pro vyhodnocení dat neztratí po celou dobu provozu svojí funkčnost, bez ohledu na zvolenou variantu.

Pro obě navrhované varianty bude v rámci projektu SAFETUN vytvořena aplikace pro zpětnou analýzu získaných dat, která bude zpřístupněna zainteresovaným organizacím pro možnost sledování vývoje MU v tunelech ČR.

V neposlední řadě je doporučeno aktualizovat TP 154 [10] o část uvedenou v kapitole 6. Navrhované změny v rámci revize TP 154, pro zajištění dodržování povinnosti poskytovat data týkající se MU pro jejich bezproblémové vyhodnocení dle požadavků Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/54/ES ze dne 29. dubna 2004 o minimálních bezpečnostních požadavcích na tunely transevropské silniční sítě [9].

## 6.3 Aktivita A703

Aktivita úzce souvisí s analytickými pracemi v projektu OPTUN, kde bylo prokázáno, že v podstatě v Evropě neexistuje jednotný přístup k analýze rizik, a že řada výstupů je zatížena individuálním přístupem. Pro snížení rizik neobjektivního hodnocení byl navržen tzv. Rizikový kalkulátor, který pomáhá v rozhodovacím procesu tím, že provádí kvalitativní analýzu. To znamená, že nehodnotí rizika kvantitativně, ale posuzuje, zda jsou či ne.

Projekt OPTUN zároveň naznačil několik přístupů ke kvantitativní analýze rizik z nichž byl vybrán jeden, nejvíce perspektivní, který je předmětem bádání projektu SAFETUN. V následující kapitole je uveden výtah z výzkumné zprávy VZ 259/07.

### 6.3.1 Metodika pro kvantitativní analýzu rizik

První kapitola se zabývá analýzou rizik v tom smyslu, že je uveden přehled 18 různých metod, které mohou být používány pro analýzu tunelů. Jako příklad jsou uvedeny dvě kvantitativní metody a metody UMRA a Analýza scénářů, které nebezpečí kvantifikují:

„**Kontrolní seznam**“ (*Check List*): jednoduchý kvalitativní nástroj k hodnocení předem stanoveného vybavení, podmínek a opatření; seznamy kontrolních otázek (*checklists*) jsou zpravidla připraveny na základě požadovaného vybavení a charakteristik sledovaného systému, vycházejíce z potenciálních dopadů omezení funkčnosti systému; kontrolní seznam obecně vyhovuje minimálním standardům bezpečnosti a v kvalitativním hodnocení hlavně upozorňuje na možná rizika<sup>2</sup> a je to vlastně první (nebo i pravidelně opakovaná) inspekce systému. Jistou nevýhodou může být malá komplexnost, výhodou je pak jasná struktura;

„**Analýza typu „co – když“**“ (*What – If Analysis*): postup hledání možných dopadů nežádoucích provozních situací a slabých míst; metoda je založena na týmové práci, kdy specialisté kladou otázky „co se stane, když“; metoda není tak strukturovaná jako jiné metody, ale výsledkem kvalitní diskuse je seznam scénářů událostí, jejich následků a opatření pro omezení rizika. Metoda není vhodná pro komparativní porovnávání

„**Metoda univerzální matice rizikové analýzy UMRA**“ (*Universal Matrix of Risk Analysis*) má dvě fáze: v první experti identifikují segmenty projektu vystavené nebezpečí a zdroje, které tyto segmenty ohrožují, ve druhé numerické fázi se odhaduje závažnost nebezpečí pomocí matice UMRA a nebezpečí se kvantifikuje podle odhadnutých závažností;

„**Analýza scénářů**“ (*Scenario Analysis*) je velmi používaná kvantitativní metoda spočívající v hodnocení následků události, přičemž se jedná o konkrétní událost v konkrétním místě a čase, a proto i analýza scénářů popisuje prostorově-časový vývoj události a reakcí všech stavebních, technologických a lidských entit na tuto událost. Vždy se jedná o detailní rozbor události, která je modelována a pokud možno kalibrována se skutečností; obvykle se sledují detailně možnosti záchrany osob či majetku, nepřesnost do modelu může vnášet nepředvídatelné chování osob;

Metoda „Kontrolní seznam“ souvisí vlastně s kalkulátorem rizik. Zatímco se běžně používá „ruční“ přístup, kalkulátor má všechny akce naprogramovány, takže pracuje a poskytuje výsledky v automatizovaném režimu. Metoda „co - když“ je založena na kreativitě skupiny diskutujících expertů a to je právě její slabina. Metoda UMRA použitá například pro železniční tunel Praha-Smíchov - Beroun je sice kvantitativní metoda, ale její úroveň rozlišování je velmi hrubá, většinou se používá pro ohodnocení 5-stupňová

---

<sup>2</sup> Příkladem je „IDET: Identifikátor bezpečnostního řešení“ popsany v následující kapitole. Tento nástroj ve formě odpovědí „ano/ne“ kontroluje shodu řešení tunelového systému se zavedenými standardy

škála. Metoda analýzy scénářů je velmi vhodná metoda pro sledování a analýzu průběhu události, například úniku osob při požáru. Její nevýhodou je, že se vždy poměrně unikátně realizuje pro každý tunel a nelze jí používat pro srovnání různých tunelů.

Kromě výše uvedených metod se používají techniky založené na použití stromových diagramů a metody deterministické:

#### **Techniky založené na použití stromů (tzv. stromkové diagramy):**

„**Analýza stromu poruch**“ (*Fault Tree Analysis, FTA*): široce používaná technika založená na deduktivní logice, jejíž koncept byl představený roku 1962 společností *Bell Telephone Laboratories*; metoda je založena na logickém vývoji události postihující chyby systému i lidské chyby; výsledkem je stromkový diagram tvořený uzly a popisující vztahy mezi událostí a příčinou jejího vzniku; deduktivní logika pracuje se „zpětnými úvahami“, kdy se vychází z definované výsledné události a zpětně se hledají příčiny; výsledek je kvalitativní, ale po doplnění pravděpodobnostmi výskytu poruch je kvantitativní; FTA je používána pro analýzu všech technických systémů;

„**Analýza stromu událostí**“ (*Event Tree Analysis, ETA*): technika založená na induktivní logice hodnotící možné následky poruch; sleduje průběh procesu od iniciační události přes sekvenci událostí hodnotící funkce technických zařízení a bezpečnostní funkce systému vždy na základě dvou možností – příznivé a nepříznivé; výsledek je kvalitativní, ale po doplnění pravděpodobnostmi výskytu poruch je kvantitativní;

„**Analýza příčin a důsledků**“ (*Cause-Consequence Analysis*): technika kombinující analýzu příčin (stromy poruchových stavů) s analýzou důsledků (stromy událostí), která byla vyvinuta v *RISO Laboratories* v Dánsku pro analýzu rizika atomových elektráren; poruchy jsou analyzovány metodou FTA a následky metodou ETA;

„**MORT**“ (*Management Oversight Risk Tree*): technika vyvinutá začátkem 70. let minulého století v *U.S. Energy Research and Development Administration*;

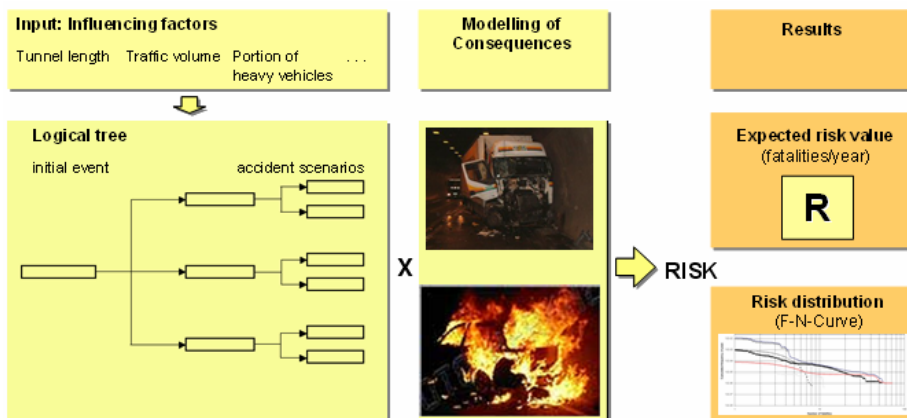
„**SMORT**“ (*Safety Management Organization Review Technique*): zjednodušená modifikace techniky *MORT* vyvinutá ve Skandinávii;

#### **Deterministické analýzy rizik:**

„**Model fyzikálních jevů**“: popisuje dynamický vývoj důsledku události ve formě matematického modelu různých fyzikálních jevů (šíření tepla, kouře atd.); pro modelování se používají analytické metody nebo numerické metody, jakou je metoda konečných prvků;

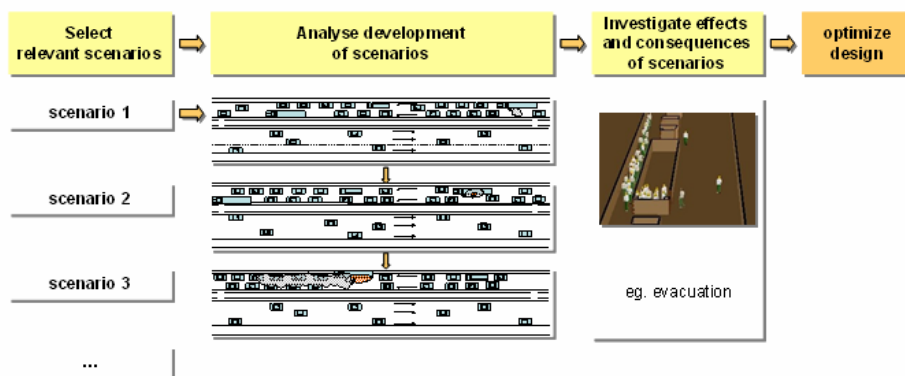
„**Evakuační modely**“: pokud možno věrně simulují chování cestujících v místě události od okamžiku, kdy si uvědomí nebezpečí, až po jejich únik do bezpečí; model tedy popisuje první okamžiky po vzniku události, tedy údobí samozáchrany; hrubou orientaci poskytují analytické vztahy, pro detailní rozbor lze využít programy pro mikrosimulaci pohybu osob;

Ve výzkumné zprávě jsou dále popsány dynamické modely, schopné pracovat i s časem. Na Obr. 16 je naznačen postup hodnocení rizika metodou stromkových diagramů ETA.



Obr. 16: Schéma procesu hodnocení rizik metodou ETA, lit. [11]

Kromě modifikované metody stromkových diagramů bude v rámci aktivity A703 rozvíjena metoda Analýzy scénářů, jejíž princip je naznačen v Obr. 12.



Obr. 17: Analýza rizik: přístup využívající scénářů, lit. [11]

V úvodní kapitole výzkumné zprávy je dále hodnocena jediná dostupná evropská norma pro analýzu rizik, kterou je rakouská RVS09.03.11. Ta ovšem nehodnotí následky, ale zabývá se pouze analýzou příčin, tedy metodou FTA. Norma pracuje s příliš velkým stupněm zjednodušení. V hodnocení se vyskytují pouze některé parametry ovlivňující případné počty obětí. Pracuje se sice se vzdáleností únikových východů (navíc pouze ve dvou hodnotách vzdálenosti) a provedením ventilace, vůbec se ale nebere v potaz celá řada dalších parametrů ovlivňujících množství ohrožených osob a stupeň jejich ohrožení. Neuvažuje se například vůbec s identifikací události, tedy požáru. Je zřejmé, že reakce systému, včetně dispečera bude jiná, když je nebo není tunel vybaven účinnou identifikací požáru. Stejně tak bude jiný počet ohrožených osob, když je v tunelu informační a dopravní systém, který zabrání vjezdu dalších vozidel do místa ohrožení.

Celý postup byl podroben zevrubné analýze a je konstatováno, že lze použít při výpočtech určité parametry, ale nelze použít metodu jako celek.

## Představení nové metody

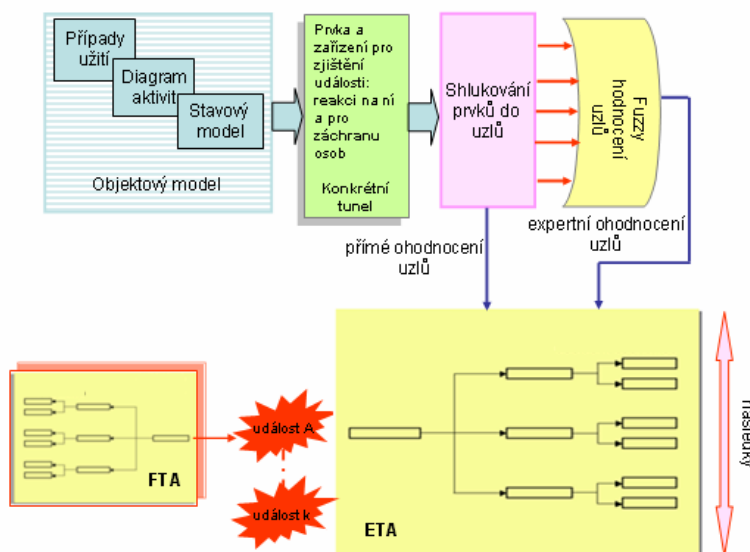
Metoda, kterou je možné nazvat hybridní neboť kombinuje analytický postup hledání následků nehod s expertními odhady spočívá ve třech krocích:

- Vytvoření modelu krizové události a odhad vlivných markerů<sup>3</sup>;
- Ohodnocení prvků modelu pomocí expertních metod;
- Vytvoření stromu ETA s uzly odpovídajícími modelu.

Přitom platí, že model tunelu musí vycházet v obecně platných zásad pro tvorbu objektivě orientovaných modelů. Nejvhodnější pro jeho tvorbu je využití konvence UML. Cílem je popsat různými způsoby nejenom technické řešení stavebních a dalších bezpečnostních prvků a systémů, ale postihnout i organizační vazby a vůbec celé začlenění tunelu do bezpečnostního konceptu. Výstupem tohoto přístupu je objektivě orientovaný model, zachycující všechny prvky a systémy mající vztah k bezpečnosti, resp. k záchraně osob, pokud vznikne daná událost, v tomto případě požár. Tento model by měl být platný pro všechny tunely. Výhodou popisu v konvenci UML je, že spektrum diagramů by mělo postihnout všechny entity, související se záchranou osob.

Tak například „Případy užití“ popisují všechny aktéry související s bezpečností a vazby mezi nimi. „Diagram aktivit“ popisuje akce jednotlivých aktérů a jejich vzájemné vazby a „Stavový model“ obsahuje veškeré stavy, kterých může systém nabývat. Kromě toho lze pro statický popis komponent použít „Diagram tříd“ a k dispozici jsou i další možnosti. Zásadní výhodou je, že tyto popisy jsou kdykoli dobře kontrolovatelné, neboť využívají stejné konvence jazyka.

V dalším kroku řešení, viz. Obr. 18, se z objektového modelu definují všechny prvky, zařízení či systémy související s bezpečností. Stupeň rozlišení je dán mírou přesnosti výpočtu následků. Pro včasnou reakci systému je například velmi důležitý způsob identifikace události, zde požáru. Na jeho zjištění se podílí liniový hlásič požáru, videodetekce kouře, tlačítka elektropožární signalizace atd. Pro co nejbližší přiblížení realitě je nutné vzít v potaz všechna zařízení a systémy, které jsou v daném tunelu k dispozici.



Obr. 18: Princip hybridní metody pro hodnocení rizik v tunelech

<sup>3</sup> Prvek, entita, která má vliv na počet zachráněných či počet obětí události

Na množinu entit, které se v zásadě podílí na zjištění události, reakci na ní a samozřejmě na záchraně osob se v dalším kroku řešení uplatní proces shlukování. Entity v jednotlivých shlucích vykonávají v zásadě stejnou makrofunkci. Na záchranu osob mají největší význam následující makrofunkce:

Označení	Název	Popis
MF <sub>DET</sub>	Identifikace požáru	Tato makrofunkce zajišťuje identifikaci požáru všemi technickými a organizačními prostředky, které jsou v tunelu k dispozici
MF <sub>INF</sub>	Informování uživatelů	Tato makrofunkce zajišťuje informování účastníků nehody v místě události, přičemž se bere v potaz i informovanost cestující veřejnosti o chování v případě události
MF <sub>FAN</sub>	Činnost ventilace	Tato makrofunkce zajišťuje činnost ventilace v případě požáru
MF <sub>TRF</sub>	Zastavení provozu	Tato makrofunkce zajišťuje zastavení provozu do tunelu, případně organizaci dopravy v tunelu po identifikaci události
MF <sub>ESC</sub>	Únik osob	Tato makrofunkce zajišťuje únik osob evakuačními cestami

Tab. 7: Makrofunkce ovlivňující bezpečnost osob

Další makrofunkce, jakou může být například zohlednění činnosti<sup>4</sup> řídicího systému, zohlednění organizačních vazeb apod. se uvažují, pokud jejich činnost může ovlivnit výsledné hodnocení.

