Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Bezpečnost jízdy motorových vozidel v silničních tunelech

Bc. Kateřina Mlatečková

Diplomová práce
2017

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: **2016/2017**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Kateřina Mlatečková**
Osobní číslo:	**D16000**
Studijní program:	**N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor:	**Technologie a řízení dopravy**
Název tématu:	**Bezpečnost jízdy motorových vozidel v silničních tunelech**
Zadávající katedra:	**Katedra technologie a řízení dopravy**

Zásady pro vypracování:

ÚVOD
1 SILNIČNÍ TUNELY V ČR
2 BEZPEČNOST V SILNIČNÍCH TUNELECH
3 ANALÝZA RIZIK V TUNELU RADEJČÍN
4 NÁVRHY NA ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI V TUNELU RADEJČÍN
ZÁVĚR

Rozsah grafických prací: **4 - 5**

Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

(1) **PŘIBYL, Pavel a Jiří BARTÁK. Tunely na pozemních komunikacích. 2011. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 383 stran. ISBN 978-80-01-04723-1.**

(2) **Bezpečnostní dokumentace, příloha Operativně taktická studie, Objekt F 602 dálniční tunel Radejčín. Podzhotovitel VŠB TU Ostrava FBI, 2009.**

(3) **Technické podmínky, Bezpečnost v tunelech pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy odbor silniční infrastruktury. TP 229, čj.1014/10-910-IPK/1 s účinností od 1. prosince 2010, ELTODO EG a.s. 2010**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavlína Brožová, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **1. února 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2017**

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.

doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 3. února 2017

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 22. května 2017

Bc. Kateřina Mlatečková

Poděkování:

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování Ing. Pavlíně Brožové, Ph.D. za její cenné rady a trpělivost při vedení mé diplomové práce. Rovněž bych ráda poděkovala celému odbornému týmu společnosti Pragoprojekt a.s. za vstřícnost, cenné rady a možnosti, kterých se mi v rámci naší spolupráce dostalo.

ANOTACE

Tato práce řeší problematiku bezpečnosti jízdy vozidel v silničních tunelech. Analyzuje možné události, které mohou při jízdě v silničním tunelu nastat, za různých podmínek. Navrhuje postupy a řešení ke snížení negativních vlivů při vzniklých situacích. Součástí práce je návrh evakuačního modelu v podmínkách České republiky a popis jeho jednotlivých kroků. Evakuační model je aplikován na tunel Radejčín na novém úseku dálnice D8. Návrhy na zlepšení bezpečnosti jsou vztaženy na tento tunel a nelze je považovat za všeobecný návod ke zvýšení bezpečnosti jízdy v silničních tunelech všeobecně.

KLÍČOVÁ SLOVA

Bezpečnost, riziková analýza, tunel, tunel Radejčín, tunelová trouba

TITLE

Driving safety of motor vehicles in road tunnels

ANOTATION

Focus of this work is about the issue of driving vehicles in road tunnels and its safety. Analyzing possible events that may occur while driving in a road tunnel under different conditions and then suggesting procedures and solutions to reduce negative impact on the situation. Part of the project is evacuation modelling of various situations in Czech Republic and description of its various steps. Evacuation model is applied to the tunnel Radejčín on the new section of motorway D8. Suggestions to improve safety are related to this tunnel and cannot be considered as general instructions to increase security driving in road tunnels.

KEYWORDS

Safety, risk analysis, the tunnel, tunnel Radejčín, tunnel oven

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ 9
SEZNAM TABULEK 10
SEZNAM ZKRATEK 11
ÚVOD 13
1 Silniční tunely v České republice 14
1.1 Národní standardy 14
1.1.1 Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů 14
1.1.2 Nařízení vlády č. 264/2009 Sb. o bezpečnostních požadavcích na tunely delší 500 m 14
1.1.3 Projektování tunelů pozemních komunikací v ČR dle ČSN 73 7507 16
1.1.4 Vzorové listy VL 5 – Tunely 16
1.1.5 Technické podmínky 17
1.1.6 Technické kvalitativní podmínky 17
1.1.7 Metodické pokyny Ministerstva dopravy České republiky 18
1.2 Kategorizace tunelů z hlediska bezpečnosti 18
1.3 Označování tunelů dle ADR 20
1.4 Tunely v České republice 21
1.5 Shrnutí silničních tunelů v České republice 24
2 BEZPEČNOST V SILNIČNÍCH TUNELECH 25
2.1 Dekompozice tunelového systému na subsystémy 25
2.1.1 Bezpečnostní subsystém 26
2.1.2 Subsystém ventilace 28
2.1.3 Subsystém osvětlení 29
2.1.4 Dopravní subsystém 29
2.1.5 Řídicí subsystém 30
2.1.6 Subsystém provoz 30
2.2 Bezpečnost v tunelu 30
2.3 Dokumenty bezpečnostní politiky 31
2.4 Nebezpečné události a režimy v tunelu 32
2.4.1 Zastavení vozidla 32
2.4.2 Nehoda 32
2.4.3 Požár 33
2.5 Výbava řízení tunelu 33
2.5.1 Použití videodohledu 33
2.5.2 Použití videodetekce 34
2.6 Shrnutí bezpečnosti v silničních tunelech 35
3 ANALÝZA RIZIK V TUNELU RADEJČÍN 36
3.1 Tunel Radejčín 36
3.1.1 Situování tunelu Radejčín 36
3.1.2 Typ tunelu 38
3.1.3 Vybavení tunelu 39

3.1.4 Provoz v tunelu ... 41
3.1.5 Intenzita dopravy ... 42
3.1.6 Příjezdy a přístupy ... 43
3.2 Analýza možných rizik ... 46
3.3 SWOT analýza tunelu Radejčín ... 49
3.4 Shrnutí analýzy rizik v tunelu Radejčín ... 52
4 NÁVRHY NA ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI V TUNELU RADEJČÍN ... 53
4.1 Stavební a technologické úpravy tunelu Radejčín ... 53
4.1.1 Návrh nové DZ ... 53
4.1.2 Návrh nové plochy před tunelem Radejčín ... 54
4.2 Evakuační plán pro tunel Radejčín – označení scénářů a grafický návrh formulářů ... 56
4.2.1 Kódové označení scénářů pro formuláře ... 57
4.2.2 Grafická podoba formulářů se scénáři NU ... 60
4.3 Evakuační plán pro tunel Radejčín – obsah formulářů ... 61
4.3.1 Dopravní krize, kód 13-8 – došlo k újmě na zdraví účastníků provozu ... 62
4.3.2 Požár v dopravním prostoru tunelu, kód 10-2 ... 63
4.4 Návrh řešení scénáře 13-8 se změnou na scénář 10-2 ... 64
4.4.1 Simulace vzniku nebezpečné události pro tunel Radejčín ... 65
4.4.2 Reporty všech variant ... 67
4.4.3 Dopravní simulace - plnění tunelu vozidly ... 68
4.4.4 Uvězněné osoby ... 70
4.4.5 Požár v tunelu ... 72
4.4.6 Evakuace a úmrtnost ... 74
4.4.7 Výsledky simulace ... 77
4.4.8 Výběr nejhorší varianty pro aplikaci nebezpečné události ... 78
4.4.9 Stanovení dojezdové doby jednotek IZS ... 78
4.4.10 Vývoj a postup nebezpečné události ... 80
4.4.11 Počty zachráněných a usmrcených osob pro NU 13-8/10-2 ... 83
4.5 Shrnutí návrhů na zvýšení bezpečnosti v tunelu Radejčín ... 89
ZÁVĚR ... 91
SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ ... 92
SEZNAM PŘÍLOH ... 94

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Kategorizace tunelů 19
Obr. 2 Dopravní značení 21
Obr. 3 Tunely v České republice – mapa 22
Obr. 4 Bezpečnost v silničních tunelech 25
Obr. 5 Systém tunelové stavby 26
Obr. 6 Subsystém bezpečnosti 27
Obr. 7 Subsystém osvětlení 29
Obr. 8 Dopravní subsystém 30
Obr. 9 Situování tunelu Radejčín 37
Obr. 10 Tunely Prackovice a Radejčín 37
Obr. 11 Příčný řez tunelovými troubami – tunel Radejčín 38
Obr. 12 Vybavení tunelu – schéma 39
Obr. 13 Dopravní značení – „Opusť tunel“ 40
Obr. 14 Ústecký portál, LTT a PTO 44
Obr. 15 Schéma požárního zásahu 44
Obr. 16 Zatravněná plocha před Ústeckým portálem 45
Obr. 17 Pražský portál 45
Obr. 18 Plocha pro dostavení zásahových vozidel IZS 46
Obr. 19 SWOT analýza tunelu Radejčín 49
Obr. 20 Návrh dopravní značky v tunelu Radejčín 54
Obr. 21 Schéma vydláždění zatravněné plochy 55
Obr. 22 Návrh vydláždění zatravněné plochy – rozmístění vozidel IZS 56
Obr. 23 Grafická podoba formulářů 61
Obr. 24 Schéma průběhu dopravní krize s újmou na zdraví v tunelu Radejčín 62
Obr. 25 Schéma průběhu požáru v tunelu Radejčín 63
Obr. 26 Dopravní simulace plnění tunelu vozidly – reporty 1, 2, 3 a 4 68
Obr. 27 Dopravní simulace plnění tunelu vozidly – reporty 5, 6, 7 a 8 69
Obr. 28 Počty uvězněných osob mezi exity – reporty 1, 2, 3 a 4 70
Obr. 29 Počty uvězněných osob mezi exity – reporty 5, 6, 7 a 8 71
Obr. 30 Fyzikální model šíření kouře v tunelu – reporty 1, 3, 5, 7 72
Obr. 31 Fyzikální model šíření kouře v tunelu – reporty 2, 4, 6, 8 73
Obr. 32 Porovnání nejhorších variant 75
Obr. 33 Ganttův diagram 80
Obr. 34 Evakuace – Ganttův diagram 84
Obr. 35 Výpočet evakuovaných a usmrcených osob 85
Obr. 36 Ganttův diagram – zkrácení doby začátku evakuace 87
Obr. 37 Výpočet evakuovaných a usmrcených osob – návrh 88

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Kategorie bezpečnostního vybavení pro intenzitu pod 1 000 [voz·den^{-1}] 19
Tab. 2 Kategorie tunelů dle ADR 20
Tab. 3 Tunely v ČR 23
Tab. 4 Intenzita dopravy 2010 – alternativní trasy 43
Tab. 5 Výpočty průměrného vzniku požáru v tunelu Radejčín 51
Tab. 6 Kódové označení scénářů – zvláštní režim tunelu 57
Tab. 7 Kódové označení scénářů – mimořádný režim tunelu 58
Tab. 8 Kódové označení scénářů 59
Tab. 9 Legenda variant reportů z programu CAPITA 67
Tab. 10 Dopravní simulace – plnění tunelu vozidly 69
Tab. 11 Uvězněné osoby 71
Tab. 12 Kritická hodnota škodlivin 73
Tab. 13 Evakuace a úmrtnost 75
Tab. 14 Reporty s nejhoršími výsledky 77
Tab. 15 Dislokace jednotek HZS 79
Tab. 16 Dislokace středisek ZS 79
Tab. 17 Návrh na snížení počtu obětí 88

SEZNAM ZKRATEK

ADR	Evropská dohoda o přepravě nebezpečných věcí
a pod.	a podobně
CO	oxid uhelnatý
CO_2	oxid uhličitý
ČR	Česká republika
ČSN	České technické normy
DT	dispečer technologií
DZ	dopravní značení
EPS	elektrická požární signalizace
HCl	chlorovodík
hod	hodina
HZS	Hasičský záchranný sbor
IZS	integrovaný záchranný systém
JP	jízdní pruh
JSDHO	jednotky sboru dobrovolných hasičů
JSDI	Jednotný systém dopravních informací
KRS	kritická situace
KS	krizová situace
lit.	literatura
LTT	levá tunelová trouba
LZS	Letecká záchranná služba
m	metry
MÚK	mimoúrovňové křížení
MW	mega watt
NA	nákladní automobil
NO	oxid dusnatý
NOx	oxidy dusíku
NO_2	oxid dusičitý
NS	nebezpečný stav
NU	nebezpečná událost
OA	osobní automobil
Obr.	obrázek
OD	operátor dopravy
OÚ	Obecní úřad
PČR	Policie České republiky
PHM	pohonné hmoty
PIARC	Association Internationale Permanente des Congrès de la Route, (or AIPCR in English), Mezinárodní asociace silničních kongresů
PK	pozemní komunikace
ppm	parts per milion (částic na 1 milion)

PTO	provozně technický objekt
PTT	pravá tunelová trouba
resp.	respektive
ŘS	řídicí systém
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
SO	stavební objekt
SOS	mezinárodní tísňový signál v Morseově abecedě, Save Our Souls, Save Our Ship
SRN	Spolková republika Německo
SSÚD	Středisko správy a údržby dálnic
SWOT	Strenghts (silné stránky), Weaknesess (slabé stránky), Opportunities (příležitosti), Threaths (hrozby)
Tab.	tabulka
tel.	telefonní číslo
TKP	Technické kvalitativní podmínky
TP	Technické podmínky
TT	tunelová trouba
TV	televize
UPS	záložní zdroj napájení
VL	vzorové listy
ZS	Záchranné složky

ÚVOD

Bezpečnost jízdy motorových vozidel na pozemních komunikacích (PK) je bezesporu širokým a často zmiňovaným tématem. Zajištění bezpečnosti na PK je zakotveno ve sbírkách zákonů České republiky (ČR). Bezpečnost jízdy musí být zajištěna na všech PK i souvisejících objektech, jako jsou například silniční tunely. Tato Diplomová práce se věnuje problematice bezpečnosti jízdy motorových vozidel v silničních tunelech. V práci jsou popsány národní standardy, které je nutné dodržovat při výstavbě tunelu. Jsou zde popsány nároky na bezpečnost v tunelu, které jsou kladeny na každý tunel v České republice. Práce obsahuje také souhrn všech silničních tunelů v ČR, kterých je celkem 27. Nejstarším silničním tunelem je tunel Vyšehradský s datem otevření pro provoz v roce 1904. Nejnovější je silniční tunel Radejčín, který byl pro provoz otevřen 17. 12. 2016. Nejdelším tunelem v ČR je tunel Bubenečský s délkou 3 090 m, který je součástí tunelového komplexu Blanka s celkovou délkou 5 502 m. Z celkového počtu 27 tunelů je 7 tunelů v hlavním městě Praha a 4 tunely ve městě Brno.

V této diplomové práci je podrobně popsán systém bezpečnosti v silničním tunelu, který zajišťuje bezpečnou jízdu motorových vozidel po celou dobu životnosti tunelu. V analytické části se práce konkrétně zabývá tunelem Radejčín. Tunel Radejčín je vybrán zejména pro aktuálnost tématu (otevření pro provoz 17. 12. 2016) a znalost podrobných podkladů k této stavbě. V diplomové práci je uveden popis stavby, typ tunelu, vybavení, provozu v tunelu, intenzita dopravy a jsou popsány příjezdy a přístupy k tunelu při mimořádných událostech. Součástí práce je autorkou zpracovaná SWOT analýza na bezpečnost v tunelu Radejčín. Zjištěné hrozby a slabé stránky slouží jako základna pro tvorbu návrhů na zvýšení bezpečnosti v tomto tunelu. K tunelu Radejčín dále byla zpracována analýza rizik v rámci bezpečnostní dokumentace tunelu. Analýza je součástí příloh práce.

Cílem této práce je analýza bezpečnosti v silničních tunelech ČR všeobecně. Podstatnou částí práce je analýza bezpečnosti tunelu Radejčín. **Nedílnou součástí** je zpracování evakuačního plánu pro řešení nebezpečných událostí (NU), sloužící dispečerům technologií a operátorům dopravy v tunelu Radejčín ke zmírnění negativních dopadů těchto událostí. Podstatná část práce je zaměřena na zvýšení bezpečnosti v tunelu Radejčín prostřednictvím jednotlivých zpracovaných návrhů. Návrhy se opírají o zjištěné slabé stránky a hrozby vyplývající ze SWOT analýzy, a kladou si za cíl ušetření lidských životů při vzniku NU.

1 SILNIČNÍ TUNELY V ČESKÉ REPUBLICE

Tato kapitola se zabývá popisem projektování, prostorového uspořádání a vybavení nově navrhovaných tunelů silnic, dálnic a místních komunikací v ČR. Dále shrnuje počet silničních tunelů v ČR, jejich stručný technický popis, umístění, mapové podklady a charakteristiku vzhledem k přepravě věcí a osob.

1.1 Národní standardy

Od poloviny 90. let 20. století je zpracování standardů a technických podmínek (TP) věnována velká pozornost. Technické podmínky se zabývají nejenom vybavením tunelů technickým zařízením, ale stanovují i požadavky na dokumentaci, zabývající se provozováním ve všech režimech tunelu a režimech údržby. Po vydání směrnice Evropské komise a Rady o jednotné bezpečnosti v tunelech na transevropské dopravní síti nebylo nutné žádný z tunelů na území ČR dodatečně dovybavovat z hlediska bezpečnosti. Toto bylo důsledkem pevně stanovených TP na území České republiky.

1.1.1 Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů

Součástí dálnic, silnic a místních komunikací jsou tunely. Za bezpečnost provozu tunelu o délce přesahující 500 metrů ("tunel nad 500 m") odpovídá příslušný silniční správní úřad. Tento úřad na základě podkladů správce pozemní komunikace, jejíž součástí je tunel, pak při správě tunelu dle (1):

- **a)** sestavuje bezpečnostní dokumentaci a průběžně v ní zaznamenává změny údajů,
- **b)** vyhotovuje zprávu o mimořádných událostech, k nimž došlo v tunelu nad 500 m,
- **c)** pověřuje koordinací opatření k zajištění bezpečného provozu tunelu nad 500 m fyzickou osobu, splňující požadavky stanovené prováděcím právním předpisem na odbornou kvalifikaci a praxi ("pověřená osoba"). (1)

1.1.2 Nařízení vlády č. 264/2009 Sb. o bezpečnostních požadavcích na tunely delší 500 m

Nařízení vlády č. 264/2009 Sb. o bezpečnostních požadavcích na tunely delší 500 m (Nařízení vlády č. 264/2009 Sb.) upravuje náležitosti bezpečnostní dokumentace tunelu, bezpečnostní požadavky na tunel a vzor zprávy o mimořádných událostech v tunelu. Vymezuje činnost pověřené osoby a požadavky na její odbornou kvalifikaci a praxi. (2)

Bezpečnostní dokumentace

V bezpečnostní dokumentaci je uveden a vyhodnocován rozsah, provedení stavebních úprav tunelu a jeho technického vybavení. Bezpečnostní dokumentace pro tunel ve fázi projektování se přikládá navrhovatelem k žádosti o zahájení územního řízení a stavebního řízení pro stavbu tunelu. Bezpečnostní dokumentaci zpracovává příslušný silniční správní úřad při uvedení tunelu do provozu. Aktualizuje se po dobu provozu tunelu. (2)

Bezpečnostní požadavky na tunel

Tunel musí splňovat bezpečnostní požadavky dle (2), upravující také bezpečnostní požadavky na tunely:

- **a)** *Počet tunelových trub a jízdních pruhů* – vychází se z prognózy intenzity dopravy a bezpečnosti, přičemž se bere v úvahu zejména podíl těžkých nákladních vozidel, sklon a délka tunelu.
- **b)** *Prostorové uspořádání tunelu* – v nově projektovaných tunelech nesmí být podélný sklon větší než 5 % kromě případů, kde prostorové podmínky neumožňují jiné řešení. V tunelech o sklonu větším než 3 % se na základě analýzy rizik musí přijmout dodatečná nebo zesílená opatření ke zvýšení bezpečnosti.
- **c)** *Únikové cesty a nouzové východy* – prostor umožňující evakuaci osob nebo vozidel z místa ohrožení v tunelové troubě.
- **d)** *Přístup pro složky integrovaného záchranného systému.*
- **e)** *Nouzové zálivy* – v nových obousměrných tunelech delších než 1 500 metrů s intenzitou dopravy nad 2 000 vozidel za den v jednom jízdním pruhu musí být zřízeny nouzové zálivy vzdálené maximálně 1 000 metrů, pokud nejsou zřízeny nouzové pruhy.
- **f)** *Odvodnění* – zařízení pro odvod vody z tunelu.
- **g)** *Osvětlení* – zajišťuje osvětlení ve dne i v noci po celé délce tunelu za normálního režimu tunelu.
- **h)** *Větrání* – pro ředění koncentrace škodlivin v ovzduší tunelu, zajištění viditelnosti pro průjezd vozidel odstraněním kouře a prachu a také pro snížení účinku tepla a kouře při požáru v tunelu.
- **i)** *Hlásky tísňového volání* – slouží k verbálnímu spojení s operátorem řídicího systému tunelu, mohou být v provedení kabin SOS a hlásek SOS.
- **j)** *Zásobování vodou.*
- **k)** *Dopravní značky.*

l) *Řídicí centrum* – ve všech tunelech delších než 3 000 metrů s intenzitou dopravy nad 2 000 vozidel za den v jednom jízdním pruhu musí být zřízeno řídicí centrum.

m) *Systémy dohledu* – videosystémy pro dohled a systémy pro automatické zjišťování mimořádných dopravních událostí nebo požárů.

n) *Zařízení pro uzavírání tunelu* – světelné signalizace, proměnné dopravní značení, zábrany pro dodržení zákazu vjezdu, zařízení pro zastavení vozidel (světelné zařízení, evakuační rozhlas, proměnné dopravní značení a zábrany).

o) *Spojovací a dorozumívací systémy* – SOS hlásky, rozhlasová zařízení, úkryty a reproduktory pro předávání bezpečnostních zpráv.

p) *Zásobování elektrickou energií a elektrické rozvody* – napájení ze dvou na sobě nezávislých elektrických zdrojů. Zajištění nouzového napájení elektrickou energií.

Zpráva o mimořádné události v tunelu

Dle (2) musí zpráva obsahovat:

a) popis události (datum, čas, místo, průběh, příčina, následek),

b) popis činnosti zaměstnanců obsluhy správce tunelu, složek integrovaného záchranného systému a distributora elektrické energie,

c) úloha a účinnost bezpečnostních zařízení a opatření,

d) odstraňování následků,

e) vyhodnocení příčin,

f) přijatá opatření,

g) obnovení provozu (datum, čas),

h) zpracovatel (datum, podpis).

1.1.3 Projektování tunelů pozemních komunikací v ČR dle ČSN 73 7507

Norma řeší navrhování tunelů pozemních komunikací a varianty jejich šířkového uspořádání, průjezdný prostor tunelu, jeho příčné uspořádání a směrové a výškové vedení pozemní komunikace v tunelu. Obsahuje konstrukční pokyny, bezpečnostní úpravy i zásady požární bezpečnosti potřebné pro projektanta. (3)

1.1.4 Vzorové listy VL 5 – Tunely

Vzorové listy (VL) určují grafickou podobu se stručným textovým popisem a odkazy na požadavky řešení konstrukčních částí stavebních objektů a rozpracovávají ustanovení technických norem a předpisů. Stanovují obecné zásady na požadované technické úrovni.

Jde o souhrn doporučených technických zásad. Vzorové listy se mohou doplňovat a upravovat podle nejnovějších poznatků a jejich technických řešení. (4)

1.1.5 Technické podmínky

Technické podmínky pro oblast pozemních komunikací vydává Ministerstvo dopravy České republiky. Základem pro jejich zpracování jsou odborné poznatky vědy, techniky a praxe. Jsou podkladem pro optimální řešení problémů vyskytujících se při stavbě pozemních komunikací. Technickými podmínkami v oblasti tunelů na pozemních komunikacích jsou:

TP 98 – Technologické vybavení tunelu

Tyto technické podmínky detailně definují požadavky na vybavení tunelů a jejich bezpečnost. Na tunel je zde pohlíženo jako na telematický systém (systém integrující všechny subsystémy do jednoho celku s jedinou cílovou funkcí). (5)

TP 154 – Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací

Technické podmínky zabývající se minimalizací nákladů na provoz, stanovením požadavků na servis, zpracování a ukládání dat získávaných z dopravních a technologických zařízení. Samostatná kapitola se věnuje bezpečnostní politice. (6)

TP 229 – Bezpečnost tunelů pozemních komunikací

Bezpečnost tunelů na pozemních komunikacích je výstupem projektu Ministerstva dopravy České republiky „Analýza a řízení rizik v tunelech pozemních komunikací“. Jedná se o popis bezpečnosti, tvořený technickými i organizačními články. Poskytuje přehled o metodách analýzy rizik a jeho řízení. Stanovuje náplň bezpečnostní dokumentace, bezpečnostních požadavků na tunel a zpráv o mimořádné události. (7)

1.1.6 Technické kvalitativní podmínky

Technické kvalitativní podmínky (TKP) staveb pozemních komunikací jsou souborem standardních požadavků objednatele stavby na její provedení, kontrolu kvality a převzetí prací. Jsou součástí zadávací dokumentace stavby a smlouvy o dílo. Obsahují zásady technologických postupů a ostatní technické a organizační požadavky objednatele na zhotovení stavby s požadovanou kvalitou, životností, bezpečností a provozními vlastnostmi. (8) Konkrétně jde o TKP staveb pozemních komunikací, kapitola 24 – Tunely a TKP pro dokumentaci staveb PK, kapitola 7 – Tunely, podzemní stavby a galerie.

1.1.7 Metodické pokyny Ministerstva dopravy České republiky

Pokyny řeší otázky školení obsluh tunelů, oprávnění k výkonu prohlídek tunelů pozemních komunikací, zkoušky požárně bezpečnostních zařízení v tunelech pozemních komunikací, technickoekonomické hodnocení tunelů pozemních komunikací, větrání silničních tunelů a provádění hlavních prohlídek tunelů pozemních komunikací. (9)

1.2 Kategorizace tunelů z hlediska bezpečnosti

Kategorizace tunelů vychází z technických podmínek TP 98. Rozsah bezpečnostního vybavení tunelu se určí na základě zařazení tunelu do vhodné kategorie bezpečnosti. Tyto kategorie jsou dány mírou bezpečnosti, která je určena podílem počtu nehod na počet vozidel a ujetou vzdálenost, a je ověřována dlouhodobým statistickým měřením. Typ použitého technického bezpečnostního vybavení je dán délkou tunelu a ročním průměrem denních intenzit dopravy ekvivalentních vozidel, vztažených na jeden jízdní pruh. Z hlediska bezpečnosti jsou tunely rozděleny do čtyř kategorií TA, TB, TC, TD a dvou podkategorií TCH a TD-H. (9)

Při hodnocení bezpečnosti provozování tunelového systému se mluví o riziku **R**. Dle (10) je riziko dáno součinem následků nepříznivé události **Sv** a pravděpodobnosti jejího vzniku **Lk** podle vzorce 1**.**

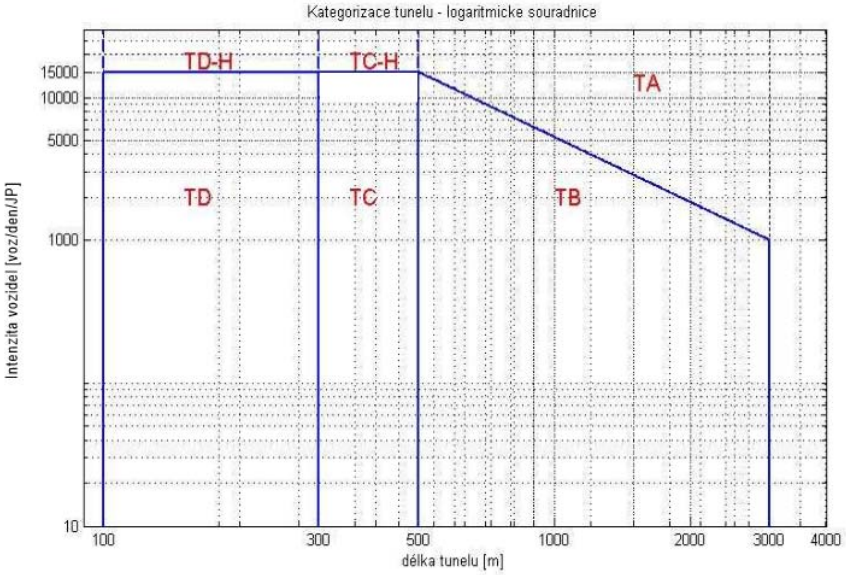
$$\boldsymbol{R = Sv \cdot Lk} \tag{1}$$

kde:

R	riziko [%]
Sv	následek nepříznivé události [-]
Lk	pravděpodobnost vzniku nepříznivé události [%]

Při návrhu jakéhokoli technického systému je nutné nepřesáhnout tzv. přijatelné riziko, což je takový stupeň rizika, který ještě není jednotlivcem nebo společností vnímán jako nepřijatelný.

V první verzi Technických podmínek TP 98 z roku 1998 byly jen tři kategorie vybavení TA, TB a TC, které vycházely z doporučení mezinárodní silniční organizace PIARC. Toto rozdělení bylo příliš hrubé, hlavně v oblasti krátkých tunelů. Proto byly se změnou TP 98 (TP 98-Z1) zavedeny nové kategorie TD, TD-H a TC-H, které jsou závislé na délce tunelu a intenzitě dopravy. (6) Na **obr. 1** je základní dělení z hlediska bezpečnostního vybavení tunelu.



Obr. 1 Kategorizace tunelů

Zdroj: (6)

Z obr. 1 vyplývá, že míra rizika **R** bude podobná pro tunel dlouhý 100 m s denní intenzitou 15 000 vozidel, jako pro tunel dlouhý 3 km s denní intenzitou 5 000 vozidel, neboť oba tunely příslušejí do kategorie TA.

Pro tunely s intenzitou dopravy nižší než 1 000 vozidel za den se kategorizují tunely pouze podle délky, jak je uvedeno v tab. 1.

Tab. 1 Kategorie bezpečnostního vybavení pro intenzitu pod 1 000 [voz·den^{-1}]

Kategorie	TC	TB	TA
Délka [m]	100 – 500	500 – 3 000	3 000 – 10 000

Zdroj: (10)

Intenzita vozidel se stanovuje na základě předchozích sčítání dopravy, které v pravidelných intervalech provádí Ministerstvo dopravy České republiky. Pro účely posouzení konkrétního úseku, jak tomu bývá při výstavbě nového tunelu, je mnohdy nutné provést vlastní dopravní průzkum. Při tomto výpočtu intenzity dopravy je třeba přihlédnout k dalším faktorům, které by v budoucnu mohly ovlivnit intenzitu dopravy, jako jsou například výrazné změny ve využití dopravy nebo změna nekomunikační sítě (výstavba nové komunikace). Tato predikce intenzity dopravy je podstatná pro kategorizaci tunelu a její správný odhad závisí na plynulosti a bezpečnosti dopravy po celou dobu provozu tunelu.

1.3 Označování tunelů dle ADR

Pro přepravu nebezpečných věcí byla vytvořena Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí (ADR), která sdružuje vybrané členské státy, které této dohodě ADR podléhají. Od ledna 2010 musí být každý tunel na území ČR dle (11) označen příslušnou kategorií ADR, do které spadá, jak uvádí tab. 2.

Tab. 2 Kategorie tunelů dle ADR

Kategorie	Definice
A	Přeprava nebezpečného zboží bez omezení vjezdu do tunelu.
B	Přeprava nebezpečného zboží s výjimkou nebezpečného zboží, které může mít za následek velmi silný výbuch.
C	Přeprava nebezpečného zboží s výjimkou nebezpečného zboží, které může mít za následek velmi silný výbuch, silný výbuch, nebo velký únik toxické látky.
D	Přeprava nebezpečného zboží s výjimkou nebezpečného zboží, které může mít za následek velmi silný výbuch, silný výbuch, nebo velký únik toxické látky, nebo velký požár.
E	Přeprava nebezpečného zboží nesmí být uskutečněna s výjimkou UN 2919 (látka radioaktivní přepravovaná za zvláštních podmínek), 3291 (odpad klinický nespecifikovaný, bio - odpad, medicínský odpad apod.), 3331 (látka radioaktivní – štěpná přepravovaná za zvláštních podmínek) a 3373 (biologické látky např. zvířecí materiál).

Zdroj: (11), (12)

Tunel musí být označen dopravní značkou, udávající informaci o zákazu vjezdu vozidel přepravy ADR dle kategorie tunelu. Pokud se jedná o tunel kategorie E, pak musí být dostatečně dopředu řidič informován o zákazu vjezdu do tunelu tak, aby mohl na tento zákaz pružně reagovat. Tunel může být označen více kategoriemi tunelu, a to v závislosti na denní době, dnech v týdnu či ročním období. V dohodě ADR, konkrétně v její kapitole 3.2, tabulka A, jsou uvedeny kódy omezení průjezdu tunely. V závislosti na těchto kódech ADR se stanovuje omezení průjezdu tunely. (12)

Výčet dopravních značení, která mohou být před tunelem v závislosti na omezení průjezdu, jsou uvedena na obr. 2.

B19 – Zákaz vjezdu vozidel, přepravujících náklad, který může způsobit znečištění. (9)

B18 – zakazuje vjezd vozidlům přepravujícím výbušniny, snadno hořlavý nebo jinak nebezpečný náklad a označeným podle zvláštních předpisů. (11)

B18 – zakazuje vjezd vozidlům přepravujícím výbušniny, snadno hořlavý nebo jinak nebezpečný náklad a označeným podle zvláštních předpisů. (11)
E15 – Tabulka doplňuje značku "Zákaz vjezdu vozidel přepravujících nebezpečný náklad" a informuje o příslušné kategorii tunelu v následujícím úseku pozemní komunikace. Údaj o kategorii se uvádí v rozmezí písmen "B" až "E" podle jiného právního předpisu 9.
Pro tunely kategorie "A" se tyto značky nepoužívají. (11)

Přikázaný směr přepravy nebezpečného nákladu s informační značkou o příslušné kategorii tunelu v následujícím úseku pozemní komunikace. (11)

Obr. 2 Dopravní značení

Zdroj: (11), (13)

1.4 Tunely v České republice

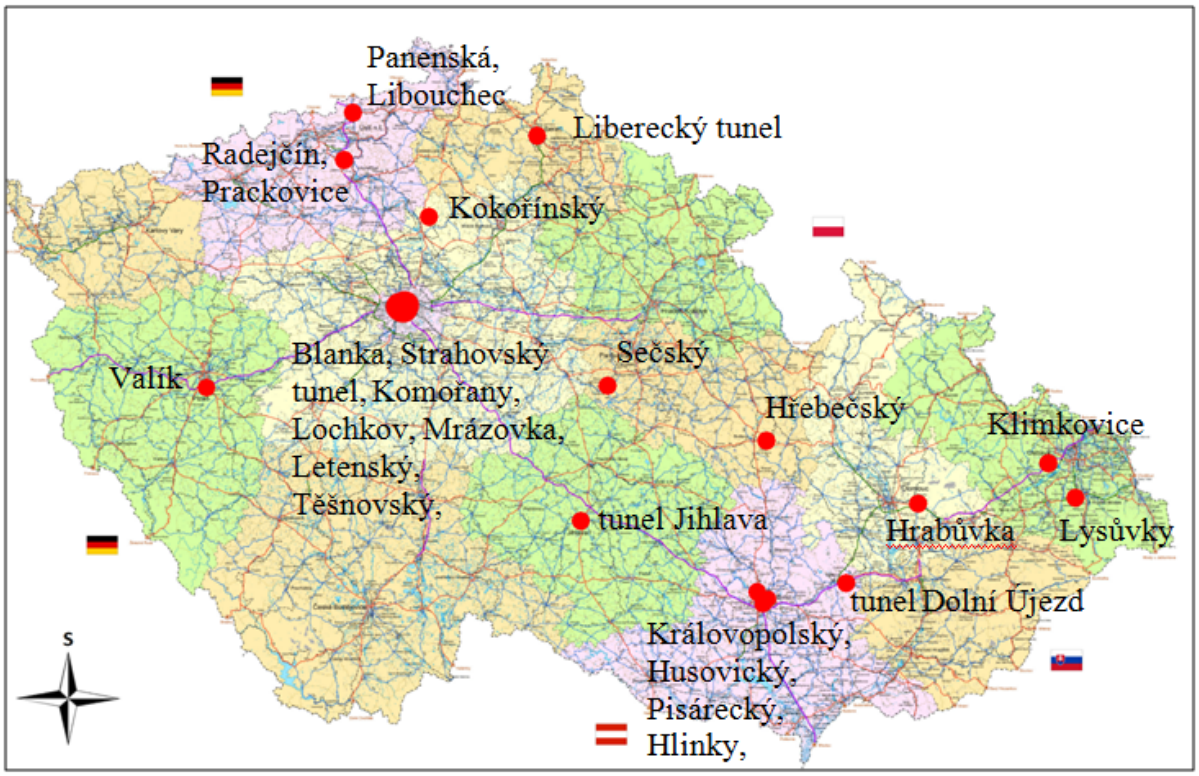
Tunely patří k nejnákladnějším dopravním stavbám bez ohledu na to, zda jde o tunel silniční, či železniční. Ke stavbě tunelu se přistupuje v případech, kdy není možné vést trasu na povrchu, například:

a) je výhodné trasování komunikace navzdory husté zástavbě na povrchu,
b) je nutné ochránit obyvatelstvo před nadměrným výskytem emisí,
c) je třeba zachovat jedinečný ráz krajiny či nenarušit oblast s výskytem ohrožených a chráněných živočišných druhů a rostlin,
d) je profil nivelety s velkým sklonem a není možná výstavba komunikace bez ražby či hloubení tunelu.

U většiny případů jde o zkrácení délky trasy mezi obtížně dostupnými lokalitami a tím i snížení časového horizontu přepravy mezi těmito místy. V rámci výstavby úseku komunikace je tunel posuzován jako samostatný stavební objekt. Na projektu a realizaci se podílí řada firem a společností, zajišťujících veškeré činnosti související s výstavbou, provozem a v neposlední řadě pravidelnou údržbou tunelu. Po celou dobu provozu tunelu se provádějí pravidelné prohlídky, údržby a kontroly. Před zahájením stavby tunelu probíhá několik legislativních a organizačních úkonů, jako jsou výběrová řízení na zhotovitele stavby, projekční činnosti související se stavbou

tunelových trub, bezpečnosti tunelu, požární ochrany, vybavení tunelu, projektové dokumentace, bezpečnostní dokumentace, rizikové analýzy, výběr dodavatelských firem atd. Samotná stavba je spojena s hloubením či ražením tunelu, což je velmi náročný úkol jak po stránce technické, tak i po stránce bezpečnosti. Před otevřením tunelu do provozu se provádějí zkoušky funkčnosti všech technických a technologických zařízení, jako například zkouška požární bezpečnosti, při níž se simuluje požár v tunelové troubě při určitém výkonu hoření (např. 10 MW, 15 MW apod.)

Na obr. 3 je znázorněno rozmístění tunelů v ČR. Tunely jsou v mapě vyznačeny červenými body, u každého bodu je název tunelu.



Obr. 3 Tunely v České republice – mapa

Zdroj: (14), Autorka

Výčet silničních tunelů na našem území je uveden v tab. 3. V tabulce je uvedena délka tunelových trub, pokud jde o tunel s rozdílnou délkou tunelových trub, jsou uvedeny hodnoty levé (LTT) i pravé (PTT) tunelové trouby. V případě, že se jedná o tunel se stejnou délkou tunelových trub (TT), či jde o tunel s jednou TT, je uvedena pouze jedna délka. V tab. 3 je vypsáno datum zprovoznění tunelu, silnice, která tunelem prochází, úsek, na kterém se tunel nachází a v neposlední řadě kategorie tunelu dle ADR.

Tab. 3 Tunely v ČR

Název tunelu	Délka		Zahájení provozu	PK	Úsek	Kategorie dle ADR
	PTT	LTT				
Tunelový komplex Blanka (tunel Brusnický, Dejvický, Bubenečský)	5 502 (1 405, 1 007, 3 090)		19. 9. 2015	Pražský okruh	Střešovice – Troja	*nezjištěno*
Panenská	2 116	2 168	21. 12 2006	D8	Trmice – státní hranice Česko/Německo	A
Strahovský	2 004		2. 12. 1997	Pražský okruh	Smíchov – Střešovice	E
Komořany (dříve tunel Cholupice)	1 937	1 922	20. 9. 2010	Pražský okruh	Vestec – Praha – Lovosice	*nezjištěno*
Lochkov	1 661	1 620	20. 9. 2010	R1	Radotín – Lochkov	*nezjištěno*
Mrázovka	1 261		26. 8. 2004	Pražský okruh	Smíchov – Zlíchov	E
Královopolský	1 258	1 237	31. 8. 2012	Brněnský městský okruh	Královo Pole – Žabovřesky	*nezjištěno*
Klimkovice	1 076	1 088	6. 5. 2008	D1	Bílovec – Ostrava	A
Libouchec	520	670	21. 12. 2006	D8	Ústí n. L. – Petrovice	A
Radejčín	620	600	17. 12. 2016	D8	Lovosice – Ústí n. L.	A
Husovický	578	585	18. 12. 1998	Brněnský městský okruh	Brno-Černá Pole – Brno-Husovice	A
Pisárecký	497	510	1998	I/23	Pisárky – Nový Lískovec	A
Letenský	423		26. 9. 1953	Praha 7	Letná	E
Valík	390	380	6. 10. 2006	D5	Obchvat Plzně	A
Hřebečský	354		Listopad 1997	I/35	Moravská Třebová – Svitavy	A
Těšnovský	350	360	1980	Praha	Nové Město Praha 1 – Karlín Praha 8	E
Hlinky	312		28. 6. 2007	I/42 okruh Brna	pouze ve směru Bauerova → Žabovřeská	A
Jihlava	310		2004	I/38	Jihlava – obchvat	A
Prackovice	260	270	17. 12. 2016	D8	Lovosice – Ústí n. L.	A
Liberecký	280		Listopad 1997	I/35	Liberec	A
Zlíchovský	195		Říjen 2002	Pražský okruh	Strakonická ulice – Dobříšská	*nezjištěno*
Lysůvky	160		13. 12. 2012	D48	Rychaltice – Frýdek-Místek	*nezjištěno*
Dolní Újezd	98		1999	D35	ČR/SRN – Liberec - Olomouc – Lipník n. B	A
Hrabůvka1	56		2008	D1	Lipník n. B. – Bělotín	A
Sečský	40		1937	II/353	Seč – Horní Bradlo	E
Vyšehradský	34		1904	Praha	Vyšehrad	E
Kokořínský	24		1935	III/2733	Kokořín	E

Zdroj: (11), (15), Autorka

V České republice je oproti jiným zemím Evropy poměrně málo tunelů. To je dáno charakterem okolní krajiny, rozpočtovými možnostmi státu a v neposlední řadě nabytými zkušenostmi s výstavbou dlouhých tunelů. Například tunel Radejčín, tak jak je dnes navržen, byl jednou ze tří možností, jak vést trasu dálnice D8 v 80. letech 20. století, kdy se rozhodovalo o vedení trasy dálnice. Druhou možností byl jeden tunel o délce cca 4 km protínající České středohoří pod vrcholem hory Kubačka. Vzhledem k tomu, že v době realizace neměli stavitelé tolik zkušeností se stavbami dlouhých tunelů (tunely na 1 000 m), byla vybrána snazší varianta (v té době se tak jevila), a to varianta se dvěma tunely – tunelem Radejčín (600 m) a hned za ním tunelem Prackovice (270 m). Vzhledem k potížím, vyskytujícím se na stavbě dálnice D8 v současné době, se dnes výběr této varianty již nejeví tak příznivě. Stavbu v současné době ohrožuje několik faktorů, jako je spodní voda, nestabilní podloží a těžební činnost v nedalekém lomu. V případě varianty s čtyřkilometrovým tunelem by se těmto problémům dalo vyhnout výběrem varianty s podpovrchovým vedením trasy v jiném geografickém umístění v geologicky stabilnějším podloží.

1.5 Shrnutí silničních tunelů v České republice

Stavba tunelu v České republice podléhá předpisům a zákonům platným v ČR, nařízením vlády, českým technickým normám, vzorovým listům, Technickým podmínkám a Metodickým pokynům Ministerstva dopravy České republiky. Dle Evropské dohody o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí musí být každý tunel označen příslušnou kategorií tunelu, do které spadá. Každá kategorie určuje, jaký typ nebezpečného zboží lze daným tunelem přepravovat. Tunel může být označen více kategoriemi a to v závislosti na denní době, dnech v týdnu nebo ročním obdobím.

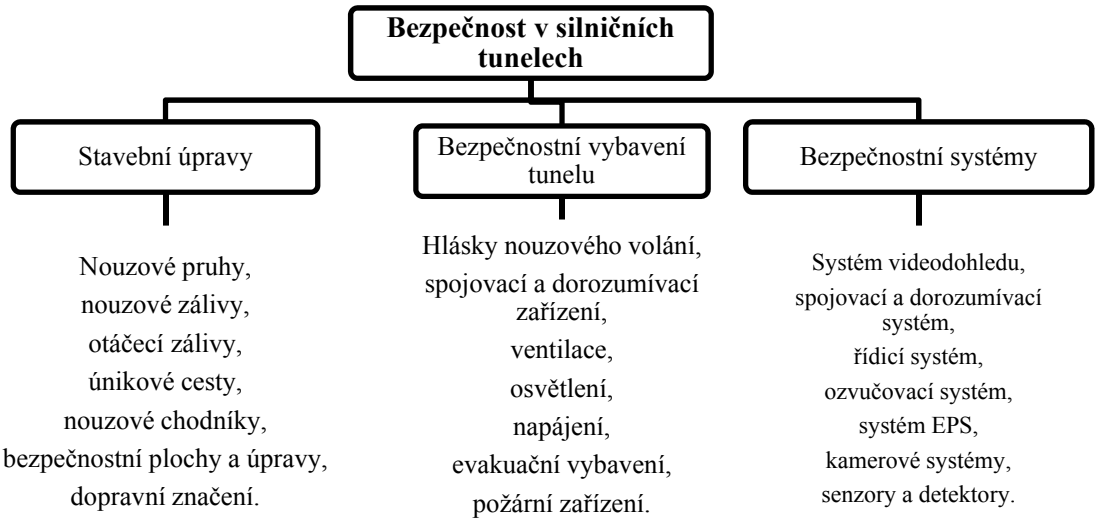
V České republice je celkem 27 silničních tunelů, od nejdelšího tunelového komplexu Blanka (5 502 m), po nejkratší Kokořínský tunel (24 m). Z celkového počtu silničních tunelů v ČR je celkem 7 tunelů v hlavním městě Praze a 4 tunely v Brně. Nejstarším tunelem u nás je Vyšehradský tunel v Praze, který byl postaven v roce 1904. Tunel s nejkratší dobu provozu je tunel Radejčín na dálnici D8, který byl otevřen pro provoz 17. 12. 2016.

2 BEZPEČNOST V SILNIČNÍCH TUNELECH

Bezpečnost je jedním z faktorů, které tunel provázejí od samotného návrhu tunelu, až po dobu ukončení jeho provozu. Bezpečnost je tedy nedílnou součástí tunelu v rámci životnosti stavby. Tato kapitola se zabývá bezpečným silničním provozem v tunelu, jinými slovy, ochranou uživatelů dopravy v prostorách tunelu.

Bezpečnost v silničních tunelech zajišťují mnohé faktory, jsou to bezpečnostní zařízení a systémy tunelu, které lze rozdělit na bezpečnostní a technické. Na bezpečnosti se podílí celá řada bezpečnostních systémů a tvoří tak velice komplexní strukturu od ventilace přes osvětlení, až po systém napájení elektřinou. Tyto systémy spolu vytváří základnu pro zajištění bezpečnosti provozu v tunelu a především bezpečnosti účastníků tohoto provozu.

Některé systémy zajišťují preventivní bezpečnost v tunelu a slouží tak po celou dobu životnosti tunelu. Jde například o stavební uspořádání tunelu, řešení průjezdního profilu, únikové cesty, nouzové zálivy a podobně. Jiné systémy se uplatňují a pomáhají ke zvýšení bezpečnosti až v okamžiku vzniku nějaké události. Jsou to například ozvučovací zařízení tunelu, SOS kabiny, nouzové osvětlení a podobně. Základní schéma bezpečnosti v tunelu ukazuje obr. 4.



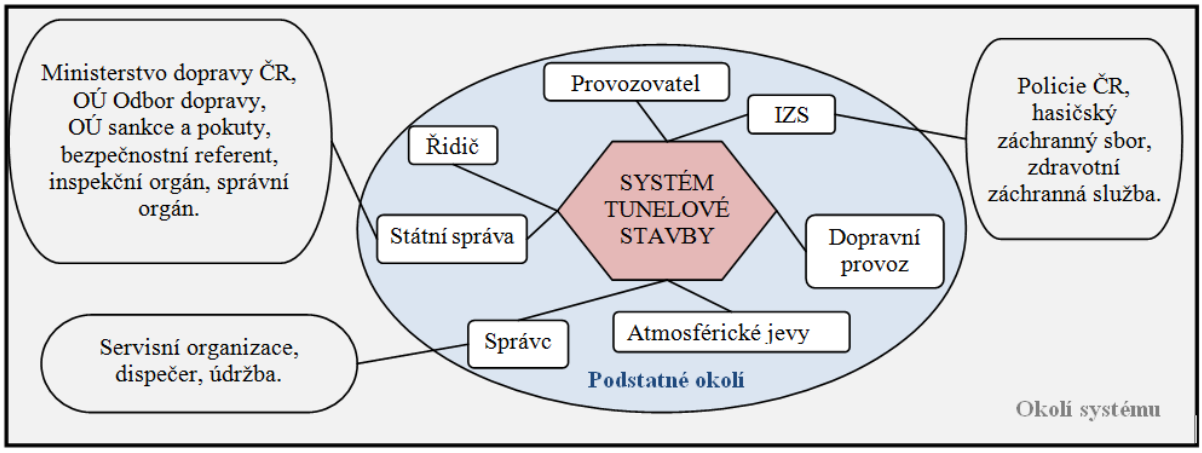
Obr. 4 Bezpečnost v silničních tunelech

Zdroj: (17), Autorka

2.1 Dekompozice tunelového systému na subsystémy

Vychází se z obecného dělení subsystémů, které se liší svojí funkcí v závislosti na konkrétním tunelu. Každý tunel se posuzuje zvlášť a má své charakteristické rysy, jako je uspořádání jízdních

pruhů, počet tunelových trub, délka tunelových trub, sklonové poměry a další. Struktura systému tunelové stavby je znázorněna na obr. 5. Obsahuje bezpečnost, ventilaci, osvětlení, dopravu, řídicí systém a provoz. Okolí systému se dá rozdělit na podstatné okolí systému a okolí systému. Do podstatného okolí patří provozovatel, správce, státní správa, IZS, atmosférické podmínky, a dopravní provoz.



Obr. 5 Systém tunelové stavby

Zdroj: (17), Autorka

Pro vytvoření architektury systému se subsystémy tunelové stavby rozdělují na:

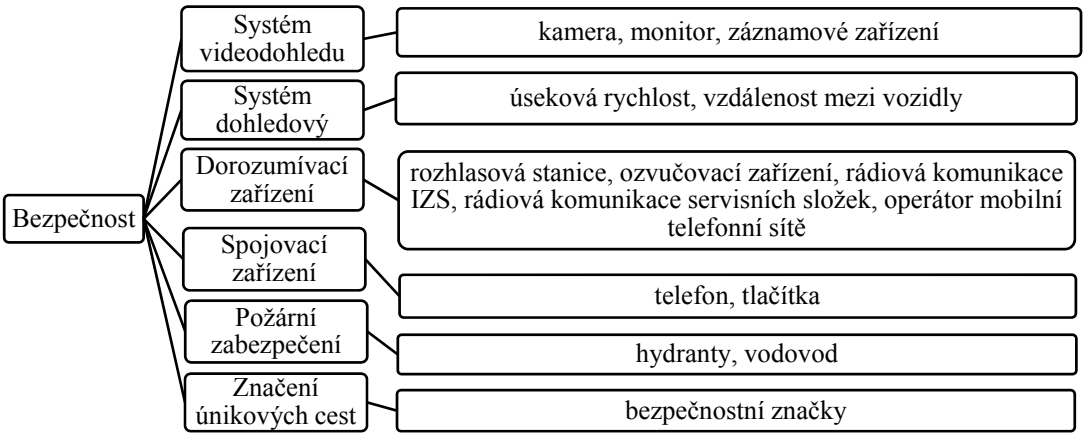
- **a)** bezpečnostní subsystém,
- **b)** ventilační subsystém,
- **c)** subsystém osvětlení,
- **d)** dopravní subsystém,
- **e)** řídicí subsystém,
- **f)** subsystém provozu. (16), (17)

Tyto subsystémy lze rozdělit na další úrovně dekompozice. Subsystém I. úrovně se dělí na šest subsystémů, na této rozlišovací úrovni se jedná o stručný popis vlastností subsystému. Subsystém II. úrovně popisuje konkrétnější vlastnosti. Subsystém III. úrovně již podrobně popisuje vlastnosti jednotlivých prvků. (16)

2.1.1 Bezpečnostní subsystém

Bezpečnostní subsystém (obr. 6) je tvořen dalšími subsystémy, které jako celek tvoří bezpečnost provozu v tunelových troubách, popřípadě zajišťuje bezpečnost účastníků silničního provozu při vzniku NU, jejich včasnou evakuaci a snížení následků škod, vzniklých na majetku a lidských životech. Cílem bezpečnostního subsystému je zajištění maximální ochrany uživatele tunelu,

jeho sekundární vlastností je chránit tunel před materiálními škodami vzniklými provozem v tunelu.



Obr. 6 Subsystém bezpečnosti

Zdroj: (17)

Systém videodohledu

Zajišťuje sledování tunelu z operátorského střediska v celé šířce i délce tunelu. Operátor dopravy využívá prvky:

- **a)** *Kamera* – přenos obrazového zpracování informace z tunelové trouby.
- **b)** *Monitor* – umožňuje sledování obrazové informace zpracované prvkem kamera.
- **c)** *Záznamové zařízení* – v případě potřeby zajišťuje zachování informace o situaci v tunelu, jež zaznamenal prvek kamera. (17)

Dohledový systém

Má za úkol dohlížet na dodržování pravidel silničního provozu v reálném čase. Systém funguje zároveň jako prvek pro zamezení vjezdu vozidla do tunelu. Týká se to vozidel, jež by mohla potenciálně ohrozit provoz v tunelu (přeprava ADR atd.). Prvky dohledového systému dle (17) jsou:

- **a)** *Úseková rychlost* – zajišťuje kontrolu dodržování rychlosti na daném úseku.
- **b)** *Vzdálenost mezi vozidly* – zajišťuje kontrolu dodržování vzdálenostních odstupů mezi vozidly.
- **c)** *Termovize* – prvek zajišťuje kontrolu teploty vozidla před vjezdem do tunelu.

Dorozumívací zařízení

Zajišťuje uživatelům předávání informací pomocí rádiového vysílání, popřípadě prostředky umístěnými v tunelu (ozvučovací zařízení). Je umožněno spojení prostřednictvím mobilních telefonů a spojení se složkami IZS. Prvky tohoto subsystému dle (17) jsou:

a) *Rozhlasová stanice* – informace veřejné rozhlasové stanice.
b) *Ozvučovací zařízení* – informace pro uživatele tunelu prostřednictvím zařízení instalovaného uvnitř tunelu (reproduktory).
c) *Rádiová komunikace IZS* – umožňuje komunikaci složek IZS uvnitř tunelu.
d) *Rádiová komunikace servisních složek* – komunikace servisních složek a správcovské organizace uvnitř tunelu.
e) *Operátor mobilní telefonní sítě* – komunikace mobilním telefonem uvnitř tunelu. (17)

Spojovací zařízení

Možnost spojení se s operátorem tunelu a složkami IZS prostřednictvím zařízení uvnitř tunelu (SOS hlásky nebo alarmová tlačítka). Prvky spojovacího zařízení jsou dle (17):

a) *Telefon* – verbální komunikace mezi uživatelem tunelu a operátorem.
b) *Tlačítka* – povolání složky IZS nebo odtahové služby.

Požární zabezpečení

Zajišťuje bezpečnost při vzniku požáru. Tímto zařízením je požár likvidován v případě jeho vzniku. Prvky požárního zabezpečení jsou dle (17):

a) *Hydranty* – napájení hadic vodou.
b) *Vodovod* – zajištění přívodu vody.

Značení únikových cest

Zajištění rychlé a snadné orientace uživatelů tunelu při vzniku NU. Bezpečné navedení od místa vzniku události do místa, kde bude uživatel mimo ohrožení života touto událostí. Prvky použitými pro značení únikových cest jsou bezpečnostní značky, kterými je uživatel směrován k bezpečnému východu. (17)

2.1.2 Subsystém ventilace

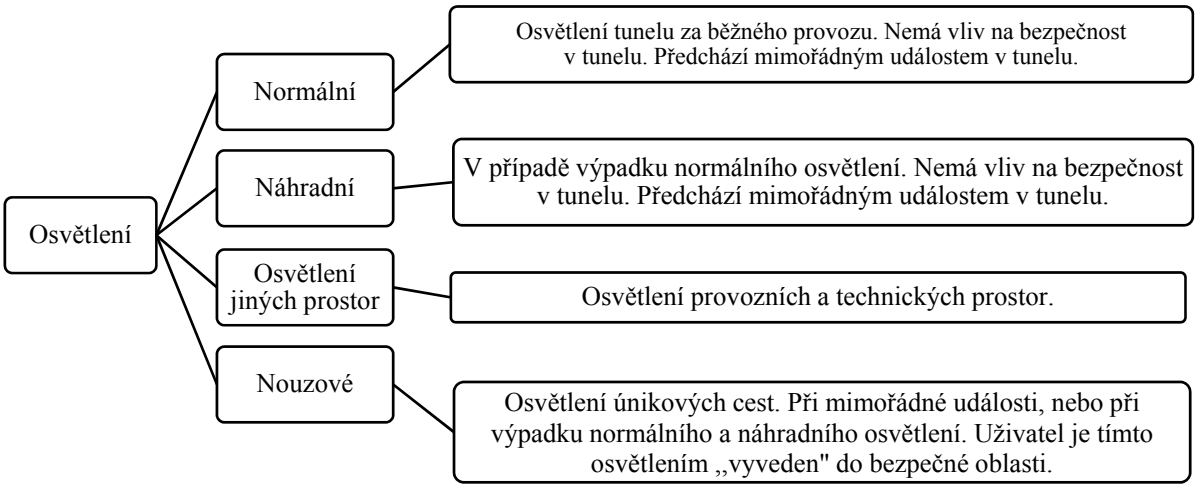
Ventilace musí zabezpečit přípustné meze koncentrace škodlivin v tunelu za všech možných stavů (normální, zvláštní a mimořádný stav). Musí zajistit dobrou viditelnost pro průjezd tunelem při znečištění vzduchu způsobeného emisemi z provozu v tunelu. Musí také zajistit snížení účinku

kouře a tepla při požáru vozidla, působícího na osoby nacházející se v tunelu, včetně složek IZS. Návrh ventilačního zařízení provádí výpočtem projektant dle technických podmínek TP 98. (17)

2.1.3 Subsystém osvětlení

Subsystém osvětlení zahrnuje všechny formy osvětlení, nacházející se v tunelu. Ne každý tunel je vybaven všemi typy osvětlení. V tunelech kratších než 25 m se osvětlení ve dne nevyžaduje. Instalace náhradního osvětlení, nouzového únikového osvětlení a značení únikových cest závisí na kategorii tunelu TA, TB, TC. (17), (18)

Dělení subsystému osvětlení na další dekompoziční úrovně je znázorněno na obr. 7.

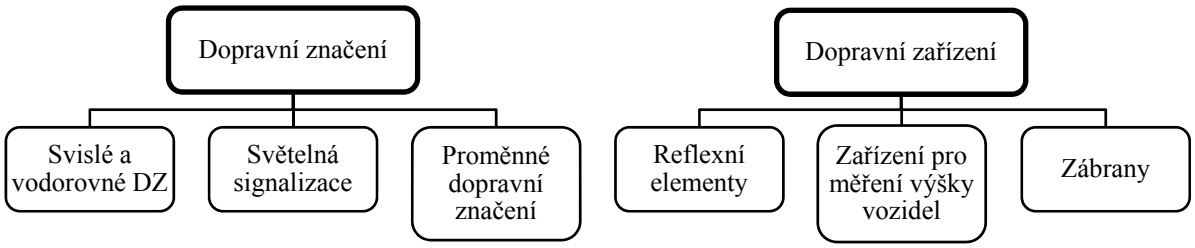


Obr. 7 Subsystém osvětlení

Zdroj: (17), (18), Autorka

2.1.4 Dopravní subsystém

Dopravní subsystém má za úkol realizovat plynulý průjezd vozidel tunelem. To znamená, že veškeré usměrňování provozu se provádí před tunelem a samotná jízda v tunelu by měla být plynulá bez nutnosti měnit směr nebo rychlost vozidla. Takový stav skladby jízdního proudu v tunelu zajistí bezpečnost, ekologičnost i ekonomičnost provozu.



Obr. 8 Dopravní subsystém

Zdroj:(17), Autorka

Dopravní subsystém znázorněný na obr. 8 musí zajistit požadovanou bezpečnost za všech možných stavů v tunelu (standardní, zvláštní, mimořádný stav), ochranu uživatelů, a pokud je to třeba, zamezit dalšímu vjezdu uživatelů do tunelu. Při zvláštním a mimořádném stavu se provoz řídí podle pokynů v předem stanovených scénářích. (17)(18)

2.1.5 Řídicí subsystém

Integruje všechny subsystémy v tunelu a řídí provoz v reálném čase. Všechna data, která získává, poskytuje ostatním zařízením. Archivuje statická data z oblasti dopravy, monitoruje činnost elektropožární signalizace, zaznamenává fyzikální data (teplota, obsah CO_2, NOx v ovzduší atd.), videosekvence a další. V tunelu je vždy jen jeden řídicí systém a jeden způsob řízení.

2.1.6 Subsystém provoz

Účelem tohoto subsystému je zajistit provoz a chod tunelu a shromažďovat statické údaje. Poskytuje podklady pro ekonomické analýzy a umožňuje stanovení bezpečnostních potřeb a požadavků jako součást rizikové analýzy.

2.2 Bezpečnost v tunelu

Míra rizika při průjezdu tunelem se celosvětově považuje za stejnou, jako při jízdě mimo něj. Některé zdroje v literatuře dokonce uvádějí, že jízda v tunelu je bezpečnější než na pozemní komunikaci v terénu. Všechny zdroje se však shodují, že bezpečnostní opatření v tunelech je vyšší, což dokládají všechny zákony, nařízení vlády, normy, technické podmínky a metodické pokyny. Všeobecně platí, že pokud dojde k nehodě, v tunelu nese závažnější následky. Při určování míry rizika je třeba řádně zvážit situace, kterým jsou účastníci provozu vystaveni nad rámec jízdy v otevřeném terénu, a toto riziko následně snížit na nejnižší možnou úroveň. Dosažení bezpečnosti na požadovanou úroveň v praxi řeší bezpečnostní dokumentace tunelu, která je součástí projektové dokumentace každé stavby. (18)

Řízení rizik je trvalý proces mapující celou dobu provozu tunelu. Rizika v tunelu jsou zohledněna z hlediska scénářů událostí a jejich následků. Proto se nedá riziko vyjádřit jedním číslem nebo následkem daného stavu, ale jde o souhrn rizik při určitých situacích. Míra rizika bude jiná v případě požáru nákladního automobilu kategorie N3 nebo v případě zastavení vozidla v tunelu vlivem poruchy. Míru rizika je třeba zohlednit z normativního hlediska i z hlediska možných scénářů událostí a následků. Jedině tak může být klasifikována jejich přijatelnost či nepřijatelnost ve vztahu k jejich četnosti. (18)

V oblasti řízení rizik jsou definovány pojmy dle (18):

a) *Bezpečnost tunelu* – bezpečnost, ochrana osob, majetku a okolí stavby.

b) *Riziko* – očekávaný rozsah následků nepříznivých jevů. Vyjádření míry rizika se stanovuje, jako součin pravděpodobnosti výskytů daného jevu (nehody) a jeho nežádoucích následků.

c) *Společensky přijatelné riziko* – stupeň rizika, které ještě není jednotlivcem nebo společností vnímáno jako vážné a které může být považováno za referenční bod v kritériu rizik

2.3 Dokumenty bezpečnostní politiky

Dokumenty zpracovanými v souvislosti s bezpečnostní politikou jsou především provozní dokumentace a bezpečnostní dokumentace.

Provozní dokumentace obsahuje dopravní řád, provozní řád a havarijní karty. Tyto dokumenty specifikují činnost dispečinku při standardním stavu, zvláštním stavu a mimořádném stavu. Popisují všechny možné stavy a jejich kombinace, které mohou v tunelu nastat. Zároveň jsou návodem pro operátory a dispečery, jak tyto situace řešit. (2)

Bezpečnostní dokumentace se dělí podle tří základních fází. První fází je výstavba tunelu, při které se zpracovává dokumentace, jako je analýza rizik, hodnocení rizikových situací, posouzení bezpečnosti nezávislým orgánem a požárně bezpečnostní řešení. Druhou fází je uvedení tunelu do provozu, tato fáze zahrnuje popis organizačních opatření, plán řešení nebezpečných situací, způsob monitorování rizik a dokumentaci požární ochrany. Ve třetí fázi je již tunel v provozu. V průběhu provozu se zpracovávají zprávy o mimořádných událostech, pokud k takovým dojde, vytvářejí se seznamy provedených cvičení, plány protikrizových opatření. Je také vedena dokumentace o provozu, kontrole, údržbě a opravách požárně bezpečnostních zařízení. (2)

2.4 Nebezpečné události a režimy v tunelu

V této kapitole jsou uvedeny typy událostí a stavů, které mohou nastat v silničním tunelu. Obvykle jsou tyto nebezpečné události předmětem analýzy rizik. Bezpečnost účastníků provozu může být ovlivněna nejen událostmi způsobenými jinými účastníky provozu, ale příčinou může být i problém v technologii tunelu, jako například výpadek řídicího systému. Na spolehlivost systému jsou prováděny výpočty, které nejsou součástí této práce.

Dle (19) se rozlišují tři základní typy událostí, které mohou mít vliv na bezpečnost, zdraví či materiální škody v tunelu. Každá z těchto tří událostí má jinou pravděpodobnost nastání a jiný dopad na výsledné škody:

a) zastavení vozidla,
b) nehoda,
c) požár.

Při každé události je nastaven jiný režim tunelu. Režimem tunelu se rozumí stav, ve kterém se tunel nachází. Dle (18) se rozlišují tři režimy tunelu:

a) normální režim,
b) zvláštní režim,
c) mimořádný režim.

2.4.1 Zastavení vozidla

Jedná se o událost s nejčastějším výskytem ze všech typů událostí. Je zároveň nejméně závažná a většinou se obejde bez újmy na zdraví a materiálních škodách. Důvodů k zastavení vozidla v tunelu může být nespočet, od poruchy motoru po defekt pneumatiky, vždy je však důležitá včasná reakce dispečerů dopravy a operátorů technologie. Zastavení vozidla je vždy zdrojem potenciálního nebezpečí, s tím roste i pravděpodobnost vzniku jiné události, jako je nehoda a požár. Po vzniku této události dispečer přebírá dohled nad provozem, popřípadě uzavře jeden jízdní pruh, v němž vozidlo stojí. Ve zvláště závažných případech dispečer uzavře tunelovou troubu a v druhé tunelové troubě nastaví obousměrný provoz. Zahraniční literatura (20) uvádí, že zastavení vozidla je 10–11 krát častější než nehoda s hmotnou škodou.

2.4.2 Nehoda

Nehoda je charakteristická náhlou změnou dopravního proudu (rychlosti). Tento stav nemusí nutně vyvolat následnou kongesci, ale ohrožuje bezpečnost provozu v tunelu. Vznik kongesce

je v tomto případě závislý na intenzitě a hustotě dopravního proudu, ta se odvíjí od denní doby, ve které k této události došlo (špička či sedlo). Se vznikem kongesce v tunelu klesá bezpečnost provozu a stoupá riziko vážnějších následků v případě další neočekávané NU. Se vznikem události „Nehoda“ stoupá riziko události „Požár“. Proto je nutné včas reagovat na NU a přistoupit k okamžitému řešení situace. (18)

2.4.3 Požár

Jde o událost, která je spojena s ohrožením zdraví osob v tunelu a zároveň s sebou nese dlouhodobější uzavření tunelu, jeho revizi a případné opravy. Jde však o událost s nejnižší pravděpodobností vzniku.

Charakteristickým rysem události je otevřený oheň vozidla v uzavřeném prostoru tunelu s tvorbou kouře a jeho šířením. Na ztráty na životech nemá překvapivě největší podíl oheň, ale vzniklý kouř, který obsahuje toxické a škodlivé látky bránící dýchání. Této události může předcházet událost „Nehoda“ nebo „Zastavení vozidla“. Může vzniknout i samovolně vlivem poruchy vozidla (technická závada, přehřátí brzd) či vznícením nákladu. Je důležité tuto událost detekovat v co nejkratším čase. I zásah musí být proveden co nejrychleji a tak, aby nedošlo k rozšíření požáru na další vozidla, k následnému ohrožení životů účastníků provozu a dalším materiálním škodám nejen na vozidlech, ale také na konstrukci tunelu. (18)

2.5 Výbava řízení tunelu

Nebezpečné události/stavy (NU/NS) lze detekovat nejrůznějšími způsoby, jako jsou videodohled, měřicí zařízení či jinými způsoby.

2.5.1 Použití videodohledu

Podle závažnosti se NU dělí na nebezpečné události a havarijní události.

Nebezpečné události

Dle literatury (15) patří mezi nebezpečné události detekované operátorem dopravy pomocí videodohledu nebo nahlášením události:

- **a)** zastavení vozidla,
- **b)** dopravní nehoda,
- **c)** pomalu jedoucí vozidlo,
- **d)** pokles rychlosti dopravního proudu pod definovanou mez,
- **e)** předmět na vozovce,

f) tunelový dopravní úsek neprůjezdný,

g) zvíře nebo člověk v tunelu,

h) jiné události stanovené provozním řádem daného tunelu a vyhodnocené operátorem jako nebezpečná událost (nebezpečná látka v tunelu, závažná porucha řídicího systému, atd.).

Mezi nebezpečné události detekované dispečerem technologie pomocí řídicího systému, videodohledu či nahlášením události dle (19) patří:

a) poruchy technologických zařízení,

b) měření sledovaných veličin neodpovídá předpokladům,

c) neočekávaná manipulace na zařízení řídicího systému.