### Modely krizových situací

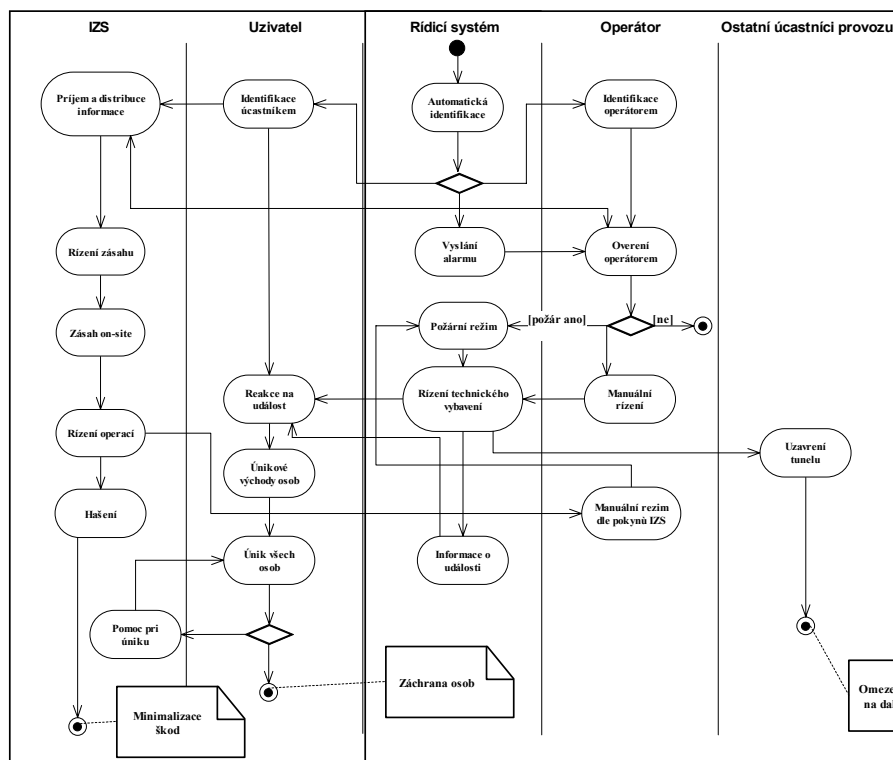
V úvodní kapitole výzkumné zprávy jsou rozpracovány,, z hlediska objektového modelování, dva základní modely záchrany osob pro nehodu a pro požár, přičemž důraz je kladen na událost „požár“. Přitom se důsledně vychází z popisů UML, které umožňují popisovat událost jak staticky, tak i dynamicky ve formě stavových diagramů (Statechart Diagram), Diagramů aktivit (Aktivity diagram) a Sekvenčních diagramů. Jako příklad popisu diagramem aktivit je uvedena situace typu požár.

Je vidět, že popis skutečně zahrnuje všechny aktéry:

- Složky IZS,
- operátora či dispečera tunelu
- činnost řídicího systému
- vlastního uživatele tunelu
- a ostatní účastníky provozu (ti, kteří nejsou zasaženi událostí)

Vazby ve schématu jsou základem pro popis dynamiky a stavových diagramů.

<sup>4</sup> Nehodnotí se spolehlivost správné činnosti, jejíž výpočet probíhá dle specifických metod, ale hodnotí se např. rychlost systému, stupeň automatizmu apod.



Obr. 19:: Diagram aktivit pro událost typu požár

Takto vytvářené modely přispívají zásadním způsobem k pochopení celé problematiky bezpečnosti a ochrany osob při vzniku události. Zároveň umožňují zpětnou kontrolu celého systému hodnocení rizik. Jejich podstatnou výhodou je, že umožňují hodnotit i dynamiku systémů, což je důležité při analýze modelu požáru, kdy hodnotíme časové odezvy informačního systému, rychlost zastavení vozidel dopravním značením atd.

### Hodnocení funkčních bloků omezujících rozsah následků události

Na Obr. 15 je blokové schéma vyjadřující podstatu navrhované metody. Výchozím předpokladem je, že událost z nějakých příčin vznikla. Událostí je nehoda nebo dokonce požár. Následky (events), které se rozvinou v důsledku nehody nebo požáru se pro obě tyto kategorie liší a uplatňují se na nich různá zařízení a systémy. Vždy však platí, že reakci i akce systému lze vyjádřit funkčními bloky, které realizují požadovanou funkci, např. požár musí být spolehlivě a rychle identifikován

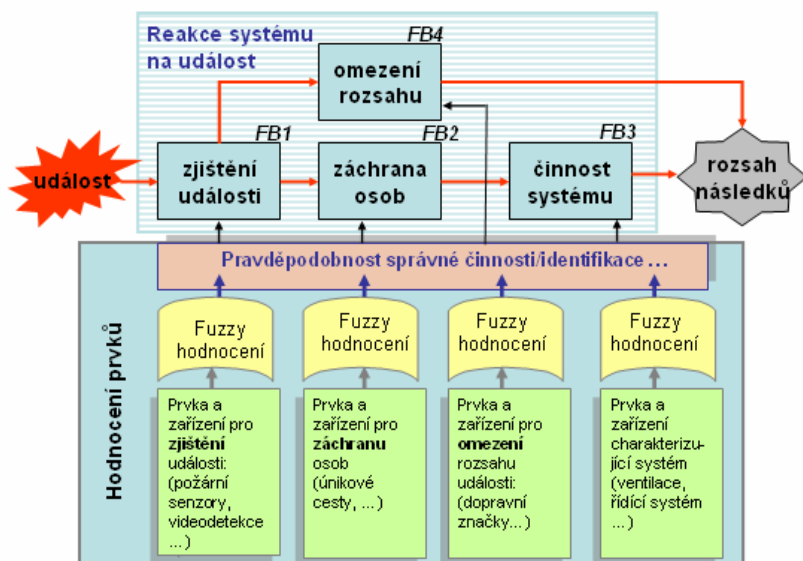
Událost, která vznikla vstupuje do funkčního bloku *FB1 „Identifikace události“*. V případě požáru je cílovou funkcí spolehlivá a rychlá identifikace vznikajícího požáru, v případě nehody je to spolehlivá a rychlá identifikace nehody. Na této identifikaci se podílí již zmíněný liniový hlásič, senzory kouře, tlačítkové hlásiče v SOS skříních, videodetekce kouře a další zařízení. V případě nehody jsou v akci jiná zařízení nebo systémy pro její identifikaci (videodetekce, algoritmy pro identifikaci nehody apod.).

V případě požáru má zásadní význam pro záchranu vlastní samozáchrana osob znázorněná jako funkční blok *FB2 „Záchrana osob“*, která závisí na stavebních bezpečnostních úpravách – šířce únikových cest a jejich délce, vzdálenosti únikových východů apod.

Stejně tak se na záchraně osob v případě požáru podílí větrání tunelu, které ovlivňuje vývoj kouře. Větrání, ale i celý komplex dalších opatření (informační systém, dopravní systém) vyjadřuje funkční blok *FB3 „Činnost systému“*.

Pokud dojde k nehodě, ale i k požáru je velmi důležitý funkční blok *FB4* „Omezení rozsahu“, která má též různé formy a podílí se na ní několik subsystémů, například subsystém zabráňující vjezdu dalších vozidel do místa události nebo informační systém. Cílovou funkcí tohoto bloku je omezení důsledků na osoby, které jsou v daném místě a zabránění dalším osobám (vozidlům), aby se dostaly do místa události.

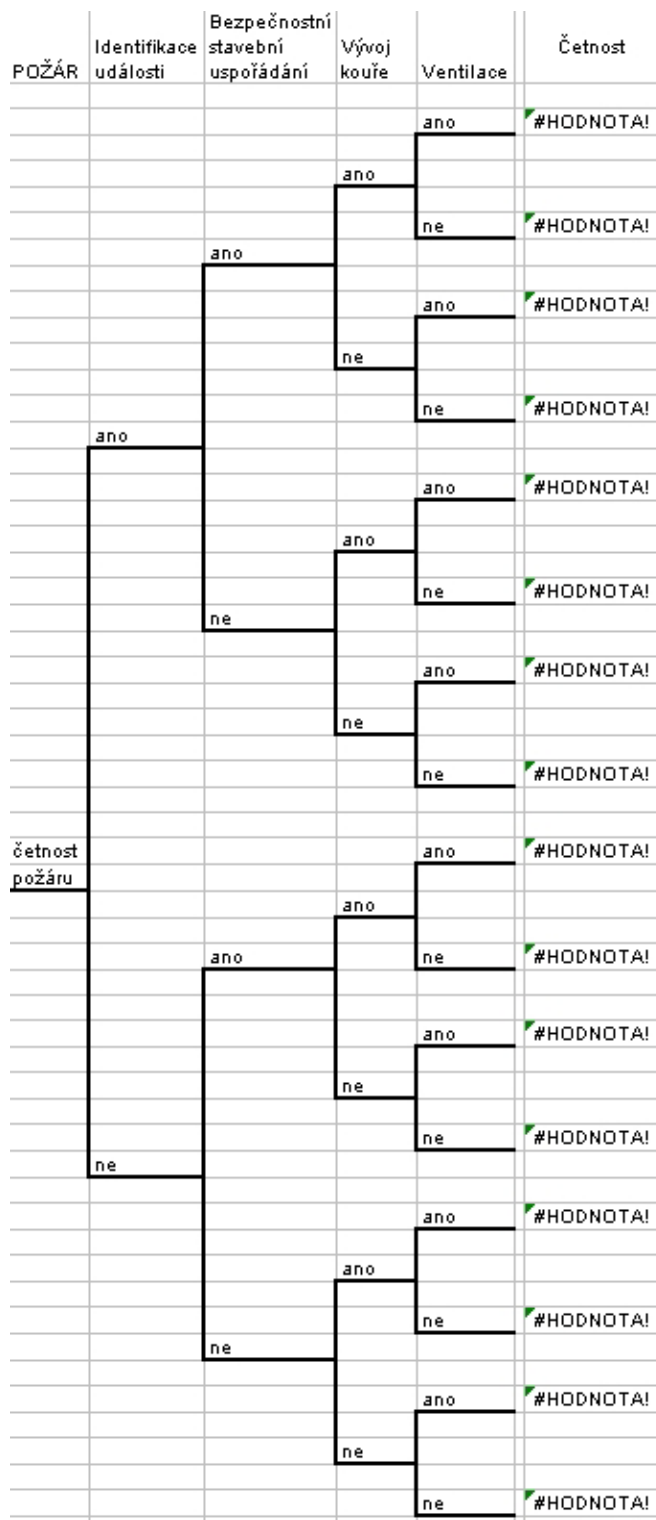
Z uvedeného je patrné, že vždy několik subsystémů či zařízení tvoří definovaný funkční blok, který má vždy jednu cílovou funkci: identifikovat požár, zabránit vjezdu apod. Tento blok je však často tvořen různými entitami s různým fyzickým uspořádáním, různou dynamikou, obecně s různými vlastnostmi, ale s jedinou cílovou funkcí. Takto uspořádaný systém se nazývá heterogenní.



Obr. 20: Metody umělé inteligence jsou použité pro hodnocení heterogenních systémů

**Metoda stromkových diagramů**

Na Obr. 16 je stromkový diagram pro vyhodnocení četnosti následků při vzniku požáru, který je vodítkem pro tvorbu diagramu v hybridním modelu. Diagram již obsahuje uzly, které se bezprostředně vztahují k záchraně osob. Ke každému následku může být uveden předpokládaný počet poškození (úmrtí) osob.



Obr. 16: Stromkový diagram pro vyhodnocení četnosti následků

Jako počáteční událost je v tomto případě četnost požáru za rok. Tuto hodnotu lze získat výpočtem dle metodiky v lit. [13]. Dále se pokračuje standardním způsobem, jakým se vypočítávají rizika metodou stromkových diagramů. Na četnost následků požáru mají pro tento konkrétní případ vliv následující parametry:

- Identifikace události (požáru);
- Bezpečnostní stavební uspořádání (únikové cesty ...);
- Vývoj kouře (v závislosti na charakteru nákladu);
- Ventilace (druh, rychlost reakce, výkon ...).

Vytvoření definitivního stromkového diagramu si vyžádá ještě jisté úsilí. Snahou řešitelů je nezvyšovat počet uzlů proto, aby se nezvětšovala komplexnost výpočtu. Velmi citlivou otázkou je i transformace fuzzy hodnocení prvků na pravděpodobnost, která je parametrem uzlů diagramu. Postup naznačený v rovnici [1] bude předmětem dalšího bádání

$$\left| \begin{array}{c} z_1^i \\ \dots \\ z_k^i \end{array} \right| \xrightarrow{\text{fuzzy}} \left\{ \Phi^i_{\text{fuzzy}} \right\} \xrightarrow{\otimes} p^i \quad \text{rov. 1}$$

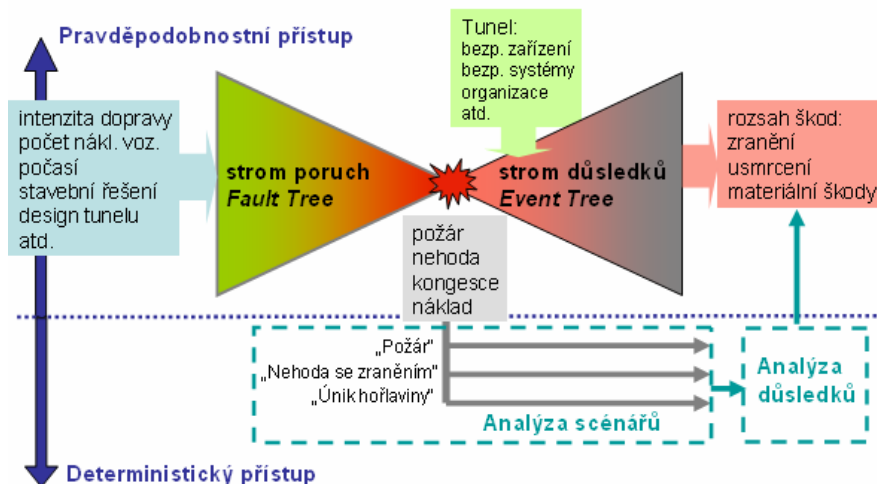
Rovnice v symbolické formě ukazuje transformaci  $k$  prvků  $i$  téhož tunelového systému pomocí fuzzy metody na fuzzy číslo  $\Phi$  a toto fuzzy číslo je nutné dále transformovat na pravděpodobnost  $p$  správné/optimální funkce tohoto systému.

### Metoda analýzy scénářů

Součástí výzkumné zprávy je i obecný návrh metody analýzy scénářů. Její pozice ve vztahu k analýze rizik je naznačena v Obr. 17. V tomto případě se jedná o deterministické stanovení počtů ohrožených či zachráněných osob na základě detailní analýzy procesů od vzniku události, až po odstranění jejích následků. Jistou nevýhodou uvedenou již v předchozím textu je, že Model pro analýzu scénářů (dále SA) je vždy aplikován na konkrétní tunel s konkrétními subsystemy a obtížně ho lze použít pro porovnání různých tunelů.

Model pracuje v následujících krocích:

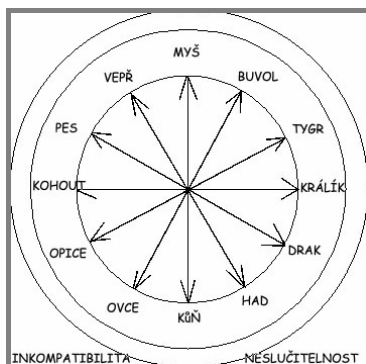
1. Popis tunelového systému se všemi stavebními i technologickými prvky ovlivňujícími bezpečnost. Analýza dokumentace, manuálů pro obsluhu;
2. Definování jednoho či více scénářů, které budou analyzovány (nehoda; malý/velký požár apod.);
3. Definování rozsahu události (tepelný výkon požáru, množství vyvíjeného kouře apod.);
4. Výpočet či odhad počtu ohrožených osob; Zde se uplatní i hodnocení včasné identifikace události a rychlost reakce systému v zabránění najíždění dalších vozidel do nebezpečného místa;
5. Model evakuace osob z místa události; V případě požáru je vhodné modelovat i činnost ventilace při řízení kouře;
6. Vyhodnocení daného scénáře a případný návrh opatření na vylepšení.



Obr. 17: Pravděpodobnostní přístup ETA/FTA a deterministický přístup „analýza scénářů“

### 6.3.2 Závěry a doporučení A703

Návrh komplexní metody pro analýzu rizik je poměrně složitou a téměř neprobádanou oblastí o čemž svědčí i to, že není možné najít žádné informace, které by mohly sloužit jako vodítko. Platí zde zřejmě modifikovaný Einsteinův princip inkompability, který říká, že čím lépe či konkrétněji popisují matematické zákony realitu, tím jsou obecnější, a čím jsou zákony konkrétnější, tím hůře popisují realitu.



Obr. 18: Znázornění inkompability dvanácti lunárních znamení čínského horoskopu

Pro případ hledání metody analýzy rizik je nutné pracovat s jistým abstraktním zjednodušením, které však nesmí překročit přijatelnou míru, aby neurčitost byla pod kontrolou.

V roce 2008 bude v rámci pracovního rámce dopracována hybridní kvantitativní metoda a metoda bude otestována na konkrétním tunelu, například u tunelu na Pražském okruhu.

## 6.4 Aktivita A803

Výzkumná zpráva VZ 260-1/07 EEG (lit. [6]) poskytuje základní informace o možnosti využití simulačního software Simulex pro modelování situací evakuací osob z tunelů. V této podkapitole jsou její nejdůležitější části a závěry.

Z důvodu nedostatku validních, dosud používaných, metod na ohodnocování rizika provozu silničních tunelů v podobě modelu evakuace osob z daných prostor, je velmi přínosné prozkoumat možnosti počítačového vybavení.

### 6.4.1 Modelování evakuační procedury podle Perssona

Kvantitativní (matematický) výpočet pohybu osob navrhovaný v lit. [7] je založen na tzv. modelu front pro dojezdy vozidel do tunelu, a na tzv. zónovém modelu pro počáteční umístění uvíznutých osob v prostorech tunelu.