K nebezpečným událostem vyhodnoceným automatickou detekcí škodlivin řídicího systému v tunelu pomocí měřících zařízení dle (19) patří:

a) zvýšení koncentrace CO/NO/NO_2 nad výstražnou hodnotu,

b) zvýšení opacity nad výstražnou hodnotu,

c) zvýšení koncentrace CO/NO/NO_2 nad kritický limit,

d) zvýšení opacity nad kritický limit. (15)

Vyhodnocením opacity se rozumí míra schopnosti detekčního zařízení pohlcovat záření a charakterizovat neprůhlednost resp. průhlednost těles. V tomto případě jde o viditelnost v TT při vzniku požáru.

Havarijní události – požár

Detekce vzniku požáru pomocí elektronické požární signalizace (EPS) nebo dispečerem/ operátorem pomocí videodohledu:

a) požár v tunelu,

b) požár v technologických prostorách tunelu.

Havarijní události – vozidlo v protisměru

Detekce vozidla jedoucího v protisměru operátorem dopravy pomocí videodohledu.

2.5.2 Použití videodetekce

Videodetekce je uživatelsky řízena operátorem dopravy (OD) a umožňuje funkci blokování jednotlivých typů NU, globální blokování vybraných typů NU, blokování NU při uzavření tubusu a blokování NU při přepínání osvětlení. OD při zjištění NU vyhodnotí a posoudí, zda se jedná

o planý poplach. V případě, že se nejedná o planý poplach, OD rozhodne o výběru a spuštění příslušné odezvy řídicího systému, která slouží k řešení krizové situace.

Nebezpečné události

- **a)** Zastavení vozidla,
- **b)** osoba v TT,
- **c)** předmět na vozovce (ztráta nákladu).

Havarijní událost

- **a)** Kouř v zorném poli – akutní nebezpečí požáru, alarm má vazbu na EPS, řídicí systém (ŘS) provádí přestavení příslušné kamery na alarmový monitor a vyvolává výstražné okno, jiná automatická odezva na tuto událost není, rozhodnutí závisí na OD.
- **b)** Vozidlo v protisměru – alarm má vazbu na ŘS, který provádí přestavení příslušné kamery na parmový monitor a vyvolává výstražné okno, jiná automatická odezva na tuto událost není, rozhodnutí závisí na OD.

2.6 Shrnutí bezpečnosti v silničních tunelech

Bezpečnost tunelu ovlivňuje mnoho faktorů. Na bezpečnosti se podílí celá řada bezpečnostních systémů a zařízení, které se dělí na bezpečnostní a technické. Některé slouží k bezpečnosti po celou dobu provozu tunelu, některé zajišťují bezpečnost až v okamžiku NU. V této kapitole byly podrobně rozebrány jednotlivé subsystémy a vysvětleny pojmy, jako jsou riziko, míra rizika, společensky přijatelné riziko. Vysvětleny jsou i jednotlivé režimy tunelu, základní NU a prostředky pro detekci těchto událostí.

3 ANALÝZA RIZIK V TUNELU RADEJČÍN

Silniční tunel Radejčín byl zvolen pro zpracování v této práci zejména pro jeho aktuálnost. Tunel byl otevřen 17. prosince 2016. Dalším důvodem, který vedl k volbě tunelu Radejčín, je přístup k podrobným materiálům týkajícím se stavby tunelu, jako jsou predikce intenzity dopravy na rok 2030, riziková analýza zpracovaná v rámci bezpečnostní dokumentace stavby tunelu Radejčín a data získaná při reálné zkoušce požáru v tunelu, která se konala 20. října 2016 v pravé tunelové troubě.

V této kapitole je řešena **analýza rizik v tunelu Radejčín**, který se nachází na novém úseku dálnice D8 mezi Litoměřicemi a Ústí nad Labem. Riziková analýza je zpracována v rámci výstavby tunelu Radejčín. Zhotovitelem rizikové analýzy je Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství a je součástí bezpečnostní dokumentace objektu SO F 602 tunel Radejčín. Na tuto analýzu navazuje simulace provedená v této práci pomocí programu CAPITA, která udává počty uvězněných osob a celkové ztráty na lidských životech při vzniku nebezpečné události. Při zadávání technických údajů se simulace opírá o data z provedené rizikové analýzy.

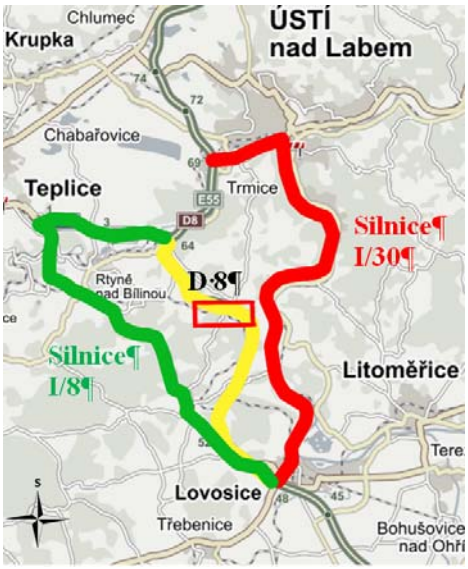
3.1 Tunel Radejčín

Tunel Radejčín (58,760 – 59,380 km) je součástí stavby 0805, Lovosice – Řehlovice na dálnici D8 Praha – Ústí nad Labem – státní hranice ČR/Spolková republika Německo (SRN). Jedná se o stavbu dálnice D27,5/120 (80 v tunelech) v celé délce 16,4 km. Od jihu stavba navazuje na již provozovanou dálnici D8 Praha – Lovosice, na severu se napojuje na provozovaný úsek Řehlovice – Trmice. Celková délka stavby je 16,4 km. Její součástí jsou 3 mimoúrovňové křižovatky, 2 dálniční tunely, 18 dálničních mostů a 9 nadjezdů. Dále přeložky silnic, polních cest a místních komunikací, přeložky všech druhů inženýrských sítí, objekty vodohospodářské, rekultivace, vegetační úpravy a potřebná protihluková opatření.

3.1.1 Situování tunelu Radejčín

Stavba dálnice D8 Praha – Ústí nad Labem – státní hranice ČR/SRN navazuje v prostoru Lovosic na provozovanou stavbu 0804 dálnice D8 a na druhém konci navazuje na vybudovanou a již provozovanou část dálnice 0806 Řehlovice – Trmice. Tunel Radejčín se nachází v Ústeckém kraji v blízkosti obcí Prackovice a Radejčín. Na obr. 9 je v červeném obdélníku vyznačeno v mapě místo, kde se tunel Radejčín nachází. Pražský portál (konec/začátek tunelu směřující do/z Prahy) tunelu Radejčín plynně navazuje na mostní objekt překlenující mírné údolí s vodotečí.

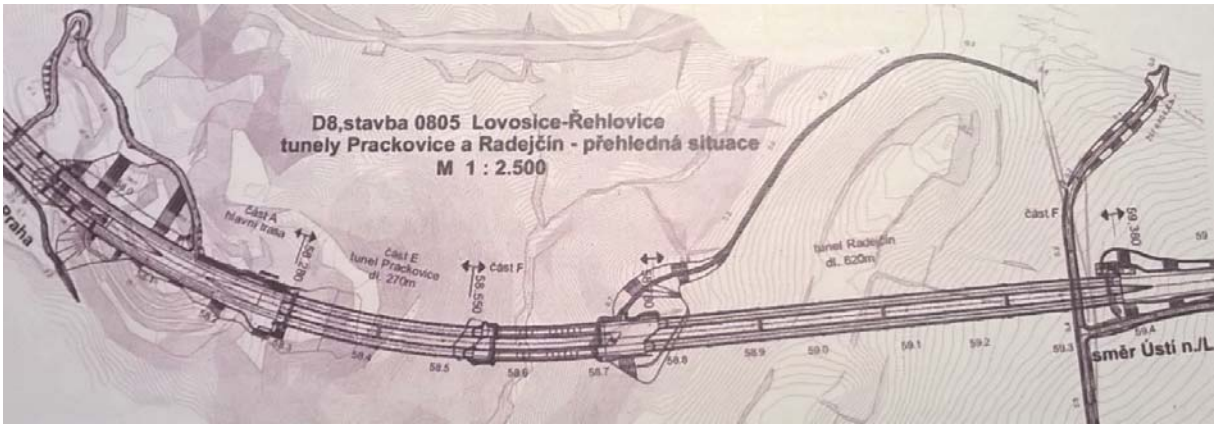
V místě ukončení mostní konstrukce je napojení na další tunel s názvem Prackovice. Tunel Prackovice je dlouhý 270 m a není součástí řešení této práce. Trasa nového úseku dálnice D 8 je v obr. 9 vyznačena žlutě, alternativní trasy při uzavření D8 jsou vyznačeny zeleně (I/8) a červeně (I/30).



Obr. 9 Situování tunelu Radejčín

Zdroj: (21), Autorka

Přehledná situace tunelů Prackovice a Radejčín je zobrazena na obr. 10. Nad Ústeckým portálem tunelu Radejčín je vedena komunikace S/25834, která zároveň slouží jako příjezdová trasa pro složky IZS. Směrem k Pražskému portálu vede nově zbudovaná účelová komunikace sloužící výhradně pro složky IZS.



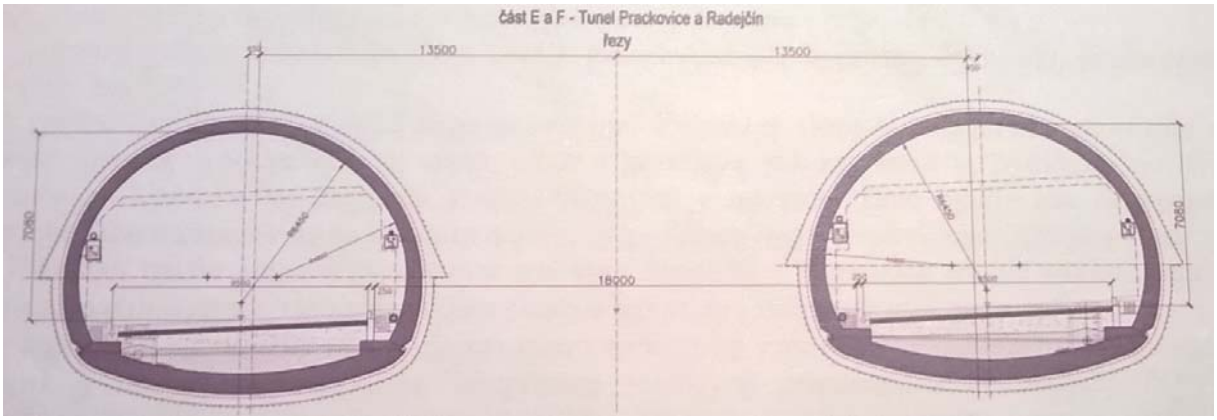
Obr. 10 Tunely Prackovice a Radejčín

Zdroj: (21)

3.1.2 Typ tunelu

Tunel Radejčín je dálničním tunelem se dvěma tunelovými troubami přibližně stejných délek (PTT – pravá tunelová trouba 620 m a LTT – levá tunelová trouba 600 m), při běžném provozu každá tunelová trouba slouží pro jeden směr. Každá z tunelových trub je dvoupruhová, kategorie T 9,5. Tunelové pásy jsou šířky 9,5 m v uspořádání 0,5 + 3,75 + 3,75 + 0,25 + 1,25 a se dvěma chodníky po obou stranách šířky 1 m. Trasa tunelu Radejčín je vedena v přímé (trasa je rovná, bez směrových oblouků). Pro zvýšení bezpečnosti jsou tunelové trouby propojeny třemi propojkami. Jimi bude umožněn únik osob nebo vstup pro záchranné složky přes druhou tunelovou troubu. Vzdálenost propojek od tunelových portálů je 145 m, mezi propojkami je pak vzdálenost 160 m a 170 m. Tunelové propojky jsou osazeny z každé strany trub dveřmi a jsou přetlakově větrány. V tomto prostoru je udržován přetlak sloužící k zamezení vniku kouře do propojky a následně do druhé tunelové trouby i při otevření dveří. (15), (21), (22)

Příčný řez oběma tunelovými troubami je znázorněn na obr. 11.



Obr. 11 Příčný řez tunelovými troubami – tunel Radejčín

Zdroj: (21)

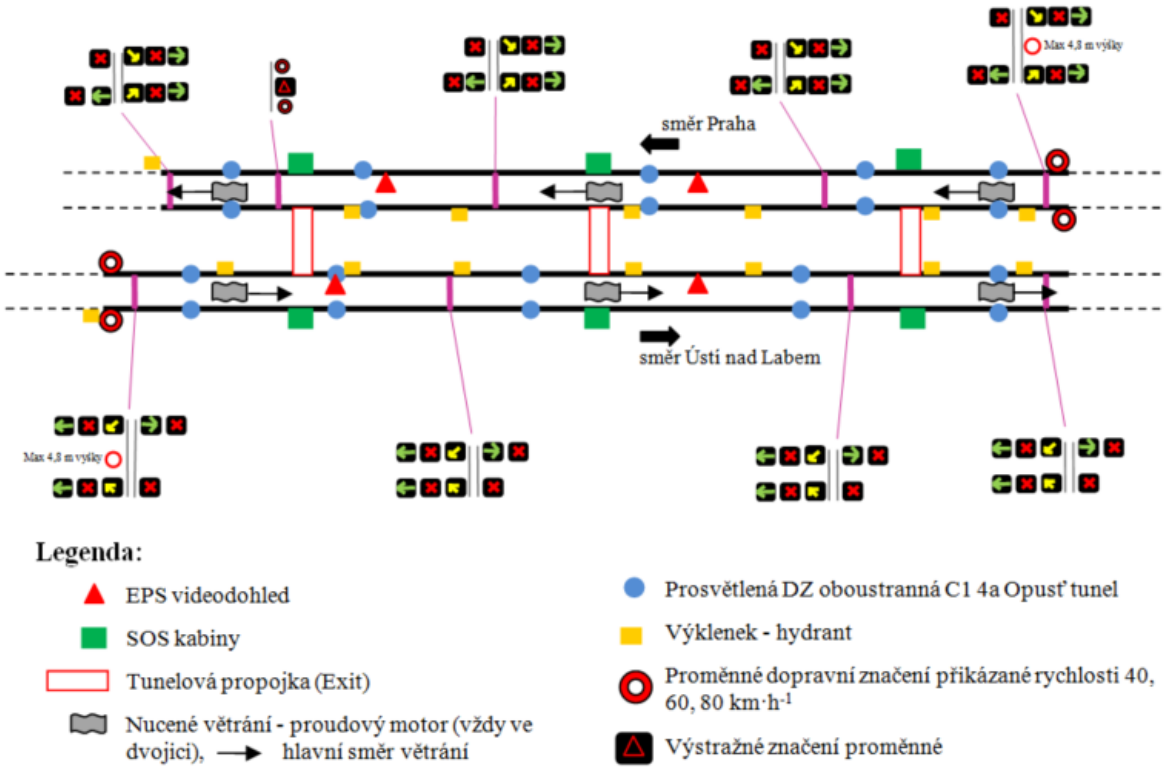
Vzhledem k délce tunelu je nutné dle Směrnice EU a Rady 2004/54/ES o minimálních bezpečnostních požadavcích na tunely transevropské silniční sítě, která se vztahuje na všechny tunely delší než 500 m, vypracovat bezpečnostní dokumentaci. Součástí bezpečnostní dokumentace je již zmiňovaná riziková analýza.

Na základě druhu a kategorie PK a predikce intenzity dopravy do roku 2030, skladbě a délce tunelu, je typ tunelu zvolen vhodně se dvěma tunelovými troubami. Propojení třemi tunelovými propojkami je dostačující. Vzdálenosti mezi propojkami jsou v poměru k délce tunelu krátké a usnadňují tak únik osob z tunelu při vzniku NU. Lze konstatovat, že typ tunelu a jeho stavební uspořádání je zvoleno vhodně vzhledem k bezpečnosti účastníků provozu v tunelu.

3.1.3 Vybavení tunelu

Tunel je vybaven SOS sloupky a SOS skříněmi, proměnným dopravním značením, osvětlením včetně nouzového osvětlení, nuceným větráním pomocí proudových ventilátorů, uzavřeným televizním okruhem, radiovým spojením se složkami IZS, spojovacím a dorozumívacím zařízením, elektronickou požární signalizací (EPS), centrálním řídicím systémem, přetlakovým větráním spojovacích chodeb, a informačním rozhlasem. (21), (23)

V tunelu jsou nainstalována technologická a bezpečnostní vybavení, která má tunel obsahovat dle technických podmínek. V této oblasti není třeba pro tunel Radejčín navrhovat nová či dodatečná řešení pro dovybavení tunelu. Všechna instalovaná zařízení splňují požadavky na vybavení tunelů na pozemních komunikacích.



Obr. 12 Vybavení tunelu – schéma

Zdroj: (22), Autorka

Rozmístění zvoleného vybavení tunelu je schematicky zobrazeno v obr. 12. V horní části vyobrazení je LTT a ve spodní části PTT. Všechny schematické značky jsou vysvětleny v legendě. Jejich umístění odpovídá reálnému stavu. Fialové předěly v TT označují místa, kde je instalováno podsvícené dopravní značení, k nimž jsou uvedeny legendy s umístěním jednotlivých signálů. Za standardního stavu tunelu v obou TT jsou aktivní zelené šipky určující

směr jízdy v obou pruzích. Při zvláštním či mimořádném stavu jsou využívány ostatní světelné signály. Při obousměrném využití jedné TT je vždy v jednom jízdním pruhu aktivní zelený světelný signál a v druhém jízdním pruhu červený signál. Pro odklonění dopravy pouze do jednoho jízdního pruhu (TT využívána jednosměrně s jedním uzavřeným jízdním pruhem) je využíváno žlutého signálu, jehož šipka ukazuje na jízdní pruh, do kterého se má vozidlo zařadit.

V tunelu Radejčín jsou tyto světelné signály dostatečně podsvíceny a jsou zřetelné i za snížené viditelnosti. Tyto signály ovládá operátor dopravy v dispečerském centru pro tunel Radejčín v SSÚD Řehlovicích.

Pro případ mimořádného stavu v tunelu, například požáru, který vyžaduje evakuaci osob, se aktivují zvukové signály „Opusť tunel, požár v tunelu“ ve dvou světových jazycích (angličtina a němčina) a v jazyce českém. Zároveň se aktivují všechny dopravní značky C1 4a „Opusť tunel“ viz obr. 13 (vlevo reálné foto z tunelu Radejčín, vpravo ukázka dopravní značky). Pro případ vzniku NU, kdy je třeba evakuovat osoby, je tato dopravní značka poměrně neúplná. Dává sice informaci o tom, že by se měly osoby evakuovat, ale nijak jim nenaznačuje, jakým způsobem by evakuaci měli provést, zda mají tunel opustit v dopravním prostředku, či mají opustit vozidlo a vydat se směrem k nejbližšímu exitu pěšky. Zvukový signál jim také neposkytuje informaci o tom, jak by se za dané situace osoby měly zachovat, pouze je upozorňuje na nebezpečí o NU a přikazuje k opuštění tunelu. Na ostění tunelu jsou nakresleny směrové šipky s nápisem „Exit“ vždy tak, aby evakuující se osoby věděly, kudy se vydat k nejbližšímu exitu. To však neřeší situaci, kdy účastníci provozu mohou nabýt dojmu, že tunel mají opustit ve vozidle.

Obr. 13 Dopravní značení – „Opusť tunel“

Zdroj: Autorka

V případě, že se řidič rozhodne opustit tunel v dopravním prostředku, například z důvodu, že je v prvních 50 m za vjezdem do tunelu a neví, že tunelem nelze projet, najede dál do tunelu a zvyšuje tak počet uvězněných osob v tunelu a snižuje šanci na záchranu. Vzhledem ke skutečnosti, že tato situace může nastat, by bylo vhodné účastníkům provozu podat přesnější informace. Informativní značení by mohlo například vypadat takto „Zastav vozidlo a opusť tunel“

nebo kratší verze „Zastav a opusť tunel“. Tato informace by byla podávána i ve zvukové formě, pomocí rozhlasu.

3.1.4 Provoz v tunelu

V běžném dopravním provozu a standardním stavu tunelu budou pro provoz používány tunelové trouby jednosměrně. V případě zvláštního či mimořádného stavu v jedné z tunelových trub bude druhá využívána obousměrně a maximální dovolená rychlost se sníží na 60 $km \cdot h^{-1}$. Údržba bude prováděna 4× ročně čtvrtletní servisní údržbou. (15), (24)

Provoz v tunelu je sledován nepřetržitě 24 hodin denně z dispečerského centra SSÚD v Řehlovicích. Odtud je centrálně řízena bezpečnostní signalizace na trase dálnice D8 a v tunelech. Na řízení a dohledu se zde podílejí pracovníci ŘSD ČR a pracovníci dálničního oddělení Policie ČR. Centrum v SSÚD Řehlovicích je řídicím centrem tunelů Libouchec a Panenská a od prosince 2016 přibylo řízení tunelů Prackovice a Radejčín.

Provoz v tunelu je rozdělen na tři provozní stavy v tunelu, kterými jsou dle (15):

- **a)** standardní stav tunelu,
- **b)** zvláštní stav tunelu,
- **c)** mimořádný stav tunelu.

Standardní provozní stav tunelu nazývaný „Standardní stav“ je základním režimem v tunelu. Provoz je charakterizován bezpečným a plynulým dopravním provozem v obou TT a bezproblémovou činností technologie tunelu. V tunelu ani provozních prostorách tunelu neprobíhají opravy a doprava i technologie pracují v řádném režimu. V celé délce vozovky jsou otevřeny všechny jízdní pruhy a nejsou nastavena žádná omezení provozu dopravy v tunelu. Technologické zařízení nevykazuje žádné poruchy a komunikace mezi tunelem, operátorským pracovištěm a technologickým dispečinkem je bezproblémová, videodetekce a videodohled pracují bez závad. Dispečer technologie se nepodílí na řízení technologie, nevydává žádné povely, pouze monitoruje chování a stav technologického zařízení. Všechno nastavení probíhá automaticky. (24)

Zvláštní stav provozu v tunelu je režim tunelu, který je charakterizován určitými problémy při provozu tunelu, technologického zařízení nebo v dopravě. Tyto problémy obvykle vedou k omezení provozu dopravy na vjezdech tunelu nebo k omezení počtu jízdních pruhů (JP). V prostoru tunelu není požár, nehrozí nebezpečí vzniku požáru nebo ohrožení účastníků provozu na pozemní komunikaci nebezpečnými látkami, není vyhlášena povodňová pohotovost. Zvláštní

stav lze charakterizovat poruchami technologií, výpadkem DZ, nehodou malého rozsahu či překážkou, omezením dopravy vyžadující účast policie, opravou a údržbou tunelu. (24)

Mimořádný provozní stav tunelu „Mimořádný stav“ je popsán většími problémy při provozu tunelu, nebo v dopravě, které obvykle vedou k významnému omezení dopravy na vjezdech do tunelu, snížení počtu JP i k uzavření jedné nebo obou TT pro dopravu. Je zde nebezpečí vzniku požáru, či existuje požár. Z hlediska dopravy vede mimořádný stav k uzavření alespoň jedné TT pro dopravu. Vznik nebezpečí ohrožení účastníků provozu nebezpečnými látkami, vznik dopravní krize se zraněním osob vede k zařazení provozního režimu tunelu do mimořádného stavu. V takovéto situaci operátor dopravy ovládá dopravní činnost řídicího systému a úzce spolupracuje s dispečerem technologie. Po identifikaci mimořádného stavu řídicí systém uzavře od vjezdu do TT do místa události JP, ve kterém byla NU detekována. Nebezpečná událost vedoucí k mimořádnému stavu vyžaduje účast policie (obvykle na místě) a obvykle i účast ostatních složek IZS. Přechod do mimořádného stavu tunelu je dle (15) možný v těchto případech:

a) poruchy technologie většího rozsahu,
b) výpadek ventilace – vede k omezení funkčnosti požárního větrání,
c) výpadek dodávky elektrické energie,
d) vznik dopravní krize – nehoda většího rozsahu, požár,
e) nebezpečí vzniku požáru,
f) ohrožení účastníků silničního provozu nebezpečnými látkami,
g) dosažení havarijní hladiny v akumulační nádrži technologických nebo drenážních vod,
h) teroristický čin, demonstrace,
i) jiné nebezpečí.

3.1.5 Intenzita dopravy

Vzhledem k tomu, že tunel Radejčín se nachází na nově zbudovaném úseku dálnice D8, je intenzita dopravy stanovena odhadem, nikoli průzkumem intenzity dopravy. Intenzitou za den je myšlena intenzita za 24 hodin.

Odhadovaná intenzita dopravy je 23 280 ekvivalentních vozidel za 24 hodin. (22)

Intenzita dopravy v současné době není stanovena, vzhledem ke krátké době provozu D8 na úseku Lovosice – Řehlovice.

Intenzitou dopravy se tunel Radejčín řadí mezi střední tunely kategorie TA. Podíl nákladních automobilů (NA) je nad 15 %, proto je uvažován požár o výkonu 50 MW. Intenzita dopravy je převzata z dopravního řešení zpracovaného společností Pragoprojekt a.s., Praha v červnu 2006.

Tunel Radejčín se nachází na nově zbudovaném úseku dálnice D8 Lovosice – Řehlovice. V době před dostavbou tohoto úseku byly využívány dvě alternativní trasy. První trasa vedla po silnici I/30 vedoucí podél Labe z Lovosic do Ústí nad Labem. Druhá alternativní trasa vedla po silnici I/8 vedoucí Českým středohořím. Intenzity dopravy na těchto alternativních trasách ze sčítání dopravy jsou v tab. 4. Zobrazení alternativních tras je vyznačeno na obr. 9.

Tab. 4 Intenzita dopravy 2010 – alternativní trasy

Alternativní trasa	Intenzita dopravy [voz·den^{-1}]
I/30	9 924
I/8	8 545

Zdroj: (25)

Pokud bylo v řešení z roku 2006 předpokládáno, že 80 % intenzity z těchto alternativních tras bude odkloněno na dálnici D8, pak měla v roce 2010 být intenzita na D8 14 775 voz·den^{-1}. Do roku 2030 je intenzita predikována na 23 280 voz·den^{-1}, jde o nárůst o 8 505 voz·den^{-1}.

Trasa Lovosice – Řehlovice:

Výhledová intenzita provozu pro rok 2030 pro oba jízdní směry je 40 330 voz ·den^{-1}. (24)

MÚK (mimoúrovňové křížení) Bílinka – MÚK Řehlovice:

Výhledová intenzita provozu pro rok 2030 je 20 470 voz·den^{-1}, z toho 1 480 lehké NA do 3,5 t a 6 410 ostatní NA nad 3,5 t. (24)

MÚK Řehlovice - MÚK Bílinka

Výhledová intenzita provozu pro rok 2030 je 19 860 voz·den^{-1}, z toho 1 480 lehké NA do 3,5 t a 5 440 ostatní NA nad 3,5 t. (24)

Intenzity dopravy jsou zpracovány jako součást bezpečnostní dokumentace v příloze Bezpečnostní expertiza. (24).

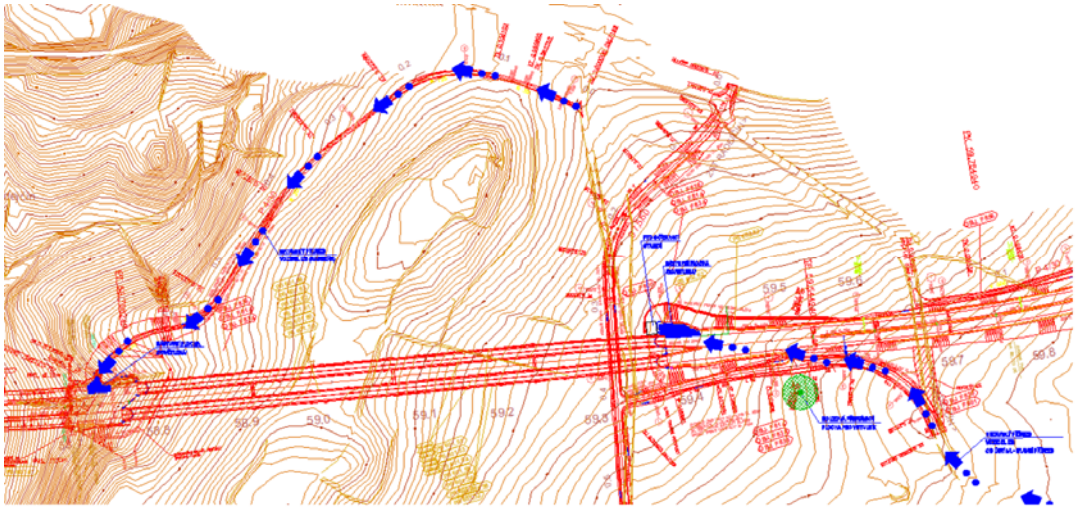
3.1.6 Příjezdy a přístupy

Příjezdové trasy k nástupní ploše u tunelu (v místě požárně technického objektu – PTO) jsou vedeny po dálnici a místních komunikacích. Jeden směr je veden od Ústí nad Labem přes obce Dubice k Ústeckému portálu, druhý směr od prostoru spojovacího mostu mezi tunely po obslužné komunikaci od železniční stanice Radejčín a končí u Pražského portálu tunelu.

Obr. 14 Ústecký portál, LTT a PTO

Zdroj: Autorka

Nástupní plocha tunelu Radejčín pro nástup záchranných složek IZS je u PTO v místě Ústeckého portálu, jak je vidět na obr. 14, kde je zachycen Ústecký portál. Vpravo od portálu je PTO, nouzová přistávací plocha pro primární zásah vrtulníků je navržena v blízkosti PTO.



Obr. 15 Schéma požárního zásahu

Zdroj: (22)

Na obr. 15 jsou modře vyznačeny příjezdové trasy záchranných složek IZS k portálům tunelu Radejčín. Nouzová přistávací plocha pro zásah vrtulníků je zvýrazněna kruhem se zeleným šrafováním. Na obrázku vlevo je situován Pražský portál, ke kterému vede účelová komunikace vybudovaná v rámci stavby tunelu Radejčín. Vpravo se nachází Ústecký portál, kde je PTO. Z tohoto místa řídí velitel zásahu záchrannou akci a je to primární bod, kam složky IZS dojedou nejdříve. Zde velitel zásahu přebírá velení nad celou zásahovou akcí a odtud jí velí. Před jakýmkoli zásahem se musí velitel zásahu dostat do místa objektu PTO. Odtud přebírá velení nad celou zásahovou akcí, a v tomto místě se koncentrují všechna zásahová vozidla. Vzhledem

k prostorovému uspořádání v místě Ústeckého portálu u objektu PTO je zde málo prostoru na odstavení všech zásahových vozidel. Na obrázku je vlevo od Ústeckého portálu u LTT zatravněná plocha, ta fyzicky odděluje obě TT a oba jízdní směry. To je patrné i na obr. 16 (plocha mezi TT). Tato plocha a plocha před portálem má sloužit k odstavení zásahových vozidel. Vzhledem k tomu, že je plocha mezi TT zatravněná, není vhodná pro pojíždění či odstavení zásahových vozidel. Nehledě na složitost při letní údržbě této plochy (sečení).

Obr. 16 Zatravněná plocha před Ústeckým portálem

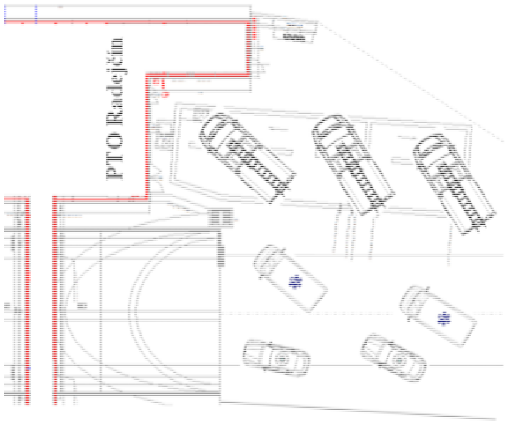
Zdroj: Autorka

Na obr. 17 je pohled na Pražský portál. Jsou zde viditelné mostní konstrukce spojující tunel Radejčín s tunelem Prackovice. Z tohoto pohledu je účelová komunikace pro složky IZS na levé straně vedle LTT.

Obr. 17 Pražský portál

Zdroj: Autorka

Na obr. 18 je schematicky zobrazena plocha před LTT Ústeckého portálu a PTO sloužící pro odstavení zásahových vozidel jednotek IZS. Jsou zde zachycena tři vozidla HZS o délce 7,5 m, šířce 2,55 m a výšce 2,8 m, dále dvě vozidla záchranné služby o délce 5,5 m, šířce 2,05 m a výšce 2,52 m a dvě vozidla Policie ČR typu Škoda Octavia (4,8 x 1,89 x 1,44 m).



Obr. 18 Plocha pro dostavení zásahových vozidel IZS

Zdroj: (15), Autorka

Rozmístění vozidel je takové, aby byl mezi vozidly zajištěn dostatečný prostor pro pohyb zásahových týmů. Z obr. 18 je patrné, že samotná plocha je nedostatečná pro další pohyb a manipulaci s vozidly. Dále se musí předpokládat, že při NU, která si vyžádá evakuaci osob, je třeba přistavit evakuační autobus, tyto evakuované osoby musí čekat před portálem na odvoz. Nebezpečná událost většího rozsahu si vyžádá přítomnost více vozidel zásahových jednotek IZS, než je počet vozidel na obr. 18. Jak je vidět, není už zde prostor pro tyto čekající osoby, ani další vozidla a je nepřijatelné, aby se osoby pohybovaly mezi vozidly IZS.

3.2 Analýza možných rizik

Analýza možných rizik je součástí bezpečnostní dokumentace pro tunel Radejčín. Hodnotí úroveň bezpečnosti tunelu a určuje preventivní a bezpečnostní opatření, jež jsou nutná k zajištění potřebné úrovně bezpečnosti uživatelů tunelu. Bezpečnostní dokumentace se zpracovává v rozsahu stanoveném Nařízením vlády č. 264/2009 Sb. o bezpečnostních požadavcích na tunely pozemních komunikací delších než 500 metrů a Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2004/54/ES o minimálních bezpečnostních požadavcích na tunely TERN. Zahrnuje všechny stavebně-technologické a provozně-organizační informace významné z hlediska bezpečnosti provozu.

Rychlý nárůst osobní dopravy i přepravy nebezpečných látek vyvolává nutnost hodnocení a řízení rizik. Průmyslové podniky vyrábějí a expedují značné množství nebezpečných látek, které představují pro člověka určité riziko spojené především s toxicitou, hořlavostí a výbušností. V České republice i v celém světě dochází čím dál častěji k haváriím při přepravě nebezpečných látek, kdy tyto havárie mají závažné následky na obyvatelstvo, majetek nebo životní prostředí.

Stranou nemůže zůstat ani hodnocení rizik osobní dopravy po pozemní komunikaci, kdy dochází k zvyšování rychlosti a tím i možný nárůst obětí v případech NU. Předkládaná bezpečnostní studie je zaměřena na vyhodnocení míry rizika silniční přepravy v tunelu Radejčín.

Cílem předkládané analýzy je stanovit rizika jednotlivých scénářů havárií z hlediska dopadu na přepravované osoby (smrtelná zranění), vyhodnotit společenské riziko a prokázat přijatelnost rizik. Cílem je rovněž posoudit navrhovaná bezpečnostní opatření pro snížení rizik. Výsledky analýzy budou sloužit pro přípravu a nácvik zásahů Hasičského záchranného sboru v případech výskytu NU. (23), (24)

Pro identifikaci zdrojů rizik pro tunel Radejčín je v analýze použita metoda analýzy příčin a následků poruch (FEMA – Failure Mode and Effects Analysis). Metoda FEMA a její zpracování obsahuje příloha A, včetně výsledků metody FEMA aplikované na tunel Radejčín v podobě formuláře. Některé scénáře vyhodnocené metodou FEMA jsou podrobeny další kvantitativní analýze rizik QRA (Quantitative Risk Assessment Model). Dle (23) se jedná o tyto scénáře:

a) požár osobního automobilu (výkon požáru 5 MW),
b) požár nákladního automobilu bez zvláštního nákladu (výkon požáru 30 MW),
c) požár nákladního automobilu se zvláštním nákladem (výkon požáru 100 MW),
d) požár nákladního automobilu s nebezpečnými látkami (výkon požáru 100 MW),
e) exploze po úniku propanu z cisterny (18 t),
f) toxický mrak plynu po úniku chlóru z cisterny (20 t).

Metoda FEMA použitá v bezpečnostní dokumentaci pro analýzu rizik je jednou z mnoha metod pro určení příčin a následků poruch. Je založena na znalostech expertů v oboru. Metoda sama o sobě je spolehlivá, o tom svědčí i fakt, že byla využita v rámci programu Apollo Národním úřadem pro letectví a kosmonautiku (NASA). Chyba může nastat při špatné identifikací možných vzniků událostí, charakteru událostí a jejich důsledků. Další chyby mohou nastat při přiřazování numerických celočíselných hodnot těmto událostem, nebo při špatné volbě stupnice numerických hodnot.

Lze konstatovat, že při zpracování metody FEMA nedošlo k žádné z chyb. **Výsledkem rizikové analýzy** je fakt, že vyhodnocené riziko pro přepravované osoby je vyhodnoceno jako společensky přijatelné. Což znamená, že v oblasti bezpečnosti v tunelu není třeba provádění dalších změn.

Při zahrnutí přepravy nebezpečných látek byla navrhnuta opatření pro snížení míry rizika v tunelu a tato opatření byla zahrnuta do projektu. Všem připomínkám je v současné době vyhověno a míra

rizika se také pohybuje v mezích společensky přijatelného rizika. Mezi bezpečnostní opatření, která jsou zahrnuta dle (23) pro snížení rizik, patří:

a) dislokace jednotek PO,
b) omezení maximální rychlosti jízdy na 80 km·h-1,
c) scan označení vozidel ADR na vjezdu i výjezdu,
d) zapnutí proudových ventilátorů a monitorování venkovních podmínek,
e) dojezdový čas tunelové hlídky Policie ČR do 5 min,
f) zajištění odborné přípravy pracovníků řídícího centra,
g) umožnění nácviku zásahu složek IZS v tunelu,
h) osvěta řidičů,
i) instalace WIM (Weight in Motion – vážení za jízdy).

Všechna opatření jsou uvedena v příloze B a podrobně popsána přímo v závěrech k analýze možných rizik v tunelu Radejčín.

Míra rizika je na společensky přijatelné úrovni, a proto není potřeba navrhovat další opatření ke snížení rizika. Všechna opatření nutná k dosažení společensky přijatelného rizika jsou zajištěna v bezpečnostní dokumentaci tunelu Radejčín. Tunel je opatřen všemi potřebnými a dostupnými technologiemi, které jsou v současné době nutné dle evropské legislativy pro provoz tunelu. V této oblasti není třeba navrhovat nová či doplňková zařízení či instalaci nových technologií pro zvýšení bezpečnosti provozu v tunelu Radejčín.

Vzhledem ke skutečnosti, že analýza rizik pro tunel Radejčín je zpracována, není v této práci dále podrobně řešena. Jako součást analýzy zpracované v rámci bezpečnostní dokumentace tunelu Radejčín není přiložena simulace NU, její následky a dopady na lidské životy a technický stav tunelu. Z toho důvodu je v této práci provedena simulace požáru v tunelu při kombinaci několika možných míst vzniku požáru. Jsou zde vypočteny pomocí programu CAPITA **počty uvězněných automobilů a osob** v tunelu, počty evakuovaných osob a celkové ztráty na životech. Dále je zde uvedena **celková úmrtnost** v tunelu při daných situacích. Tyto výsledky slouží pro informaci o představě stanoviska „společensky přijatelné riziko“. Společensky přijatelné riziko neupřesňuje počty usmrcených osob v tunelu a nelze si tak udělat představu o konkrétních následcích na životech osob. Z toho důvodu je v práci vytvořena simulace a počty těchto osob jsou uvedeny v tabulkách.

3.3 SWOT analýza tunelu Radejčín

Pro zhodnocení vnitřních a vnějších faktorů působících na bezpečnost v tunelu Radejčín je provedena SWOT analýza. Analýza SWOT je vybrána jako vhodný nástroj pro zhodnocení rizik, neboť vystihuje hrozby (rizika) v tunelu a pomáhá tak nalézt a nastavit protiopatření těchto hrozeb. Na obr. 19 je SWOT analýza s vnitřními vlivy a vnějšími vlivy.

Silné stránky – Strenghts – **úroveň vybavení tunelu,** – **dohled 24 hod,** – počet únikových východů (tunelových propojek), – scan označení vozidel ADR (na vjezdu i výjezdu), – heliport v blízkosti tunelu Radejčín, – dojezd Policie ČR do 5 min, – stav PK.	**Hrozby** – Threts – **přeprava ADR,** – **vznik požáru,** – neukázněné chování řidičů při jízdě v tunelu, – špatné povědomí řidičů o chování při jízdě a NU v tunelu, – vznik paniky při evakuaci osob.
Slabé stránky – Weaknesses – okolní terén (svahovité území), – **malá plocha pro odstavní zásahových vozidel,** – **nejasná informace ze strany DZ „Opusť tunel“.**	**Příležitosti** – Opportunities – změna DZ „Opusť tunel“, – stavební úpravy před Ústeckým portálem, – vzdělávání operátorů dopravy a dispečerů technologie a příprav na vznik NU.

Vnitřní vlily — **Vnější vlivy**

Obr. 19 SWOT analýza tunelu Radejčín

Zdroj: Autorka

Silné stránky

Do silných stránek tunelu Radejčín patří zejména vybavení tunelu. Vybavení tunelu je na nejvyšší možné úrovni, kterého je efektivní dosáhnout pro poměrně krátký tunelu (600 m). Instalované vybavení tunelu přispívá k rychlé detekci vzniku NU v tunelu, zvyšuje tak míru bezpečnosti a snižuje míru rizika. Napomáhá k okamžité reakci operátorů technologie a dispečerů dopravy.

Důležitou součástí je i fakt, že tunel Radejčín je pod nepřetržitým dohledem a provoz v něm je monitorován 24 hodin denně v průběhu celého roku. K míře bezpečnosti v tunelu Radejčín přispívá také skutečnost, že na svoji délku má celkem 3 tunelové propojky sloužící jako exit pro únik osob do druhé TT. Propojky se nacházejí cca po 200 m a jsou osazeny jedním párem přetlakových dveří a systémem pro tvorbu přetlaku v propojce. To zabraňuje vniknutí kouře do propojky při otevření přetlakových dveří.

Při vjezdu a výjezdu do a z tunelu Radejčín jsou vozidla převážející náklad dle dohody ADR monitorována pomocí scanu vozidel ADR. Operátor dopravy je informován o vjezdu tohoto vozidla do tunelu a může sledovat celý průběh průjezdu vozidla tunelem.

Při vzniku NU v tunelu Radejčín, při níž došlo k situaci, kdy došlo k ohrožení zdraví, a situace si vyžádá okamžitý příjezd ZS, je letecká záchranná služba schopna zasáhnout a přistát na ploše pro vrtulník. Tato plocha je zbudována v blízkosti Ústeckého portálu.

Další podstatnou silnou stránkou tunelu Radejčín jsou dojezdové časy dálniční hlídky Policie ČR do 5 min a výborný stav povrchu vozovek dálnice D8, která je v provozu od konce roku 2016.

Slabé stránky

Za slabou stránku tunelu Radejčín se dá považovat okolní terén, do kterého je tunel zasazen. Jedná se o poměrně kopcovité území, navíc Pražský portál plynně navazuje na mostní konstrukci, na jejímž konci je Ústecký portál tunelu Prackovice. To dělá z tunelu Radejčín poměrně složitě přístupnou stavbu. Do místa mezi oběma tunely vede přístupová cesta výhradně pro vozidla složek IZS, i přes to se jedná o komplikaci při zásahu za NU.

Další slabá stránka tunelu souvisí s okolním kopcovitým terénem. V místě PTO u Ústeckého portálu tunelu Radejčín je plocha pro odstavení zásahových vozidel jednotek IZS. Tato plocha je před PTO úmyslně – při příjezdu HZS nebo Policie ČR se velitel jednotky nejprve dostaví do PTO, odkud přebírá velení. To bylo důvodem umístění plochy pro odstavení vozidel IZS před PTO Radejčín. Tato strana portálu však zasahuje do prudkého svahu stoupajícího vzhůru. PTO se zde nachází v prudkém zářezu a proto má plocha před ním, sloužící pro odstavení vozidel, poměrně malou výměru (cca 400 m^2).

Neméně podstatnou slabou stránkou je nedostatečná informace předávaná účastníkům provozu v tunelu při NU. Jak je zmiňováno v analýze rizik u popisu vybavení tunelu, dopravní značka „Opusť tunel“ nepředává osobám jasnou informaci, že mají evakuaci tunelu provést pěšky.

Hrozby

Z kvantitativní analýzy rizik provedené v rámci bezpečnostní dokumentace pro tunel Radejčín vyplynula nutná opatření ke snížení míry rizika při přepravě nebezpečných látek. Tato opatření mají vliv na snížení rizika obecně a přispívají k zvýšení bezpečnosti v tunelu. Všem těmto navrženým opatřením bylo vyhověno a jsou součástí tunelu Radejčín. Nicméně přeprava nebezpečného nákladu dle dohody ADR je stále rizikovým faktorem z hlediska bezpečnosti provozu v tunelu.

Hrozbou pro tunel Radejčín, i pro silniční tunely všeobecně, je vznik požáru v dopravním nebo technologickém prostoru tunelu. Nebezpečné události, při kterých dojde k požáru, vždy zásadním způsobem ovlivňují bezpečnost v tunelu. Z analýzy rizik pro tunel Radejčín jsou průměrné výpočty vzniku požáru uvedeny v tab. 5.

Tab. 5 Výpočty průměrného vzniku požáru v tunelu Radejčín

Požár v tunelu Radejčín	Počet událostí za rok	Počet dnů do události
bez přepravy ADR		
do 50 MW	0,81	452
nad 50 MW	0,03	13 549
s přepravou ADR		
do 50 MW	0,019	19 214
nad 50 MW	0,001	576 422

Zdroj: (23)

Frekvence požárů v Anglii, Rakousku a Švýcarsku v silničních tunelech dosahují méně jak 0,05 požárů za rok. Pro tunel Radejčín je počítáno s frekvencí 0,03 požáry za rok. Tato hodnota je stanovena na základě statistických údajů z českých silničních tunelů, délky tunelu Radejčín a předpokládané roční intenzity provozu. (24)

Další hrozbou pro bezpečnost v tunelu Radejčín je neukázněné chování řidičů při jízdě v tunelu a nevědomost účastníků provozu v tunelu o správném chování při NU. Tomuto by mělo být předcházeno v rámci základního vzdělání občanů daného státu, při skládání závěrečných zkoušek v autoškolách a pravidelnou osvětou a školením řidičů z povolání. Tyto faktory ovlivňují bezpečnost v tunelu, avšak plnění opatření je na straně státu.

Příležitosti

Příležitosti pro zvýšení bezpečnosti v tunelu Radejčín vyplývají z hrozeb a slabých stránek tunelu. Jednou z příležitostí je změna dopravní značky „Opusť tunel“. Další možnou příležitostí pro zvýšení bezpečnosti je zvětšení plochy pro odstavení vozidel IZS. Pravidelné školení

a zvyšování úrovně vzdělání operátorů dopravy a dispečerů technologie přispívá k rychlejšímu řešení NU a zvyšování bezpečnosti v tunelu. Tyto příležitosti jsou v této práci řešeny v návrhové části na zvýšení bezpečnosti v tunelu Radejčín.

3.4 Shrnutí analýzy rizik v tunelu Radejčín

Z analýzy rizik tunelu Radejčín, která byla provedena v rámci projektové dokumentace k tunelu, vyplynula některá opatření pro snížení míry rizika při průjezdu vozidel s nebezpečným nákladem. Tyto požadavky byly při výstavbě splněny. Byly přidány některé technologie jako součást vybavení tunelu. V rámci těchto požadavků byla vystavěna nová stanice HZS v Lovosicích, aby dojezdové časy jednotek HZS splnily normu nutnou ke snížení míry rizika (dojezdové časy do 10 min). V současné době je míra přijatelného rizika pro provoz v tunelu akceptovatelná a je na úrovni společensky přijatelného rizika.

V této kapitole je poukázáno na dva menší nedostatky v tunelu Radejčín, které se týkají bezpečnosti. Prvním nedostatkem je problém v informovanosti osob v tunelu Radejčín při NU. Ačkoli je tunel vybaven evakuačním rozhlasem, jsou v tunelu i dopravní značky „Opusť tunel“. Je poukazováno na nejasnost informace této dopravní značky. Dalším nedostatkem je plocha před Ústeckým portálem, která je v současné době zatravněná. Plocha před PTO právě v těchto místech není vyhovující pro více vozů zásahových jednotek a je zde málo místa pro jejich odstavení a pro manipulaci. Pojíždění takovéto zatravněné plochy je komplikované. V kapitole Návrhy na zvýšení bezpečnosti v tunelu Radejčín bude těmto problémům věnována pozornost.

V této kapitole je provedena SWOT analýza bezpečnosti tunelu, z níž vyplynuly hrozby a příležitosti ovlivňující bezpečnost v tunelu Radejčín. Z příležitostí pro zvýšení bezpečnosti v tunelu Radejčín vyšly náměty pro řešení v návrhové části, ve které je těmto podnětům věnována podrobnější pozornost.

4 NÁVRHY NA ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI V TUNELU RADEJČÍN

V této kapitole je věnována pozornost nedostatkům, zjištěným v kapitole 3. Konkrétně jde o problém s dopravní značkou „Opusť tunel“ a nezpevněnou (v současné době zatravněnou) plochou před Ústeckým portálem v blízkosti PTO Radejčín. Dále je v této kapitole navržen evakuační plán tunelu Radejčín v podobě pokynů (návodů) pro operátory dopravy a dispečery technologie v případě vzniku NU. Vzhledem k rozsahu evakuačního plánu jsou v práci uvedeny dvě NU a ostatní NU jsou uvedeny v příloze D této práce. Nebezpečné události jsou rozděleny na ty, při kterých se přechází ze standardního režimu tunelu do režimu zvláštního nebo do režimu mimořádného. Obecně lze říci, že při zvláštním režimu nedochází v tunelu Radejčín k bezprostřednímu ohrožení účastníků provozu. Mimořádný režim tunelu je vyhlášen v případě, že situace v tunelu ohrožuje bezpečnost účastníků provozu v tunelu. Každý režim tunelu obsahuje několik možných scénářů, které mohou nastat. Tyto scénáře vyžadují individuální postup řešení. Spolupráce dispečera technologie, operátora dopravy a složek IZS je zásadní pro zvládnutí vzniklé situace v tunelu. Jejich rychlé reakce na situaci a profesionální přístup napomáhají ke zvýšení bezpečnosti účastníků provozu v tunelu. Pro rychlé reakce a vhodný postup řešení slouží vypracované pokyny v této kapitole. Je vytvořen návrh na grafickou úpravu těchto postupů do jednotlivých formulářů pro snadné zařazení a vyhodnocení dané situace operátorem dopravy a dispečerem technologie.

4.1 Stavební a technologické úpravy tunelu Radejčín

V této kapitole jsou uvedeny návrhy na změnu současného stavu v tunelu Radejčín, které reagují na zjištěné nedostatky v kapitole 3. V analýze je poukazováno na dva nedostatky. První nedostatek se týká dopravní značky „Opusť tunel“, která je instalována v tunelu Radejčín. Druhým nedostatkem je zatravněná plocha před Ústeckým portálem tunelu Radejčín.

4.1.1 Návrh nové DZ

V kapitole 3 je vysvětlen problém se současně instalovanou DZ „Opusť tunel“ v tunelu Radejčín. Tato DZ má informovat účastníky provozu o nebezpečí a o pokynu k opuštění tunelu. Při každé NU, vyžadující evakuaci osob z tunelu, je využito evakuačního rozhlasu, kterým OD a DT podávají příslušné informace a pokyny. I přes tuto skutečnost může DZ „Opusť tunel“ mást řidiče, který může nabýt dojmu, že má tunel opustit v dopravním prostředku. Toto rozhodnutí řidiče může mít vliv na celkový počet uvězněných, případně usmrcených osob v tunelu.

Návrhem je osazení jiného a jasnějšího DZ, například ve znění „Vystup z vozidla a opusť tunel“ nebo kratšího znění „Vystup a opusť tunel“. Další možností je instalace DZ s nápisem „Opusť tunel“ a piktogramem osoby v pohybu (vše v bílém provedení na modrém pozadí). Tyto návrhy DZ jsou zobrazeny na obr. 20. Celkový styl vzhledu je v návrhu nezměněn od současně osazené DZ „Opusť tunel“ v tunelu Radejčín.

Obr. 20 Návrh dopravní značky v tunelu Radejčín

Zdroj: Autorka

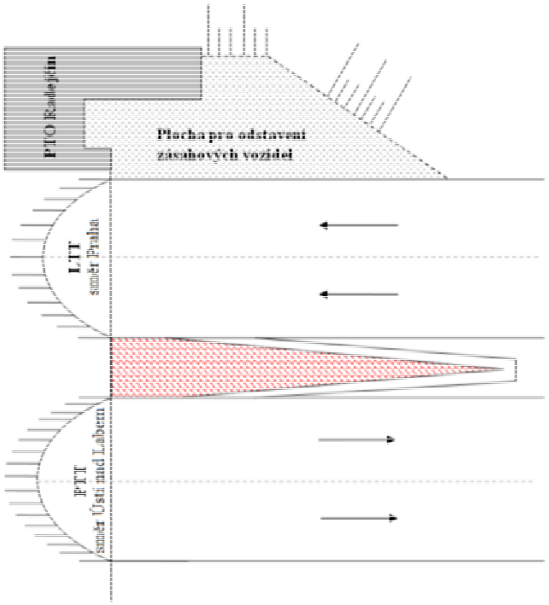
První a druhý návrh DZ (na obr. 20, zleva), podává jasnou informaci o evakuaci. Při NU jsou účastníci provozu v tunelu vystaveni jisté úrovni stresu, a existuje riziko, že dlouhý nápis budou ignorovat. V případě osob jižné národnosti, kteří neovládají český jazyk, nebude tento návrh informovat o evakuaci. Třetí návrh s piktogramem běžící osoby a nápisem „Opusť tunel“ (DZ z obr. 20 vpravo) je nejvýstižnějším ze všech návrhů DZ. Je nejrychleji pochopitelná pro osoby zatížené stresem a nejvýstižněji předává informaci o evakuaci pěšky. Navíc je částečně srozumitelná i v jiných jazycích. Z těchto důvodů se autorka přiklání ke změně stávající DZ na DZ s nápisem „Opusť tunel“ a piktogramem běžící osoby.

Pro zvýšení bezpečnosti v tunelu Radejčín je vhodná instalace nové DZ, která jasně a okamžitě předá srozumitelný pokyn k evakuaci osob z tunelu pěšky. Směr evakuace pak udávají zelené šipky s nápisem „Exit“, které jsou nakresleny na ostění v tunelových troubách tunelu Radejčín. Pro nové osazení DZ v tunelu Radejčín se autorka přiklání k třetímu návrhu z obr. 20, což je DZ s piktogramem běžící osoby a nápisem „Opusť tunel“.

4.1.2 Návrh nové plochy před tunelem Radejčín

Druhým zmiňovaným problémem je zatravněná plocha před Ústeckým portálem tunelu Radejčín. Při NU, která si vyžádá zásah IZS, se vozidla všech složek IZS nejprve dostaví před PTO Radejčín, odkud je řízen zásah jednotek. V tomto místě před Ústeckým portálem je však poměrně málo místa, před PTO je místo pro cca dva zásahové vozy HZS. Je možné využít plochu dvou JP vedoucích do LTT. V prostoru mezi portálem LTT a PTT dálnice D8 se nachází zmiňovaná zatravněná plocha, která je patrná na obr. 16.

Návrhem je plochu vydláždit na míru únosnosti pro pojíždění vozidel zásahových jednotek. Účel této plochy se tímto návrhem nijak nezmění, jejím současným účelem je fyzicky oddělit jízdní pásy dálnice D8 v místě Ústeckého portálu. Vydlážděním této plochy se zvětší prostor pro manipulaci vozidel IZS a pro jejich odstavení. I přes to bude tato plocha plnit funkci fyzického oddělení obou jízdních pásů. V případě aplikace tohoto návrhu bude možné využít nově vydlážděnou plochu k pojíždění a odstavení vozidel. V případě NU, která si vyžádá uzavření obou TT bude možné využívat k odstavení a manipulaci zásahových vozidel i druhý jízdní pás dálnice D8 ve směru na Ústí nad Labem.

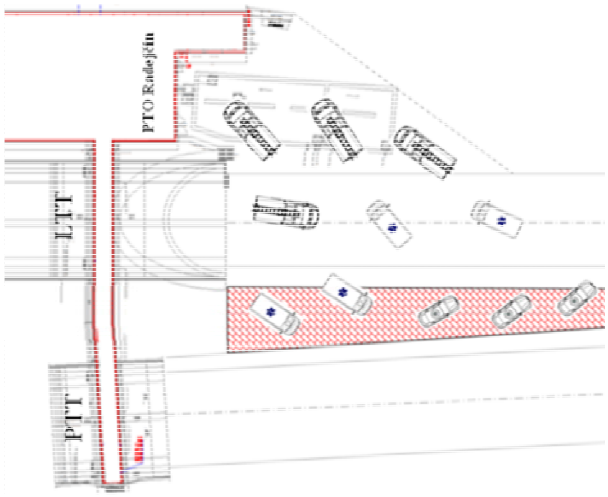


Obr. 21 Schéma vydláždění zatravněné plochy

Zdroj:(15), Autorka

Na obr. 21 je naznačen půdorys obou TT tunelu Radejčín, kde je v současné době červeně vyšrafovaná plocha před TT zatravněná. V návrhu je vydláždění této plochy pro možné pojíždění a odstavení zásahových vozidel. Na obr. 22 je navrhovaná plocha na vydláždění opět vyšrafována červeně a zachycuje návrh umístění vozidel IZS při odstavení těchto vozidel.

Na obr. 22 je schematicky zobrazeno rozmístění vozidel IZS pro návrh vydláždění v současné době zatravněné plochy. V porovnání s obr. 18, kde jsou vozidla pouze v místě vozovky před LTT a PTO Radejčín, je vidět, že se prostor pro vozidla zvětší a je možné odstavit více vozidel IZS před Ústeckým portálem u LTT. Rozmístění vozidel z obr. 22 je vyobrazeno za situace, kdy je provoz v LTT zcela uzavřen a v PTT je obousměrný provoz. Proto nejsou vozidla IZS v místě vozovky před PTT. V případě NU, která si svojí povahou vyžádá uzavření celého tunelu pro provoz (obou TT), je možné odstavit vozidla i na vozovce před PTT.



Obr. 22 Návrh vydláždění zatravněné plochy – rozmístění vozidel IZS

Zdroj: (15), Autorka

V obr. 22 jsou celkem čtyři vozidla HZS o délce 7,5 m, šířce 2,55 m a výšce 2,8 m, dále čtyři vozidla záchranné služby o délce 5,5 m, šířce 2,05 m a výšce 2,52 m a tři vozidla Policie ČR typu Škoda Octavia.

4.2 Evakuační plán pro tunel Radejčín – označení scénářů a grafický návrh formulářů

V této kapitole je vytvořen grafický návrh formulářů, podle kterých se řídí operátoři dopravy a dispečeři technologie při daných situacích. Tento návrh pomáhá zvýšit bezpečnost a kvalitu jízdy v tunelu.

Správné přiřazení NU v tunelku Radejčín k formuláři je zásadní pro správné řešení a zvládnutí situace. Důležitá je i grafická stránka formulářů. Obecně lze říci, že čím přehlednější a jasnější je formulář, tím rychleji OD a DT situaci řeší. Při řešení NU má na bezpečnost účastníků provozu v tunelu vliv rychlost reakce OD a DT na danou situaci. Grafická podoba formuláře, pokud je přehledná, usnadňuje práci OD a DT a zvyšuje rychlost při řešení NU.

Zásadním je kódové označení všech základních scénářů, pro které jsou tyto formuláře vypracovány. Některé scénáře se v průběhu vzniklé NU mohou změnit. Například, když se scénář „nepojízdné vozidlo, překážka v dopravě“ v průběhu situace změní na scénář „požár v dopravním prostoru tunelu“. Takovéto změny scénářů mohou nastat kdykoli při řešení NU. Za vyhodnocení typu události, která nastala v tunelu, je odpovědný OD a DT. Všechny změny scénáře, dle kterého se OD a DT řídí, je na posouzení právě operátora dopravy a dispečera technologie. Ke správnému

posouzení napomáhá přesná znalost vytvořených scénářů, jejich označení, rychlá reakce OD a DT a především přehlednost formulářů obsahujících jednotlivé scénáře. To souvisí s pravidelným školením a profesionální přístupem OD a DT.

Vypsané scénáře jsou vyhodnoceny jako krizová situace (KS) nebo kritická situace (KRS). Jako KS lze nazývat pouze takový stav, při němž je vyhlášen stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu nebo válečný stav. Proto nejsou všechny řešené situace nazvány jako krizové. Situace, které mohou nastat při zvláštním a mimořádném stavu v tunelu Radejčín, jsou situace kritické i krizové.

4.2.1 Kódové označení scénářů pro formuláře

Pro snadné a rychlé určení typu scénáře a pro určení konkrétní NU, která nastala v tunelu, je důležité označení jednotlivých přiřazovaných scénářů. Kódová označení scénářů jsou navržena v a tab. 7, přehled všech navrhovaných scénářů i s kódovým označením je v tab. 8.

Kritické a krizové situace mohou být jak v mimořádném režimu tunelu, tak ve zvláštním režimu tunelu. Ve zvláštním režimu tunelu jde pouze o situace kritické, ty jsou vypsány v tab. 6.

Tab. 6 Kódové označení scénářů – zvláštní režim tunelu

Číslo situace	Scénář
1	Zvýšení obsahu škodlivin v ovzduší nad kritický limit
2	Zvýšení opacity na kritický limit
3	Vjezd nadrozměrného vozidla
4	Dopravní nehoda – nedošlo k újmě na zdraví účastníků provozu na PK
5	Nepojízdné vozidlo, překážka v dopravě
6	Kongesce dopravy
7	Poruchy dopravních zařízení a zařízení spojených s řízením dopravy – menší rozsah
8	Závažná porucha nebo havárie na řídicím systému – porucha v dopravní části ŘS
9	Závažná porucha nebo havárie na řídicím systému – porucha v technologické části ŘS

Zdroj: Autorka

V mimořádném režimu jsou i krizové situace (například hrozba teroristického činu – bomba v tunelu), přehled situací udává tab. 7.

Tab. 7 Kódové označení scénářů – mimořádný režim tunelu

Číslo situace	Scénář
10	Požár v dopravním prostoru tunelu
11	Požár v technologickém prostoru tunelu
12	Jiné nebezpečí – došlo k vylití pohonných hmot nebo jiné škodlivé látky, došlo k úniku nebezpečné plynné látky, došlo k zastavení vozidla s nebezpečným nákladem, došlo k ohrožení živelní pohromou
13	Dopravní krize – došlo k újmě na zdraví účastníků provozu
14	Poruchy dopravních zařízení a zařízení spojených s řízením dopravy – větší rozsah
15	Závažná porucha nebo havárie na technologickém zařízení – výpadek napájení tunelu, výpadek vzduchotechniky, výpadek EPS delší jak 48 h, výpadek kamerového a detekčního zařízení, výpadek systému SOS hlásek delší 24 h
16	Závažná porucha nebo havárie na řídicím systému – porucha v dopravní části ŘS mající vliv na bezpečnost účastníků provozu, porucha v technologické části ŘS mající vliv na bezpečnost účastníků provozu, výpadek komunikace mezi ŘS velínu Radejčín a SSÚD Řehlovice (velínem dopravy)
17	Výskyt osob a zvířat v protisměru
18	Přítomnost větší skupiny lidí v tunelu „demonstrace“
19	Hrozba teroristického činu v tunelu „bomba“
20	Nebezpečí povodně – v případě tunelu Radejčín irelevantní.

Zdroj: Autorka

Všechny výše uvedené situace (scénáře NU) v tab. 6 a tab. 7 jsou očíslovány od 1 do 20, jejich očíslování je pak přiřazeno k číslu priority řešení situace.

Scénáře v tab. 8 jsou seřazeny dle priority řešení od nejvíce prioritní NU (označeno číslem 1) po nejméně prioritní NU (označeno číslem 17). Označení situace číslicemi od 1 do 20 vyhází z tab. 7. Kód situace se skládá z označení situace a její priority. Každý je označen písmeny M (mimořádný režim) nebo Z (zvláštní režim).

Tab. 8 Kódové označení scénářů

Priorita	Označení situace	Kód situace	Scénář	Režim tunelu
1	19	19-1	Hrozba teroristického činu v tunelu „bomba“,	M
2	10	10-2	Požár v dopravním prostoru tunelu	M
3	11	11-3	Požár v technologickém prostoru tunelu	M
4	12	Jiné nebezpečí:		
5	12.1	12.1-5	Došlo k vylití pohonných hmot nebo jiné škodlivé látky	M
	12.2	12.2-5	Došlo k úniku nebezpečné plynné látky	M
	12.3	12.3-5	Došlo k zastavení vozidla s nebezpečným nákladem	M
	12.4	12.4-5	Došlo k ohrožení živelní pohromou	M
6	17	17-6	Výskyt osob a zvířat v protisměru	M
	18	18-6	Přítomnost větší skupiny lidí v tunelu „demonstrace“,	M
7	20	20-7	Nebezpečí povodně - IRELEVANTNÍ	M
8	13	13-8	Dopravní krize – došlo k újmě na zdraví účastníků provozu	M
9	15	Závažná porucha nebo havárie na technologickém zařízení		
	15.1	15.1-9	Výpadek napájení tunelu	M
	15.2	15.2-9	Výpadek vzduchotechniky	M
	15.3	15.3-9	Výpadek EPS delší jak 48 h	M
	15.4	15.4-9	Výpadek kamerového a detekčního zařízení	M
	15.5	15.5-9	Výpadek systému SOS hlásek delší 24 h	M
	16	Závažná porucha nebo havárie na řídicím systému		
	16.1	16.1-9	Porucha v dopravní části ŘS mající vliv na bezpečnost účastníků provozu	M
	16.2	16.2-9	Porucha v technologické části ŘS mající vliv na bezpečnost účastníků provozu	M
	16.3	15.3-9	Výpadek komunikace mezi ŘS velínu Radejčín a SSÚD Řehlovice (velínem Dopravy)	M
10	14	14-10	Poruchy dopravních zařízení a zařízení spojených s řízením dopravy – větší rozsah	M
11	7	7-11	Poruchy dopravních zařízení a zařízení spojených s řízením dopravy – menší rozsah	Z
	8	8-11	Závažná porucha nebo havárie na řídicím systému – porucha v dopravní části ŘS	Z
	9	9-11	Závažná porucha nebo havárie na řídicím systému – porucha v technologické části ŘS provozu.	Z
12	4	4-12	Dopravní nehoda – nedošlo k újmě na zdraví účastníků provozu na PK	Z
13	5	5-13	Nepojízdné vozidlo, překážka v dopravě,	Z
14	6	6-14	Kongesce dopravy	Z
15	1	1-15	Zvýšení obsahu škodlivin v ovzduší nad kritický limit	Z
16	2	2-16	Zvýšení opacity na kritický limit,	Z
17	3	3-17	Vjezd nadrozměrného vozidla,	Z

Zdroj: Autorka

Navržená kódová označení jednotlivých scénářů jsou základní znalostí pro OD a DT. Při vzniku NU pak OD a DT jednotlivé scénáře přiřazují ke vzniklé situaci a jako podklad použijí příslušný formulář s danou NU a situaci dle tohoto formuláře dále řídí.

Navržená skladba kódu situace (kódové označení) je tvořena ze dvou základních čísel. První číslo vyjadřuje číslo situace. Čísla od 1 do 9 jsou pro situace za zvláštního režimu tunelu a čísla pro mimořádný režim tunelu jsou od 10 do 20. Pomocí tohoto rozdělení OD a DT vědí, v jaké číselné stupnici mají situaci hledat, protože při vzniku NU vědí, o jaký režim v tunelu jde. Druhá číslice kódu, vyjadřující míru závažnosti situace a potřebnou prioritu řešení, je vždy za pomlčkou.

Při nastalé změně situace se OD a DT řídí dle priority situace a vlastního uvážení. Například, pokud se ze scénáře 5-13 (nepojízdné vozidlo, překážka v dopravě) stane scénář 13-8 (dopravní krize – došlo k újmě na zdraví účastníků provozu), OD a DT přehodnotí situaci a začínají se řídit dle postupů z formuláře 13-8, protože má vyšší prioritu řešení než scénář 5-13. Z tohoto důvodu je zásadním určení priority jednotlivých scénářů. Priority, uvedené v tab. 8, jsou stanoveny na základě konzultace s odborníky v oboru stavebnictví, bezpečnosti práce a zástupci HZS.

4.2.2 Grafická podoba formulářů se scénáři NU

Grafické zpracování by mělo být co nejpřehlednější, co nejjasnější a pokyny k průběhu NU by měly být vypsány heslovitě. Grafická podoba je jednou z nejdůležitějších stránek tvorby formuláře pro řešení KRS a KS pro OD a DT.

Všechny navržené scénáře situací, které jsou zpracovány v kapitole Evakuační plán pro tunel Radejčín – obsah formulářů, by měly vycházet z předlohy na obr. 23. Formuláře v této grafické podobě by měly být dostačující, aby OD a DT zvládli řešit NU v tunelu Radejčín. Formulář z obr. 23 je uveden čitelně v příloze C této práce.

Formulář je navržen tak, aby byl přehledný a srozumitelný, ve formuláři je vyznačeno tučně to nejdůležitější. Při vzniku NU v tunelu Radejčín pak OD a DT vyhodnotí situaci a zvolí vhodný typ scénáře. Díky perfektním znalostem scénářů a jejich označení určí OD a DT příslušný formulář. Ten naleznou pod kódovým označením a názvem situace, kterou řeší.