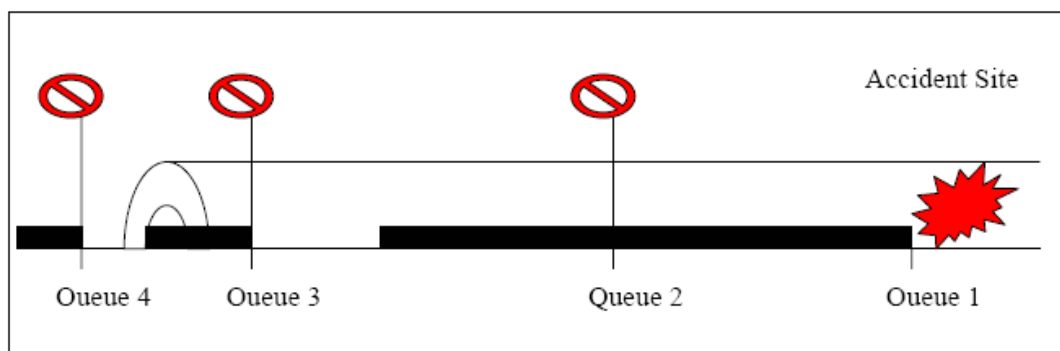
#### Model front

Účelem tohoto modelu front je stanovit počet osob k evakuaci v jednotlivých sekcích tunelu.

Důležitým faktorem (rozhodujícím k posouzení) bude doba, za kterou se zaktivují varovné systémy v tunelu s následnou pasivní reakcí na nově příjezdící vozidla k místu nebezpečné nehody do tunelové trouby. Tento faktor totiž bude mít vliv na přirůstající počty vozidel které se v čase po vzniku nehody dále dostanou (najíždou) do prostor (nebezpečného) tunelu. O to většímu počtu vozidel bude hrozit přímý kontakt s požárem. Doba detekce havarijního stavu tunelovým bezpečnostním systémem bude záležet na scénáři nehody i na možnostech bezpečnostního vybavení tunelu (systémy světelné signalizace s návěstním symbolem STOP příjezdícím vozidlům).

Pro stanovení počtu uvíznutých osob byl navržen následující konkrétní scénář.

Tunel uvažovaný pro modelování evakuačního scénáře má dva tubusy délky 1000 m. Uvažovaná událost vznikne v polovině délky tunelu. Tedy 500 metrů po vjezdu vozidel do tunelu. V prostorech tunelové trouby se v důsledku nehody v kótě 500 m začnou vytvářet 4 frontové skupiny před nehodou a návěstními signály STOP, viz. Obr. 19.



Obr. 19: Počáteční formování front v modelu front

Do modelu jsou započítána vozidla z Tab. 8:

Vozidlo	Uvažované délky v (m)	Procentní podíl
Osobní auto	3,5	80 %
Užitkové auto	4,5	5%
Nákladní vozidlo	20	10%
Autobus	20	5%

Tab. 8: Poměr typů vozidel pro modelování front

V závislosti na době detekce varovnými systémy, a na pozici varovných zařízení se budou vytvářet za místem nehody fronty s rozlišnou hustotou vozidel a v rozličných vzdálenostech od nehody. Varovné systémy sepnou na zařízeních buď červené světlo na světelném zařízení, a nebo červený kříž na dopravních tabulích. Tímto se dává podnět pro upozornění uživatelů tunelu. Vzhledem k možnosti, že si někteří řidiči nepovšimnou těchto zákazů ihned, počítá se v modelu i s časovým zpožděním (k utváření front). Tato vozidla se tedy přidají na konec předchozí fronty.

Intenzita provozu se předpokládá 44 300 vozidel za den. Tedy 30 vozidel vjede do tunelu za minutu, a každé nové vozidlo vjede do tunelu každou druhou sekundu. Po vzniku nehody, s každou novou minutou přibude do prostor tunelu 30 nových vozidel. Tato vozidla se řadí do uvedených 4 front.

Fronta Q1 se formuje ihned za místem události. Událost se stane v čase  $t_0$ .

V jistém čase  $t_d$  (detekční čas, 2 minuty) se aktivují první světelné signály v tunelu. Za nimi se vytváří druhá fronta vozidel, Q2. Třetí fronta Q3 se formuje u dalších světelných signálů po 3 minutách od události.

Vzdálenost mezi Q1 a Q2 je 190 m.

Po třech minutách do prostor tunelu najede celkem 90 vozidel, dle původního propočtu. Těchto 90 vozidel utvoří frontu přibližně 270 metrů dlouhou. Mezi frontami Q1 a Q2 tedy nebude žádné volné místo. Dále, jediná vozidla, která se připojí k této frontě po třech minutách, budou vozidla v tunelu stojící mezi frontami Q3 a Q2. Tam je vzdálenost 220 metrů, tudíž se vyskytne dalších 5 vozidel, která se připojí k počáteční frontě v přímé blízkosti události. V této frontě bude celkem stát 95 vozidel. Složení fronty vozidel bude dle tabulky Tab. 9:

Vozidla	Osoby
76 OA po 3 lidech	228
5 užitkových vozidel po 5ti lidech	25
9 NV s 1 osobou	9
5 BUS s 20-ti osobami	100

Tab. 9: Počet osob ve vozidlech

Ve sledovaném modelu bude tedy celkem 362 osob (uvíznutých osob).

Předpoklady v tomto modelu front:

- Všechna vozidla jedou rychlostí 80 km/h
- Vzdálenosti mezi vozidly stojícími ve frontách jsou zanedbatelné
- Čas, pro registrování světelných značek a zastavení řidiči je stanoven na 1 minutu.
- Lidé z vozidel stojících ve frontách Q3 a Q4 se evakuují z tunelu vjezdovým portálem
- Osoby budou rovnoměrně rozmístěny do 3 zón, tj. 120 osob v každé zóně
- K reakčním časům osob byly přidány 3 minuty, z důvodu zpoždění formování kolony (čas pro umístění vozidel v koloně)

Dále se v modelu předpokládá, že vozidla, která se pohybovala v době nehody před havarovaným vozidlem, vyjela bezpečně z tunelu ve směru jízdy výjezdovým portálem.

**Zónový model**

Velice těžkým, leč důležitým úkolem, je stanovení odpovídajících (realistických) evakuačních časů osob. Pro určení podílu osob, které by mohly být v reálných podmínkách vystaveny životu ohrožujícím podmínkám při vzniku nehody v tunelové troubě.

Je důležité také zdůraznit, že získané počítačové evakuační doby mají pouze informativní charakter a mohou být užity bezpečnostními tunelovými experty jako nástroj pro identifikaci potenciálních problémů stavby řešeného tunelu.

Obecně je tedy velice obtížné určit (předem stanovit) časy pro reakce osob v tunelu. Avšak je toto (jakékoliv expertní) určení nezbytné pro další vyobrazení sledu událostí „co se bude dít po vzniku nehody“.

V popisovaném díle lit. [6] si autor určil doby reakcí osob dle svého rozumného uvážení.

Doba před samotným pohybem k úniku (doba uvědomění si události a doba reakce) zde je rozložena v závislost se vzrůstající vzdáleností od místa nehody. Čím blíže k místu události, tím více dříve bude situace osobě známa.

Časy uvědomění si události a reakční časy jsou rozděleny do zón tunelu dle Tab. 10:

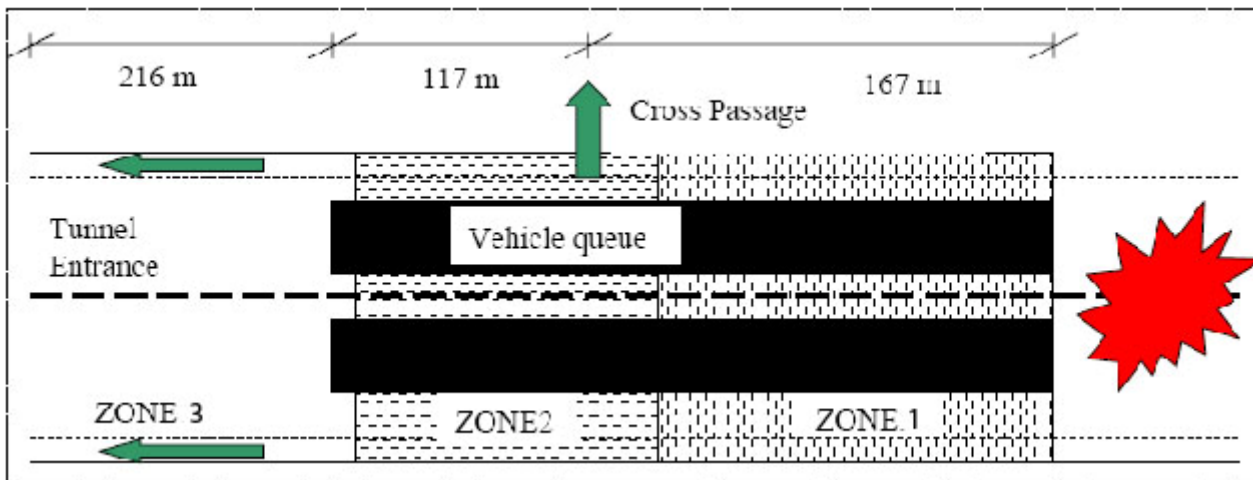
	Zóna 3	Zóna 2	Zóna 1
Délka zóny (od nehody)	250 – 500 (portál)	150 – 250 m	0 – 150 m
Doba zjištění události	4 minuty	3 minuty	2 minuty
Doba reakce	0,5 minuty	1 minuta	1,5 minuty

Tab. 10: Časy od události

Dle Tab. 10 a Obr. 21 lze rozpoznat, že zóna 1 je uvažuje v zóně vzniku nehody po 150 metrů, zóna 2 se uvažuje od 150 do 250 metrů a zóna 3 od 250 m do konce tunelové trouby.

Rozložení doby reakce podle zón probíhá opačně nežli doby uvědomění si události. Tento fakt je odůvodněn tím, že osoby vzdálenější od místa nehody jsou již nabádány jistým způsobem k pohybu osobami z bližších míst směrem k nehodě. A přestože osoby v zóně 1 jsou k nebezpečí blíže, a jejich doba pro uvědomění si události je krátká, budou potřebovat delší dobu reakce než ostatní v jiných zónách, protože spotřebují více času na „ujistění se“ o správném způsobu svých reakcí. Zatímco ve vzdálené zóně mají osoby více

času na ujištění se o svých akcích ještě před tím, než se obeznámí s událostí, a tudíž provedou své reakce rychleji.



Obr. 21: Znárodnění rozložení evakuačních zón v modelu tunelu

Dalším krokem pro modelování procedury evakuace je proces opuštění vozidla osobami. Tento čas bude zanedbán pro osoby vystupující z osobního a nákladního vozidla. Ale v případě výstupu osob z autobusu již tento čas musí být vypočítán a zapracován do plánu evakuace.

Tento čas pro výstup z autobusu je vypočítán na základě kapacity dveří 49 osob/1 min/1 metr šířky dveří pro tlačící se dav lidí. Za předpokladu šířky dveří autobusu 0,8 metru, bude bráno že 20 osob se dostane z autobusu za 30 vteřin.

Poté, co osoby opustí svá vozidla, mají možnost se rozhodnout, který únikový východ použijí. V tomto případě je to jedna úniková propojka 167 m od nehody (v zóně 2), a portál tunelu, od nehody 500 metrů.

Předpokladem je, že stojící vozidla ve frontě netvoří pro pohybující se osoby žádnou překážku, ani pro samotný vstup do únikového východu.

Předurčení toho, kam se utíkající osoby uchýlí je velice obtížné. Logicky je ovšem možno navrhnout, a předpokládat, že většina osob ze zóny 1 použije k úniku právě únikový východ, jako ten nejbližší možný. Všechny osoby jdoucí ze zóny 1 musí totiž tento únikový průchod minout (objevit), i když budou mít zaměřeno k portálu, jako druhému únikovému místu. Na druhou stranu, osoby ze zóny 3 pokud se jednou rozhodly pro výběr únikové cesty, budou mít pouze jeden východ na výběr, pokud tedy nezmění svůj směr pohybu. Tudíž bude bráno v úvahu, že velký podíl osob ze zóny 3 (80 %) použije k úniku právě tunelový portál.

Dále byla vypočítána kapacita dveří únikové propojky. Úniková propojka je široká 4,7 metrů s výškou 3,9 metrů. Uprostřed této propojky jsou dveře oddělující tunelové trouby. Šířka těchto dveří je 1,2 metru. Je známo (SFPE, 1996) že 56 osob projde dveřmi za 1 minuty při jejich šířce 1 metr, pro umírněný dav lidí. Pro tyto dveře šířky 1,2 metru bude předpokládáno že projde 67 osob za 1 minutu.

### Popis matematického výpočtu

Pro další matematický výpočet rozděluje uvedená metoda celkem 362 uvízlých osob rovnoměrně do tří zón po 121 osobách. Dále se rozdělí v procentním poměru počet osob, které užijí konkrétní únikové východy. Vychází se z předpokladu, že nejvíce osob ze zóny

1 (90 %) použije k úniku propojku (protože je nejbližší). Ze zóny 3 naopak využije 80 % osob tunelový portál. Pro každou zónu je spočtena maximální trasa k únikovému východu a příslušející maximální doba k dosažení tohoto místa. Dále je matematicky určena kapacita uvažované únikové chodby, jako 1,2 osoby za sekundu. Tato hodnota je ovšem vyšší než uvažovaná rychlost osob 0,7 m/s, která by vedla k závěru, že kapacita chodeb by neměla žádný vliv na průběh evakuace. Je řešen konkrétní scénář nehody autobusu ve frontě vozidel č.1. Následně se počítá evakuační doba osob z tohoto autobusu a to tak, že poslední osoba opustí zónu 1 po 659-ti sekundách. Z toho 180 sekund bylo připočítáno na formování kolony vozidel, 210 sekund na reakční dobu osob, 30 sekund na pohyb osob ve vozidle a cca 240 sekund (dráha/rychlost) na pohyb k únikové chodbě. Tímto způsobem byly ohodnoceny zóny ostatní s přihlédnutím k procentnímu rozdělení cílových únikových východů.

Metoda je velice zajímavá v pojetí rozložení tvoření front vozidel a rozvržení „reakčních zón“ osobám ve vozidlech. Počítá se zde s kapacitou únikových cest a kapacitami únikových dveří. Tyto prvky mají jistě velký vliv na zpoždění doby celého únikového procesu. To přináší nový pohled na matematický přístup k výpočtu doby evakuace osob.

#### **6.4.2 Představení softwaru SIMULEX**

V této kapitole je představen počítačový program SIMULEX, který slouží pro simulace úniku osob z uzavřených prostor. Byl vybrán ze tří porovnávaných programů. Dalšími dvěma byly SATEPS a SIMWALK. Program SIMULEX se zdá nejvýhodnější aplikací pro simulace evakuace osob z tunelů mimo jiné pro jednoduchost jeho ovládání. Také do něj lze implementovat jakékoli tvary výkresového podkladu vytvořené v prostředí AutoCAD (např. směrové oblouky tunelových tubusů apod.).

#### **Stručné přiblížení - popis**

Tento software je výrobkem firmy Integrated Environmental Solutions Ltd., pocházející z Velké Británie, ze skotského Glasgow.

Simulex je počítačový software určený pro simulace únikových pohybů osob z rozsáhlých, stavebně složitých prostor budov. Pohyb modelovaných osob je založen na odpozorovaných principech skutečných lidských pohybů.

Za pomoci tohoto software lze snadno a rychle rozpoznat problémová místa v daných modelovaných prostorech z hlediska hromadného úniku osob a následně u těchto míst navrhovat lepší bezpečnostní řešení.

Simulex je jako modelovací nástroj celosvětově rozšířen a využíván při plánování staveb budov.

#### **Podstata práce v tomto software**

Software umožňuje uživateli vytvořit v podstatě 3D model budovy v případě simulování více patrového modelu budovy. Tato patra je nutno předem zpracovat a navrhnout graficky v rýsovacím software <VE> nebo CAD. Tyto výkresy je nutno importovat do programového prostředí produktu Simulex. Patra jsou následně v programu dle potřeby navzájem pospojována schodišti. Jednotlivá patra jsou ale navrhována v rýsovacím prostředí pouze v dvoudimenzionálním prostoru. 3D rozměry místností či vybavení prostor zde nelze využít.

Uživatel si v simulačním software může navolit konečné venkovní či vnitřní únikové východy z prostor dané modelované budovy. Simulex tyto informace o umístění východů a o celkovém rozložení budovy automaticky zpracuje a vyhodnotí cestovní vzdálenosti a trasy naskrz volnými prostory budovy.

Osoby mohou být umístěny do míst budovy uživatelem, buď po jednotlivcích nebo po skupinách. Osobám a skupinám osob lze přiřadit jejich charakteristiky, např. složení populace, dobu reakce či rychlost pohybu. Poté, co uživatel definuje tyto parametry (stavební plán budovy a rozložení umístění osob v budově) a software spočítá potenciální trasy, je již možné spustit samotnou simulaci.

Uživateli je umožněno pozorovat namodelovanou evakuaci budovy přímo na obrazovce v rámci běhu programu, a je možno si za běhu simulace přiblížit kteroukoli část budovy jež je v zájmu uživatele (návrháře simulace).

### **Reálný pohyb osob**

Simulex modeluje pohyb osob v prostorách budov. Tento počítačový pohyb je založen na reálném pohybu osob v běžném životě. Data pro získání reálného pohybu osoby byla zpracována z video analýz jednotlivců pohybujících se v davu. Celosvětové výsledky výzkumů přispěly k rozšíření takto sbíraných dat, a tedy i jistou úroveň věrohodnosti a nesrovnatelnou způsobilost k jejich využití k simulacím evakuací budov.

Algoritmus pohybu jednotlivých osob je založen na datech ze skutečnosti, zpracovaných počítačovými technikami pro analýzu lidských pohybů, odpozorovaných z reálných záznamů.

### **Podrobnější přiblížení práce se software**

#### **Nadefinování základů**

V prvním kroku pro modelování evakuační situace je nutná příprava 2D výkresových podkladů místností budov, či 2D uspořádání prostor silničního tunelu. Tyto výkresy lze připravit ve výkresovém prostředí <VE>, či v grafickém výkresovém produktu CAD. Pro další práci bylo zvoleno modelování v CAD systému, tudíž i další popis se odkazuje právě na CAD výkres a výstupový \*.dxf soubor.

Ideálně pro následný import, již tento CAD výkres musí obsahovat všechny později potřebné překážky, stěny a otvory pro východy z prostor. V programu Simulex již nelze s rozmístěním stěn či vozidel (v podobě statických překážek) nijak manipulovat. Tyto navržené prostory, např. patra budovy, jsou posléze v programu Simulex pospojovány tzv. linky a schodišti. V místech, kde je třeba, aby osoby opouštěly budovu, jim jsou definovány únikové východy. Každé patro a schodiště je zobrazeno v prostředí Simulex ve zvláštním simulačním okně, takže lze poté pozorovat jednotlivé události zvlášť. Například, zajímáme-li se pouze o pohyb na schodišti, lze si nechat zobrazit pouze simulační okno s touto jednotkou.

Simulex automaticky vygeneruje prostorovou síť o rozměrech 0,2 m x 0,2 m po výkresovém podkladu (v rámci prostor ohraničených čarami na výkresu, jako stěnami budovy).

Pro různé evakuační strategie je zde možno nadefinovat tzv. Distanční mapy. Simulex generuje tyto mapy jako pásy pro zobrazení výpočtů celkové vzdálenosti k východu z každého bodu na této prostorové síti. Každé osobě je přidělena buď základní, nebo uživatelem navržená distanční mapa.

Analýzy možných tras osob mohou být jako zajímavost před samotným modelováním osob otestovány pomocí funkce „routes-test positron“, kde se náhodně vpustí do prostoru modelu osoba, a lze pozorovat její únikovou cestu, která se právě řídí předtím přiřazenou distanční mapou. V informačním okénku lze odečítat vzdálenost, jež tato osoba za běhu simulace ušla.

Poté, co se definují tyto distanční mapy, se do modelu přidávají osoby, neboli populace. V programu jsou obecně definovány skupiny populace. Každá skupina obsahuje osoby s kombinací těchto charakteristických rysů: tvar a rozměry těla, rychlost chůze, a doba reakce osoby na vzniklou evakuační situaci. Osoby mohou být dále rozlišeny v podskupinách podle pohlaví. V jednom modelu mohou být samozřejmě nastaveny v kombinacích různé skupiny populace na různých místech modelu.

Zajímavým vylepšením věrohodnosti nastavení modelu simulace, může být i možnost nadefinovat osoby přímo na obrazovce do jednotlivých požadovaných míst. Například v prostředí tunelu lze tedy brát do úvahy prostory vozidla, jako zdroje počátečního umístění skupin osob.

### **Běh simulace**

Uživatel může spustit simulaci poté co je model dokončen, jsou tedy nadefinovány východy, a je zadáno umístění osob.

Při samotném běhu simulace lze sledovat, jak se rozmístěné osoby pohybují směrem k nadefinovaným únikovým východům. Jak vznikají fronty, zácpy, či jak se osoby přeházejí. Lze sledovat i počty osob zbylých v prostorách evakuace v kterémkoli čase. Pohyb osob je zaznamenáván každých 0,1 sekund při běhu programu.

Při sledování pohybů je možno si přibližovat či oddalovat jednotlivá místa v prostoru modelu. Simulace skončí jakmile poslední osoba opustí prostory modelu.

Čas počítačového běhu simulace závisí na složitosti simulačního modelu a na rychlosti procesoru počítače, na němž se simulace spouští. Spuštěnou simulaci lze proto nahrávat, a spustit ji později (real-time playback) .

### **Výstupy simulace**

Jedním z výstupů z programu je grafické-video zachycení celého běhu simulace do souboru ve formátu \*.slx, spustitelném právě v software Simulex.

Dalším výstupem je textový soubor, obsahující všeobecné informace k toku pohybu osob během evakuačního běhu. Do souboru program zaznamenává kromě počátečního nastavení modelu, počtu východů, i například počty osob, které opustili sledované únikové východy a jejich evakuační čas těmito východy.

### **Některé testovací funkce**

Charakteristiky – v modelu lze zjistit přímo charakteristiku osoby po stisknutí klávesy F4 a umístění kurzoru myši poblíž této osoby.

Testovací trasa – [test position] – tato funkce umožňuje, bez spuštění samotné simulace, zjistit náhodným zadáním osoby do plánu budovy její předpokládaný další pohyb směrem k východu. Trasa této osoby se řídí uživatelem přednastavenou mapou vzdáleností [distance map].

Distanční mapa - mapa vzdáleností [distance map] – základ pro tuto funkci představuje síť, rozdělená na malé čtverce o rozměrech 0,2m x 0,2m, rozložená po celém volném prostoru budovy. Simulex zde poté vypočítá jakousi vzdálenostní mapu pro každé místo na této síti vzhledem k nastaveným východům budovy. Při zvolení základní (default) distanční mapy počítá Simulex pouze s možností zvolení cíle osoby nejbližšího únikového východu. Hodnoty vzdáleností k východu jsou vyobrazena za pomoci barevných pruhů v prostoru, širokých 1m. Tato distanční mapa může být vyobrazena na modelu graficky jakoby vzdálenostní vrstevnice, rozlišené barevně. Výsledkem je tedy jakési vzdálenostní vybarvení volného

prostoru pro možnosti následného pohybu osob. Touto mapou vzdáleností je dán následný úhel pohybu náhodně umístěné osoby v prostoru.

Násobné distanční mapy – Simulex umožňuje přidat uživatelem vybranou distanční mapu. Tato další mapa může být zaměřena a přepočítána na jiný únikový východ nežli ten nejbližší. Tyto alternativní mapy mohou být následně přiřazovány jednotlivým osobám či skupinám osob jako jejich základní mapy, kterými se během úniku z prostor při simulaci budou řídit.

### 6.4.3 Aplikace programu Simulex pro modelování prostředí silničního tunelu

I přesto, že Simulex je jako modelovací nástroj primárně určen k simulacím úniků osob z rozsáhlých i jednoduchých budov, lze jeho výkon aplikovat v jisté míře i na prostředí silničního tunelu.

Musíme se však oprostít od nutnosti zavedení pohybujících se vozidel v prostředí evakuace osob z tunelu. Software Simulex pracuje pouze se staticky zadanými překážkami, právě přednostně nastavené importem výkresových podkladů například z CAD prostředí.

Vozidla lze pouze namodelovat jako již stojící překážky na vozovce v tunelu od samého počátku simulace.

I přes tuto nedynamickou nevýhodu programu, je možno Simulex aplikovat například na vyhodnocení vhodnosti zvolených rozměrů únikových východů rozmístěných ve stěnách tunelové trouby a jejich vzájemných vzdáleností v této tunelové troubě pro zvolený předpokládaný počet osob, pohybujících se v prostorách tunelu.

Dle lit. [8] byl právě Simulex využit pro simulační studii evakuace uživatelů silničního tunelu pro ověření empirických dat navrhování šířky a vzdálenosti únikových východů z prostor tunelu.

#### Důležité odlišnosti potřeb pro simulace budov vs. simulace úniku z tunelu

- Potřeba započítání pohybu jedoucích aut v modelu simulace
- Povolení menších odstupů mezi osobami při tlačení se u východů – v obchodě se lidé budou tlačit jinak, než při evakuaci ze silničního tunelu
- Rozdílné rychlosti chůze osob
  - pozn. odlišné rychlosti průchodu osob dveřmi
    - v tunelu nebude nutné nechat zpomalovat rychlost pohybu osob při průchodu dveřmi nouzového vývodu
    - v programu Simulex nelze nastavit rychlost osoby při průchodu dveřmi / exitem

Simulex má provázanu rychlost chůze dané osoby v závislosti na osobě v blízkosti před ním. Jakmile osoba dorazí do blízkosti jiné osoby, tak se jejich rychlosti zmenší.

#### Praktické zkušenosti práce s programem

##### Problematika k řešení pro další práci

- Modelování stupňů k únikovému východu,
- modelování postranního chodníku v tunelu,
- modelování chaosu pomocí rozdílných distančních map přidělených osobám,

- v jiném simulačním modelu již delšího tunelu sledovat vliv rozdílné vzdálenosti mezi vnitřními únikovými východy. Např. 100 m vs. 200 m,
- zajistit věrohodný obraz dopravy pomocí externích modelovacích nástrojů – např. Aimsun,
- vhodnou metodou započítat i realistické hodnoty při výstupu osob z autobusu,
- sledovat hodnoty prošlých osob až v místě za tunelovou propojkou.

#### Nedostatky práce v programu pro modelování evakuace silničního tunelu

- Nemožnost dynamické simulace. Nelze tedy sledovat posloupnosti příjezdů vozidel do tunelu a pozorování vznikající fronty.
- Věrohodný obraz pro vytvoření následné kolony vozidel po nehodě je třeba nechat namodelovat například v programu Aimsun pro simulaci jízdy vozidel. Je tedy třeba, před samotnou simulací v programu Simulex, změřit či namodelovat externě jak bude vypadat situace jízdy následujících vozidel po vjezdu do tunelu. Je třeba si udělat obraz nejvíce pravděpodobného množství, rozestavení a skladby vozidel v tunelu v časovém úseku od vzniku nehody do zajištění uzavření tunelu bezpečnostními systémy.
  - Možností ale je, bez externího zjišťování rozestavení vozidel, modelování fiktivních extrémních situací ve skladbě dopravního proudu. Například situaci, kdy v evakuované tunelové trubě budou rozestavena pouze nákladní vozidla a autobusy plné cestujících.
- Rychlost chůze osob je nastavena jejich charakteristikami a náhodně rozvržena dle rozložení ve skupině. Pohyb osoby může být ovlivněn osobou vpředu v těsné blízkosti, což způsobí zpomalení chůze. Také zde nelze započítat do úvahy vliv náhlé snížené viditelnosti v případě šíření kouře od nehody s požárem v prostředí tunelu. V reálné situaci by osoba snížila svoji rychlost. V prostředí Simulex tato vlastnost namodelovat nelze.

#### Některé výhody

- Výhodou práce v tomto simulačním programu je možnost výměny výkresových prostor bez nutnosti opětovného nastavování východů či rozvržení fyzické obsazenosti vozidel ve vozidlech. Program si vše namodelované nad výkresem nechává uloženo, a dovoluje v jednom projektu zaměnit podkladový výkres – exportovaný např. z prostředí CAD.
- Zajímavé situace lze zkoumat nastavením různých *distančních map* evakuovaných osobám. Defaultní distanční mapa ukládá osobám pohyb pouze ve směru nejbližšího východu. Tuto vzdálenost a směr určuje ale počítač - tedy program Simulex. V reálné situaci si tuto vzdálenost a směr pohybu musí nalézt evakuované osoby samy, což je právě ten nejtěžší úkol v nějaké nastalé extrémní situaci. Pro tyto případy, kdy budeme chtít namodelovat situaci, že evakuované osoby nebudou mít povědomí o nejbližším možném únikovém prostoru, použijeme nastavení různých distančních map různým osobám. Můžeme tak dojít k vytvoření zmatečného pohybu osob v tunelu. Například některým osobám uprostřed tunelu nastavíme jejich distanční mapu (tedy naprogramujeme jejich budoucí pohyb) s cílem v portálovém výjezdu a některým osobám v jejich blízkosti naopak nastavíme distanční mapu s cílem v některé z únikových průchodů.
- Dále je zda zajímavá práce s možnostmi nastavování různé doby reakce (response time) jednotlivých osob, nebo skupin osob. Je nám tak umožněno započítat do simulovaného modelu i reálné zpoždění reakce osob na vyhlášení poplachu, či na pozorování nebezpečné situace.

- V prostředí Simulex lze započítat vzájemnou interakci osob s vlivem na snížení jejich individuálních rychlostí.

### Vývoj a validace software

Software Simulex byl vyvíjen několik let. Od samého začátku využíval ke svým výpočtům data sbíraná přímo z videoanalýz reálných pohybů osob v davech.

K dispozici jsou akademické zprávy popisující základní principy softwaru. Nezávislé testy jinými institucemi ukazují že Simulex je opravdu věrohodný nástroj pro vytváření realistických simulací obývaných budov.

#### 6.4.4 Závěry a doporučení A803

VZ 260-1/07 EEG (lit. [6]) poskytuje základní informace o současných metodách modelování teoretického evakuačního procesu osob uvízlých v uzavřených prostorách, možné počítačové programy určené k simulaci evakuace těchto osob a popis nejvhodnějšího softwaru, který může být použit pro simulace evakuace osob z tunelu. Ukazuje se, že vývoj nového programového díla na dostatečné úrovni není možný v rámci časového rozvrhu projektu SAFETUN a není ani v jeho finančních možnostech. Z těchto důvodů se doporučuje upustit od vývoje nového softwaru a realizovat nákup zde představeného stávajícího programu SIMULEX.

Naopak velké úsilí bude v rámci aktivity A803 věnováno následujícím okruhům:

- vypracování programové nadstavby v simulačním programu AIMSUN, která bude pro různé dopravní situace poskytovat data pro SIMULEX;
- ověření možností evakuace pro různé konfigurace nehod a krátké tunely kategorií TD/TD-H a TC/TC-H a dále pro tunely delší než 500 m
- zobecnění možností evakuace a zkoumání vlivu tohoto zobecnění na stávající výpočetní postupy.

## 7. Shrnutí a doporučení roční práce projektu SAFETUN

Projekt SAFETUN "Harmonizace bezpečnosti tunelů pozemních komunikací s požadavky Direktivy 54/2004/ES a optimalizace tunelů z hlediska bezpečnosti" volně navazuje na předchozí projekty "Analýza a řízení rizik v silničních tunelech" a "Optimalizace provozu silničních tunelů" (OPTUN). Systematická činnost v oblasti výstavby, vybavení a provozu silničních tunelů má tedy v České republice tradici a slušnou evropskou úroveň. Kromě základní normy a technických podmínek TP98 máme unikátní technické podmínky TP154 na provozování tunelů, které se v současné době i díky tomuto projektu aktualizují. Výsledkem těchto trvalých aktivit je, že všechny naše hotové i projektované tunely plně vyhovují Evropské směrnici 54/2004/ES.

V prvním roce práce na projektu byly řešeny úkoly v rámci aktivit A701 až A703 a v předstihu začala práce na úkolech aktivity A803. Výsledkem aktivity A701 je návrh nových bezpečnostních kategorií krátkých tunelů, které jsou zpracovány do změn a doplňků technických podmínek TP 98 „Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací“ a normy ČSN 73 7507 „Projektování tunelů pozemních komunikací“, které jsou uvedeny v přílohách A a B tohoto dokumentu. Vzhledem k tomu, že již podruhé vznikají podnětné doplňky a úpravy k TP 98 doporučují zpracovatelé projektu vydat definitivní změny až ke konci roku 2009 jako samostatný doplněk TP (nebo jejich nové vydání) zahrnující znovu i změny, které vznikly v rámci OPTUN. Nové kategorie TD, TD-H a TC-H však vstoupí do podvědomí tím, že jejich detailní popis bude publikován v časopisu Tunel a je i projednáván v rámci Tunelové sekce ČSS.

Také byl navržen nový postup automatizovaného zpracování mimořádných událostí v silničních tunelech (A702). Výsledkem této aktivity bude vytvoření nového internetového formuláře pro dispečery, ověření přenosů do datového skladu v NDIC Ostrava a naprogramování výstupních analytických sestav.

V roce 2008 bude v rámci pracovního rámce A703 dopracována hybridní kvantitativní metoda a metoda bude otestována na konkrétním tunelu, například u vybraného tunelu na Pražském okruhu. Tato metoda kombinující analytický a expertní přístup je celosvětově originální a nebyla dosud publikována. Její výhodou je, že omezí neurčitosti, které vzniknou, pokud výsledky jsou pouze produktem expertních úvah.

V roce 2008 budou také zahájeny práce na aktivitě A802, kde bude zpracováno programové prostředí a metodická příručka pro jednotný postup v provádění C/B analýzy bezpečnostních opatření v silničních tunelech.

Práce na evakuačním modelu provedené v předstihu v roce 2007 ukázaly, že vývoj plnohodnotného programového díla pro simulaci evakuace osob na dostatečné úrovni není možný v rámci časového rozvrhu projektu SAFETUN a není ani v jeho finančních možnostech. Analyzovaný program SIMULEX je vyvíjen cca 5 let a nemělo by ani smysl se snažit tento, do značné míry, plně hodnotný program napodobovat. Z těchto důvodů se doporučuje upustit od vývoje nového softwaru a realizovat nákup zde představeného stávajícího programu SIMULEX. Další náplní aktivity A803 tak bude na uvedeném programu demonstrovat možnosti simulace evakuace osob z tunelu a popsat postupy, jakými lze tímto programem zmíněné simulace realizovat, viz. závěry v kap. 6.4.4.