KÓD OZNAČENÍ	SITUACE	REŽIM TUNELU
19-1	**Hrozba teroristického činu v tunelu „BOMBA“**	**M**

SSÚD dispečer technologie DT	Policie ČR operátor dopravy OD	Složky IZS
– vzájemná komunikace s OD, – vydat pokyn k **uzavření obou TT,** – v případě nastavení nočního osvětlení – **nastavit denní osvětlení tunelu,** – zajistit přístup zásahových složek s případnou spoluprácí Policie ČR,	– vzájemná komunikace s DT, – sledovat situaci pomocí videodohledu, – **spustit záznamové zařízení,** – na pokyn DT **uzavřít obě TT s postupným vyklizením,** – informovat dálniční oddělení Policie ČR, – v případě potřeby vyrozumět IZS (tel. 150, 155), – zabezpečit příjezd zásahových jednotek Policie ČRP popřípadě IZS, – prostřednictvím JSDI poskytnout informace o dopravní situaci,	
– po celou dobu zásahu je DT k dispozici veliteli zásahu a podle jeho požadavků provádí příslušná opatření v technologické části ŘS,	– po celou dobu zásahu je DT k dispozici veliteli zásahu a podle jeho požadavků provádí příslušná opatření v technologické části ŘS,	– velitel jednotky Policie ČR se stává velitelem zásahu, – po ukončení činnosti velitel zásahu informuje DT a OD, – HZS zasahuje na vyžádání se součinností Policie ČR a pyrotechnickou službou.
Po skončení zásahu: – napomáhat k obnově provozu v tunelu, – zajistit případné odklizení věcí z tunelu, – evidovat případný odtahu vozidel, – zajistit kontrola technického stavu a vybavení tunelu, – konstatovat, že je tunel provozuschopný, – nastavení technologie do standardního režimu tunelu, – podat pokyn OD k otevření obou TT, – zajistit uchování pořízeného záznamu, – zapsat událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.	Po skončení zásahu: – zajistit odtah vozidel a informuje o tom DT, – na pokyn DT otevřít obě TT pro provoz, – zajistit uchování pořízeného záznamu, – zapsat událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.	–

Obr. 23 Grafická podoba formulářů

Zdroj: Autorka

V modelovém případě NU na obr. 23 zvolili OD a DT formulář 19-1 Hrozba teroristického činu v tunelu „Bomba“. Kódové označení a název jsou vyznačeny velkým písmem a tučně, takto jsou nepřehlédnutelné. Dále si OD a DT vyhledají příslušný sloupec, dle kterého se budou řídit. Zároveň mají možnost nahlédnout na úkony, které provádějí ostatní složky a v případě pochybností si mohou ověřit správný postup zúčastněných pracovníků. Pokyny, které jsou nutné k úspěšnému zvládnutí situace, jsou rozděleny do tří částí. V první části jde o pokyny, které je nutné udělat v co nejkratším čase a bezprostředně po detekování vzniklé situace v tunelu Radejčín. V druhé části jsou OD a DT podřízeni pokynům velitele zásahu, což může být velitel Policie ČR nebo velitel HZS (dle typu NU v tunelu). Ve třetí části formuláře jsou pokyny k obnovení provozu v tunelu Radejčín.

4.3 Evakuační plán pro tunel Radejčín – obsah formulářů

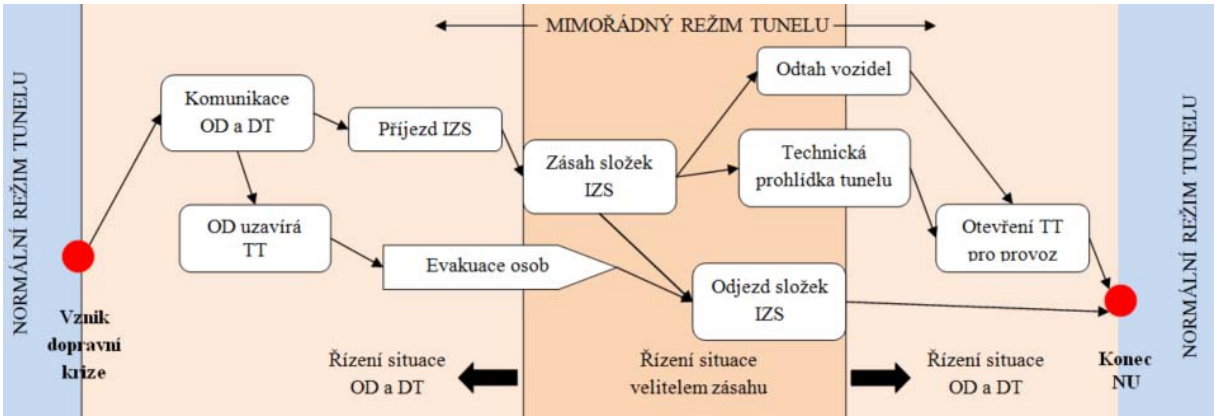
Pro řešení kritických a krizových situací jsou v této kapitole navrženy a zpracovány formuláře s postupem řešení těchto situací. Jedná se o celkem 20 situací, které jsou jednotlivě řešeny dle kroků OD a DT. Všechny tyto situace a jejich návrh na postup řešení jsou v příloze D této

práce. Jako ukázky jsou zvoleny dvě situace s kódem 13-8 a 10-2. Tyto scénáře jsou vybrány na základě dalšího zkoumání a simulaci v tunelu Radejčín.

Podle navržených formulářů se řídí operátoři dopravy a dispečeři technologií. Jedná se o návody, jak řešit danou situaci. Nelze se jimi však řídit ultimativně, protože nemohou plně popsat všechny činnosti uplatňované při řešení daných situací. Vývoj situací si může vyžádat další opatření, která musí OD a DT přijmout dle vlastního uvážení. Za správné vyhodnocení a přiřazení vzniklé situace k formuláři odpovídají dispečer technologie a operátor dopravy. Správné přiřazení situace k formuláři je klíčovým pro řešení vzniklé NU.

4.3.1 Dopravní krize, kód 13-8 – došlo k újmě na zdraví účastníků provozu

Při KRS dopravní krize došlo k újmě na zdraví účastníků provozu na PK a z tohoto důvodu jde o mimořádný stav tunelu. Na obr. 24 je uvedeno schéma postupu jednotlivých činností. Časové rozhraní zde není uvedeno, časy trvání jednotlivých úkonů jsou závislé na typu a rozsahu dané NU. V další části práce je nasimulován konkrétní případ požáru, ve kterém je zahrnuto i časové hledisko jednotlivých úkonů.



Obr. 24 Schéma průběhu dopravní krize s újmou na zdraví v tunelu Radejčín

Zdroj: Autorka

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD. Dává pokyn OD k uzavření příslušné TT. O situaci informuje vedoucího provozu. Zajišťuje přístup zásahových jednotek s případnou spoluprací Policie ČR. Je po celou dobu zásahu k dispozici veliteli zásahu a řídí se jeho pokyny. Po skončení NU napomáhá k obnově provozu v tunelu Radejčín. Zajišťuje odklízení předmětů z tunelu. Eviduje odtah vozidel z tunelu. Po kontrole technického stavu tunelu, vybavení a konstatování, že je tunel provozuschopný, nastavuje technologii do standardního režimu. Dává pokyn OD k otevření obou TT. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu NS. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

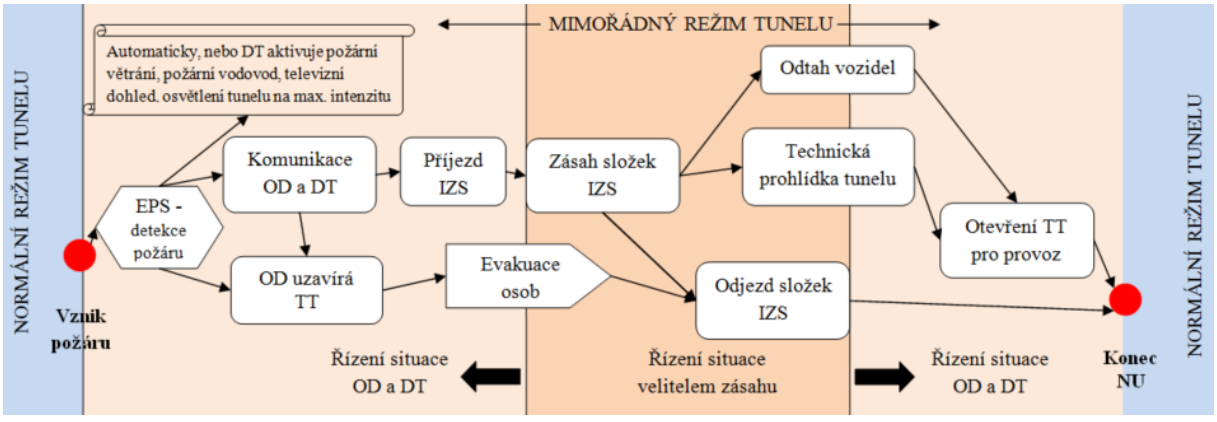
Operátor dopravy sleduje pomocí videodohledu situaci v příslušné TT. Zajišťuje nastavení videodohledu na místo NU a spuštění záznamového zařízení. V případě potřeby informuje DT a uzavře Příslušný JP/celou TT ve směru jízdy před místem a v místě nehody. Přivolává ZS (tel. 155). Vyrozumí o situaci HZS (tel. 150, 112). Aktivuje evakuační rozhlas a informuje o situaci dálniční oddělení Policie ČR. Zabezpečuje příjezd všech složek IZS. Prostřednictvím evakuačního rozhlasu poskytuje příslušné informace a pokyny. Prostřednictvím JSDI poskytuje informace o dopravní situaci v tunelu Radejčín. OD zajišťuje odtah vozidel a informuje o tom DT. Na pokyn DT otevírá příslušný JP/celou TT pro provoz. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu MS. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Hasičský záchranný sbor přijíždí k PTO Radejčín. Velitel jednotky HZS se stává velitelem zásahu. Od této chvíle přebírá absolutní velení nad zásahovou akcí. Jsou mu podřízeny všechny složky IZS, OD a DT. Velitel zásahu je odpovědný za průběh záchranných prací. Velitel zásahu informuje OD a DT o ukončení zásahu.

Dopravní hlídka Policie ČR informuje o ukončení činností dopravní hlídky Policie ČR OD (též videodohled).

4.3.2 Požár v dopravním prostoru tunelu, kód 10-2

V dopravním prostoru tunelu došlo k požáru. Tyto situace jsou detekovány pomocí EPS nebo prostřednictvím videodohledu. V těchto případech je klíčovou včasná detekce požáru, aby doba mezi vznikem NU a začátkem řešení situace požáru v tunelu byla co nejkratší. Na obr. 25 je schéma průběhu řešení situace požáru v tunelu. Časové rozhraní zde opět není uvedeno ze stejných důvodů jako u předchozí NU.



Obr. 25 Schéma průběhu požáru v tunelu Radejčín

Zdroj: Autorka

Dispečer technologie přivolává HZS (automaticky detekováno pomocí EPS). V případě zjištění požáru jiným způsobem než EPS dispečer technologie okamžitě komunikuje s OD. Automatickým spuštěním nebo povelem DT se aktivuje požární větrání, požární vodovod, televizní dohled na dotčenou oblast a osvětlení tunelu na maximální intenzitu. Dispečer technologie zajišťuje přístup zásahových jednotek a případnou spolupráci s Policií ČR. DT zajišťuje chod požárního větrání dle pokynů velitele zásahu. Po celou dobu zásahu je k dispozici veliteli zásahu a plní jeho příkazy. Po ukončení požáru v tunelu ruší EPS signál a ruší událost v tunelu. Nastavuje zařízení pro provozní větrání a o jeho ukončení informuje OD. Po skončení zásahu napomáhá k obnově provozu. Eviduje odtah vozidel z tunelu, zajišťuje odklízení předmětů z tunelu. Po kontrole technického stavu tunelu a vybavení tunelu nastaví technologii do standardního stavu tunelu (v případě provozuschopnosti tunelu). Dává pokyn OD k otevření příslušné TT pro provoz. Zajišťuje uchovávání požárního záznamu o NU. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy (nebo systém automaticky) uzavře příslušnou TT. V případě vzniku NU v LTT se automaticky uzavře i tunel Prackovice. OD zajistí nastavení videodohledu na místo požáru a spuštění záznamového zařízení. Aktivuje evakuační rozhlas a informuje o události Policii ČR. Zabezpečuje příjezd zásahových jednotek HZS (IZS). Prostřednictvím JSDI podává informaci o dopravní situaci v tunelu Radejčín. Po ukončení požáru dispečerem technologie ukončí požární sekvenci v dopravní části ŘS. Zajišťuje odtah vozidel a informuje o tom DT. Na pokyn DT otevírá příslušnou TT (v případě LTT i tunel Prackovice) pro provoz. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu NU. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Hasičský záchranný sbor po příjezdu k PTO Radejčín přebírá velení nad zásahem. Od této chvíle jsou všechny složky IZS, OD a DT podřízeny veliteli zásahu. Všechny úkony musí být s velitelem zásahu projednány. Velitel zásahu je odpovědný za průběh záchranných a hasebních prací. Po likvidaci požáru informuje velitel zásahu OD a DT o ukončení zásahu.

4.4 Návrh řešení scénáře 13-8 se změnou na scénář 10-2

V této kapitole je řešena konkrétní situace v tunelu Radejčín, jsou popsány jednotlivé navrhované kroky scénářů, jejich postupy řešení a časy jednotlivých kroků. Jedná se o NU dopravní krize v tunelu Radejčín, při které došlo k újmě na zdraví účastníků provozu (scénář 13-8), s náhlou změnou na scénář 10-2 požár v dopravním prostoru tunelu Radejčín. K popsání celé situace je nezbytné vytvoření modelu celého průběhu scénáře tak, aby na něj mohlo být navrženo řešení

vedoucí k obnovení normálního režimu tunelu. Simulace tohoto scénáře v tunelu Radejčín je provedena pomocí programu CAPITA, který byl poskytnut pro studijní účely společností Pragoprojekt a.s.

Z matematického pohledu je nekonečně mnoho možností místa vzniku NU v tunelu Radejčín. Je třeba vybrat nejhorší možnou variantu dané situace, tak aby bylo řešení situace aplikováno na nejhorší případ vzniku NU, která bude mít i nejdelší čas vedoucí k obnovení provozu v tunelu. Pro zjednodušení je vybráno několik variant místa vzniku NU. Jedná se o kombinace těchto možností:

a) PTT nebo LTT,
b) uprostřed tunelu (300 m za vjezdem do tunelu) nebo na konci tunelu (600 m za),
c) čas uzavření tunelu za 120 s nebo 60 s.

Nejhorší varianta z těchto kombinací slouží jako základ pro NU, na kterou je následně navrženo řešení situace.

4.4.1 Simulace vzniku nebezpečné události pro tunel Radejčín

Program CAPITA je univerzální nástroj pro hodnocení rizik v tunelech využívající scénářově orientovaný přístup. Umožňuje odhadovat počty usmrcených osob tak, že vypočítá, kolik osob neopustilo tunel nouzovými východy potom, co vystoupaly hodnoty zplodin na kritickou koncentraci. Program umožňuje variovat parametry dopravního proudu, vzdálenost exitů, parametry požáru a další veličiny. Vzhledem k tomu, že se jedná o univerzální nástroj a je třeba pracovat s řadou zobecnění, analýza rizika je předběžná. Vzniknou-li jakékoli pochybnosti o bezpečnosti osob, je nutné pokračovat detailní rizikovou analýzou. Program je orientován pro širší odbornou veřejnost a je určen i pro výukové účely. Všechny výsledky by měly být posouzeny odborníkem na rizikovou analýzu. V této práci výsledky analýzy slouží pouze k obecné představě následků NU a výsledky z programu CAPITA mohou být zkresleny vlivem nepřesného zadávání parametrů do programu. Postup výpočtu programu a jeho fungování je vysvětleno v příloze E této práce.

Hodnoty zadávané v programu CAPITA nejsou nastaveny na základě výpočtů, ale na základě zkušeností autorky, které získala při zkoušce požární bezpečnosti v tunelu Radejčín, které se osobně účastnila. Dále na základě podkladů, které autorka získala od odborníků, zabývajících se problematikou bezpečnosti v tunelu Radejčín.

Nastavené hodnoty v simulaci odpovídají jak stavebním tak technologickým parametrům tunelu Radejčín. Jedná se o následující parametry.

Vzdálenost nouzových východů lze v programu nastavit po 100 metrových krocích v intervalech od 150 m včetně do 450 m včetně. V tunelu Radejčín jsou celkem 3 tunelové propojky (nouzové východy), nejsou však všechny stejně vzdáleny. Po směru jízdy v PTT jsou propojky takto: první propojka po 75 m, druhá po 220 m a třetí po 160 m (vždy od další propojky). V modelu byly tyto rozdíly zanedbány a bylo nastaveno, že jsou propojky od sebe po 150 m.

Počet jízdních pruhů je v obou TT stejný. Obě TT mají dva jízdní pruhy určené pro stejný směr jízdy při standardním stavu provozu. Předpokládá se, že NU nastane za standardního stavu provozu v tunelu, který se touto událostní změní na mimořádný stav. Tudíž je v modelu uvažován jednosměrný provoz po obou jízdních pruzích.

Intenzita dopravy je stanovena v bezpečnostní dokumentaci pro rok 2030. Z této predikované intenzity je v modelu vycházeno. V programu lze nastavit pouze intenzitu 1 600, 800 a 160 voz·hod^{-1} na jednom jízdním pruhu. V modelu je nastaveno 800 voz·hod^{-1} na jednom jízdním pruhu, protože tunel spadá do střední kategorie tunelu TA podle kategorizace tunelů.

Rychlostní limit osobních vozidel je v tunelu Radejčín stanoven na 80 km·h^{-1} a v programu CAPITA je zadána tatáž hodnota.

Podíl nákladních vozidel v tunelu je podle bezpečnostní dokumentace stanoven na 15 %. V programu CAPITA lze nastavit podíl nákladních automobilů v pomalém jízdním pruhu na 0 %, 10 % nebo 30 %. Podíl NA v tunelu Radejčín byl zaokrouhlen a nastaven na 10 %.

Přítomnost autobusu v programu lze nastavit pouze při intenzitě dopravy při 1 600 voz·hod^{-1} na jednom jízdním pruhu. Vzhledem k nastavené intenzitě provozu u tunelu Radejčín na 800 voz·hod^{-1} na jednom jízdním pruhu, není autobus v tunelu uvažován i přes to, že po trase dálnice D8 jezdí pravidelné mezistátní autobusové linky. V případě, nastavení intenzity vozidel na 1 600 voz·hod^{-1} na jednom jízdním pruhu, by model již neodpovídal predikované situaci a nemohl by být ani orientační. Proto bylo přistoupeno k variantě bez autobusu.

Obsazenost osobních automobilů je nastavena na dvě osoby a nákladních automobilů na jednu osobu. Takovéto obsazení koresponduje i s hodnotami v rizikové analýze vytvořené pro tunel Radejčín.

Parametry požáru jsou v programu CAPITA nastaveny na zadaný implicitní fyzikální model SMARTFIRE, který počítá s koncentrací CO 2 000 ppm, což je úroveň, kdy již několik nadechnutí způsobuje smrt. Fyzikální model počítá s touto koncentrací pro výšku 1,6 m. Ohrožení osob sálavým teplem se nepředpokládá. Vývin kouře je cca 60 m^3·s^{-1}. Výkon požáru je počítán na 50 MW, což odpovídá střední kategorizaci tunelu TA. Požár 50 MW určuje rychlost

uvolňování tepla při požáru, tato hodnota odpovídá zhruba hoření nákladního automobilu kategorie N3 (motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu nákladu, jehož největší přípustná hmotnost nepřevyšuje 12 000 kg).

Doba váhání je v programu přednastavena na 90 s. V simulaci pro tunel Radejčín je počítáno se dvěma případy. Nejdříve s dobou váhání 90 s a následně s dobou váhání 45 s. Čas 90 s váhání je standardní doba stanovená na reakci člověka rozhodujícího se ve stresové situaci. Do této doby je zahrnut čas, kdy si člověk uvědomí, že v tunelu došlo k nebezpečné situaci a dále čas na rozmyšlení si dalšího rozhodnutí, jako je evakuace z tunelu.

Evakuační model počítá s nejhorší možnou variantou situace a nejhoršími možnými podmínkami. Jde o extrém, který může nastat. Proto je v modelu nastavena chůze podle prof. Weidmanna na 1,3 $m \cdot s^{-1}$. V programu si lze vybrat z rychlosti úniku osob dle ČSN 0,5 $m \cdot s^{-1}$ se statisticky rozloženou rychlostí chůze nebo Weidmannův model 1,3 $m \cdot s^{-1}$.

Struktura počtu obyvatel je nastavena na 50 % muži a 50 % ženy. S dětmi v modelu není uvažováno. V tomto případě není nutné vědět kolik mužů, žen či dětí bylo uvězněno nebo usmrceno v tunelu, ale jde pouze o počty těchto osob.

4.4.2 Reporty všech variant

Zde se jedná o kombinaci možného místa vzniku NU v tunelu Radejčín. Jednotlivé kombinace jsou nazývány jako reporty. Tyto reporty jsou výsledkem konkrétních zadání v programu CAPITA. **Tab. 9** obsahuje zadané parametry v jednotlivých reportech.

Tab. 9 Legenda variant reportů z programu CAPITA

	Místo požáru v tunelu	**Tunelová trouba** Podélný sklon PTT + 3 % LTT – 3 %	**Čas uzavření [s]**
Report 1	Uprostřed TT	LTT	120
Report 2	Uprostřed TT	PTT	120
Report 3	Na konci TT	LTT	120
Report 4	Na konci TT	PTT	120
Report 5	Uprostřed TT	LTT	60
Report 6	Uprostřed TT	PTT	60
Report 7	Na konci TT	LTT	60
Report 8	Na konci TT	PTT	60

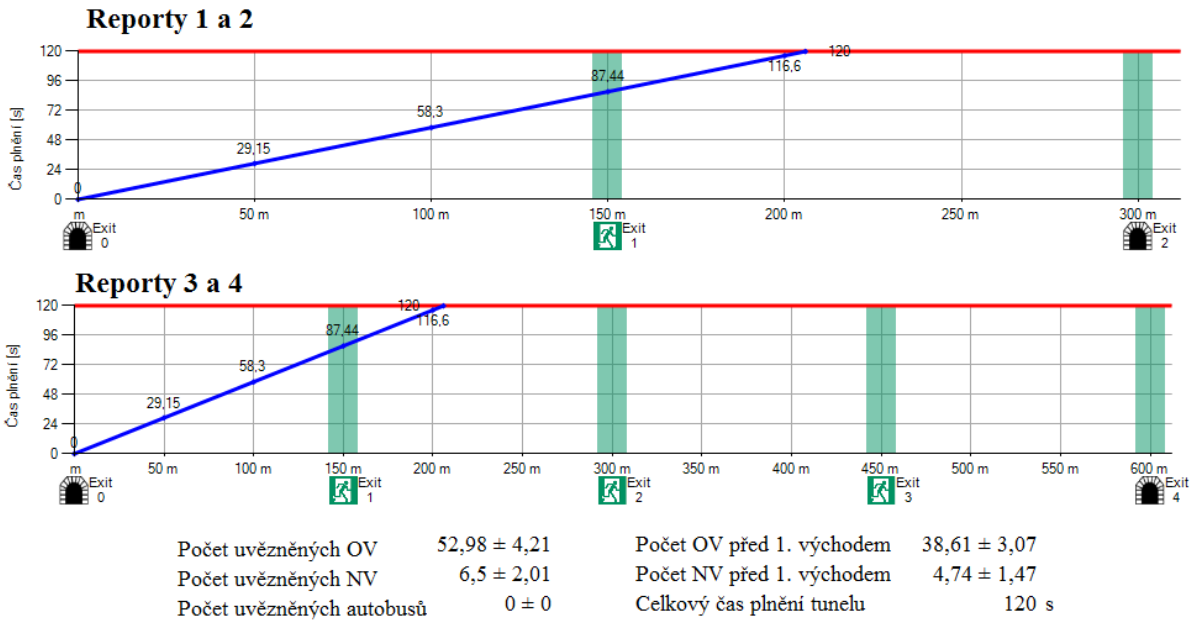
Zdroj: Autorka

Každý report má jiné zadání, kde jsou změněny výše uvedené parametry. Některé výsledky simulace jsou stejné, i přes rozdílná zadání reportů, proto jsou simulace označeny více reporty.

4.4.3 Dopravní simulace - plnění tunelu vozidly

Na obr. 26 a obr. 27 jsou vykresleny dopravní simulace pro všechny varianty reportů. Některé výsledky dopravní simulace jsou stejné i přes rozdílná zadání reportů, proto jsou simulace označeny více reporty. Obr. 26 a obr. 27 ukazují počet vozidel, která najela do tunelu, a doby plnění jednotlivých úseků. Na každém obrázku je vidět, že křivka plnění vozidly nekončí u vjezdu do tunelu, ale až několik metrů za vjezdem do TT. To je dáno skutečností, že vozidla, která vjela do tunelu před uzavřením, dojedou až do místa, kde končí křivka plnění a nezastaví okamžitě, protože netuší, že v tunelu došlo k NU. Z obrázků lze vyčíst počty uvězněných vozidel (OA, NA), která jsou ještě rozdělena po úsecích tvořících únikové východy a celkový čas plnění tunelu.

Tato část simulace modelu lze využít i na jiné situace než je požár. V případě dopravní nehody nebo zablokování výjezdu z tunelu zastavením vozidla by byl vývoj plnění tunelu stejný pouze bez následků na životech osob v tunelu.



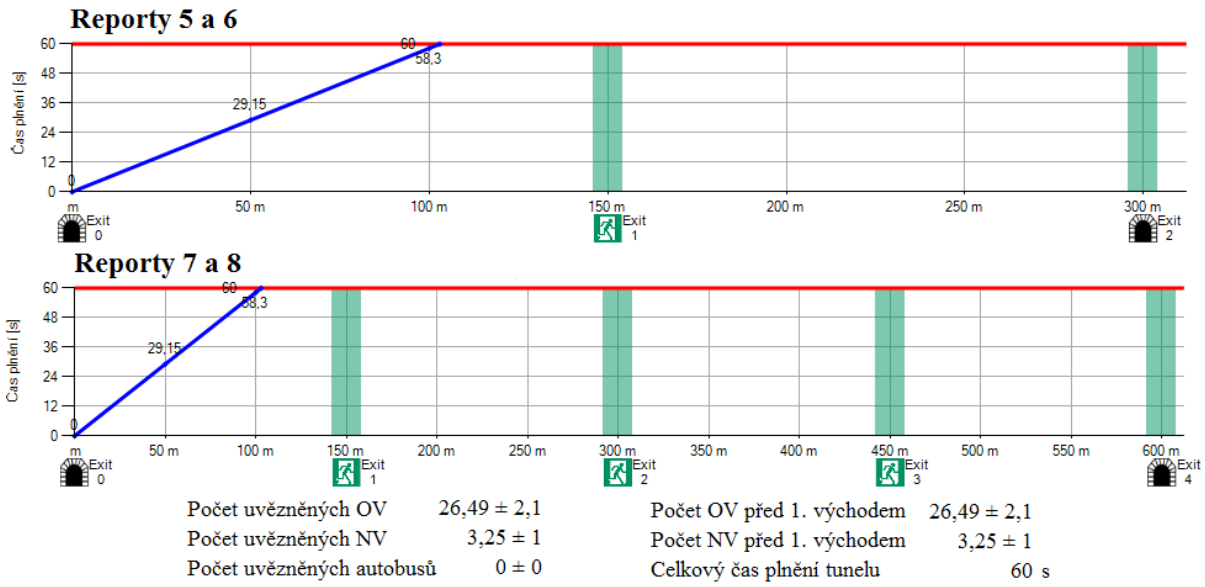
Počet uvězněných OV	52,98 ± 4,21	Počet OV před 1. východem	38,61 ± 3,07
Počet uvězněných NV	6,5 ± 2,01	Počet NV před 1. východem	4,74 ± 1,47
Počet uvězněných autobusů	0 ± 0	Celkový čas plnění tunelu	120 s

Obr. 26 Dopravní simulace plnění tunelu vozidly – reporty 1, 2, 3 a 4

Zdroj: (26), Autorka

Ve čtyřech případech u reportů 1, 2, 3 a 4 je tunel naplněn vozidly až za první exit v délce přes 210 m. To je způsobeno zadanými parametry času do uzavření tunelu, který je nastaven pro tyto reporty na 120 s. V případě reportů 5, 6, 7 a 8 je tento čas nastaven na 60 s a na obr. 27 je tento rozdíl patrný. Tunel je naplněn vozidly do vzdálenosti 110 m od vzniku NU. Rozdíly 60 s

v časech uzavření tunelu generují rozdíl 100 m v naplnění tunelu, což odpovídá hodnotě 30 ± 3 vozidel uvězněných v tunelu.



Obr. 27 Dopravní simulace plnění tunelu vozidly – reporty 5, 6, 7 a 8

Zdroj: (26), Autorka

Celkový čas plnění tunelu je roven času od vzniku NU do doby uzavření tunelu. Tento čas má vliv na počet vozidel, která najedou do tunelu, a tím i na počet osob v tunelu. Snížení tohoto času na minimum zvyšuje počet zachráněných osob a snižuje počty usmrcených osob v tunelu v případě požáru. V tab. 10 jsou zapsány počty uvězněných vozidel v tunelu, úseky zaplněné vozidly od místa vzniku NU a jejich rozdíly závislé na době plnění tunelu.

Tab. 10 Dopravní simulace – plnění tunelu vozidly

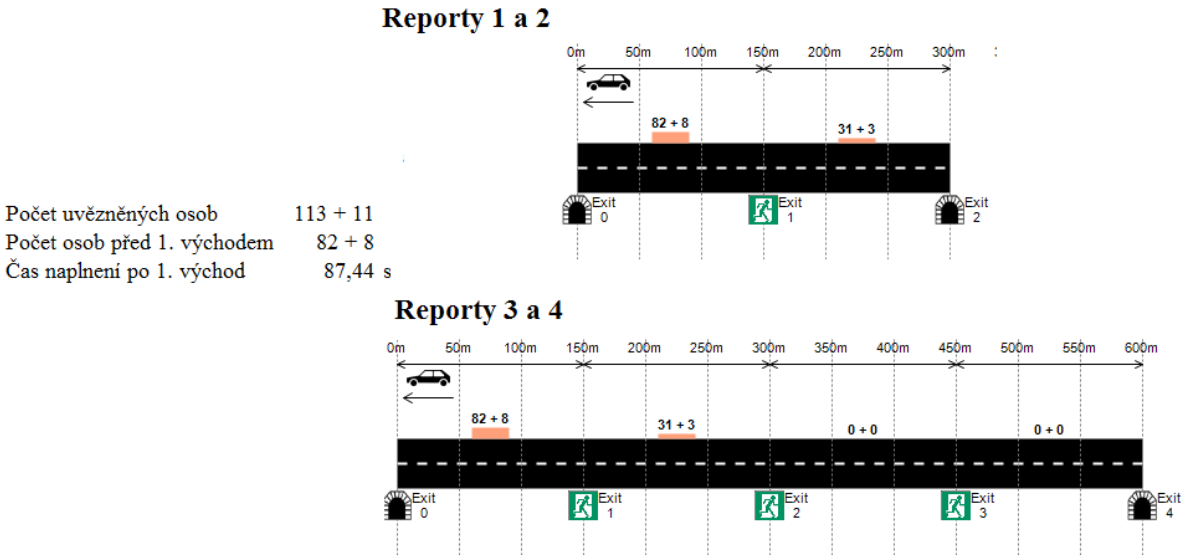
Čas plnění [s]	Úsek zaplněný vozidly od místa vzniku NU [m]	Počet vozidel uvězněných v tunelu (OA + NA)
120	210	60 ± 6
60	110	29 ± 3
Rozdíly mezi variantami		
60	100	31 ± 3

Zdroj: (26), Autorka

Reporty s horšími výsledky, tedy s vyšším počtem uvězněných vozidel byly reporty 1, 2, 3 a 4, což jsou reporty s dobou do uzavření tunelu 120 s. Z toho plyne závěr, že časový úsek mezi vznikem NU a reakcí dispečerů a operátorů na tuto situaci je stěžejní pro celkový počet uvězněných vozidel v tunelu a má vliv na pozdější následky této situace.

4.4.4 Uvězněné osoby

Počet uvězněných osob vyplývá z nastavení počtu osob v OA a NA v simulačním programu a z dopravní simulace. Tyto počty osob odpovídají výsledkům ze simulace plnění tunelu vozidly. Rozložení těchto vozidel před a za exity má vliv na počty osob, které se nestihly evakuovat do okamžiku, kdy je koncentrace škodlivin v ovzduší neslučitelná se životem. Na Obr. 28 a obr. **29** je graficky vyjádřen počet a umístění osob uvězněných v tunelu v čase detekce požáru. Opět jsou některé výsledky reportů stejné. Počty uvězněných osob v tunelu závisí na rozmístění tunelových propojek (exitů) a jejich vzdálenostmi od místa vzniku NU. V modelu je zadán nejhorší možný stav počtu uvězněných osob včetně standardní odchylky, proto jsou počty osob ve tvaru 57 + 6, 113 + 11 atd. Hodnota za znaménkem + je nejhorší možnou variantou počtu osob v tunelu.



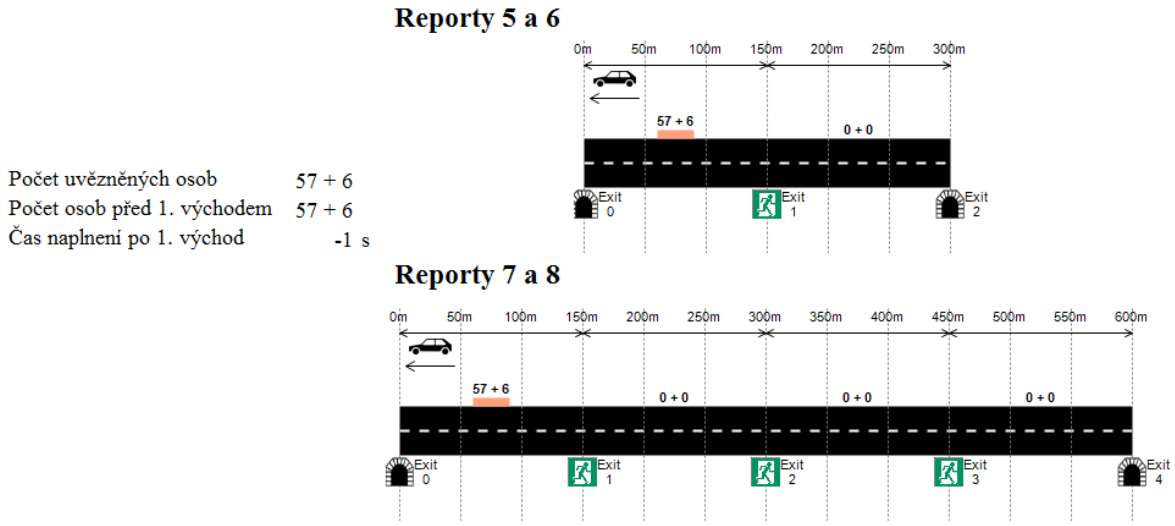
Obr. 28 Počty uvězněných osob mezi exity – reporty 1, 2, 3 a 4

Zdroj: (26), Autorka

Ve čtyřech případech (Reporty 1, 2, 3 a 4) jsou uvězněné osoby až po druhý exit od místa vzniku NU. V případě NU uprostřed tunelu (report 1 a 2) jsou uvězněné osoby až po Ústecký portál. U reportů 3 a 4 (NU na konci tunelu) jsou tyto osoby po druhý exit a plocha od druhého exitu po vjezd do TT je bez osob. Tyto varianty jsou z hlediska bezpečnosti v tunelu horšími stavy. Důvodem je větší počet vozidel a uvězněných osob oproti reportům 5, 6, 7 a 8.