Kromě plánovaných úkolů budou v předstihu zahájeny práce na aktivitě A901 „Jednotný systém pro výuku, cvičení a testování operátorů silničních tunelů“, která měla začít až v roce 2009. Je to proto, že se bude jednat o poměrně rozsáhlý úkol, který si vyžádá i

průběžné oponování a tak bude výhodné pokud se struktura výuky zpracuje a odsouhlasí již letos a v dalším roce pak vzniknou předpokládané dokumenty.

V roce 2008 se budou dokončovat technické podmínky TP 154 „Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací“ a v souvislosti s dokončováním metodiky pro analýzu bezpečnosti a v souladu s pracemi ve výboru PIARC by měl vzniknout 2. návrh technických podmínek pro hodnocení bezpečnosti.

Mezi zásadní mezinárodní aktivity patří pokračování v zastupování v nově utvořeném výboru mezinárodní silniční společnosti PIARC. Po zasedání v Paříži v září 2007 byly zformulovány nové aktivity ve výboru „Road Tunnel Operation“ a vedoucí projektu KONVAZ zde bude opět zastupovat Českou silniční společnost. Jedná se o velmi aktivní práci směřující k novým dokumentům pro vybavování a provozování tunelů.

## Literatura

- [1] Příbyl Pavel (2006). Czech Republik - Road Tunnel Safety Country Profile. Hodnocení rizik v silničních tunelech - workshop. SATRA Praha
- [2] Heissiger J.: „Analýza bezpečnostních standardů tunelů kratších než 500 m“, Výzkumná zpráva Eltodo EG 247/07 EEG, Praha, prosinec 2007
- [3] Příbyl P., Heissiger J., Hladký L.: „Návrh nových kategorií silničních tunelů a modelování dopravy“, Výzkumná zpráva Eltodo EG 249/07 EEG, Praha, prosinec 2007
- [4] Martínek J., „Automatizované zpracování mimořádných událostí v silničních tunelech“, Výzkumná zpráva Eltodo EG 250/07/EEG, Praha, prosinec 2007
- [5] Příbyl P.: „Návrh a ověření jednotné metodiky pro kvantitativní analýzu rizik v silničních tunelech“, Výzkumná zpráva Eltodo EG 259/07/EEG, Praha, prosinec 2007
- [6] Možná J.: „Možnosti software vybavení pro simulace pohybu osob při evakuaci ze silničních tunelů“, Výzkumná zpráva Eltodo EG 260/07/EEG, Praha, prosinec 2007
- [7] Quantitative Risk Analysis Procedure for the Fire Evacuation of a Road Tunnel, Mattias Persson, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Sweden, 2002
- [8] Li and all.: Simulation of escape from road and rail tunnels using Simulex, USA, Proceedings of the 4<sup>th</sup> International conference „Safety in Road and Rail Tunnels“, Madrid, Spain, 2001 .
- [9] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/54/ES ze dne 29. dubna 2004 o minimálních bezpečnostních požadavcích na tunely transevropské silniční sítě
- [10] Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací – Technické podmínky 154, ( Praha, 2002)
- [11] Technical Report „Risk Analysis for Road Tunnels“, PIARC, Technical Comittee 3.3, version July 2006
- [12] Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací – Technické podmínky 98,2004, Praha
- [13] Austrian Tunnel Risk Analysis TuRisMo, RVS09.03.11 (první návrh FSV Rakousko), 2006

## Příloha A: Změny a doplňky TP 98

V této příloze jsou uvedeny změny a doplňky TP 98 „Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací“ vyplývající z prvního roku práce na projektu výzkumu a vývoje CG711-020-910 „Harmonizace bezpečnosti tunelů pozemních komunikací s požadavky Direktivy 2004/54/ES a optimalizace z hlediska bezpečnosti“ (SAFETUN). Dále jsou zde uvedeny i změny a doplňky k těmto TP, které vyplynuly z předcházejícího projektu 1F43A/069/120 „Optimalizace provozu silničních tunelů“ (OPTUN).

**TP98**

**Ministerstvo dopravy České republiky**

**ODBOR POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ**

# **Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací**

**TECHNICKÉ PODMÍNKY – ZMĚNA 1**

© ELTODO EG, a.s.

2007

Změna Technických podmínek TP 98 související se zvýšením bezpečnosti v tunelech pozemních komunikací vyplynula z projektu Ministerstva dopravy ČR 1F43A/069/120 „Optimalizace provozu silničních tunelů“ a CG711-020-910 „Harmonizace bezpečnosti tunelů pozemních komunikací s požadavky Direktivy 2004/54/ES a optimalizace z hlediska bezpečnosti“.

## Změny a doplňky

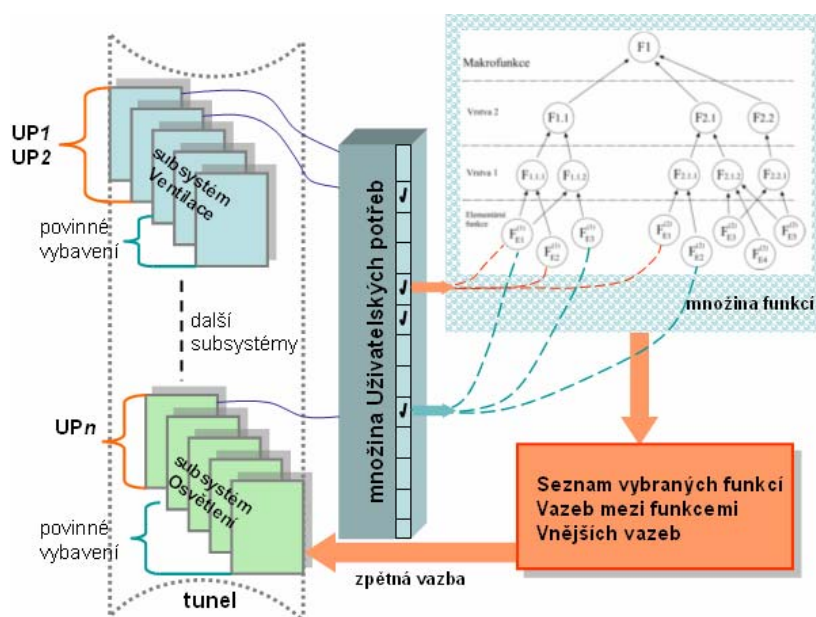
**Technické podmínky TP 98 – Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací** schválené MD ČR – OPK dne 28.8.2003, s účinností od 1.10.2003 se mění v následujících kapitolách takto:

- do kap. I. se doplňuje o podkapitolu 1.5 "Architektura tunelových staveb" takto:

### 1.5 Architektura tunelových staveb

V rámci projektu ministerstva dopravy č. 1F43A/069/120 "Optimalizace provozu silničních tunelů" je vytvořena speciálně koncipovaná funkční a informační architektura, která definuje uživateli (investorovi, zadavateli veřejné zakázky apod.), co může a musí od jednotlivých subsystémů očekávat. Jedná se tedy o unifikaci, která je nezávislá na dodavateli a přitom zajišťuje jednotné vlastnosti tunelových systémů na úrovni celé České republiky. Proto se striktně doporučuje tento přístup dodržovat.

Princip přístupu je schématicky znázorněn v *Obr. A22*. Z toho vyplývá, že tunel je rozdělen na  $n$  subsystémů (Osvětlení, Ventilace apod.). Část technologického, dopravního či bezpečnostního vybavení v tunelu musí být povinně, neboť je to dáno normami a technickými podmínkami (v obrázku označeno „povinné vybavení“). Příkladem může být akomodační osvětlení nebo pozice a výkony ventilátorů. Pro jejich návrh platí přesné metodické návody. Pak ale v tunelu může být vybavení, které není jednoznačně požadováno, ale je doporučováno a nebo se osvědčilo v jiných tunelech. Toto vybavení, které požaduje uživatel (investor, budoucí provozovatel, bezpečnostní technik, složky IZS apod.) je označeno jako Uživatelská potřeba *UP*.



Obr. A22: Schématické znázornění tvorby architektury

Uživatel má možnost z nabídky UP vybrat právě ty, které mu pomohou řešit daný problém. V rámci architektury je pro každou UP definována hierarchie funkcí: od nejvyšší makrofunkce, která definuje globální potřebu „Měření úsekové rychlosti“, až po elementární funkce detailně popisující danou UP. „Rozpoznávání registrační značky“, „Přenos hodnoty do ...“ apod. Dílčím výstupem automaticky generovaným je **seznam všech funkcí** jedné nebo více uživatelských potřeb. V dalším kroku se definují všechny vazby mezi funkcemi UP, mezi funkcemi tunelu a vnější vazby. Jedná se o **popisy informačních toků** mezi „novými“ i původními zařízeními tunelu. Tím je zabezpečena integrace ve smyslu TP 98, kap. 1.2 „Tunel jako telematický systém“. Uživatelskou potřebou může být například „Měření úsekové rychlosti“, „Měření vzdálenosti mezi vozidly“ nebo „Identifikace dopravních excesů“.

- v kap. II. se poslední věta 2. odstavce mění na „...mají tunely všech čtyř níže uvedených...“
- v kap. II. se poslední věta 3. odstavce mění na „... z hlediska bezpečnosti, do čtyř kategorií a dvou podkategorií: TA, TB, TC, TC-H, TD a TD-H, podle obr. 2-1.“
- stávající Obr. 2-1 nahradit Obr. 4 tohoto dokumentu
- komentář ke grafu na Obr. 2 – 1 se na str. 20 mění takto:

„Komentář ke grafu:

- *Obě osy jsou v logaritmickém měřítku*
  - rozsah intenzit 10 až 40 000 voz/den a  $JP^{(1)}$
  - délka tunelu 10 až 4 000 m
- *Pro intenzity dopravy nižší než 1000 voz/den a  $JP^{(1)}$  se kategorizují tunely pouze podle délky:*

Kategorie	TD	TC	TB	TA
Délka [m]	100-300	300-500	500-3 000	3 000-10 000

- *Pro rozsah intenzit 1 000 – 15 000 voz/den a  $JP^{(1)}$  se koriguje kategorie tunelu při dané délce v závislosti na intenzitě dopravy. Hraniční přímkou v obr. 2 – 1 vyjadřuje nelineární závislost mocninné funkce se záporným regresním koeficientem B tvaru*

$$q = A \cdot l^B$$

kde  $q$  intenzita dopravy [voz/den a  $JP^{(1)}$ ]

$l$  délka tunelu [m]

$A, B$  regresní koeficienty mocninné řady

- *Pro intenzity dopravy vyšší než 15 000 voz/den a  $JP^{(1)}$  se kategorizují tunely opět pouze podle délky:*

Kategorie	TD-H	TC-H	TA
Délka [m]	100-300	300-500	500-10 000

Pozn.: <sup>(1)</sup>Hodnoty intenzity dopravy se pro výpočty uvažují jako roční průměry denní intenzity ekvivalentních vozidel.

- v kap. II. se věta v 9. odstavci mění na „...je hodnota intenzity pro zařazení tunelu do uvedených kategorií přepočítávána ...“
- v kap. 2.1 se 1. věta 2. odstavce mění na „Pro tunely do délky 100 m...“
- stávající Obr. 3-4 nahradit Obr. 6 tohoto dokumentu
- v kap. 3.2.3.1 se 1. věta v podkapitole „Minimální vybavení krátkých tunelů“ mění na „...pro tunely do 300 m délky.“
- v kap. 3.2.3.2 se 1. věta mění na „...u tunelů kategorie TC, TC-H a TB...“
- v kap. 3.2.5.1 se 2. věta 1. odstavce mění na „... u tunelů kategorie TC s minimálním vybavením , obr 3-5, a u tunelů kategorie TD.“
- nadpis kapitoly 3.2.7.1 se mění na „**3.2.7.1 Reflexní a světelné elementy**“
- za čtvrtou odrážku kapitoly 3.2.7.1 se doplňuje odstavce: „U tunelů kategorie TA a TB jsou povinně instalovány trvale svítící dopravní knoflíky pro vyznačení okrajů chodníků. Na pravé straně jsou tyto knoflíky oranžové barvy, na levé straně jsou použity trvale svítící dopravní knoflíky bílé barvy.“
- v kap. 3.3 se 1. věta 3. odstavce mění na „... je povinnou součástí bezpečnostního vybavení tunelů kategorií TA, TB, TC-H, TD-H a pro kategorii TC s intenzitou dopravy v tolerančním pásmu na základě dopravního řešení a bezpečnostní analýzy.“
- v kap. IV. se mění odstavce 4.2 takto:

## 4.2 Volba osvětlení tunelu

V tunelu se instaluje normální osvětlení v závislosti na jeho délce. Tunely kratší než 25 m není třeba osvětlit speciálním umělým denním osvětlením. Posouzení nutnosti umělého denního osvětlení tunelu se provádí pro tunely v rozmezí délky 25 m až 200 m a jsou řešeny v samostatné kapitole 4.15 – Osvětlení krátkého tunelu. Tunely delší než 200 m se osvětlují vždy a doporučuje se je osvětlit jako dlouhý tunel.

- do kap. IV. se vkládá kapitola 4.15, která zní takto:

## 4.15 Osvětlení krátkého tunelu

### 4.15.1 Umělé denní osvětlení krátkého tunelu

Tato kapitola uvádí nejnovější poznatky na osvětlení krátkých tunelů. V případě stanovení nutnosti osvětlení krátkého tunelu jsou si metodiky svým přístupem blízké, kdy hlavním kritériem je schopnost vidět skrze tunel.

Návrh samotného osvětlení tunelu je pak možné rozdělit do dvou koncepcí. První koncepce přistupuje k návrhu osvětlení stejně jako je tomu pro dlouhý tunel, tzn. že se pomocí adaptačních pásem snažíme zajistit odpovídající adaptační stav zraku.

V druhé koncepci, v protikladu k principu osvětlení dlouhým tunelům, se nevyužívá adaptačních pásem v tunelu k úplné adaptaci zraku, ale pro zvýšení kontrastu jasu pozadí s jasnou překážkou, tím vznikne vjem dvou na sobě navazujících podjezdů. Překážky, které se vyskytují v tunelu je možno vidět jako tmavé objekty na světlejším pozadí. Přístup zvýšených kontrastů je uveden v dokumentu. Obě výše uvedené koncepce jsou alternativně uvedeny i v dokumentu.

V krátkých tunelech se zrak řidiče většinou nestačí adaptovat na nízkou úroveň jasu tmavého rámce, protože se v jeho zorném poli nachází celý výjezd nebo jeho část s vysokým jasnem. Současně při vyšší intenzitě dopravy se zvyšuje riziko zablouknutí světelného pozadí nákladnými vozidly, v případě, že v tunelu není instalováno osvětlení. Proto čím je větší kontrast jasů mezi překážkou uvnitř tunelu a vozovkou, tím lepší je jeho viditelnost. Kontrast jasů závisí na odrazových vlastnostech překážky, povrchu vozovky

a stěn tunelu a na druhu použité osvětlovací soustavy. Poměrně vysoké hodnoty kontrastu jasů zajišťuje protisměrné osvětlení (CBL – Counter Beam Lighting).

Rozhodujícím rizikovým faktorem silničního provozu v tunelu je pak samotná činnost řidičů. Tento faktor je možné omezit dovolenou rychlostí vozidel v tunelu, vyznačenou dopravními značkami. Tato rychlost nesmí překročit návrhovou rychlost, které odpovídá brzdná dráha, při níž má osvětlení tunelu zajistit porovnatelnou viditelnost na komunikaci před tunelem i uvnitř tunelu.

Obecně lze stanovit, že tunely kratší než 25 m není třeba osvětlit speciálním umělým denním osvětlením. Posouzení nutnosti umělého denního osvětlení tunelu se provádí pro tunely v rozmezí délky 25 m až 200 m. V zásadě se uplatňují dva přístupy – multikriteriální analýza a vyhodnocení průhledu skrz tunel (*Obr. A23*). Metodiky jsou si svým přístupem blízké, kdy hlavním kritériem je schopnost řidiče vidět skrze tunel.

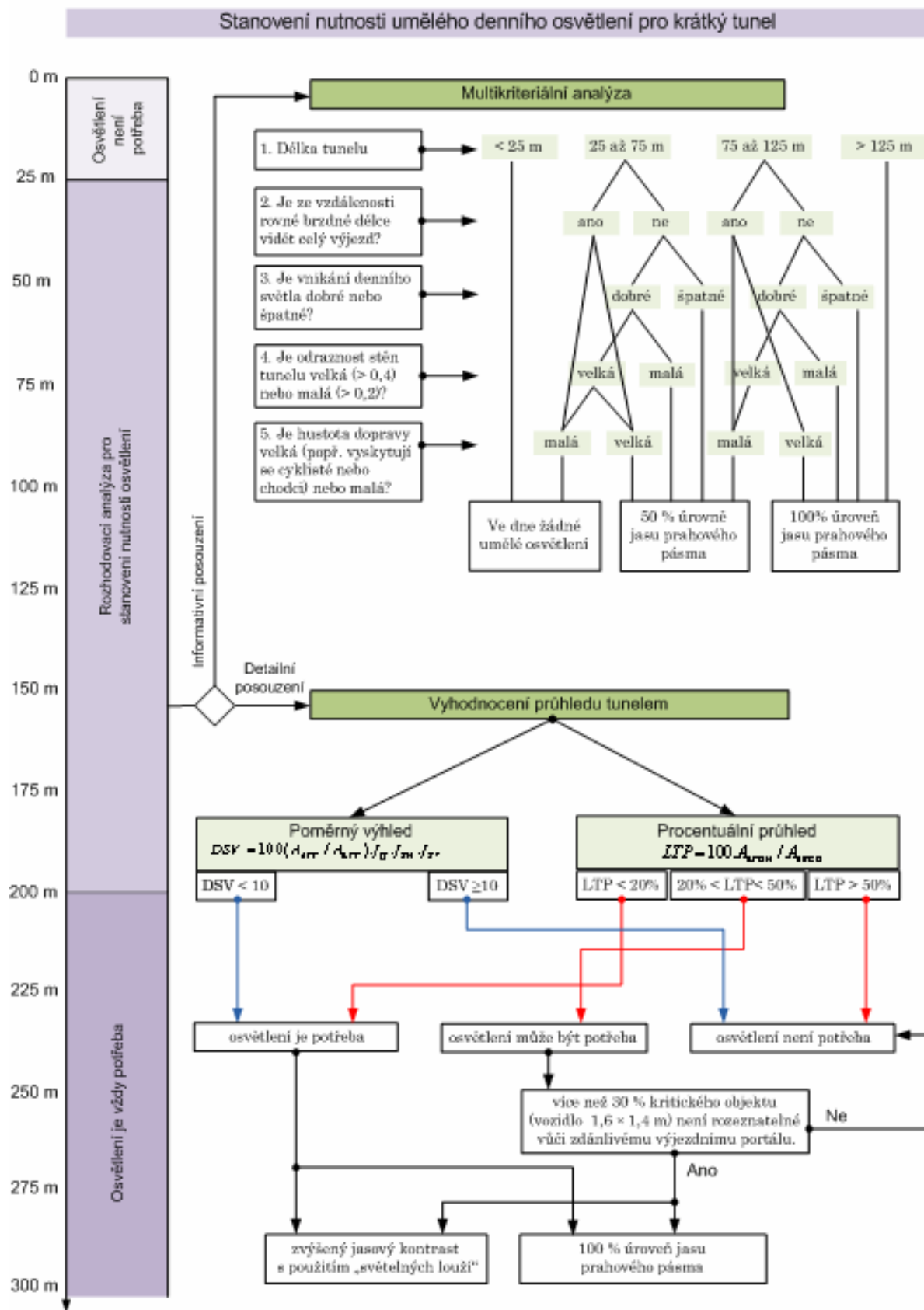
Pokud nelze zajistit dostatečná data o geometrii tunelu a jeho okolí se k „informativnímu“ posouzení nutnosti vybavit tunel umělým denním osvětlením tunelu využívá multikriteriální analýza, která hodnotí zda je ze vzdálenosti rovné brzdné délce vidět celý výjezd, vnikání denního světla do tunelu, odraznost stěn a hustota dopravy. Při splnění vhodných podmínek nemusí být tunel osvětlen až do délky 75 m. Delší tunel je doporučeno osvětlit alespoň na 50% úrovně osvětlení prahového pásma pro dlouhý tunel. Tunel delší než 125 m se doporučuje osvětlit jmenovitou úrovní osvětlení pro prahové pásmo dlouhého tunelu.

Pro detailnější posouzení nutnosti vybavit tunel umělým denním osvětlením se využívá grafické metody procentuálního průhledu LTP nebo náročnější metody poměrného výhledu DSP které jsou založeny na poměru viditelného výjezdu a viditelného vjezdu a závisí na:

- geometrických parametrech tunelu jako je šířka, výška a délka,
- horizontálním a vertikálním zakřivení tunelu,
- brzdné dráze,
- vlivu přirozeného denního světla na osvětlení vjezdu a výjezdu portálu.

Při využití jedné z metod pro detailní posouzení nutnosti umělého denního osvětlení v tunelu může často nastat situace, kdy tunel, který by dle multikriteriálního hodnocení měl být osvětlen, nemusí být osvětlen vůbec. Doporučuje se proto v případech, kdy je to možné, provést grafické posouzení viditelnosti skrze tunel. Perspektivní znázornění může vycházet z výkresů tunelu nebo fotografií existujícího tunelu. V některých případech se perspektivní výkres nelze snadno vytvořit, obzvláště když je tunel svisle i vodorovně zakřiven. V těchto případech je dostatečně přesné, když se rozměry tmavého rámu odvodí z půdorysu a svislého řezu.

Méně náročnou metodou je metoda procentuálního výhledu, kdy se vyhodnocuje poměr plochy výjezdu a vjezdu. Náročnější je metoda poměrného výhledu, která navíc zohledňuje pomocí koeficientů např. horizontální a vertikální omezení viditelnosti, průřez tunelu.



Obr. A23 Rozhodovací analýza pro stanovení nutnosti osvětlení v krátkém tunelu

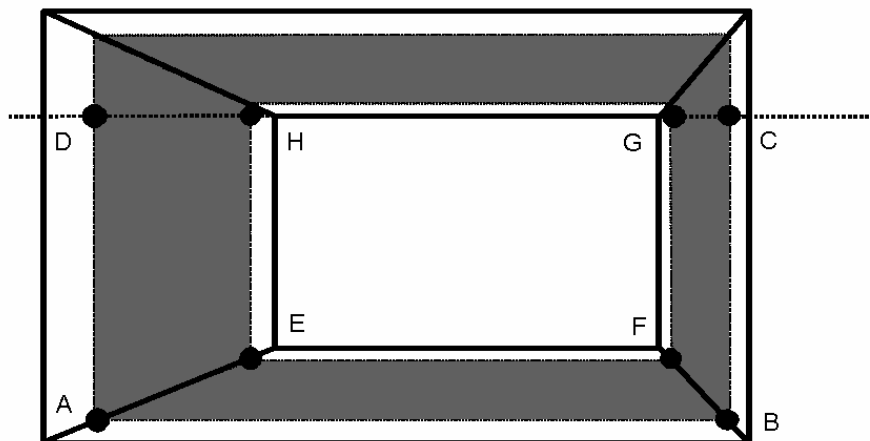
#### 4.15.1.1 Stanovení procentuálního průhledu LTP

Procentuální průhled je vlastně poměr viditelné plochy výjezdu k ploše vjezdu.

$$LTP = 100 \cdot A_{EFGH} / A_{ABCD}$$

$A_{EFGH}$  – plocha výjezdového portálu, pozorováno z referenčního bodu R

$A_{ABCD}$  – plocha vjezdového portálu, pozorováno z referenčního bodu R



Obr. A24 Plocha výjezdového a vjezdového portálu, pozorovaná z referenčního bodu R

Referenční bod pozorování R je definován na vodorovné přímce 1,2 m nad povrchem komunikace, v ose jízdního pruhu (v případě více jízdních pruhů se určuje pro každý z nich, přestože že nejkritičtější situace nastává v jízdním pruhu nejméně vzdáleného od stěny), ve vzdálenosti rovné brzdě dráze pro denní světlo, které ovlivnilo zdánlivý vjezdový portál.

Strop se nebere v úvahu, protože normálně netvoří pozadí, s nímž by mohly splynout účastníci provozu nebo překážky. Pronikající denní světlo zkracuje zdánlivou vizuální délku tunelu. Proto se při zjišťování LTP vychází ze zdánlivého vjezdového a výjezdového portálu. Zdánlivý vjezdový portál je normálně posunut do tunelu asi 5 m a zdánlivý výjezdový portál asi 10 m.

**Na základě výzkumů je možno formulovat závěry pro nutnost osvětlit krátký tunel:**

- při  $LTP < 20 \%$  je umělé denní osvětlení vždy potřeba
- při  $LTP > 50 \%$  není umělé denní osvětlení nikdy potřeba
- při  $20 \% < LTP < 50 \%$  může být umělé denní osvětlení potřeba

Rozhodnutí, zda je v případech  $20 \% < LTP < 50 \%$  potřebné umělé denní osvětlení, měla by být posouzena viditelnost kritického relevantního objektu

Je-li jediným povoleným uživatelem motorová doprava představuje tento objekt vozidlo, v případě smíšené dopravy by měli být vzati v úvahu chodci nebo cyklisté. V případě automobilu je kritický objekt definován jako obdélník široký 1,6 m a vysoký 1,4 m. V případě chodce/cyklisty je kritický objekt definován jako obdélník široký 0,5 m a vysoký 1,8 m. Kritický objekt se umísťuje do středu jízdního pruhu.

Umělé denní osvětlení je potřeba, je-li splněn alespoň jeden z následujících předpokladů:

- Více než 30 % kritického objektu reprezentujícího automobil není rozeznatelný vůči zdánlivému výjezdnímu portálu.
- Více než 30 % kritického objektu reprezentujícího chodce/cyklistu není rozeznatelná vůči zdánlivému výjezdnímu portálu.
- Metodika dosud nezohledňuje nákladní vozidla.

#### 4.15.1.2 Poměrný výhledu – DSV

Metoda je založena na stejném principu jako metoda procentuálního průhledu pro krátký tunel, tzn. výpočtu parametru, který hodnotí pohled řidiče skrze tunel, tzn. poměrný výhled – *DSV* pro každou tunelovou troubu definovaný vztahem

$$DSV = 100 * A_{AFP} / A_{EFP} * f_Q * f_{SH} * f_{SV}$$

$A_{AFP}$  - plocha výjezdového portálu, pozorovaná z referenčního bodu R;

$A_{EFP}$  - plocha vjezdového portálu, pozorovaná z referenčního bodu R;

$f_Q$  - součinitel průřezu tunelu;

$f_{HS}$  - součinitel horizontálního omezení viditelnosti;

$f_{VS}$  - součinitel vertikálního omezení viditelnosti.

**Na základě velikosti DSV se stanoví potřeba denního umělého osvětlení:**

$DSV < 6$  tunel potřebuje přes den vždy umělé osvětlení;

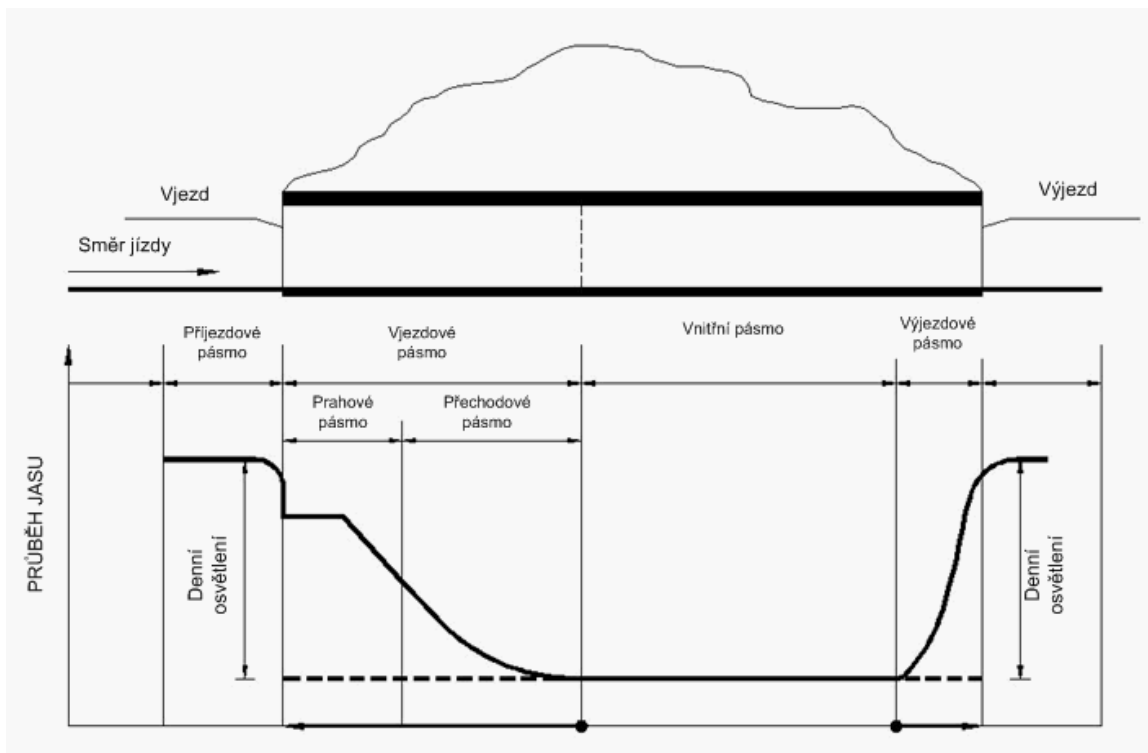
$DSV \geq 10$  tunel nepotřebuje přes den žádné umělé osvětlení.

V případě  $6 < DSV \leq 10$  při rozhodování, zda-li daný tunel potřebuje přes den umělé osvětlení se doporučuje přiklonit se k nepříznivější variantě, která vede k nárokům na umělé osvětlení.

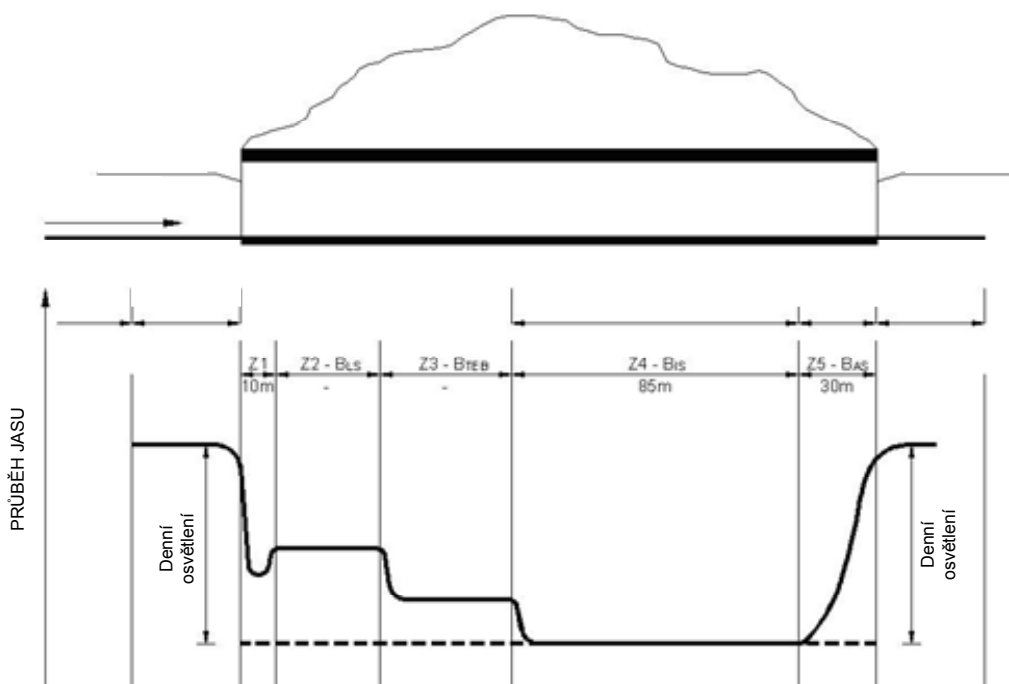
#### 4.15.1.3 Návrh umělého denního osvětlení

Pro návrh samotného osvětlení krátkého tunelu se v zásadě v současnosti využívá dvou koncepcí. V praxi nejběžnější je přístup k návrhu osvětlení je stejný jako pro dlouhý tunel, tzn. že se vychází z úrovně jasu v prahovém pásmu, který má zajistit odpovídající adaptační stav zraku (Obr. A25).

Druhý přístup se nesnaží adaptovat zrak pomocí klasického adaptačního pásma, ale snaží se zvýšit kontrast a jas pozadí s jasnou překážkou, tzn. že v tunelu vytváří tzv. „světelné louže“ (Obr. A26). Tím vznikne vjem dvou nebo více na sobě navazujících podjezdů. Překážky, které se vyskytují v tunelu je možno vidět jako tmavé objekty na světlejším pozadí světelného pásma. Přístup světelných louží je aplikován především v Rakousku a Švýcarsku, na Slovensku je metoda využita v tunelu Lučivná. Tento systém osvětlení je nutné déle detailněji sledovat a vyhodnotit zejména rizikové faktory dopravy, jako je nehodovost.



Obr. A25 Podélný řez jednosměrným dlouhým tunelem



Obr. A26 Podélný řez jednosměrným krátkým tunelem

Tunely delší než 200 m potřebují vždy nějaký druh denního osvětlení (zpravidla se osvětlují jako dlouhé tunely).

#### 4.15.2 Noční osvětlení

Noční osvětlení je řešeno kapitolou 4.10.