V ostatních čtyřech případech (reporty 5, 6, 7 a 8) v tunelu Radejčín při vzniku NU („požár“) jsou uvězněné osoby pouze v první části, tedy v části mezi místem vzniku NU a prvním exitem. V ostatních místech tunelu (od prvního exitu po vjezd do TT se nenachází žádná osoba. Místa,

ve kterých jsou uvězněny osoby, korespondují s vývojem dopravní simulace v době po uzavření tunelu.



Obr. 29 Počty uvězněných osob mezi exity – reporty 5, 6, 7 a 8

Zdroj: (26), Autorka

U reportů 5, 6, 7 a 8 se tunel plnil vozidly do úseku mezi vznikem NU a prvním exitem. To je důvod, proč jsou ostatní úseky s exity prázdné. Znamená to, že pokud by byly hodnoty intenzity dopravy a doba do uzavření tunelu stejné v jakkoli dlouhém tunelu, vždy by byl tunel naplněn vozidly po první exit. To vyplývá i z dopravní simulace a grafického znázornění počtu uvězněných osob.

Tab. 11 Uvězněné osoby

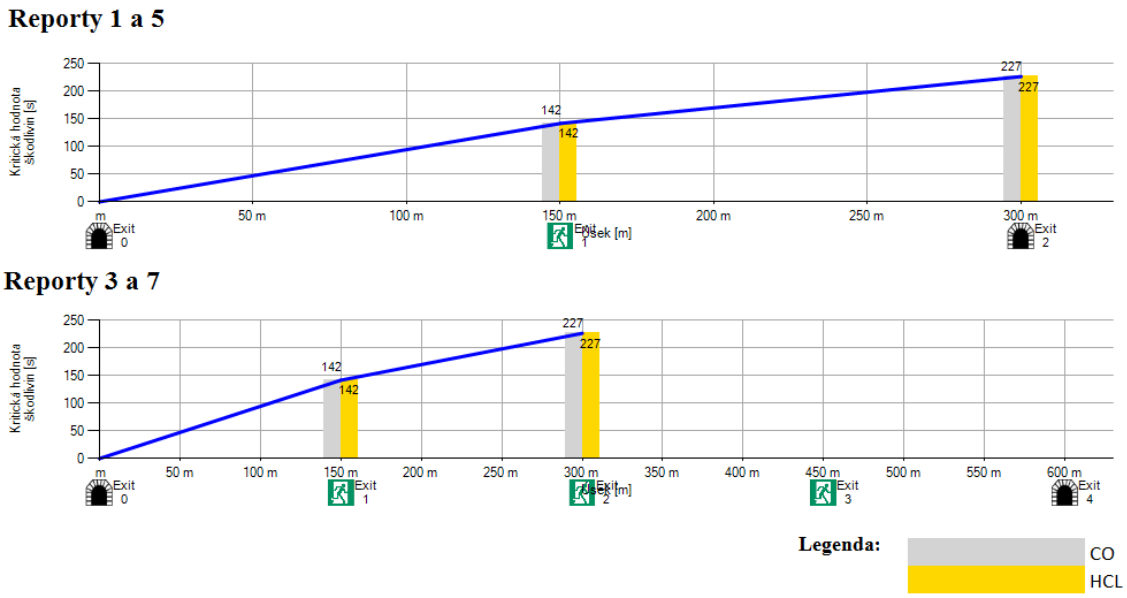
Reporty	Počty uvězněných osob		
	Celkem	Po první exit	Po druhý exit
1, 2, 3, 4	113 + 11	82 + 8	31 + 3
5, 6, 7, 8	57 + 6	57 + 6	0

Zdroj: (26), Autorka

V tab. 11 jsou počty všech uvězněných osob v tunelu při vzniku NU dle jednotlivých reportů. Lze konstatovat, že nejhůře dopadly reporty 1, 2, 3 a 4. Tento závěr je patrný již z předchozího kroku „Dopravní simulace“. Stěžejním parametrem pro takovýto výsledek je opět doba do uzavření tunelu (120 s), která je u těchto reportů shodná.

4.4.5 Požár v tunelu

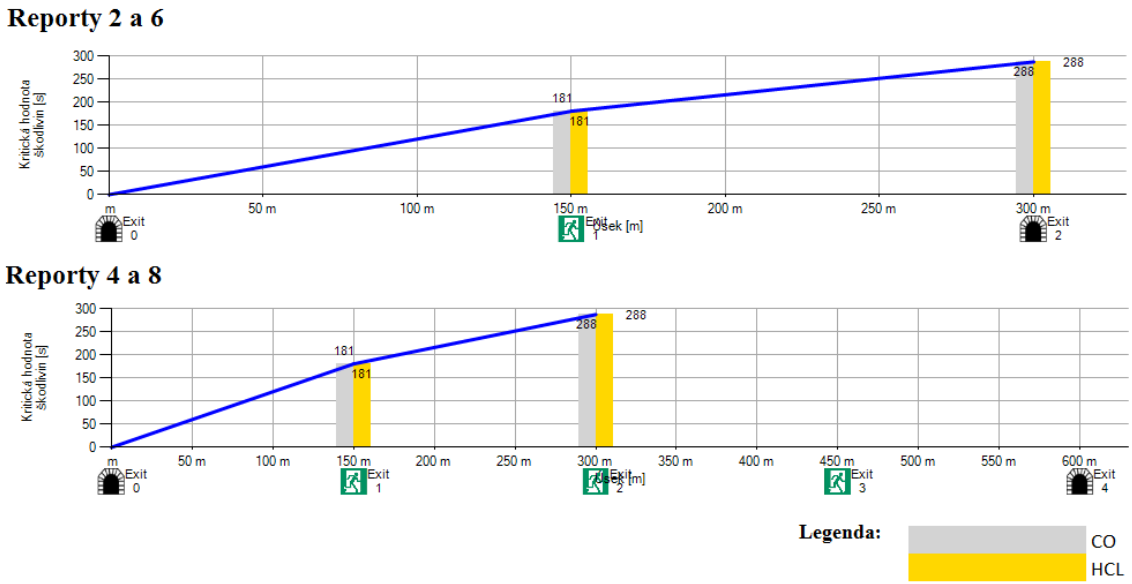
Znázornění šíření kouře v tunelu u všech reportů zobrazuje Obr. 30 a obr. 31. Program CAPITA počítá s kritickými časy dosažení kouře k exitům. Jde o koncentrace škodlivin CO (oxid uhelnatý) a HCl (chlorovodík). Kritický čas dosažení exitů je doba, do které se osoby v okolí exitu stihnou evakuovat. V momentě kritického času se již předpokládá koncentrace škodlivin na úrovni způsobující smrt, proto se po tomto čase nepředpokládá evakuace osob. Kritická koncentrace CO je 0,002 ppm a pro HCl je 0,0004 ppm.



Obr. 30 Fyzikální model šíření kouře v tunelu – reporty 1, 3, 5, 7

Zdroj: (26), Autorka

Z obr. 30 a obr. 31 je patrné, že časy dosažení kritických koncentrací nabývají různých hodnot. To je dáno rozdílnými parametry v reportech, konkrétně se jedná o skutečnost, zda jde o PTT či LTT a to z důvodu podélného sklonu v tunelové troubě.



Obr. 31 Fyzikální model šíření kouře v tunelu – reporty 2, 4, 6, 8

Zdroj: (26), Autorka

Reporty 1, 3, 5 a 7 mají kritické časy k prvnímu exitu 142 s a k druhému 227 s. To jsou nejkratší časy ze všech reportů. V těchto případech se uvězněné osoby po první exit musí stihnout evakuovat do 142 s od vzniku požáru. Osoby v druhé části (za prvním exitem) mají 227 s na evakuaci. Po dosažení těchto času se nepředpokládá další evakuace a osoby, které zůstaly v prostoru TT se považují za mrtvé.

Reporty 2, 4, 6 a 8 mají kritické časy k prvnímu exitu o 39 s delší oproti reportům 1, 3, 5 a 7. K druhému exitu jsou tyto časy delší o 61 s. Celkem je to k prvnímu exitu 181 s a k druhému exitu 288 s. Časy dosažení kritických hodnot škodlivin a rozdíl v reportech jsou v tab. 12.

Tab. 12 Kritická hodnota škodlivin

Reporty	Čas dosažení kritických hodnot škodlivin [s]	
	Po první exit	Po druhý exit
1, 3, 5, 7	142	227
2, 4, 6, 8	181	288
Rozdíl v časech kritických hodnot škodlivin dvou sérií reportů [s]		
	39	61

Zdroj: (26), Autorka

V této části simulace jsou s nejhoršími výsledky (nejkratší čas dosažení kritických hodnot škodlivin) reporty 1, 3, 5 a 7. To je dáno jejich společným zadaným parametrem podélného sklonu. Lze konstatovat, že v levé tunelové troubě se škodliviny budou šířit rychleji než v pravé

tunelové troubě a to přesně o 39 s v úseku po první exit a o 61 sekund v úseku po druhý exit. To je dáno podélným sklonem vozovky v tunelových troubách. Tento rozdíl v čase dosažení kritické hodnoty škodlivin je zásadní pro čas evakuace a počet evakuovaných osob v tunelu. S každou sekundou navíc roste šance na záchranu osob v tunelu. Šíření škodlivých látek ovzduším v tunelu lze ovlivnit zapnutím proudových ventilátorů, jež jsou součástí vybavení tunelu.

4.4.6 Evakuace a úmrtnost

Program CAPITA byl využit i k dalšímu zpracování. Parametrem modulové části programu „Evakuace“ je nastavení doby váhání účastníků dopravního provozu. Dobou váhání se myslí čas mezi naplněním úseku a zahájením evakuace. Pro porovnání vlivu doby váhání na počet usmrcených osob jsou pro každý jednotlivý report nastaveny dvě hodnoty a to:

a) 90 s,
b) 45 s.

Modulová část programu „Úmrtnost“ se zabývá určením počtu zachráněných osob (osoby, které se stihnou včas dostat k exitům a uniknout jimi) a osob, které se k exitům nedostanou včas a vlivem kritické koncentrace škodlivin nejsou schopni pokračovat v evakuaci a dojde tak k ztrátám na životech těchto osob.

V tab. 13 je přehled hodnot ze všech osmi reportů. Jde o celkový čas evakuace osob, počet uvězněných osob v tunelu, celkový počet obětí a úmrtnost. Úmrtnost je udávána v procentech jako poměr počtu obětí ku uvězněným osobám. Z tab. 13 je patrné, že na celkový čas evakuace, počet obětí a úmrtnost má vliv doba do uzavření tunelu. Pro dobu uzavření tunelu 120 s je výsledkem výpočtu 124 uvězněných osob a pro dobu 60 s je to 63 uvězněných osob v tunelu. Zeleně je označena hodnota s nejmenším podílem obětí, která vychází na 6,45 %. Červeně jsou zvýrazněny hodnoty s nejvyšší úmrtností ze všech zkoumaných možností a to 80,95 %.

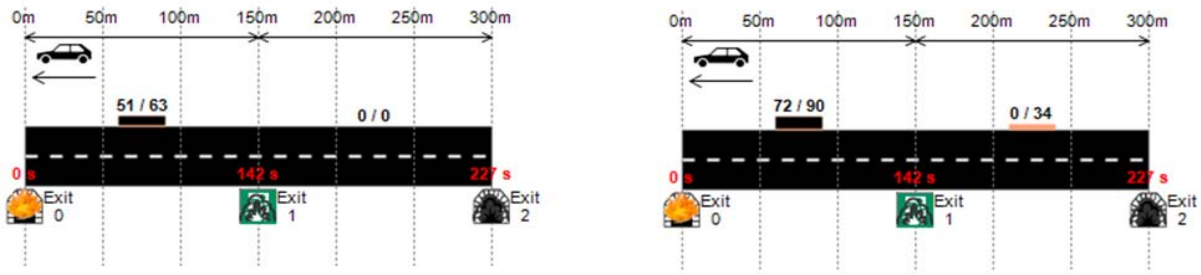
Reporty 2 a 4 mají nejnižší podíl úmrtnosti a oba reporty mají nejmenší počet obětí. Jejich vstupní parametry jsou stejné pro čas do uzavření tunelu (120 s), dobu váhání (45 s) a oba reporty jsou uvažovány v PTT. Parametry se liší pouze v místě vzniku NU – z dopravní simulace je pro oba případy vzniku NU (na konci a uprostřed TT) tunel naplněn vozidly 60 m za prvním exitem, tedy 210 m od vzniku NU. To je důvod, proč místo vzniku NU nemá vliv na celkovou úmrtnost. Zároveň jsou to varianty s nejmenším počtem obětí v tunelu.

Tab. 13 Evakuace a úmrtnost

Reporty	Doba váhání [s]	Evakuace	Úmrtnost		
		Celkový čas evakuace [s]	Uvězněné osoby	Celkový počet obětí	Úmrtnost [%]
1	45	250	124	34	27,42
	90	252		72	58,06
2	45	250		8	6,45
	90	252		39	31,45
3	45	250		34	27,42
	90	252		72	58,06
4	45	250		8	6,45
	90	252		39	31,45
5	45	207	63	24	38,10
	90	252		51	80,95
6	45	207		6	9,52
	90	252		27	42,85
7	45	207		24	38,10
	90	252		51	80,95
8	45	207		6	9,52
	90	252		27	42,86

Zdroj: (26), Autorka

Nejhůře a s největším podílem usmrcených osob vychází kombinace vstupních parametrů pro vznik NU uprostřed LTT s dobou váhání 90 s a časem do uzavření tunelu 60s. Tyto parametry mají za následek celkem 51 obětí z celkového počtu 63 uvězněných osob v tunelu. To udává celkovou úmrtnost alarmujících 80,95 %. Paradoxně nevyšla nejhůře varianta s delší dobou uzavření tunelu 120 s (ostatní parametry stejné), pokud se jedná o úmrtnost. Ta má i větší počet uvězněných osob (124) oproti 63 osobám. Z toho lze tedy usuzovat, že větší úmrtnost by měla mít tato varianta. To, že úmrtnost neměla nejvyšší podíl, vysvětluje obr. 32. Na něm jsou porovnány tyto dvě varianty zákresem uspořádání v místech, kde byl tunel plněn vozidly do doby uzavření tunelu.



Obr. 32 Porovnání nejhorších variant

Zdroj: (26), Autorka

Na obr. 32 je vlevo varianta s nejhorší 80,95% úmrtností a vpravo varianta, která by při prvním pohledu na zadané proměnné měla vyjít nejhůře (má větší počet obětí), avšak není tomu tak. Číselné hodnoty vypsané nad vozovkou udávají počet obětí/celkový počet uvězněných osob. V případě delšího času plnění tunelu vozidly (120 s), je tunel naplněn až po druhý exit (v tomto případě vjezd do TT). U nejhorší varianty je vzhledem ke kratšímu času plnění (60 s) tunel naplněn pouze k prvnímu exitu (tunelové propojce). I přes skutečnost, že je v tunelu více osob, jejich evakuace je efektivnější, protože se rozdělí do dvou skupin. První skupina se od místa vzniku NU začne pohybovat k prvnímu exitu. Druhá skupina se pohybuje k druhému exitu a tak se množství osob na jeden exit sníží. Tím se zvýší počet evakuovaných osob a sníží se tak úmrtnost. Ovšem v případě nejhorší varianty úmrtnosti se všech 63 osob bude snažit uniknout prvním exitem.

I přes skutečnost, že u nejhorší varianty zahyne 51 osob a u druhé varianty 72 osob. Úmrtnost je stále u nejhorší varianty vyšší a to o 22,89 %. To shrnuje, která porovnává nejhorší varianty., která porovnává nejhorší varianty. Obě hodnoty, úmrtnost i počet obětí, jsou měřítkem pro stanovení míry bezpečnosti a míry rizika v tunelu. Při vzniku NU jsou vypovídající hodnotou o závažnosti vzniklé situace a jejích následků.

, **která porovnává** nejhorší varianty. Porovnání nejhorších variant

Reporty_doba váhání [s]	Celkový počet obětí	Úmrtnost [%]	Hodnocení
R1_90	72	58,06	Největší počet usmrcených osob
R5_90	51	80,95	Nejvyšší poměr úmrtnosti [%]
Rozdíl počtu obětí	21	22,89	-
Rozdíl ve prospěch	R5_90	R1_90	-

Zdroj: (26), Autorka

Z hodnoty úmrtnosti tak nelze vyvodit závěr, že počet obětí bude nižší než u varianty s vyšší úmrtností. Na tyto hodnoty, musí být pohlíženo společně. V krizovém managementu je úmrtnost běžně používanou jednotkou i přes její morální problematičnost. Stanovení přípustné míry úmrtnosti je neméně problematické. Obecným cílem je vždy minimalizace počtu obětí při NU v dopravě. Ideální hodnota úmrtnosti se limitně blíží k nule.

4.4.7 Výsledky simulace

Metoda simulace v programu CAPITA se liší od pravděpodobnostního přístupu založeného na rozhodovacích stromech. Pravděpodobnostní stromy uvažují s odhadovanou pravděpodobností funkčnosti různých zařízení. Tímto odhadem je vnesena do modelu jistá neurčitost. V podmínkách ČR neexistují statistiky, na kterých by mohl stát základ pro takovéto odhady pravděpodobnosti pro rozhodovací stromy, hodnotící následky události. Simulace v programu CAPITA hodnotí tunelové technologie, které ovlivňují únik osob, a tyto informace lze využít pro analýzu scénářů.

V simulaci je použito několik kombinací zadávaných parametrů a z jednotlivých výstupů lze jasně vidět, jak tyto parametry ovlivňují výsledky. V prvních částech simulace ovlivňoval výsledky zejména vstupní parametr doba do uzavření tunelu. Nejhorších výsledků je dosaženo vždy s parametrem 120 s do uzavření tunelu. Při simulaci šíření kouře ovlivnil výsledky podélný sklon v tunelu.

Z konečné části simulace „Úmrtnost“ vycházejí nejhůře reporty 1 a 5. Podmínky, které ohrožují nejvíce účastníků provozu v tunelu na životech, jsou v LTT se vznikem NU uprostřed tunelu a s dobou váhání 90 s. Reporty 1 a 5 se rozcházejí v zadaném parametru doby do uzavření tunelu, kdy je zadáno 120 s pro report 1 s následkem nejvyššího počtu usmrcených osob (72 osob). Report 5 s dobou do uzavření tunelu 60 s má za následek největší podíl úmrtnosti v tunelu (80,95 %).

Tab. 14 Reporty s nejhoršími výsledky

Jednotlivé kroky v simulaci Reporty	Nejhorší parametr	Hodnota	
Dopravní simulace			
Reporty: 1, 2, 3, 4	Počet vozidel v tunelu	60 ± 6	
Uvězněné osoby			
Reporty: 1, 2, 3, 4	Počet uvězněných osob	113 ± 11	
Požár			
Reporty: 1, 3, 5, 7	Dosažení kritické hodnoty škodlivin [s]	142 (po první exit)	227 (po druhý exit)
Evakuace			
Report: 1–90 s doba váhání	oběti	72	
Úmrtnost			
Report: 5–90 s doba váhání	úmrtnost	80,95 %	

Zdroj: (26), Autorka

V tab. 14 jsou shrnuty nejhorší výsledky dle jednotlivých kroků simulace. Nejčastěji je zastoupen report 1, jehož zadávané parametry jsou:

a) místo vzniku NU uprostřed TT,
b) levá TT,
c) čas do uzavření tunelu 120 s,
d) doba váhání evakuujících se osob 90 s.

Závažný je i report 5, který má největší úmrtnost ze všech variant, a to alarmujících 80,95 %.

Nyní si lze udělat představu o výroku „Společensky přijatelné riziko“, jež je statusem pro tunel Radejčín. V rámci bezpečnostní dokumentace pro tunel Radejčín je zpracována analýza rizik, jejímž výsledkem je, že tunel Radejčín splňuje všechny požadavky bezpečnosti a míra rizika je tak v mezích společensky přijatelného rizika. V simulačním modelu je uvažována nejhorší možná varianta s požárem 50 MW, což odpovídá hoření nákladního automobilu kategorie N3.

Jak již bylo zmíněno, program CAPITA, ve kterém byla simulace zpracována, je omezen v možnostech zadávání hodnot. Hodnoty, které program vypočetl, jsou tak mírně zaokrouhleny a nemusí odpovídat reálným počtům uvězněných a usmrcených osob v tunelu při vzniku NU. Zaokrouhlení bylo provedeno vždy ve prospěch horších variant. Samotný program pak pracuje s nejhoršími možnými scénáři. Lze tedy konstatovat, že reálné počty uvězněných a usmrcených osob a procentuální úmrtnost budou při reálné situaci nižší.

4.4.8 Výběr nejhorší varianty pro aplikaci nebezpečné události

Pro další řešení nasimulované události je zvolen report R1_90 s nejvyšším počtem usmrcených osob v tunelu (72 usmrcených osob). Jedná se o místo vzniku NU uprostřed LTT s dobou váhání 90 s a časem do uzavření tunelu 120 s.

Tento report byl vybrán vzhledem k nejvyššímu počtu usmrcených osob v tunelu Radejčín. Na tento report jsou aplikovány návrhy na zkrácení doby řešení celé situace a snížení počtu usmrcených osob na minimum.

4.4.9 Stanovení dojezdové doby jednotek IZS

Z rizikové analýzy, která byla zpracována v rámci bezpečnostní dokumentace, vyplynuly nutné úpravy, které bylo třeba dodržet k otevření tunelu Radejčín pro provoz. Jednou z podmínek byly dojezdové časy jednotek HZS do 10 minut a druhou podmínkou byla dislokace jednotek Policie ČR s dojezdovou vzdáleností do 5 minut. Pro splnění těchto podmínek byla vystavěna

nová stanice HZS v Lovosicích. Současný stav dislokace stanic HZS, dojezdové vzdálenosti a dojezdové časy jsou uvedeny v tab. 15.

Tab. 15 Dislokace jednotek HZS

Stanice HZS	Dojezdová vzdálenost [km]	Dojezdový čas [min]	Celkem [min]
Požární stanice Lovosice	12	7 + 2	9
Požární stanice Ústí nad Labem	19,1	12 + 2	14
Jednotka sboru dobrovolných hasičů Řehlovice	6,3	5 + 10	15
Jednotka sboru dobrovolných hasičů Chotiměř	12	10 + 10	20

Zdroj: (23), (27), Autorka

Přístupové trasy k PTO Radejčín z těchto stanic jsou uvedeny v příloze F této práce. Trasy jsou zakresleny v mapě s informací o délce trasy a dojezdových časech. Dojezdové časy jsou vypočteny na základě povolené rychlosti na pozemních komunikacích, na nichž je trasa vedena. Není uvažováno se zdržením vlivem kongescí, či jiných událostí na příjezdových trasách. Výjezd HZS se dále navyšuje o čas přípravy na výjezd, jedná se o dobu mezi nahlášením poplachu a odjezdem sil a prostředků jednotky z místa dislokace.

Požární jednotky vyjíždějí z místa dislokace maximálně do 2 minut (jednotka hasičů z povolání) nebo do 10 minut (jednotky dobrovolných hasičů). V tab. 15 splňuje dojezdový čas do 10 minut požární stanice Lovosice (9 min, vyznačena zeleně).

Tab. 16 Dislokace středisek ZS

Střediska ZS	Dojezdová vzdálenost [km]		Dojezdový čas [min]
Ústí nad Labem	18,5	Vozidlo IZS	16
		LZS	3
Teplice	17		12
Litoměřice	23		17
Lovosice	12,6		9

Zdroj: (27), Autorka

Dislokace středisek záchranné služby v tab. 16 obsahuje také dojezdové vzdálenosti a časy. Konkrétní trasy jsou v příloze G této práce vyznačeny graficky v mapě a slovně popsány.

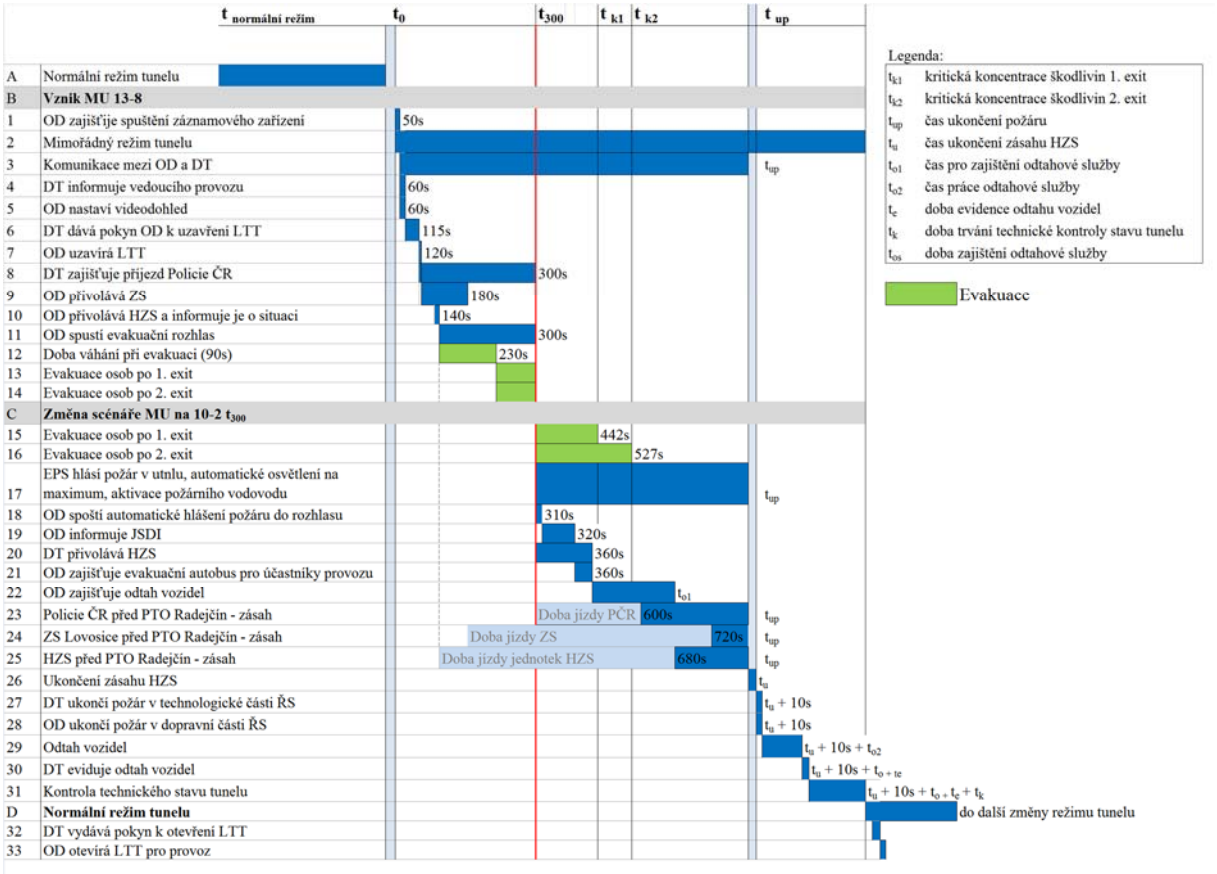
Ve středisku Ústí nad Labem se nachází také středisko letecké záchranné služby (LZS), pro kterou je tunel Radejčín ve spádové oblasti. V blízkosti tunelu Radejčín je vybudována plocha pro přistávání vrtulníků záchranné služby.

Hlídky Policie ČR se dostanou k PTO Radejčín vždy do 5 minut od přivolání hlídky operátorem dopravy či dispečerem technologie.

4.4.10 Vývoj a postup nebezpečné události

Ganttův diagram na

obr. **33** znázorňuje posloupnost úkonů prováděných při řešení NU v čase. Délka některých úkonů je závislá na konkrétní situaci a odvíjí se vždy jinak. Proto jsou některé činnosti označeny pouze časem t. Činnosti, které mají daný časový průběh, jsou zaznamenány v diagramu vždy v sekundách. Pomocí Ganttova diagramu je jasně vidět posloupnost jednotlivých úkonů a jejich návaznost. Jednotlivé úkony mají pro účel této práce přiděleno číselné označení tak, jak za sebou následují v Ganttově diagramu a jsou dále podrobně popsány.



Obr. 33 Ganttův diagram

Zdroj: Autorka

Řešení situace, jak je znázorněno v Ganttově diagramu na obr. 33, probíhá následovně:

A – Normální režim tunelu

Režim tunelu je nastaven na normální režim. Operátor dopravy a dispečer technologie monitorují situaci v tunelu Radejčín ($t_{\text{normální režim}}$).

B – Vznik nebezpečné události

V tunelu Radejčín došlo k nehodě (dopravní krizi), která si vyžádala újmu na zdraví účastníků provozu. Situace vznikla v LTT uprostřed tunelu v místě druhého exitu (t_0). Došlo k nehodě OA s NA.

1 - Operátor dopravy pomocí videodohledu zaznamená situaci v LTT odpovídající scénáři 13-8 dopravní krize v tunelu Radejčín, při které došlo k újmě zdraví účastníků provozu (t_0). OD zajišťuje spuštění záznamového zařízení. Tyto úkony probíhají v čase $t_{0\text{-}50}$.

2 - Řídicí systém je přepnut do mimořádného režimu tunelu. Mimořádný režim je ukončen až OD a DT ukončí kontroly technického stavu tunelu a konstatuje, že je tunel provozuschopný. Mimořádný režim je spuštěn v čase t_0 a ukončen po kontrole technického stavu tunelu, při které byla vyhodnocena provozuschopnost tunelu.

3 - DT a OD vzájemně komunikují o vzniklé situaci v čase t_{50}. Jejich vzájemná komunikace končí až v čase ukončení požáru (tup).

4 - V čase $t_{50\text{-}60}$ DT informuje o situaci vedoucího provozu, OD zajišťuje nastavení videodohledu na místo NU.

5 - Operátor dopravy nastavuje videodohled na místo se vznikem NU.

6 - DT dává pokyn OD k uzavření LTT v čase $t_{60\text{-}115}$.

7 - OD na pokyn DT uzavírá LTT v čase t_{120}.

8 - DT zajišťuje přístup zásahových jednotek se spoluprací Policie ČR v čase $t_{120\text{-}300}$.

9 - V čase $t_{120\text{-}135}$ OD přivolává ZS (tel. 155).

10 - V čase $t_{135\text{-}140}$ OD přivolá HZS a informuje je o situaci v tunelu (tel. 150, 120).

11 - OD aktivuje evakuační rozhlas, kde informuje účastníky provozu o vzniklé situaci a podává příkaz k evakuaci osob v tunelu. Toto se děje v čase $t_{140\text{-}300}$.

12 - Doba váhání osob při evakuaci je stanovena na 90 s. Tato doba zahrnuje čas potřebný na rozmyšlení další reakce osob v tunelu.

13 - Evakuace po první exit probíhá v čase $t_{230\text{-}300}$. Evakuace probíhá celkem 160 s. Doba váhání je 90 s a do doby začátku požáru zbývá 70 s na evakuaci. V čase t_{300} zůstává v tomto místě 75 osob.

14 - Evakuace po druhý exit probíhá v čase $t_{230-300}$. Evakuace probíhá celkem 160 s. Doba váhání je 90 s a do doby začátku požáru zbývá 70 s na evakuaci. V čase t_{300} zůstává v tomto místě 34 osob.

C – Změna scénáře NU na 10-2

V čase t_{300} nastala změna situace na scénář 10-2 požár v dopravním prostoru tunelu Radejčín. Došlo ke vznícení nákladního automobilu kategorie N3. Ve stejném čase OD a DT obdrží hlášení signálu o požáru pomocí EPS. Režim tunelu zůstává stále v mimořádném režimu, řešení situace se změní na řešení dle scénáře 10-2 (má vyšší prioritu). V tunelu se automaticky aktivuje požární větrání, požární vodovod a osvícení tunelu se přepne na maximální možné osvětlení. OD spouští automatické hlášení v evakuačním rozhlase (úkon cca 10 s), poté podává informace o dopravní situaci do JSDI (úkon cca 50 s). DT přivolává HZS a informuje je o změně situace v tunelu.

15 - Evakuace po první exit probíhá v čase $t_{300-442}$. Celkem evakuace trvá 142 s, to je doba než škodliviny dosáhnou kritické úrovně. V čase t_{442} zůstává v tomto místě 45 osob.

16 - Evakuace po druhý exit probíhá v čase $t_{300-527}$. Celkem evakuace trvá 227 s, to je doba než škodliviny dosáhnou kritické úrovně. V čase t_{527} v tomto místě není žádná osoba.

17 - V čase t_{300} hlásí EPS požár, automaticky se zapne osvětlení tunelu na maximální úroveň a aktivuje se požární větrání.

18 - V čase vzniku požáru (t_{300}) OD spustí automatické hlášení prostřednictvím rozhlasu v tunelu v českém, německém a anglickém jazyce s pokynem k neprodlené evakuaci.

19 - V čase $t_{310-320}$ OD informuje o situaci JSDI.

20 - Dispečer technologie přivolává HZS a sděluje změnu již nahlášené dopravní krize na požár v tunelu Radejčín. Též podává HZS podrobnější informace o průběhu situace a jejích podmínkách.

21 - V čase $t_{320-360}$ OD zajišťuje evakuační autobus pro evakuované účastníky provozu v tunelu.

22 - V čase $t_{360} - t_{o1}$ zajišťuje OD odtahovou službu, pro odtah vozidel z tunelu.

23 - Příjezd Policie ČR je 5 minut do nahlášení poplachu. V čase t_{600} dorazí zásahová jednotka k místu PTO Radejčín.

24 - V čase t_{678} dorazí k místu PTO Radejčín záchranné složky IZS ze střediska ZS Lovosice. Doba jízdy jim trvá 9 minut.

25 - Příjezd HZS trvá7 minut od nahlášení + 2 minuty příprava výjezdu. HZS z Lovosic. K PTO Radejčín dorazí složky HZS v čase t_{680}.

26 - V čase t_u je ukončen zásah. O ukončení zásahu rozhoduje velitel zásahu. V tomto případě jde o velitele HZS. Jemu jsou podřízeni všichni OD DT a ostatní složky IZS.

27 - V čase t_u + 10 s dispečer technologie ukončuje NU požár v technologické části ŘS.

28 - V čase t_u + 10 s operátor dopravy ukončuje NU požár v dopravní části ŘS.

29 - Po ukončení požáru v řídicím systému je zajištěn odtah vozidel v čase t_{o2} . Doba trvání těchto prací není stanovena, každý odtah trvá jinou dobu dle náročnosti prováděných prací. Proto je časový rámec označen pouze časem t_{o2} jakožto doba trvání práce odtahové služby. Po skončení práce odtahové služby, pokud je to nutné, se provádějí opravy na poškozených částech tunelu. Doba opravných prací závisí na rozsahu poškození v LTT.

30 - Dispečer technologie eviduje odtah vozidel.

31 - Po odtahu a opravných pracích probíhá kontrola technického stavu tunelu. Doba trvání kontroly technického stavu tunelu se odvíjí od závažnosti poruch a poškození tunelu.

D – Normální režim tunelu

Tunel Radejčín je přepnut do normálního režimu tunelu.

32 - Po kontrole technického stavu tunelu a konstatování, že je tunel provozuschopný dává DT pokyn OD k otevření LTT pro provoz.

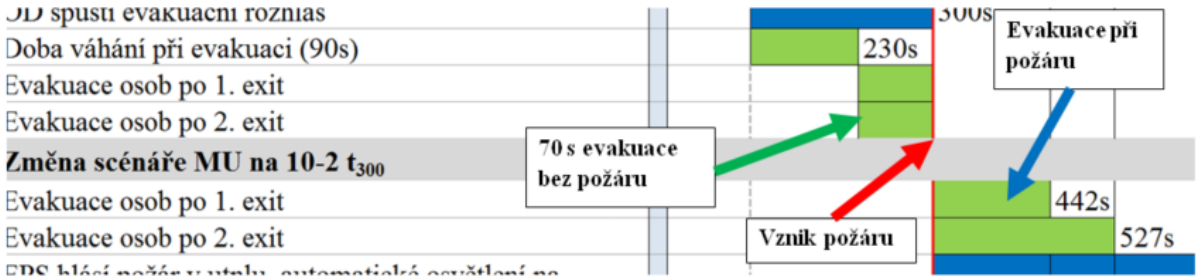
33 - OD otevírá tunel pro provoz.

Nebezpečná událost 13-8 trvá celkem 5 minut. Po 5 minutách vznikne požár (NU 10-2). Celková doba, než na místo před PTO dorazí všechny jednotky IZS, je 720 s (12 min). Od této doby je řešen zásah. Celkovou dobu trvání zásahu nelze předem stanovit. Tato doba se odvíjí od konkrétní situace a podmínek, které nastaly. O ukončení zásahu rozhodne velitel zásahu HZS. Tunel je uzavřen až po dobu, kdy DT konstatuje, že je tunel provozuschopný. Časový rámec opět nelze odhadovat ani stanovit výpočtem, vzhledem k různé náročnosti kontroly technického stavu tunelu, dobám oprav a revizí v tunelu. Provoz v tunelu může být omezen v rozsahu měsíce, při rozsáhlých opravách tunelu tato doba může přesáhnout i 6–12 měsíců.

4.4.11 Počty zachráněných a usmrcených osob pro NU 13-8/10-2

V této části je výpočet celkového počtu obětí a zachráněných (evakuovaných osob). Na obr. 34 je zachycena část Ganttova diagramu (z obr. 33), která znázorňuje čas evakuace po první a druhý exit. Evakuace začala probíhat již za NU 13-8 a to ve 140 sekundě od vzniku NU. K době od spuštění evakuačního rozhlasu (140 s) je přičtena doba váhání 90 s. Z toho lze spočítat, že evakuace osob probíhá 70 s před vznikem požáru. V sedmdesáté sekundě nastala změna NU 13-8 na NU 10-2, tedy v LTT vznikl požár. Od této chvíle lze použít již nasimulovaný průběh vývoje požáru a šíření kouře z programu CAPITA. Ze simulace požáru je vypočten celkový počet 72 usmrcených osob. V této situaci je usmrcených osob méně, vzhledem ke skutečnosti,

že účastníci provozu v tunelu měli o 70 s více času na evakuaci. Z předchozí simulace uvězněných osob v tunelu je vidět, že se v tunelu nachází celkem 124 osob.

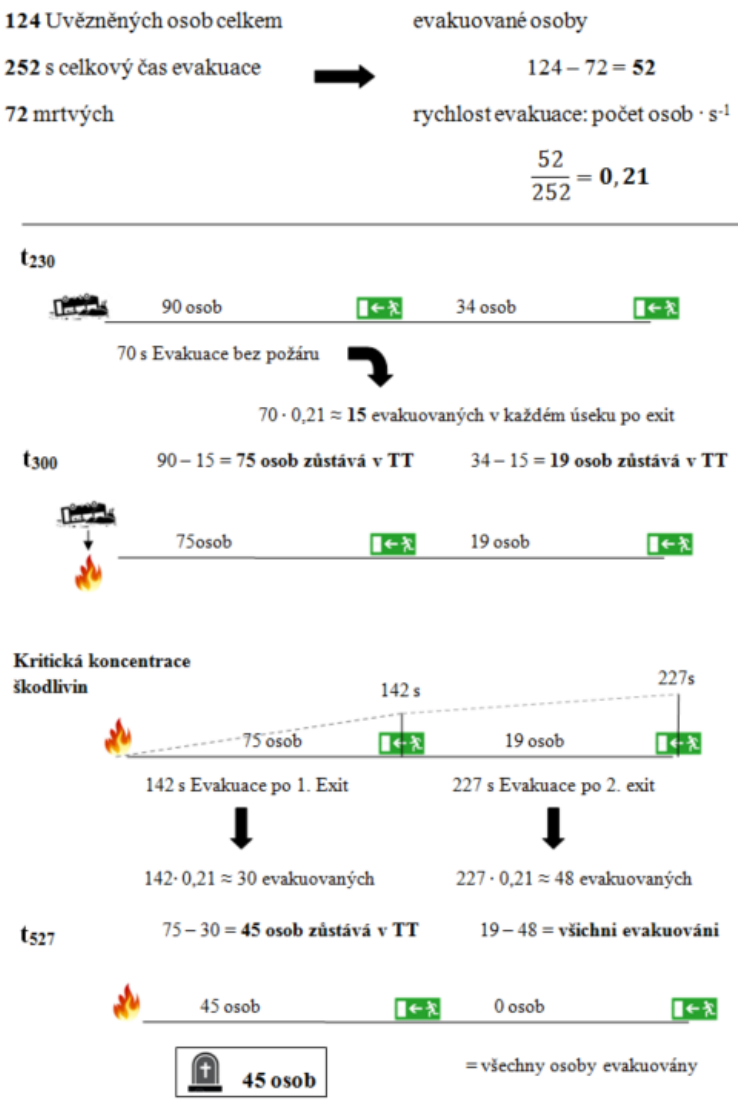


Obr. 34 Evakuace – Ganttův diagram

Zdroj: Autorka

Ve stočtyřicáté sekundě od vzniku NU 13-8 je spuštěn evakuační rozhlas. Osoby uvězněné v tunelu mají 90 s na váhání (140 s + 90 s = 230 s). V čase t_{230} se osoby začínají evakuovat (v TT není požár). Do vzniku požáru zbývá 70 s (vznik požáru v t_{300}, 300 s – 230 s = 70 s). Zde je využita část dopravní simulace – plnění tunelu vozidly a uvězněné osoby ze simulačního programu CAPITA.

V tunelu je uvězněno celkem 124 osob (z tab. 13, report 1). V čase $t_{230-300}$ se tyto osoby evakuují bez přítomnosti požáru a kouře. Evakuace za této NU trvá 70 s. Výpočet je znázorněn na obr. 35. Průměrnou rychlost evakuace jedné osoby lze spočítat z výsledků simulace uvedených v tab. 13. V tunelu je celkem 124 osob, evakuováno je pouze 52 osob (124 osob celkem – 72 mrtvých = 52 osob evakuovaných). Celkový čas evakuace je 252 s. Rychlost evakuace je 0,21 osoby/s (52 evakuovaných osob / 252 s evakuace = 0,21 osob·s^{-1}).



Obr. 35 Výpočet evakuovaných a usmrcených osob

Zdroj: Autorka

V čase $t_{230-300}$ se z tunelu evakuuje celkem 30 osob (15 po 1. exit a 15 po 2. exit). V čase vzniku požáru t_{300} zůstává celkem 75 osob po první exit a 18 osob po druhý exit. Kritická koncentrace škodlivin nastane v místě prvního exitu za 142 s. Za tuto dobu se evakuuje 30 osob. K dosažení kritické koncentrace škodlivin v místě druhého exitu dojde za 227 s od vzniku požáru, za tento čas se stihne evakuovat všech zbývajících 18 osob.

V LTT v čase dosažení kritické koncentrace škodlivin, tedy v čase t_{442}, zůstává celkem 45 osob, které se nestihly evakuovat. Všechny tyto osoby se nacházejí v prostoru mezi vznikem NU a prvním exitem.

V prvních sedmdesáti sekundách, kdy ještě nevypukl požár, se evakuuje z tunelu celkem 30 osob (15 osob po 1. exit, 15 osob po 2. exit). V okamžiku vypuknutí požáru v čase t_{300} se začíná šířit

kouř, který dosáhne kritické koncentrace za 142 s po 1. exit a za 227 s po 2. exit. Po dosažení kritických hodnot škodlivin v ovzduší zůstává v tunelu celkem 45 osob po 1. exit. V prostoru po 2. exit se již nenachází žádná osoba.

V porovnání simulované situace požáru v tunelu pomocí programu CAPITA a namodelované situace v tunelu Radejčín se scénářem 13-8 a jeho změnou po 5 minutách na scénář 10-2 je patrné, že díky dřívější evakuaci je zachráněno více osob (pouze požár – 72 mrtvých, nejdříve nehoda a po 5 minutách požár – 45 mrtvých, rozdíl je 27 zachráněných lidských životů). Účastníci provozu započali evakuaci ještě dříve, než vznikl požár. Evakuace začala probíhat 70 s před začátkem požáru. Ještě před evakuací měly osoby v tunelu 90 s na váhání, zda tunel opustí. Doba váhání je 1,5 minuty, což je přiměřená doba. Osvětou řidičů lze tuto dobu zkrátit. Každý řidič, který projíždí tunelem, by měl být obeznámen, jak se při jízdě tunelem chovat a jak postupovat v případě, že v tunelu září výstražná světla, jsou aktivní informativní DZ „Opusť tunel“ a pomocí rozhlasu je hlášena informace o evakuaci v českém a dvou světových jazycích.

Mezi vznikem NU 13-8 a vyhlášením evakuace je celkem 140 s, kdy účastníci provozu v tunelu neobdrželi žádnou informaci. Jedná se celkem o 2,3 minuty. Tuto dobu je potřebné zkrátit.

Návrhem na zkrácení této doby je přesunutí úkonu zapnutí evakuačního rozhlasu před jiné úkony OD a DT a zkrácení doby reakce OD na situaci z 50 s na 20 s. Nový Ganttův diagram se zkrácenou dobou začátku evakuace je znázorněn na obr. 36. Konkrétně se jedná o změnu úkonů:

a) DT informuje vedoucího provozu,
b) OD nastaví videodohled,
c) DT zajišťuje příjezd Policie ČR,
d) OD přivolává ZS,
e) OD přivolává HZS a informuje je o situaci.

Na obr. 36 je nový Ganttův diagram s předřazením úkonu spuštění evakuačního rozhlasu před jiné úkony. Při NU je vždy nejdůležitější záchrana lidských životu, a tato priorita je předřazena před vše ostatní, proto je navrženo i spuštění evakuace posunuto mezi první úkony OD a DT při řešení NU.

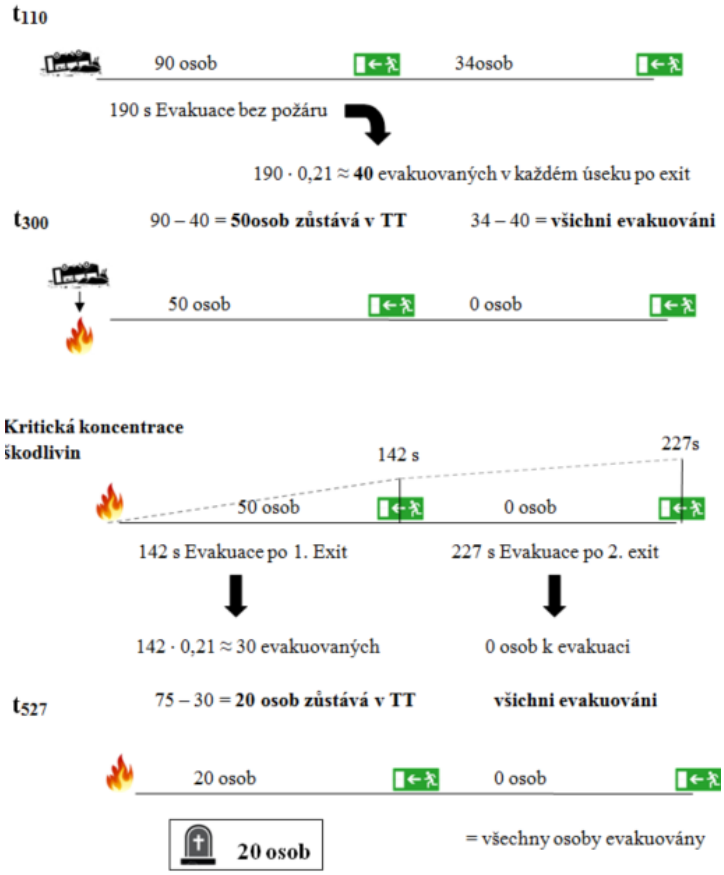
Nově je v tomto návrhu vyšší celkový počet zachráněných osob. I přes navrhované opatření se nepodařilo situaci vyřešit bez ztrát na životech. Výsledkem je prodloužení doby evakuace ještě před vznikem požáru. Doba na evakuaci před vznikem požáru se prodloužila na 190 s + 90 s doba

váhání. Tato doba se prodloužila díky zkrácení reakce OD o 30 s a přesunutí úkonu spuštění evakuačního rozhlasu o 120 s. Nový výpočet evakuovaných osob a obětí je znázorněn na obr. 37.

Obr. 36 Ganttův diagram – zkrácení doby začátku evakuace

Zdroj: Autorka

V čase t_{110} se osoby v LTT začnou evakuovat. Do doby t_{300} kdy začne požár, se osoby evakuují 190 s. Za tuto dobu se stihne evakuovat 40 osob po první exit a všech 34 osob po druhý exit. V okamžiku vzniku požáru v čase t_{300} se nachází v místě po první exit 50 osob. Do dosažení kritických hodnot škodlivin v TT zbývá 142 s. Za tuto dobu se stihne evakuovat 30 osob. Zbývající osoby se nestihly dostat do prostor tunelové propojky prvního exitu. Ztráty na životech jsou tak vyčísleny celkem na 20 osob, které se nacházely v místě mezi vznikem požáru a prvním exitem. Tento výpočet je naznačen na obr. 37.



Obr. 37 Výpočet evakuovaných a usmrcených osob – návrh

Zdroj: Autorka

V tab. 17 jsou shrnuty výsledky modelování postupu řešení NU dopravní krize se změnou na událost požár v tunelu. Tato změna nastane 5 minut po vzniku NU dopravní krize.

Tab. 17 Návrh na snížení počtu obětí

	Evakuace zahájena za [s]	124 osob v LTT celkem	
		Počet evakuovaných osob	Počet obětí
Původní návrh	140	79	45
Nový návrh	20	104	20
Rozdíl	120	25	25

Zdroj: Autorka

Návrhem na snížení počtu obětí v tunelu při NU požár v tunelu je prioritně začít s evakuací osob v tunelu. Tato akce by měla být předřazena všem dalším úkonům, výrazně se tak zvýší počet evakuovaných osob a sníží úmrtnost v tunelu. Nezbytný je i profesionální personál odpovědný za řízení KRS a jeho včasná reakce na vzniklou situaci.

Neméně důležitá je doba reakce osob v tunelu a celkový čas jejich váhání. Toto je faktor, který se nedá přímo ovlivnit, proto není zahrnut do výpočtů. Lze jej ovlivnit jen nepřímo školením řidičů z povolání, kladením většího důrazu na tuto problematiku, prohloubením předávaných informací při výuce budoucích řidičů v autoškole a zvýšením informovanosti v rámci základního vzdělání. Rychlost reakce a spořádanou evakuaci bez vzniku paniky lze pozitivně ovlivnit uvedenými faktory. Nicméně je nutné v modelu pracovat s „horšími“ hodnotami a předpokladem neukázněného chování osob v tunelu a vznikem paniky.

Aplikováním zkrácení doby reakce OD a zvýšením priority úkonu OD zapnutí evakuačního rozhlasu je docíleno zvýšení celkového počtu evakuovaných osob a snížení počtu ztrát na lidských životech o 25 osob.

4.5 Shrnutí návrhů na zvýšení bezpečnosti v tunelu Radejčín

V této kapitole jsou představeny celkem tři návrhy, z toho dva se týkají drobných nedostatků zjištěných v tunelu Radejčín. Třetí návrhem je vytvoření speciálních formulářů pro DT a OD jako návody na řešení různých druhů událostí, které mohou v tunelu Radejčín nastat. Součástí těchto formulářů je pak simulace konkrétní situace v tunelu a aplikace odpovídajícího formuláře pro danou NU.

Prvním návrhem je změna dopravní značky v tunelu Radejčín. Jsou předloženy tři nové varianty vzhledu DZ, předávající konkrétní informace účastníkům provozu v tunelu. Ze tří variant je doporučena jedna, a to konkrétně DZ s piktogramem osoby v pohybu a nápisem „Opusť tunel“.

Druhý návrh se opírá o poukazovaný problém v analýze s nedostatkem místa pro manipulaci a odstavení zásahových vozidel před Ústeckým portálem v místě PTO tunelu Radejčín. Je zde navrhnuto opatření na zvětšení této plochy v podobě vydláždění zatravněné plochy oddělující tunelové trouby.

Třetí návrh je nezbytnou součástí práce, jedná se o vytvoření návodů na řešení nebezpečných situací v tunelu Radejčín. Jedná se o evakuační model tunelu Radejčín s jednotlivými kroky ke zvládnutí situace v tunelu a obnovení provozu. Jsou zde vypsány všechny možné základní situace, ke kterým může v tunelu dojít. Při kombinaci těchto situací nebo při změně jedné situace na jiný scénář se OD a DT řídí dle vlastního uvážení a dle priority dané situace, která je v návrhu stanovena. Tato kombinace dvou scénářů, kdy se jeden scénář v průběhu změní v jiný, je zde modelována.

V rámci třetího návrhu je provedena i simulace NU v tunelu na konci a uprostřed TT. Jsou zde vypočteny počty uvězněných a v případě požáru usmrcených osob v tunelu. Simulace je provedena pomocí programu CAPITA. Nejhorší možné varianty s největším počtem uvězněných a usmrcených osob a s nejvyšší úmrtností jsou vypsány v kapitole „výsledky simulace“. Z výsledků simulace si lze udělat představu o hodnocení míry rizika v tunelu Radejčín jako společensky přijatelného rizika. Na tyto výstupy z programu CAPITA navazuje návrh aplikovaný na nejhorší variantu, z níž vyplynuly další návrhy na zkrácení doby reakce a evakuace tunelu Radejčín. Tyto návrhy jsou v podobě zrychlení reakce OD a předsunutí úkonu spuštění evakuačního rozhlasu před úkony původně prováděné dříve. Výsledkem je zvýšení počtu evakuovaných osob a snížení ztrát na lidských životech o 25 osob.

5 ZÁVĚR

V práci je řešena bezpečnost jízdy motorových vozidel v silničních tunelech. Jsou zde popsány situace, které mohou v tunelu nastat. Práce vytváří konkrétní návrhy a řešení pro zvýšení bezpečnosti v tunelu Radejčín. První část práce se zabývala bezpečností obecně, druhá část práce se věnovala pouze tunelu Radejčín.

V analýze bezpečnosti v tunelu Radejčín je upozorňováno na některé nedostatky, které jsou řešeny v návrhu na zvýšení bezpečnosti. Tyto nedostatky vyplynuly z provedené SWOT analýzy bezpečnosti tunelu Radejčín. Převážně se jedná o zjištěné hrozby a slabé stránky bezpečnosti v tomto tunelu.

V návrzích je **postup evakuace** tunelu Radejčín v podobě formulářů, kterými se řídí operátor dopravy a dispečer technologie při zvláštním a mimořádném režimu tunelu. Tyto navrhované formuláře jsou podkladem k zvládnutí situace, zabezpečení a obnovení bezpečného provozu v tunelu Radejčín. Je vytvořeno celkem 20 formulářů na 20 různých typů událostí, které mohou nastat při jízdě motorových vozidel silničním tunelem Radejčín.

V rámci návrhů na zvýšení bezpečnosti je vytvořen **simulační model** pomocí programu CAPITA. V modelu lze vyčíst počty uvězněných osob v tunelu při NU a stanovit tak počty obětí při NU „požár“. Do simulačního modelu byly nastaveny proměnné hodnoty tak, aby korespondovaly co nejvíce s hodnotami z rizikové analýzy, která byla vytvořena v rámci bezpečnostní dokumentace ke stavbě tunelu Radejčín. Vzhledem k možnostem nastavení hodnot v programu CAPITA jsou veškeré hodnoty zaokrouhleny vždy ve prospěch horších variant a ovlivňují tak výsledek vždy na nejhorší možný případ. Díky výsledkům ze simulace požáru v tunelu Radejčín si lze představit obsah pojmu společensky přijatelné riziko a zároveň je na tyto výsledky navázáno při simulaci konkrétní NU. V této práci je vytvořen **evakuační model** pro konkrétní událost dopravní krize v tunelu, která je po 5 minutách změněna na událost požár v tunelu. Simulace NU je podrobně popsána a ke každému kroku jsou vypsány doby trvání v sekundách. Posloupnost úkonů prováděných při řešení NU v čase je zobrazeno v Ganttově diagramu. Na tyto výsledky je **navrženo řešení ke snížení počtu obětí** v tunelu Radejčín v podobě rychlejší reakce operátora dopravy a dřívějšího spuštění evakuačního rozhlasu. Tato opatření by vedla k **záchraně 25 lidských životů** při **zvýšení celkového času evakuace o 120 s.**

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

(1) Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů

(2) Nařízení vlády č. 264/2009 Sb. o bezpečnostních požadavcích na tunely delší 500 m

(3) ČSN 73 7507. Projektování tunelů pozemních komunikací

(4) Vzorové listy stavebních pozemních komunikací, VL 5 – Tunely

(5) Technické podmínky, Bezpečnost v tunelech pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy České republiky, Odbor pozemních komunikací. TP 98, čj. 891/09-910-IKP/1 s účinností od 1. prosince 2009, ELTODO EG a.s. 2009

(6) Technické podmínky, Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy České republiky, Odbor silniční infrastruktury. TP 154, čj.1014/10-910-IPK/1 s účinností od 1. prosince 2010, ELTODO EG a.s. 2010

(7) Technické podmínky, Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy České republiky, Odbor silniční infrastruktury. TP 229, čj.1014/10-910-IPK/1 s účinností od 1. prosince 2010, ELTODO EG a.s. 2010

(8) Technické kvalitativní podmínky staveb. Konstrukce [online]. 2009, 3-4 [cit. 2016-10-12]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/technicke-kvalitativni-podminky-staveb>.

(9) Webové služby na Fakultě bezpečnostního inženýrství Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava [online], [cit. 2016-09-18] Dostupné z: <http://fbiweb.vsb.cz>.

(10) Nové bezpečnostní kategorie krátkých tunelů [online]. 2010, 19(1/2010), 3-5 [cit. 2016-10-12]. Dostupné z: <http://www.ita-aites.cz/files/tunel/2010/1/tunel_01_10-03-08>.

(11) BROŽOVÁ, Pavlína. Omezení průjezdu vozidel s nebezpečnými věcmi silničními a dálničními tunely [online]. 2010, 5(1/2010), 17-18 [cit. 2016-09-05]. Perner´s Contacts. ISSN 1801-674x

(12) Safety in tunnels, Transport of dangerous goods through road tunnels. 2001. Nakladatelství OECD, Paris 2001. ISBN 92-64-19651-X. 88 s.

(13) Dopravní značky [online], [cit. 2016-11-14]. Dostupné z: <http://www.zakruta.cz/dopravni-znaceni/>.

(14) České dálnice.cz, Mapy silniční a dálniční sítě [online], [cit. 2017-02-12]. Dostupné z: <http://www.ceskedalnice.cz/multimedia/mapy/site/>.

(15) Interní materiály poskytnuté společností Pragoprojekt a.s. Poskytnuto dne 6. 10. 2016.

(16) BULÍČEK, Josef. Systémová analýza: Studijní opora. 2013. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-630-1.

(17) PŘIBYL, Pavel a Jiří BARTÁK. Tunely na pozemních komunikacích. 2011. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04723-1.

(18) PŘIBYL, Pavel, Aleš JANOTA a Juraj SPALEK. Analýza a řízení rizik v dopravě, Tunely na pozemních komunikacích a železnici. 2008. Praha: Nakladatelství BEN – technická literatura, Praha 2008. 1. vydání. ISBN 978-80-7300-2140-0

(19) Interní materiály poskytnuté společností Pragoprojekt a.s., dne 23. 10. 2016

(20) ZULAF, Ch., at al: Evalution of the safety of road tunnels, Final Reort. November 2007, pp.55.

(21) Bezpečnostní dokumentace, příloha Operativně taktická studie, Objekt F 602 dálniční tunel Radejčín, podzhotovitel VŠB TU Ostrava FBI, dne 26. 9. 2016

(22) Provozní dokumentace tunelu Radejčín, všeobecné práce pro tunel, příloha Tunelová kniha, Objekt F 602 dálniční tunel Radejčín, Zhotovitel PRAGOPROJEKT, a.s. , dne 26. 9. 2016

(23) Bezpečnostní dokumentace, příloha analýza rizik, Objekt F 602 dálniční tunel Radejčín, podzhotovitel VŠB TU Ostrava FBI, dne 26. 9. 2016

(24) Bezpečnostní dokumentace, příloha bezpečnostní expertiza, Objekt F 602 dálniční tunel Radejčín, podzhotovitel VŠB TU Ostrava FBI, dne 26. 9. 2016

(25) Geoportál ŘSD. Silniční a dálniční síť, veřejná aplikace, [online], [cit. 2017-03-13]. Dostupné z: <https://geoportal.rsd.cz/webappbuilder/apps/7/>.

(26) Program CAPITA, poskytnutý společností Pragoprojekt a.s., dne 23. 10. 2016

(27) Mapy.cz [online], [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: < https://mapy.cz/zakladni>.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Analýza rizik

Příloha B Závěry k Analýze možných rizik

Příloha C Grafická podoba formuláře pro řešení NU

Příloha D Návrh evakuačního plánu tunelu Radejčín

Příloha E Postup funkce programu CAPITA

Příloha F Příjezdové trasy k PTO jednotek HZS

Příloha G Příjezdové trasy k PTO jednotek ZS

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA A – ANALÝZA RIZIK

1. Kvantitativní analýza rizik závažných havárií

1.1. Úvod

Rychlý nárůst osobní dopravy i přepravy nebezpečných látek vyvolává nutnost hodnocení a řízení rizik. Průmyslové podniky vyrábí a expedují značné množství nebezpečných látek, které představují pro člověka určité riziko spojené především s toxicitou, hořlavostí a výbušností. V České republice i v celém světě dochází čím dál častěji k haváriím při přepravě nebezpečných látek, kdy tyto havárie mají závažné následky na obyvatelstvo, majetek nebo životním prostředí. Stranou nemůže zůstat ani hodnocení rizik osobní dopravy po silnici, kdy dochází k zvyšování rychlosti a tím i možný nárůst obětí v případech mimořádných událostí. Předkládaná bezpečnostní studie je zaměřena na vyhodnocení míry rizika silniční přepravy v tunelu Radejčín.

1.2. Definice rozsahu analýzy rizika

Ve smyslu směrnice EU (2004/54/EC) musí být zpracována analýza rizik, pokud tunel:

- s ohledem na specifické parametry vykazuje zvláštní charakteristiku,

- anebo pokud nejsou splněné minimální požadavky.

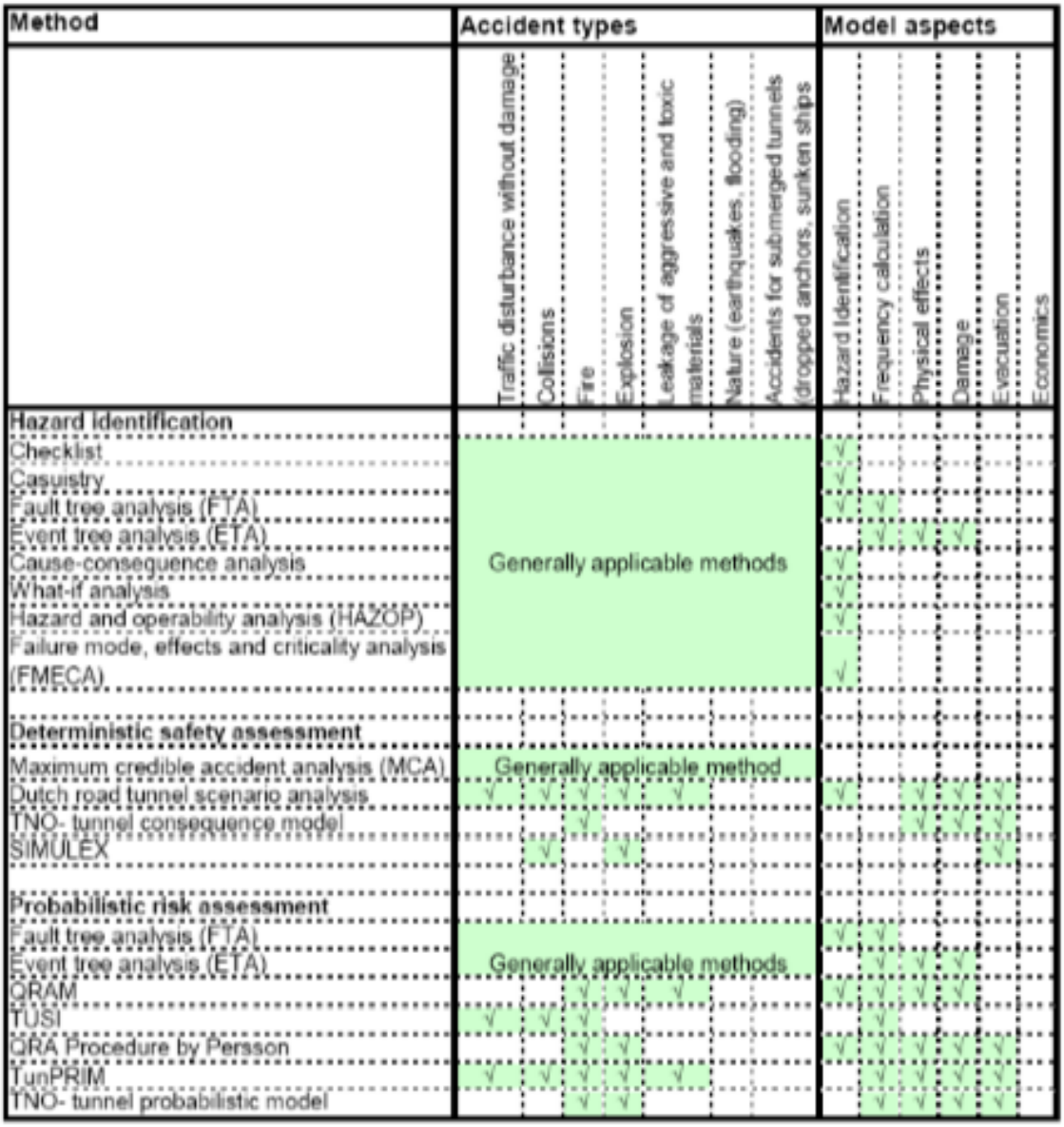
Vzhledem k délce tunelu je nutné zpracovat analýzu rizik, i když jsou splněny minimální požadavky dané směrnicí EU. Protože lze předpokládat nárůst dopravy v nejbližších letech a v blízké budoucnosti, byl jako rozhodujíc stav intenzit dopravy vybrán rok 2030. K tomuto datu je odhadnuta i intenzita přepravy nebezpečných látek, aby mohlo být provedeno co nejpřesnější kvantitativní hodnocení rizik.

Cílem předkládané analýzy je stanovit rizika jednotlivých scénářů havárií z hlediska dopadu na přepravované osoby (smrtelná zranění), vyhodnotit společenské riziko a prokázat přijatelnost rizik. Cílem je rovněž posoudit navrhovaná bezpečnostní opatření pro snížení rizik. Výsledky analýzy budou sloužit pro přípravu a nácvik zásahů hasičského záchranného sboru v případech výskytu mimořádných událostí.

1.3. Metody hodnocení rizik přepravy

Pro provedení kvantitativní analýzy rizik není předepisována EU ani českými předpisy žádná jednotná metodika. Předkládaná analýza se proto zakládá na metodikách kvantitativních analýz rizik cest a tunelů, které se používají například v Rakousku, Švýcarsku nebo Holandsku. Metodika postupu hodnocení rizik je ale přizpůsobena místním podmínkám.

Mezi nejznámější metody hodnocení rizik přepravy nebezpečných látek patří metodika Guideline for Chemical Transportation Risk Analysis (TRA) [1] amerického institutu chemického inženýrství (AICHE) a holandská metodika Guideline for Quantitative Risk Assessement (Purple book CPR 18E) [2] vydaná organizací TNO. Na následujícím obrázku (obr. č. 1) je představen obecně platný postup hodnocení rizik. Přehled doporučovaných dostupných metod pro analýzu rizik podle publikace [5] je uveden na obrázku č. 2.



Obrázek č. 2: Přehled metod analýzy rizik [5]

Pro úvodní část analýzy rizik –identifikaci zdrojů rizik byla použita metoda **Analýza příčin a následků poruch** (FMEA - Failure Mode and Effects Analysis) [3]. FMEA je nástrojem pro vyhodnocení potenciálních problémů a jejich příčin. Je založena na týmové analýze, metoda sestavuje tabulku příčin poruch a jejich následků na systém. Výsledkem je kvalitativní systematický seznam zařízení, jejich poruch a následků, s možností kvantifikace. Obvykle je dokumentována v tabulkové formě s doporučením pro zlepšení bezpečnosti.

Vlastní hodnocení potenciálních poruch se zaměřuje na tři hlediska, která se hodnotí bodovou stupnicí 1 až 10:

- Pravděpodobnost výskytu poruchy.
- Význam poruchy.

- Pravděpodobnost odhalení poruchy.

Po stanovení všech tří bodových hodnocení se pro každou poruchu vyvolanou určitou příčinou vypočte tzv. rizikové prioritní číslo (RPN), které představuje součin příslušných bodových hodnocení jednotlivých kriterií. Výsledky hodnocení se zaznamenávají do formuláře FMEA. Hodnoty RPN umožňují vzájemné porovnání scénářů a určení těch nejzávažnějších scénářů, které je vhodné dále hodnotit detailnější kvantitativní analýzou rizik.

Proto pro účely kvantitativního hodnocení rizik (QRA) v této bezpečnostní studii byl využit doporučený postup hodnocení rizik přepravních aktivit, který je uveden v druhé části publikace **„Purple Book"** [2]. Tento postup je založen na analýze zpráv o haváriích v minulosti. Použitelnost tohoto holandského manuálu a jeho pravidel pro realizaci studií rizik je omezena na přepravu nebezpečných látek po veřejných komunikacích vozidly, vlaky, vodní dopravou a potrubím mimo ohraničené území podniků a překladišť. Proto byla zvolená metodika doplněna o zkušenosti z hodnocení rizik silničních tunelů v Rakousku (např. publikace [7]) nebo Švýcarsku. Hlavní část této analýzy tvoří metoda stromu událostí (ETA).

1.4. Identifikace zdrojů rizik

Pro potřeby analýzy rizik byly v souladu s publikací [4] a rakouskými zkušenostmi [7] identifikovány následující typy scénářů potenciálních havárií:

a) scénáře bez dopravy nebezpečných látek

a1. Požár osobního vozidla (výkon požáru 5 MW);

a2. Požár nákladního vozidla bez zvláštního nákladu (výkon požáru 30 MW);

a3. Požár nákladného vozidla se zvláštním nákladem (výkon požáru 100 MW).

Pod pojmem „zvláštní náklad" se rozumí látky, které se nepovažují za nebezpečné, ale na základě jejich velkého obsahu energie mohou vést k 100 MW požáru (např. pneumatiky nebo máslo).

b) scénáře s dopravou nebezpečných látek

Na základě možné dopravy nebezpečných látek jsou posuzovány následující scénáře jako závažné mimořádné události v tunelu Radejčín:

b4. Požár nákladního vozidla s nebezpečnými látkami (výkon požáru 100 MW);

b5. Exploze po úniku propanu z jedné tlakové láhve (50 kg);

b6. Exploze po úniku propanu z cisterny (18 t);

b7. Toxický mrak plynu po úniku chlóru z jedné tlakové láhve (50 kg);

b8. Toxický mrak plynu po úniku chlóru z cisterny (20 t).