- v kap. 5.3.4 v podkapitole (2) „Větrání záchranných cest“ se druhá věta prvního odstavce mění takto: „*Po otevření únikových dveří je potřeba zajistit rychlost proudění v profilu dveří 0,6 – 0,8 m.s<sup>-1</sup> z důvodu zamezení vniknutí kouřových zplodin*“.
- v kap. 5.3.4 v podkapitole (2) „Větrání záchranných cest“ se na konec poslední věty druhého odstavce doplňuje: „... *ovládanými automaticky od ŘS. ŘS provádí nastavení dle alarmových hlášení od EPS.*“
- za kap. 5.6 se doplňuje podkapitola 5.6.1 "Optimalizace provozu ventilace", která zní:

#### 5.6.1 Optimalizace provozu ventilace

Dosud aplikované řízení provozní ventilace je založeno na měření oxidu uhelnatého (CO) a opacity ve dvou, maximálně ve třech místech tunelu. Ty pak mají šanci zachytit pouze ty škodliviny, které jsou v jejich bezprostřední blízkosti. Nevýhodou tohoto systému je velké časové zpoždění mezi reálným provozem (zastavení vozidel v koloně) a měřenými hodnotami

Proto se doporučuje u dlouhých tunelů v extravilánu řídit ventilaci kombinací údajů z čidel koncentrací škodlivin a údajů z dopravních senzorů. Projekt ministerstva dopravy č. 1F43A/069/120 "Optimalizace provozu silničních tunelů" prokázal velmi dobrou korelaci mezi dopravními daty a škodlivinami. Důvodem pro použití dopravních dat, která se měří před i v tunelu na mnoha místech je, že dopravní data lze mnohem lépe předpovídat, než koncentrace škodlivin. Detailní postup popsany ve výše zmíněném projektu spočívá v následujících krocích:

1. Při návrhu tunelu je počítáno s využitím dopravních senzorů měřících intenzitu dopravy a rychlost osobních a pokud možno i nákladních vozidel pro účely ventilace. Tyto senzory, které se navrhuje v rámci dopravního systému jsou umístěny v co největší vzdálenosti od portálu tunelu, ale již za případným křížením. Časový interval integrace dat by neměl být delší než 5 minut.
2. V prvním kroku je navrženo a realizováno řízení ventilace dle měření škodlivin v tunelu.
3. Trvale jsou zaznamenávána dopravní data a hodnoty škodlivin. Na základě několika týdenních měření jsou vypočítány regresní koeficienty škodlivin jako funkce dopravních dat. Postup je ve výzkumné zprávě.
4. Pomocí hybridního modelu kombinujícího on-line data a historický dopravní model je navržen predikční model odhadující dopravní parametry v rastru 10 až 30 minut.
5. Ve druhém kroku je snížena vlivnost řízení ventilace od měřených škodlivin ve prospěch predikčního modelu škodlivin využívajícího dopravní data.
6. Při reálném testování se nastaví váhy obou modelů, tj. řízení ventilace je více či méně založeno na jednom či druhém vstupu.

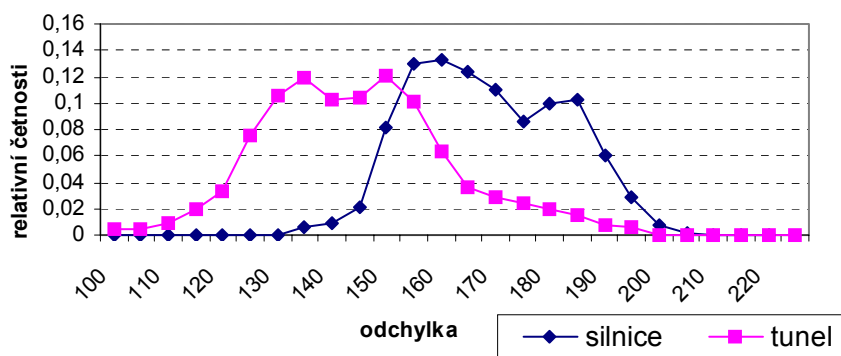
Výše uvedený přístup je poměrně náročný na kalibrování, které se dělá pro každý tunel individuálně. Na druhé straně přináší provozní úspory, například tím, že se ventilace nespíná špičkou koncentrací, pokud se z odhadů dopravy ví, že intenzita za jistý čas opět poklesne.

- za poslední odstavec kap. 6.1 se vkládá podkapitola 6.1.1, která zní:

### 6.1.1 Design tunelu

Při výzkumu chování řidiče v tunelu bylo zjištěno, že zde řidiči mění způsob jízdy oproti pohybu na volné komunikaci. Měření ukazují, že řidiči se v tunelu pohybují blíže k dělicí čáře mezi jízdními pruhy (čímž vzrůstá riziko kolize). Velký vliv na způsob jízdy v tunelu má jeho design, délka, počet jízdních pruhů a celkové více či méně „přátelské“ prostředí. Obecně se řidiči drží dále od stěn tunelu, jestliže jsou tmavé, zašpiněné, či jsou u nich umístěny vysoké nevzhledné betonové sokly navozující pocit nutnosti většího bočního odstupu.

Souhrnné histogramy odchylek silnice tunel



Obr. A27: Histogramy odchylek silnice / tunel

Na uvedeném grafu (Obr. A27) jsou zobrazeny boční odstupy od dělicí čáře mezi jízdními pruhy a jejich relativní četnost. Fialové hodnoty představují pozice automobilu v tunelu, modré na volné komunikaci. Je tak jasně vidět, že v grafu mají při jízdě tunelem největší četnost hodnoty kolem 135 cm, kdežto při jízdě na volné komunikaci mají hodnoty největší četnost kolem 160 cm.

Pro zvýšení bezpečnosti jízdy v tunelu se doporučuje celkově světlý design tunelu a vhodné barevné provedení stěn navozujících psychickou pohodu řidiče tak, aby byly minimalizovány jejich podvědomé obavy a aby se jejich způsob jízdy více blížil jízdě na volné komunikaci, kdy nezmenšují odstup od dělicí čáře jízdního pruhu a nezvyšují tak riziko kolize s vozidly v sousedních pruzích. Dále se doporučuje v tunelech kategorie TA a TB použití **aktivních světloemitujících prvků** zabudovaných do vozovky ve smyslu kap. 3.2.7.1 „Reflexní elementy“ TP98.

- stávající Tab. 6-1 a poznámky k ní nahradit Tab. 4: tohoto dokumentu s poznámkami
- v kap. 6.2 se 1 věta 1. odstavce mění na „...do kategorií TA, TB, TC, TC-H, TD a TD-H.“
- v kap. 7.1 se 1. věta 4. odstavce mění na „Tunely kategorie TA, TB a TC-H, se povinně vybavují...“
- v kap. 7.1 se 4. věta 4. odstavce mění na „V případě intenzity dopravy v tolerančním pásmu, se tunely TC vybavují rádiovým spojením na základě dopravního řešení a bezpečnostní analýzy.“
- v kap. 8.1.2 se v 1. větě 1. odstavce mění limitní délka tunelu. První věta zní: „V tunelu délky  $\geq 300$  m jsou používány spolehlivé liniové hlásiče požáru, které reagují na absolutní hodnotu teploty a její vzestup v závislosti na čase“.

- za poslední odstavec kap. 9.1 „Televizní dohledový systém“ se vkládá kapitola<sup>5</sup> 9.2, která zní:

## 9.2 Měření úsekové rychlosti

Nepřiměřená rychlost je dle statistik Policie ČR dlouhodobě hlavní příčinou dopravních nehod zaviněných řidiči motorových vozidel s následkem usmrcení. Jenom v roce 2004 zahynulo vlivem nepřiměřené rychlosti 461 osob, což je téměř 42 % všech usmrcených v provozu na pozemních komunikacích. Proto se do praxe zavádí systém měření úsekové rychlosti. Je ověřeno, že tímto opatřením, na které je řidič dostatečně a včas upozorněn, poklesla průměrná rychlost vozidel. Dle několikaměsíčního zkoumání byl zjištěn pokles průměrné rychlosti o cca. 15 % oproti rychlostem před zavedením měření úsekové rychlosti.

### Technické řešení měření úsekové rychlosti

Zařízení vypočítává úsekovou rychlost vozidel jako podíl známé konstantní dráhy  $\Delta s$  mezi dvěma měrnými profily ku době, kterou vozidlo ujede za naměřenou dobu  $\Delta t$ .

Zařízení pracuje tak, že jednotlivá detekční zařízení (kamery) neustále sledují situaci v příslušných jízdních pružích daných měrnými profily. Měrné profily jsou na vozovce v určité pevné vzdálenosti od sebe a definují tak měřený úsek. Tento úsek je na vozovce vyznačen bílou příčnou čarou v tloušťce 15 cm, jejíž okraj je od kraje jízdního pruhu vzdálen 20 – 30 cm. Vždy na začátku a na konci měrného úseku je snímáno vozidlo s jeho SPZ. Úseková rychlost se vypočte z časových údajů dvou snímků vozidla pořízených na začátku a na konci měřeného úseku.

Jako podklad pro přestupkové řízení slouží dvojice snímků vozidla ze kterých je zřejmé, že řidič překročil aktuálně nastavenou maximální povolenou rychlost nad stanovenou mez. Dvojice snímků je tvořena snímkem pořízeným na začátku měřeného úseku a snímkem pořízeným na konci měřeného úseku. Detekovaná vozidla z jednotlivých měřených profilů se setřídí na základě zpracování SPZ. Za platné zpracování SPZ se považuje prokazatelná shoda tvaru všech znaků. Je požadována 95 % spolehlivost rozpoznání obrazu všech vozidel, která projela danými měřenými profily. Podrobná specifikace obsahu obou snímků je uvedena v kap. 9.2.2.

Parametry měření lze dálkově spravovat a nastavovat. Jedná se např. o nastavení maximálního rychlostního limitu, hodnoty rychlosti klasifikované jako přestupek (toleranční pole) ap. Vlastní měření probíhá však zcela bezobslužně a nelze je ovlivňovat.

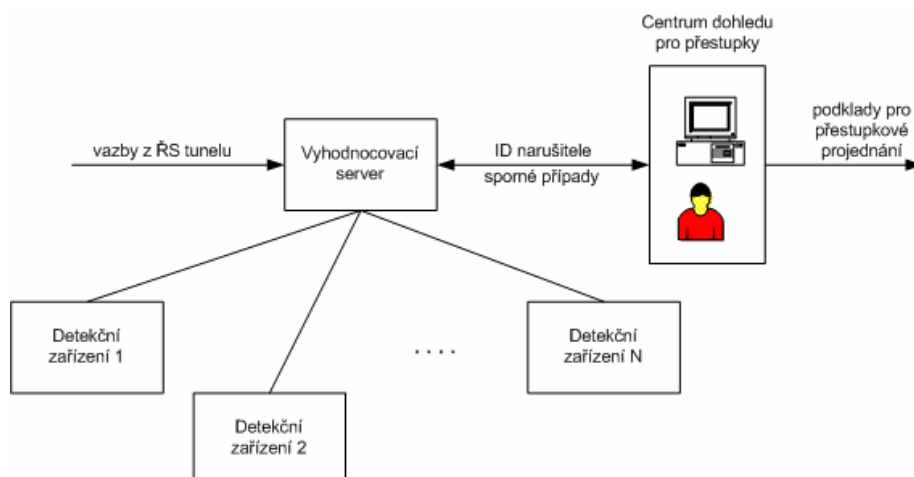
Přesnost měření je zaručena tím, že vzdálenost měřicích míst je velmi přesně (geodeticky) zaměřena a oba snímky jsou opatřeny přesnými časovými razítky ze stabilní časové základny.

Díky použití kamer pro vlastní měření vyplývá, že zařízení je pasivní a je tedy prakticky nemožné jeho použití detekovat.

### Obecné blokové schéma zařízení

Zařízení lze z funkčního hlediska rozdělit na dvě základní části – vyhodnocovací server a detekční zařízení. Všechna detekční zařízení jsou propojena s vyhodnocovacím serverem například podle topologie zobrazené na Obr. A28. Propojení jednotlivých částí je většinou realizováno optickou trasou, popř. koaxiálními kabely, a to v závislosti na celkové rozloze jednotlivé instalace. V případě větších rozloh systému lze s výhodou využít optických rozvaděčů.

<sup>5</sup> Jedná se o detailní popis neboť tato problematika není v žádných TP diskutována



Obr. A28: Obecné blokové schéma

Do vyhodnocovacího serveru je zavedena informace z řídicího systému (ŘS) tunelu, která nastavuje aktuální nastavenou hodnotu povolené rychlosti a na níž vyhodnocovací server reaguje. Všechny rozpoznané záznamy a vyhodnocené jako přestupek jsou dále zasílány ke zpracování a poté jsou předány k přestupkovému projednání. Záznamy, které se nepodařilo vyhodnotit automaticky jsou předány v rámci centra dohledu k ručnímu vyhodnocení operátorovi dohledu. Po jejich vyhodnocení jsou záznamy, u kterých nedošlo k překročení rychlosti zničeny a záznamy, které vykazují překročení rychlosti jsou předány k přestupkovému projednání.

Každý záznam, který je předán k přestupkovému projednání musí obsahovat:

- Jeden snímek při vjezdu vozidla do měřené zóny.
- Jeden snímek při výjezdu vozidla z měřené zóny.

Na prvním snímku musí být rozpoznatelná SPZ, dále se na tomto snímku uvádí:

- datum;
- lokalita, kde byl snímek pořízen (místo, jízdní pruh, apod.);
- přesný čas, kdy byl snímek pořízen.

Druhý snímek musí mimo rozpoznané SPZ dále obsahovat:

- datum;
- lokalita, kde byl snímek pořízen (místo, jízdní pruh, apod.);
- přesný čas, kdy byl snímek pořízen;
- vypočítaná úseková rychlost;
- nastavená povolená rychlost v úseku v čase měření;
- délka měřeného úseku;
- celkový čas průjezdu měřeným úsekem.

Způsob návrhu a využití měření úsekové rychlosti je podrobně rozepsán v Příloze C.

Vzhledem k tomu, že tato metoda měření rychlosti pracuje na principu záznamu a porovnávání registračních značek (RZ), doporučuje se systém propojit s databází kradených vozidel. Tak dříve než by byly záznamy vozidel a jejich RZ, v nichž se řidiči

nedopustili přestupku, zničeny, porovnaly by se s touto databází a k jejich zničení by došlo až následně v případě negativního výsledku.

- v kap. X. se 1. věta 1. odstavce mění na „*Tunely kategorie TC a TC-H je nutné...*“
- v kap. 10.2 v odstavci „Mimořádný dopravní stav“ vypustit poslední čtyři slova první odrážky. První odrážka zní: „*Dopravní nehoda většího rozsahu vedoucí k uzavření tunelu,*“
- mění se kap. 11.8 „Ochrana před bludnými proudy“ takto:

## 11.8 Ochrana před bludnými proudy

Ochrana konstrukce tunelu pro omezení vlivu bludných proudů se navrhuje podle zvláštních předpisů. Základní ochranou stavby jsou pasivní ochranná opatření – ochrana primární a sekundární, s doplněním konstrukčními opatřeními, odpovídajícími charakteru stavby tunelu pozemní komunikace. Při řešení je vždy nutno posuzovat typ konstrukce, členění konstrukce, technologii výstavby a vybavení (výstroj) tunelu.

Rozsah návrhu pasivních ochranných opatření je definován stupněm ochranných opatření, stanovených základním korozním průzkumem. Při návrhu ochranných opatření se postupuje podle příslušných předpisů.

Je-li součástí ochranných opatření před účinky bludných proudů podélné dělení stavby, dilatační spáry musí být vždy vybaveny dostatečnou primární, případně sekundární ochranou, z důvodu omezení lokálních korozních článků. Z hlediska omezení vlivu bludných proudů se za vhodné považuje dělení stavby po cca 50 m až 100 m.

Na kovových konstrukcích a na výztuži železobetonových konstrukcí tunelu se zřídí kontrolní měřicí vývody pro možnost průběžného měření výskytu bludných proudů. S ohledem na výsledky základního korozního průzkumu se navrhuje trvalé rozvody pro sledování vlivu bludných proudů, viz TP 124, kapitola 7. Při vysokém stupni korozního namáhání se doporučuje využívat nedestruktivní metody sledování koroze výztuže. Zařízení navrhuje výhradně specializované pracoviště.

Při návrhu uzemňovací soustavy se postupuje podle řešení konstrukce tunelu a stupně ochranných opatření. Přednostně se využívá pasivačních schopností oceli v betonu, s doplněním vývodů a vodičů (ocelových prvků), odpovídajícím elektrickým poměrům napájecí soustavy. Uzemňovací soustava se navrhuje rozpojitelná ve vybraných (větších dilatačních) celcích a na koncích tunelových trub. U tunelů s více tunelovými troubami se uzemňovací soustavy propojují do společné uzemňovací soustavy výhradně s využitím kontrolních rozpojovacích bodů.

Uzemňovací soustavy tunelů, které jsou vystaveny zvýšenému koroznímu namáhání vlivem bludných proudů, (stupeň ochranných opatření č. 4 a vyšší), se na základě posouzení specializovaného pracoviště doplní obětovanou anodou, umístěnou mimo tunelovou troubu.

Uzemňovací soustava tunelu pozemní komunikace nesmí být spojena s uzemňovací soustavou elektrizovaných tratí a metra.

Uzemňovací soustava distributora elektrické energie může být propojena s uzemňovací soustavou tunelu pouze za podmínek, stanovených specializovaným pracovištěm v rámci řešení ochrany stavby tunelu proti účinkům bludných proudů.

Vývody z uzemňovací soustavy tunelu slouží pro přizemnění napájecích rozvodů a rozváděčů technického vybavení tunelu. Místa vývodů slouží zároveň jako místa pro přizemnění vodičů pospojením a pro měření vlivu bludných proudů. V místech, kde je nutno zachovat elektrické izolační oddělení stavebních konstrukcí v dilatacích a zároveň

principiálně dodržet ochranu proti nebezpečnému dotyku, se vývody zakončí v rozpojitelném kontrolním bodě. Ve zvláštních případech mohou být tyto rozpojitelné kontrolní body propojeny průrazkou s opakovatelnou funkcí.

Opatření pro zajištění bezpečnosti osob jsou nadřazena opatřením k ochraně proti korozi. Vždy je však nutno přihlížet, za účasti a odpovědnosti dotčených specialistů, k optimální volbě řešení příslušného detailu z hlediska ochrany proti korozi.

Při návrhu technologie výstavby musí projektant zapracovat do projektu možná nebezpečí, zapříčiněná bludnými proudy (trhací práce apod.).

Konstrukce stavebního a technického vybavení tunelů se v tunelu ukládají buď elektricky izolačně nebo bez elektrického izolačního uložení. O elektrickém izolačním uložení těchto konstrukcí rozhodne specializované pracoviště na základě stupně ochranných opatření, konstrukce tunelu a zpracované celkové koncepce řešení ochrany stavby proti účinkům bludných proudů. Uvedená celková koncepce stanoví i požadavky na řešení elektrické napájecí soustavy, požadavky na slaboproudé instalace a požadavky na řešení uzemnění a spojení.

Pokud výsledky základního korozního průzkumu stanoví stupeň ochranných opatření č. 4 a vyšší, zpracuje specializované pracoviště samostatnou část projektové dokumentace stavby pro ochranu stavby před účinky bludných proudů. Požadavky této části stavební projektové dokumentace musí být splněny v dotčených dalších částech projektové dokumentace.

- v Příloze A, v kap. A 3.2.1 se v 1. větě posledního odstavce nahrazuje stávající odkaz „tab. A3–3“ odkazem na Obr. A23
- v Příloze A se ruší Tab. A 3-3 i s poznámkami k tab. A 3-3
- za Přílohu B technických podmínek se doplňuje Příloha C, která zní:

## **Příloha C – Měření úsekové rychlosti**

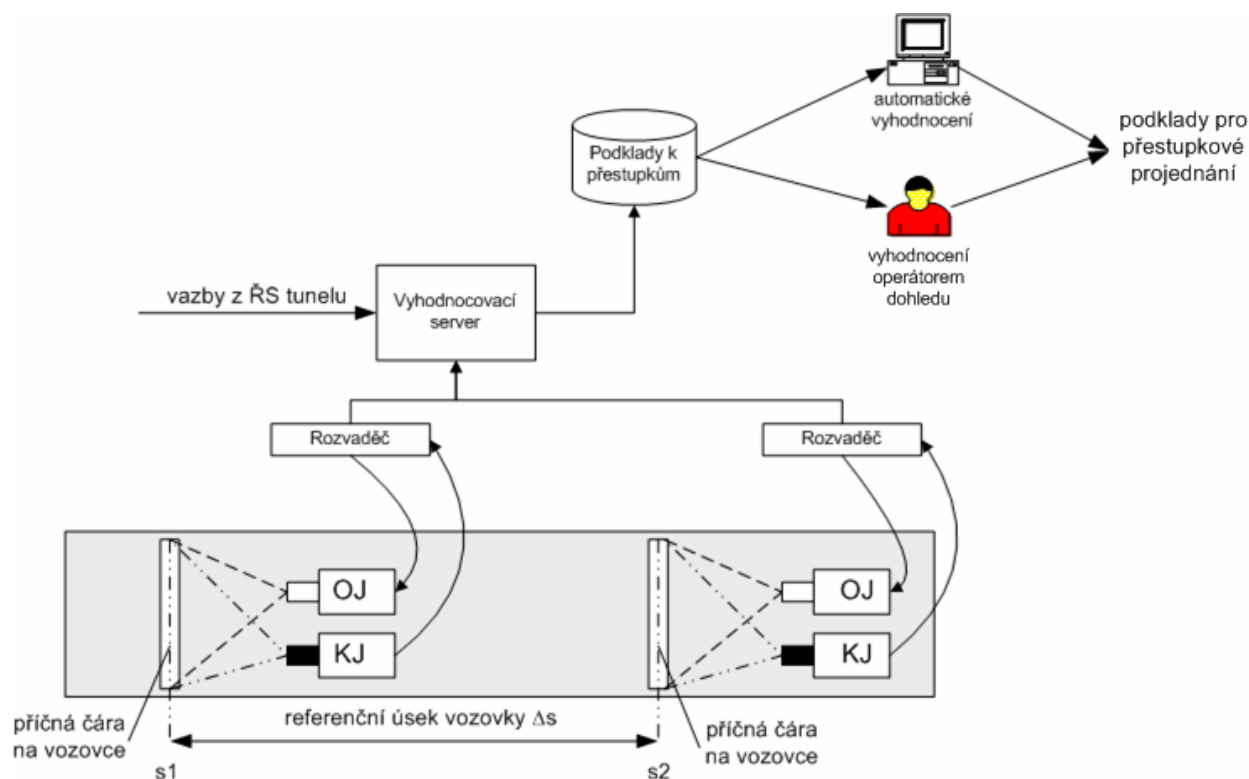
### **C. 1 POPIS MĚŘENÍ ÚSEKOVÉ RYCHLOSTI**

Pojem „úseková rychlost“ je převzat z anglosaské literatury. V našich normách se vyskytuje pojem „cestovní rychlost“. Úseková rychlost je tedy cestovní rychlost, kde dráha ujetá vozidlem je dána úsekem pozemní komunikace, vyznačeným na vozovce příčnými čarami.

#### **C. 1.1 Princip činnosti**

Měření úsekové rychlosti (dále MÚR) slouží k vypočtení úsekové rychlosti vozidla, která projede předem vymezeným měřicím úsekem na vozovce. Podstatou metody je měření doby průjezdu motorového vozidla definovaným měřicím úsekem vozovky, z čehož lze vypočítat úsekovou rychlost vozidla na daném úseku.

Principiální schéma měření je na Obr. A29.



*Legenda: OJ ... osvitová jednotka, KJ ... kamerová jednotka*

*Obr. A29: Principiální schéma MÚR a jeho vazeb*

## C.2 STANOVENÍ ÚSEKOVÉ RYCHLOSTI VOZIDLA

### C.2.1 Měřený úsek

Měřený úsek  $\Delta s$  musí být definován pomocí dvou pevně stanovených referenčních míst  $s_1$  a  $s_2$ , která jsou na vozovce v určité konstantní vzdálenosti od sebe.

Při instalaci zařízení pro měření úsekové rychlosti musí být délka měřeného úseku přesně změřena. Hodnota  $\Delta s$  musí být uložena v paměti zařízení jako konstanta, kterou nemůže uživatel zařízení žádným způsobem modifikovat.

Z důvodů bezkonfliktního prokazování přestupků se začátek a konec úseku označuje na vozovce bílou čarou namalovanou kolmo k ose jízdního pruhu.

### C.2.2 Změření doby průjezdu vozidla daným úsekem

Doba průjezdu vozidla  $\Delta t$  měřeným úsekem se určí z rozdílu časů  $t_2 - t_1$  dvou snímků téhož vozidla pořízených na začátku  $s_1$  (v čase  $t_1$ ) a na konci  $s_2$  měřeného úseku (v čase  $t_2$ ).

Okamžik detekce vozidla na začátku resp. konci úseku musí být dán přesnými časovými značkami ze stabilní časové základny.

### C.2.3 Výpočet úsekové rychlosti

Úseková rychlost je pak vypočítána jako podíl délky měřeného úseku  $\Delta s$  k změřené době průjezdu  $\Delta t$  podle vztahu (1):

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \text{ [km.h}^{-1}\text{]}$$

(1)

### C.3 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Za předpokladu konstantní délky měřeného úseku, musí technické řešení zabezpečit následující činnosti:

1. Detekovat a identifikovat konkrétní vozidlo na začátku a na konci měřeného úseku.

Určit okamžiky vjezdu resp. výjezdu daného vozidla do resp. z měřeného úseku a spočítat dobu, kterou danému vozidlu trvalo projetí měřeného úseku.

Spočítat rychlost daného vozidla a generovat přestupkové dokumenty.

Systém musí být schopen s požadovanou přesností identifikovat všechny SPZ, kterými jsou označována vozidla v rámci Evropské unie.

#### C.3.1 Základní požadavky

Úsekové měření rychlosti pracuje následovně:

Ze snímků pořízených na začátku a konci měřeného úseku se automaticky vytvoří referenční snímky.

Systém musí pracovat zcela automaticky. Parametry měření mohou být nastavitelné. Jedná se o např.:

zapnutí/vypnutí měření,

nastavení aktuální maximální povolené rychlosti,

hodnoty rychlosti klasifikované jako přestupek.

Vlastní měření úsekové rychlosti však musí probíhat zcela bezobslužně a nesmí být možné jej ovládacími prvky nikterak ovlivnit.

Přesnost vypočtené úsekové rychlosti musí být zaručena tím, že délka měřicího úseku je změřena s vyžadovanou přesností a oba snímky jsou opatřeny časovými značkami z přesné časové základny.

Pravděpodobnost identifikace všech projetých vozidel v měřeném úseku nesmí klesnout pod 95 %.

Konstrukce a prostorové umístění jednotlivých zařízení musí být navrženo tak, aby byla vždy změřena minimální úseková rychlost daného vozidla.

Technickými prostředky a počítačovým zpracováním musí být vytvořeny takové podmínky, že nemůže dojít k poškození řidiče, tím, že by byla naměřena úseková rychlost vyšší, než kterou ve skutečnosti jel.

Musí být zajištěno, že indikovaná rychlost nemůže být připsána jinému vozidlu.

Měřicí úsek  $\Delta s$  musí být definován pomocí dvou pevně stanovených míst, která jsou vyznačena na vozovce v určité konstantní vzdálenosti od sebe.

#### C.4 VOLBA MĚŘENÉHO ÚSEKU

Vzdálenost měřených bodů a tedy měřeného úseku se volí s ohledem na konkrétní stavební a dopravní situaci. V měřeném úseku nesmí být připojovací nebo odbočovací pruhy. Měřený úsek má být volen tak, aby jím vozidla mohla projíždět plynule, aby na začátku měřeného úseku již mohla dosáhnout povolenou rychlost. Stejně tak se při volbě měřeného úseku přihlíží k situaci za tímto měřeným místem tak, aby nebyla vozidla nucena brzdit ještě vlivem situace za tímto místem (např. přítomnost křižovatky). Z hlediska prevence a bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích je vhodné volit měřený úsek v délce nepřesahující 1 km.

#### C.5 OMEZENÍ

Omezení videodetekční technologie jsou následující:

1. Povětrnostní vlivy – zde se mohou projevit vlivy nedostatečné viditelnosti.

Znečištění SPZ – znečištěná SPZ vozidla znemožňuje jeho jednoznačnou identifikaci, neboť při přestupkovém řízení, nelze majitele/provozovatele vozidla vyhledat na základě evidence vozidla. V určitých případech by bylo možné identifikovat vozidlo a řidiče pouze na základě dokumentačního snímku operátorem. Uvedená možnost však neumožňuje automatizované zpracování přestupkových dat na základě strojového čtení SPZ.

Noc – videodetekční kamerové systému se standardně doplňují o systémy nočního vidění, které je realizováno pomocí infračervených reflektorů. Kamery „vidí“ i v infračervené části spektra na rozdíl od lidského oka. Díky tomu kamery mohou pracovat i za úplné tmy a přitom nedochází k oslňování řidičů

#### C.6 PŘESTUPKOVÉ DOKUMENTY

Dokladem o přestupku jsou snímky vozidla, pokud z nich je zřejmé, že naměřená rychlost byla vyšší než povolená a jsou doplněny o údaje potřebné k prokázání přestupku (viz. kap. 9.2.2). Výstupní dokumenty se typicky archivují na záznamové médium. Výstupní dokumenty musí být dále, při tzv. přestupkovém řízení, kontrolovány školeným operátorem. Následné řešení přestupků, výše sankcí, archivaci a další jsou řešeny příslušnou organizací ve smyslu zákona 200/1990 Sb. Zákon České národní rady o přestupcích ve znění pozdějších předpisů.

## **Příloha B: Změny a doplňky ČSN 73 7507**

V této příloze jsou uvedeny změny a doplňky ČSN 73 7507 „Projektování tunelů pozemních komunikací“ vyplývající z prvního roku práce na projektu výzkumu a vývoje CG711-020-910 „Harmonizace bezpečnosti tunelů pozemních komunikací s požadavky Direktivy 2004/54/ES a optimalizace z hlediska bezpečnosti“ (SAFETUN).



## Projektování tunelů pozemních komunikací

ČSN 73 7507  
ZMĚNA 1

Amendment

Amendement

Änderung

ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací, srpen 2005 se mění takto:

- v čl. 3.1.25 se nadpis článku mění na „*bezpečnostní kategorie TA, TB, TC, TC-H, TD, TD-H*“
- čl. 4.2.4 se mění takto: „*Z hlediska stanovení technického vybavení tunelu se tunely zatřídí v závislosti na délce tunelů a intenzitě dopravy ekvivalentních vozidel do bezpečnostních kategorií :*
  - a) *kategorie TA,*
  - b) *kategorie TB,*
  - c) *kategorie TC, TC-H,*
  - d) *kategorie TD, TD-H.*

*Zatřídění do bezpečnostních kategorií je graficky vyjádřeno v obrázku 1, kde jsou v logaritmickém měřítku uvedeny na svislé ose intenzita dopravy ekvivalentních vozidel (nad 10 vozidel / den a jízdní pruh) a na vodorovné ose délka tunelu v m, (větší než 100 m).“*

- stávající Obrázek 1 nahradit Obr. 4 tohoto dokumentu
- čl. 12.2.3.2 se mění takto: „*Sběr a vyhodnocování dopravních dat se navrhuje u tunelů bezpečnostních kategorií TA, TB, TC-H a TD-H. U staveb bezpečnostní kategorie TC se navrhuje sběr a vyhodnocování dopravních dat u tunelů s intenzitou dopravy ekvivalentních vozidel, přesahující počet 10 000 ekv\_voz.24hod<sup>-1</sup> na jízdní pruh.*“
- čl. 12.2.3.3 se mění takto: „*Zařízení pro včasnou identifikaci mimořádné a havarijní situace, dopravních kongescí a stojících vozidel se navrhuje u tunelů bezpečnostních kategorií TA, TB, TC-H a TD-H. U staveb bezpečnostní kategorie TC přesahující počet 10 000 ekv\_voz.24hod<sup>-1</sup> na jízdní pruh se navrhuje tato zařízení na základě dopravního řešení a bezpečnostní analýzy.*“
- čl. 12.2.4.2 se mění takto: „*Zařízení pro provozní informace se navrhuje u tunelů bezpečnostních kategorií TA, TB a TC-H.*“

- čl. 12.2.4.3 se mění takto: „*Světelné signály pro jízdu v jízdnicích pruzích se navrhují u tunelů bezpečnostních kategorií TA, TB a TC-H.*“
- čl. 12.2.4.5 se mění takto: „*Světelné signály, s určením pro zastavení dopravy, se umísťují na vjezdech tunelových trub a rovněž u tunelů kategorií TA, TB a TC-H ve vnitřních řezech tunelové trouby ve vzájemných vzdálenostech 200 m až 500 m. U staveb bezpečnostní kategorie TC přesahující počet 10 000 ekv\_voz.24hod<sup>1</sup> na jízdnicí pruh se navrhují tato zařízení na základě dopravního řešení a bezpečnostní analýzy.*“
- čl. 12.4.3.2 se mění takto: *U tunelů do 500 m není vyžadováno nucené větrání tunelových trub, pokud požadavky bezpečnosti a požární ochrany nestanoví jinak. U tunelů do 1000 m při intenzitě dopravy menší než 2 000 ekv\_voz.24hod<sup>1</sup>.JP<sup>1</sup> není vyžadováno nucené větrání tunelových trub, pokud požadavky bezpečnosti a požární ochrany nestanoví jinak.*
- čl. 12.5.2.1 se mění takto: „*Kabiny SOS se umísťují v tunelech bezpečnostních kategorií TA, TB, TC, TC-H a TD-H. U staveb bezpečnostní kategorie TD-H se doporučuje instalovat mimo portály tunelu hlásky nouzového volání.*“
- čl. 12.5.5.1 se mění takto: „*Evakuační rozhlas se navrhuje v odůvodněných případech po celé délce tunelové trouby a pro ozvučení záchranných cest, v tunelech bezpečnostních kategorií TA, TB, a TC-H. U staveb bezpečnostní kategorie TC přesahující počet 10 000 ekv\_voz.24hod<sup>1</sup> na jízdnicí pruh se navrhují tato zařízení na základě dopravního řešení a bezpečnostní analýzy.*“
- čl. 12.6.1 se mění takto: „*Spojovací a dorozumívací zařízení je povinné u tunelů bezpečnostních kategorií TA, TB, a TC-H. U staveb bezpečnostní kategorie TC přesahující počet 10 000 ekv\_voz.24hod<sup>1</sup> na jízdnicí pruh se navrhují tato zařízení na základě dopravního řešení a bezpečnostní analýzy.*“
- čl. 12.7.1 se mění takto: „*Systém videodohledu se instaluje v tunelech bezpečnostních kategorií TA, TB, TC, TC-H a TD-H. U staveb bezpečnostní kategorie TD se doporučuje instalovat TV kameru v oblasti portálu s jednoduchým sekvenčním přenosem přehledového obrazu na dispečink.*“
- čl. 12.8.5 se mění takto: „*Hlavní řídicí stanice řídicího systému pro tunely kategorií TA, TB a TC-H musí být provozně zálohována (redundance v režimu hot-stand-by).*“
- v čl. 13.4.3. se mění první věta takto: „*Tunelové trouby tunelů delších než 400 m musí být vybaveny...*“