1.4.1 Výsledky metody FMEA

Výsledky analýzy metodou FMEA jsou uvedeny pomocí doporučovaného formuláře na následujících stranách.

Identifikace procesu:			Tunel Radejčín						
				Současný stav					
Scénář	Projev poruchy	Následek poruchy	Příčina poruchy	Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	Doporučená opatření
a1. Požár osobního vozidla (výkon požáru 5 MW)	„Horká" mimořádná událost	Smrtelná zranění osob, evakuace, přerušení provozu	Dopravní nehoda, chyba lidského činitele, technická porucha	Videodohled, hlásky SOS, hasící přístroje	5	4	5	100	EPS, zásah hasičů
a2. Požár nákladního vozidla bez zvláštního nákladu (výkon požáru 30 MW)	„Horká" mimořádná událost	Smrtelná zranění osob, evakuace, poškození tunelu, přerušení provozu	Dopravní nehoda, chyba lidského činitele, technická porucha	Videodohled, hlásky SOS, hasící přístroje	7	3	5	105	EPS, zásah hasičů
a3. Požár nákladného vozidla se zvláštním nákladem (výkon požáru 100 MW)	„Horká" mimořádná událost	Smrtelná zranění osob, evakuace, poškození tunelu, přerušení provozu (dlouhodobé)	Dopravní nehoda, chyba lidského činitele, technická porucha	Videodohled, hlásky SOS, hasící přístroje	8	3	5	120	EPS, zásah hasičů
b4. Požár nákladního vozidla s nebezpečnými látkami (výkon požáru 100 MW)	„Horká" mimořádná událost	Smrtelná zranění osob, evakuace, poškození tunelu, přerušení provozu (dlouhodobé)	Dopravní nehoda, chyba lidského činitele, technická porucha	Videodohled, hlásky SOS, hasící přístroje	9	3	5	135	EPS, zásah hasičů

Význam (dopad)		**Pravděpodobnost výskytu problému**		**Pravděpodobnost odhalení** (před výstupem)		
sotva postřehnutelný	= 1	nepravděpodobné	= 1	vysoká	= 1	
bezvýznamný	= 2 ÷ 3	velmi malá	= 2 ÷ 3	mírná	= 2 ÷ 5	RPN = význam*výskyt*odhalení
středně významný	= 4 ÷ 6	malá	= 4 ÷ 6	malá	= 6 ÷ 8	(rizikové prioritní číslo)
závažný	= 7 ÷ 8	mírná	= 7 ÷ 8	velmi malá	= 9	
mimořádně závažný	= 9 ÷ 10	vysoká	= 9 ÷ 10	nepravděpodobné	= 10	

Bezpečnostní dokumentace: objekt F 602 - Tunel Radejčín
Dálnice D8 Praha – Ústí nad Labem 18. 5. 2009

Identifikace procesu:			Tunel Radejčín						
				Současný stav					
Scénář	Projev poruchy	Následek poruchy	Příčina poruchy	Kontrolní opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	Doporučená opatření
b5. Exploze po úniku propanu z jedné tlakové láhve (50 kg)	Šíření tlakové vlny po výbuchu	Smrtelná zranění osob, evakuace, přerušení provozu	Dopravní nehoda, chyba lidského činitele, technická porucha	Videodohled, hlásky SOS	5	3	5	75	EPS, zásah hasičů
b6. Exploze po úniku propanu z cisterny (18 t)	Šíření tlakové vlny po výbuchu	Smrtelná zranění osob, evakuace, poškození tunelu, přerušení provozu (dlouhodobé)	Dopravní nehoda, chyba lidského činitele, technická porucha	Videodohled, hlásky SOS	9	3	5	135	EPS, zásah hasičů
b7. Toxický mrak plynu po úniku chlóru z jedné tlakové láhve (50 kg)	Šíření toxického mraku plynu	Smrtelná zranění osob, evakuace, přerušení provozu	Dopravní nehoda, chyba lidského činitele, technická porucha	Videodohled, hlásky SOS	5	3	5	75	Zásah hasičů
b8. Toxický mrak plynu po úniku chlóru z cisterny (20 t)	Šíření toxického mraku plynu	Smrtelná zranění osob, evakuace, přerušení provozu (dlouhodobé)	Dopravní nehoda, chyba lidského činitele, technická porucha	Videodohled, hlásky SOS	9	3	5	135	Zásah hasičů

Význam (dopad)		**Pravděpodobnost výskytu problému**		**Pravděpodobnost odhalení** (před výstupem)		
sotva postřehnutelný	= 1	nepravděpodobné	= 1	vysoká	= 1	
bezvýznamný	= 2 ÷ 3	velmi malá	= 2 ÷ 3	mírná	= 2 ÷ 5	RPN = význam*výskyt*odhalení
středně významný	= 4 ÷ 6	malá	= 4 ÷ 6	malá	= 6 ÷ 8	(rizikové prioritní číslo)
závažný	= 7 ÷ 8	mírná	= 7 ÷ 8	velmi malá	= 9	
mimořádně závažný	= 9 ÷ 10	vysoká	= 9 ÷ 10	nepravděpodobné	= 10	

Zdroj: Bezpečnostní dokumentace, příloha analýza rizik, Objekt F 602 dálniční tunel Radejčín, podzhotovitel VŠB TU Ostrava FBI

PŘÍLOHA B – ZÁVĚRY K ANALÝZE MOŽNÝCH RIZIK

1.6. Závěry k analýze možných rizik tunelu Radejčín

Předložená studie rizik přepravy osob a nebezpečných látek v tunelu Radejčín byla zpracována jako kvantitativní analýza rizik s využitím dostupných metod v Evropě. Omezení analýzy rizik lze spatřovat v nedostatku detailních vstupních údajů především o počtech přepravovaných osob a cisteren s nebezpečnými látkami. Proto výsledky analýzy rizik lze charakterizovat vzhledem k současným znalostem a zjednodušujícím předpokladům jako konzervativní.

Rozsáhlé bezpečnostní opatření navrhované pro tunel Radejčín lze jen těžce kvantifikovat a zohlednit v analýze rizik (například počet příčných únikových chodeb, systémy na detekci požáru, šířku jízdních pruhů, způsob označení únikových cest, atd.) Z pohledu kvantitativní analýzy rizik v případě bez přepravy nebezpečných látek je průběh celkového rizika v oblasti akceptovatelného rizika a nejsou nezbytná další bezpečnostní opatření. Vyhodnocené riziko pro přepravované osoby lze hodnotit jako společensky přijatelné.

V případě výsledků kvantitativní analýzy rizik se zahrnutím přepravy nebezpečných látek mírně zasahuje výsledná FN křivka do ALARP oblasti. Z tohoto důvodu jsou navržena dodatečná opatření snižující riziko vztahující se k přepravám nebezpečných látek, která však mají pozitivní dopad na snížení rizika vesměs obecně. Mezi bezpečnostní opatření, která musí být pro snížení rizik zajištěna, patří:

- Současná dislokace jednotek PO v oblasti zamýšlené stavby tunelů Radejčín a Prackovice nevyhovuje ustanovení ČSN 73 7507. Před uvedením tunelů do provozu je zapotřebí zabezpečit dislokaci jednotek PO tak, aby nasazení požadovaných sil a prostředků bylo do desáté minuty od nahlášení požáru. Z hlediska provádění zásahu složkami IZS je nutné na tunely Radejčín a Prackovice pohlížet jako na jeden dopravní uzel.
- Pro omezení vzniku kolizních situací je vzhledem k závislosti brzdné vzdálenosti na rychlosti jízdy, závislosti bezpečné vzdálenosti mezi vozidly na rychlosti jízdy a rychlosti jízdy těžkých nákladních vozidel (včetně přeprav ADR) požadováno omezení maximální rychlosti jízdy na 80 km/hod v celém dopravním uzlu tvořeném tunely Radejčín a Prackovice.
- Z důvodu rizik, která jsou spojena s přepravou ADR tunely, je požadováno identifikování těchto vozidel a jejich nákladu (scan označení vozidel) v tunelu (na vjezdu a výjezdu).
- Zapnutí proudových ventilátorů při požáru za situace, kdy vnější podmínky (zejména směr a síla větru na portálu a rozdíl teplot na portálech) mimořádně přesáhnou návrhové hodnoty (tj. výkon proudových ventilátorů nepostačí pro dosažení proudění alespoň kritickou rychlostí ve směru jízdy vozidel), může vést k zakouření celého profilu tunelové trouby. Pro vyloučení této situace je nutné zavést i monitorování vnějších podmínek, zda odpovídají návrhovým parametrům požárního větrání.
- Součástí prevence musí být policejní dálniční tunelová hlídka PČR, která okamžitě řeší nestandardní situace, dopravní přestupky a provádí trvale dohled a prevenci nad dopravou v dálničních tunelech (dojezdový čas do 5 minut).
- Provozovatel tunelu zajistí prohlubování odborné přípravy pracovníků řídicího centra (dispečerů provozu a dispečerů dopravy - Policie ČR).

- Provozovatel tunelu umožní nácvik zásahu složek IZS v tunelu, aby byl zajištěn efektivní zásah jednotek PO v případě vzniku mimořádné situace.
- Informování a osvěta řidičů k dodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly a to jak při samotné jízdě v tunelu (viz též Směrnice EU a Rady 2004/54/ES), tak při tvoření kolony. Řidičům musí být vysvětlováno, že při případném požáru by se požár šířil rychleji při přeskoku na blízko sebe stojící vozidla. Kromě toho by v případě dodržování minimální vzdálenosti 20 m při zastavení v tunelu mohl být výpočet počtu smrtelně ohrožených osob snížen na polovinu, protože současný konzervativní přístup předpokládal vzdálenost mezi vozidly pouze 10 m.
- Vzhledem ke zvýšenému riziku nehod, které představují přetížená nákladní vozidla, ***se doporučuje*** instalovat ve vhodných místech trasy dálnice systém WIM (Weight in Motion = vážení za jízdy). Systém umožní ve spolupráci s Policií ČR identifikovat a odstavit přetížená vozidla a tak snížit jejich počet a tím i vyšší počet a závažnost nehod. Nezanedbatelným přínosem je i snížení poškození komunikací přetíženými vozidly.

Zdroj: Bezpečnostní dokumentace, příloha analýza rizik, Objekt F 602 dálniční tunel Radejčín, podzhotovitel VŠB TU Ostrava FBI

PŘÍLOHA C – GRAFICKÁ PODOBA FORMULÁŘE PRO ŘEŠENÍ NU

KÓD OZNAČENÍ	SITUACE	REŽIM TUNELU
19-1	**Hrozba teroristického činu v tunelu „BOMBA“**	**M**

SSÚD dispečer technologie DT	Policie ČR operátor dopravy OD	Složky IZS
– vzájemná komunikace s OD, – vydat pokyn k **uzavření obou TT,** – v případě nastavení nočního osvětlení – **nastavit denní osvětlení tunelu,** – zajistit přístup zásahových složek s případnou spoluprácí Policie ČR,	– vzájemná komunikace s DT, – sledovat situaci pomocí videodohledu, – **spustit záznamové zařízení,** – na pokyn DT **uzavřít obě TT s postupným vyklízením,** – informovat dálniční oddělení Policie ČR, – v případě potřeby vyrozumět IZS (tel. 150, 155), – zabezpečit příjezd zásahových jednotek Policie ČRP popřípadě IZS, – prostřednictvím JSDI poskytnout informace o dopravní situaci,	
– po celou dobu zásahu je DT k dispozici veliteli zásahu a podle jeho požadavků provádí příslušná opatření v technologické části ŘS,	– po celou dobu zásahu je DT k dispozici veliteli zásahu a podle jeho požadavků provádí příslušná opatření v technologické části ŘS,	– velitel jednotky Policie ČR se stává velitelem zásahu, – po ukončení činnosti velitel zásahu informuje DT a OD, – HZS zasahuje na vyžádání se součinností Policie ČR a pyrotechnickou službou.

KÓD OZNAČENÍ	SITUACE	REŽIM TUNELU
19-1	**Hrozba teroristického činu v tunelu „BOMBA“**	**M**

SSÚD dispečer technologie DT	Policie ČR operátor dopravy OD	Složky IZS
Po skončení zásahu: – napomáhat k obnově provozu v tunelu, – zajistit případné odklízení věcí z tunelu, – evidovat případný odtahu vozidel, – zajistit kontrola technického stavu a vybavení tunelu, – konstatovat, že je tunel provozuschopný, – nastavení technologie do standardního režimu tunelu, – podat pokyn OD k otevření obou TT, – zajistit uchování pořízeného záznamu, – zapsat událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.	Po skončení zásahu: – zajistit odtah vozidel a informuje o tom DT, – na pokyn DT otevřít obě TT pro provoz, – zajistit uchování pořízeného záznamu, – zapsat událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.	–

PŘÍLOHA D – NÁVRH EVAKUAČNÍHO PLÁNU TUNELU RADEJČÍN

5.1 Návrh postupu řešení kritických situací ve zvláštním režimu

Ve zvláštním režimu tunelu jsou zařazeny pouze kritické situace. V této části se nenacházejí krizové situace.

Návrh na řešení kritických situací ve zvláštním režimu je rozdělen dle typu těchto situací na činnosti, které zajišťuje dispečer technologie, operátor dopravy a složky IZS. Návod na řešení těchto situací nemusí odpovídat realitě, vzhledem ke komplexnosti těchto úkonů a možného vývoje KRS než se předpokládá. O jednotlivých postupech na místě rozhodují OD a DT individuálně a nesou za ně plnou odpovědnost. V některých případech, kdy je nutné povolání složek IZS, rozhoduje o dalších postupech velitel zásahu a za svá rozhodnutí nese odpovědnost on. Dispečer technologie a operátor dopravy se pak řídí jeho pokyny a jsou mu plně k dispozici. Tyto návrhy na postupy řešení KRS jsou základním návodem pro OD, DT a složky IZS, a jsou pro ně doporučením k řešení KRS.

Jednotlivé kroky k řešení KRS jsou vypsány dle svého pořadí a nelze tak jednu činnost předsunout před druhou. Toto pořadí je striktně dáno.

Všechny scénář nesou svá kódová označení dle kapitoly Kódové označení scénářů a jsou uvedeny vždy před každým scénářem.

1-15 – Zvýšení obsahu škodlivin v ovzduší nad kritický limit

Zvýšení škodlivin v ovzduší nad kritický limit je kritická situace, která je způsobena poruchou systému hlavního větrání. KRS lze odstranit zapojením proudových ventilátorů v ručním řízení.

Dispečer technologie začne vzájemně komunikovat s OD o postupu řešení KRS. Informuje vedoucího provozu. Nastaví způsob větrání tak, aby nedocházelo k překročení limitů škodlivin v ovzduší. Monitoruje aktuální stav koncentrace škodlivin a stav hlavního větrání. Po odstranění závady předává tuto informaci OD a přechází na automatický provoz větrání. Zapíše událost od knihy záznamů a mimořádných událostí.

Operátor dopravy komunikuje s DT. Zapisuje událost do knihy záznamů a mimořádných událostí.

2-16 – Zvýšení opacity na kritický limit

Jedná se o KRS, která je způsobena zvýšenou opacitou v tunelu. KRS lze odstranit zapojením proudových ventilátorů v ručním řízení.

Dispečer technologie začne vzájemně komunikovat s OD o postupu řešení KRS. Informuje vedoucího provozu. Nastaví způsob větrání tak, aby nedocházelo k překročení mezní hodnoty opacity. Monitoruje aktuální stav hlavního větrání. Po odstranění závady a přechodu na automatický provoz tuto informaci podá OD. Zapíše událost od knihy denních záznamů a mimořádných událostí.

Operátor dopravy komunikuje s DT. Zapisuje událost do knihy záznamů a mimořádných událostí. Pokud ŘS neprovádí úkony automaticky, OD na pokyn DT redukuje dobu zelené na příslušném vjezdu. To znamená, že pozastaví provoz a uzavírá tak TT. Zároveň zapne dopravní značku „vypni motor“ pokud vozidla nemohou vyjet z TT. V okamžiku kdy klesne opacita pod kritický limit, OD uvolní provoz, otevře TT, vypne dopravní značku „vypni motor“. OD udělá zápis do knihy denních záznamů a mimořádných událostí.

3-17 – Vjezd nadrozměrného vozidla

KRS je způsobena vjezdem nadrozměrného nákladu do prostoru před vjezd do tunelu, či vjezdem do TT.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci. Pokud vozidlo vjelo do TT dává pokyn OD k uzavření příslušné TT. Informuje vedoucího provozu o KRS. DT je po celou dobu zásahu k dispozici veliteli zásahu a dle jeho požadavků provádí další úkony v technologické části ŘS. Po skončení KRS napomáhá k obnově provozu. Provede kontrolu technického stavu tunelu, vybavení a nastaví technologie do standardního režimu v tunelu. Dává pokyn OD k otevření příslušné TT. Zajišťuje uschování a uložení záznamu KRS. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a mimořádných událostí.

Operátor dopravy vzájemně začíná komunikovat s DT o vzniklé KRS. Sleduje pomocí videodohledu situaci v příslušné TT. OD zajistí nastavení videodohledu na místo vjezdu nadrozměrného vozidla. Zajišťuje spuštění záznamového zařízení. V obou TT (PTT a LTT) uzavře vjezd nastavením proměnných dopravních značení. Informuje dálniční oddělení Policie ČR. Pokud vozidlo neopustí prostor před vjezdem do tunelu do 5 minut, zajišťuje OD vyslání dopravní hlídky Policie ČR, pro řešení situace na místě. Pokud vozidlo vjelo do TT, OD na pokyn DT uzavře příslušnou TT s postupným vyklízením. V případě vyproštění vozidla z TT OD přivolává IZS. Zajišťuje případný příjezd dopravních hlídek Policie ČR. V případě uzavření

TT poskytuje v TT prostřednictvím rozhlasu potřebné informace a pokyny. Prostřednictvím jednotného systému dopravních informací pro ČR (JSDI) poskytuje aktuální dopravní informaci o KRS. Po vyřešení KRS operátor dopravy na pokyn DT otevírá příslušnou TT pro provoz. Zajistí uschování záznamu KRS a zapisuje KRS do knihy denních záznamů a mimořádných událostí.

HZS se podílí na řešení KRS v případě, kdy je třeba vyproštění vozidla v TT. Po příjezdu HZS je její velitel „Velitelem zásahu“ a jsou mu od této chvíle podřízeny všechny jednotky IZS, OD a DT. Všechny úkony jsou projednávány s velitelem zásahu, který je odpovědný za průběh záchranných prací. Po ukončení zásahu informuje velitel OD a DT o ukončení zásahu.

Dopravní hlídka Policie ČR informuje pouze o ukončení zásahu OD.

4-12 – Dopravní nehoda – nedošlo k újmě na zdraví účastníků provozu na PK

Při KRS dopravní nehoda nedošlo k újmě na zdraví účastníků provozu na PK a z toho důvodu jde o zvláštní stav tunelu, nikoli stav mimořádný.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD vzniklé KRS. Informuje vedoucího provozu. Zajišťuje přístup zásahových jednotek s případnou spoluprácí Policie ČR. DT je po celou dobu zásahu k dispozici veliteli zásahu a dle jeho požadavků provádí příslušné úkony v technologické části ŘS. Po skončení KRS napomáhá DT k obnově provozu. Zajišťuje odklízení věcí z tunelu. Eviduje odtah vozidel z tunelu. Kontroluje technický stav tunelu a vybavení. Po konstatování, že tunel je provozuschopný, nastaví technologii do standardního stavu tunelu. Dává pokyn OD k otevření JP/celé TT. Zajišťuje uschování a uložení pořízeného záznamu KRS. Zapisuje KRS do knihy denních záznamů a mimořádných událostí.

Operátor dopravy komunikuje s DT. Sleduje situaci pomocí videodohledu. Zajišťuje spouštění videozáznamu. V případě potřeby uzavře JP/celou TT a informuje o tom DT. Aktivuje evakuační rozhlas. Informuje Policii ČR. Vyrozumí o situaci HZS. Zabezpečuje příjezd dopravních hlídek Policie ČR popřípadě jednotek IZS. Prostřednictvím JSDI poskytuje informace o dopravní situaci. Zajišťuje odtah vozidel a informuje o tom DT. Na pokyn DT otevře příslušný JP/celou TT pro provoz. Zajišťuje uschování záznamu KRS a zapisuje KRS do knihy denních záznamů a mimořádných událostí.

Zásah IZS nepředpokládá, v případě příjezdu zásahové jednotky HZS velitel velí všem. Při zásahu jednotek velitel předává informaci o ukončení zásahu OD a DT.

5-13 – Nepojízdné vozidlo, překážka v dopravě

Tato KRS je způsobena nepojízdným vozidlem v prostoru TT či jakoukoli překážkou v těchto prostorách.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD a informuje o KRS vedoucího provozu. Eviduje odtah vozidel z tunelu nebo zajišťuje odklízení věcí z tunelu. Zkontroluje technický stav tunelu, vybavení a po konstatování, že je tunel plně provozuschopný, nastaví technologii do standardního režimu. Následně dává pokyn OD k otevření příslušného JP/ celé TT. Zajišťuje uschování záznamu KRS a zapisuje KRS do knihy denních záznamů a mimořádných událostí.

Operátor dopravy sleduje pomocí videodohledu situaci v příslušné TT. Zajišťuje spuštění záznamového zařízení a v případě potřeby, informuje DT a uzavírá JP/ celou TT. Aktivuje Evakuační rozhlas a informuje Policii ČR. Zajišťuje nastavení videodohledu na místo s překážkou, případně přivolává dopravní hlídky Policie ČR. Zabezpečuje příjezd dopravních hlídek, zajišťuje odtah vozidel a informuje o tom DT. Poskytuje dopravní informace pomocí JSDI. Na pokyn DT otevírá příslušný JP/ celou TT pro provoz. Zajišťuje uschování záznamu KRS a zapisuje KRS do knihy denních záznamů a mimořádných událostí.

Zásah IZS se nepředpokládá, v případě příjezdu zásahové jednotky HZS velitel velí všem. Při zásahu jednotek velitel předává informaci o ukončení zásahu OD a DT.

6-14 – Kongesce dopravy

Pokud není v TT průjezdná alespoň jeden JP, nelze připustit stojící kolonu v tunelu.

Dispečer technologie komunikuje s OD a informuje vedoucího provozu o KRS. Je po celou dobu zásahu k dispozici veliteli zásahu a řídí se jeho pokyny. Napomáhá k obnově provozu po skončení KRS. Kontroluje technický stav tunelu, vybavení a prostřednictvím videodohledu nastaví technologii do standardního stavu. Dává pokyn OD k otevření TT. Zajišťuje uschování záznamu KRS a zapisuje KRS do knihy denních záznamů a mimořádných událostí.

Operátor dopravy sleduje situaci pomocí videodohledu. Zajišťuje spuštění záznamového zařízení. Aktivuje evakuační rozhlas a informuje o situaci Policii ČR. Zabezpečí případný příjezd dopravních hlídek. Poskytuje informace pro JSDI. Na pokyn DT otevře příslušnou TT pokud byla uzavřena. Zajišťuje uschování záznamu KRS a zapisuje KRS do knihy denních záznamů a mimořádných událostí.

Zásah IZS se nepředpokládá, v případě příjezdu zásahové jednotky HZS velitel velí všem. Při zásahu jednotek velitel předává informaci o ukončení zásahu OD a DT.

7-11 – Poruchy dopravních zařízení a zařízení spojených s řízením dopravy – menší rozsah

Tyto poruchy spadají do zvláštního režimu tunelu pouze v případě, že jsou klasifikovány jako „menšího rozsahu“. Tento typ KRS vzniká, když dojde k ojedinělé poruše jednoho nebo několika DZ nebo zařízení spojeného s řízením dopravy. Při poruše či výpadku DZ nedochází k následkům tohoto stavu, teda ani k žádné KRS a to z důvodu, že DZ neukazují nic, nebo jen část symbolu, nepřetočí se do správné polohy apod. Tento stav je hlášen dopravní částí ŘS.

Dispečer technologie komunikuje s OD. DT přijímá informace o vyhodnocení situace od OD. Informuje OD o předpokládané době potřebné na odstranění poruchy a potřebných dopravních opatření pro odstranění. Zajistí odstranění poruchy. Informuje vedoucího provozu. Po odstranění poruchy informuje OD. Po kontrole technického stavu tunelu, vybavení a konstatování že je tunel provozuschopný, nastaví technologii do standardního režimu. Dává pokyn OD k otevření příslušného JP. Zapisuje událost do knihy denních záznamů.

Operátor dopravy posuzuje rozsah a vliv poruchy ŘS na bezpečnost účastníků provozu. Žádá DT o odstranění poruchy a zakrytí či vypnutí DZ do doby jeho opravy. Na pokyn DT uzavře JP ve směru jízdy před DZ a do místa jeho instalace. Podáví informaci Policii ČR. Poskytuje potřebné informace pro JSDI. Na pokyn DT kontroluje dopravní část ŘS a otevírá příslušný JP, případně ruší opatření v dopravě. Zapisuje KRS do knihy denních záznamů a mimořádných událostí.

8-11 – Závažná porucha nebo havárie na řídicím systému – porucha v dopravní části ŘS

Došlo k poruše na dopravní části řídicího systému, při níž nejsou ohroženy životy účastníků provozu v tunelu Radejčín a nemá vliv na bezpečnost v tunelu. Porucha v dopravní části ŘS může být způsobena výpadkem části zařízení či vizualizace. Při poruše či výpadku dopravního značení, tedy části vizualizace dopravní části je tato porucha hlášena prostřednictvím poruchové signalizace dopravní části ŘS.

Dispečer technologie začíná vzájemně komunikovat s OD a posuzuje rozsah, vliv poruchy a možnosti řešení. Informuje OD o předpokládané době potřebné k odstranění poruchy a potřebných dopravních opatřeních nutných k odstranění poruchy. Dispečer technologie žádá „Servisní službu“ o odstranění poruchy, v případě potřeby zajistí vytvoření pracovního místa. O situaci informuje vedoucího provozu. Po opravě a otevření funkce informuje OD o odstranění poruchy a o nastavení technologie do standardního stavu. Dává pokyn k otevření příslušného JP. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy komunikuje s DT. V případě potřeby na pokyn DT uzavírá příslušný JP ve směru jízdy před dopravní značkou až místu její instalace. Informuje dálniční oddělení Policie

ČR. Prostřednictvím JSDI poskytuje informace o dopravní situaci. Na pokyn DT a po kontrole dopravní části ŘS otevírá příslušný JP pro provoz. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a mimořádných událostí.

9-11 – Závažná porucha nebo havárie na řídicím systému – porucha v technologické části ŘS

Došlo k poruše, výpadku části zařízení či vizualizace v technologické části ŘS, která nemá vliv na bezpečnosti účastníků provozu v tunelu Radejčín. Tyto poruchy jsou hlášeny prostřednictvím poruchové signalizace technologické části ŘS. Závažné poruchy v technologické části ŘS jsou zejména: poruchy větrání, kdy není narušena funkce požárního větrání, ale hodnoty koncentrace CO a opacity jsou nad výstražnými hodnotami déle než 20 min a dopravní opatření nestačí k jejich snížení (CO – 130 ppm, opacita $9{,}10^{3}$ m^{-1}). Výpadek akomodačního osvětlení ve dne v některé TT. Výpadek některé části normálního osvětlení v nosci. Poruchy EPS. Poruchy komunikace s SOS skříněmi, poruchy videodohledu, videodetekce nebo spojovacích zařízení.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD a posuzuje rozsah a vliv poruchy a možnost řešení. Informuje OD o předpokládané době potřebné k odstranění poruchy a potřebných dopravních opatřeních nutných k odstranění poruchy. Dispečer technologie žádá „Servisní službu“ o odstranění poruchy, v případě potřeby zajistí vytvoření pracovního místa. O situaci informuje vedoucího provozu. Po opravě a otevření funkce informuje OD o odstranění poruchy a o nastavení technologie do standardního stavu. Dává pokyn k otevření příslušného JP. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy v případě potřeby informuje DT a uzavře příslušný JP ve směru jízdy před dopravní značkou až k místu její instalace. Prostřednictvím JSDI poskytuje informace o dopravní situaci. Na pokyn DT otevírá příslušný JP pro provoz. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a mimořádných událostí.

5.2 Návrh postupu řešení krizových situací v mimořádném režimu tunelu Radejčín

V mimořádném režimu tunelu jsou zařazeny kritické i krizové situace. Krizovou situací je například situace hrozba teroristického činu v tunelu Radejčín – „bomba“.

Návrh na řešení situací v mimořádném režimu je rozdělen dle typu těchto situací na činnosti, které zajišťuje dispečer technologie, operátor dopravy a složky IZS. Návod na řešení těchto situací nemusí odpovídat realitě, vzhledem ke komplexnosti těchto úkonů a možného vývoje KRS a KS

než se předpokládá. O jednotlivých postupech na místě rozhoduje OD a DT individuálně a nese za ně plnou odpovědnost. V některých případech, kdy je nutné povolání složek IZS, rozhoduje o dalších postupech velitel zásahu a za svá rozhodnutí nese odpovědnost on. Dispečer technologie a operátor dopravy se pak řídí jeho pokyny a jsou mu plně k dispozici. Tyto návrhy na postupy řešení KRS a KS jsou základním návodem pro OD, DT a složky IZS, a jsou pro ně doporučením k řešení těchto situací.

Jednotlivé kroky k řešení KRS a KS jsou vypsány dle svého pořadí a nelze tak jednu činnost předsunout před druhou. Toto pořadí je striktně dáno.

10-2 – Požár v dopravním prostoru tunelu

V dopravním prostoru tunelu došlo k požáru. Tyto situace jsou detekovány pomocí EPS nebo videodohledu. V takovýchto případech je klíčová včasná detekce požáru, aby doba mezi vznikem NU a začátkem řešení situace požáru v tunelu byla co nejkratší.

Dispečer technologie přivolává HZS (automaticky detekováno pomocí EPS). V případě zjištění požáru jiným způsobem než EPS dispečer technologie okamžitě komunikuje s OD. Automatické spuštění nebo povelem DT se aktivuje požární větrání, požární vodovod, televizní dohled na dotčenou oblast, osvětlení tunelu na maximální intenzitu. Dispečer technologie zajišťuje přístup zásahových jednotek s případnou spoluprácí Policie ČR. DT zajišťuje chod požárního větrání dle pokynů velitele zásahu. Je po celou dobu zásahu k dispozici veliteli zásahu a plní jeho příkazy. Po ukončení požáru v tunelu ruší EPS signál a ruší mimořádnou událost v tunelu. Nastavuje zařízení pro provozní větrání a o ukončení informuje OD. Po skončení zásahu napomáhá k obnově provozu. Eviduje odtah vozidel z tunelu, zajišťuje odklízení věcí z tunelu. Po kontrole technického stavu tunelu a vybavení tunelu nastaví technologii do standardního stavu tunelu (v případě provozuschopnosti tunelu). Dává pokyn OD k otevření příslušné TT pro provoz. Zajišťuje uchovávání požárního záznamu o NU. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy nebo automaticky uzavře příslušnou TT. V případě vzniku NU v LTT se automaticky uzavře tunel Prackovice. Zajistí nastavení videodohledu na místo požáru. Zajišťuje spuštění záznamového zařízení. Aktivuje evakuační rozhlas a informuje o události Policii ČR. Zabezpečuje příjezd zásahových jednotek HZS (IZS). Prostřednictvím JSDI podává informaci o dopravní situaci v tunelu Radejčín. Po ukončení požáru dispečerem technologie ukončí požární sekvenci v dopravní části ŘS. Zajišťuje odtah vozidel a informuje o tom DT. Na pokyn DT otevírá příslušnou TT (v případě LTT i tunel Prackovice) pro provoz. Zajišťuje uschování

pořízeného záznamu NU. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Hasičský záchranný sbor po příjezdu k PTO Radejčín přebírá velení nad zásahem. Od této chvíle jsou všechny složky IZS, OD a DT podřízeny veliteli zásahu. Všechny úkony musí být s velitelem zásahu projednány. Velitel zásahu je odpovědný za průběh záchranných a hasebních prací. Po likvidaci požáru informuje velitel zásahu OD a DT o ukončení zásahu.

11-3 – Požár v technologickém prostoru tunelu

V technologické části tunelu došlo k požáru. Tato situace je detekována jedním nebo více automatickými signály EPS. V případě hlášení pouze jedním signálem EPS se ověřuje, zda nejde o planý poplach. Tuto skutečnost ověřují pracovníci údržby nebo zaměstnanci servisní organizace. V případě hlášení více automatickými signály EPS nebo jedním tlačítkovým signálem EPS dispečer technologie a operátor dopravy řídí následujícími kroky.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD o vzniku požáru v technologických prostorách tunelu Radejčín. V případě nutnosti omezení dopravy v tunelu se situace dále řeší jako situace „požár v dopravním prostoru tunelu“. Dispečer technologie přivolává HZS (tel. 150, 112). Dává pokyn OD k uzavření příslušné TT. Aktivuje požární vodovod a kontroluje funkci vzduchotechniky v požárem dotčených prostorách. Dává pokyn k otevření TT. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu NU. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy na pokyn DT uzavírá příslušnou TT nebo celý tunel s vyklízením vozidel. V případě LTT se uzavře i tunel Prackovice. Zajišťuje nastavení videodohledu na místo přístupu k požáru. Zajišťuje spuštění záznamového zařízení. Zabezpečuje příjezd vozidel HZS (IZS pokud je to nutné). Aktivuje evakuační rozhlas. O situaci informuje Policii ČR prostřednictvím JSDI poskytne informace o dopravní situaci v tunelu Radejčín. Po ukončení požáru ukončí požár v dopravní části ŘS. Na pokyn DT otevírá příslušnou TT, či celý tunel pro provoz. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu MS. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Hasičský záchranný sbor přijíždí k PTO Radejčín. Velitel jednotky HS se stává velitelem zásahu. Od této chvíle přebírá absolutní velení nad zásahovou akcí. Jsou mu podřízeny všechny složky IZS, OD a DT. Velitel zásahu je odpovědný za průběh záchranných prací. Po likvidaci požáru informuje velitel zásahu OD a DT o ukončení zásahu.

12.1-5 – Jiná nebezpečí v tunelu Radejčín – vylití PHM nebo jiné škodlivé látky

V dopravním prostoru tunelu došlo k vylití PHM či jiné škodlivé látky.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci. Dává OD pokyn k uzavření příslušné TT. Informuje o situaci vedoucího provozu. Zajišťuje přístup zásahových jednotek s případnou spoluprácí s Policií ČR. Informuje velitele zásahu o objemu havarijní akumulační jímky. Je po celou dobu zásahu k dispozici veliteli zásahu a plní jeho příkazy. Při úniku kapalné látky o objemu nad 10 m^3 a II třídy nebezpečnosti látky vypne na základě konzultace s velitelem zásahu vzduchotechniku v tunelu. Po ukončení KRS zajistí vyčerpání havarijní akumulační jímky. Napomáhá k obnově provozu a zabezpečuje vyklízení předmětu z vozovky po skončení zásahu. Po kontrole technického stavu tunelu, vybavení a konstatování, že je tunel provozuschopný, nastaví technologii do standardního režimu. Dává pokyn OD k otevření příslušné TT. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu MS. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy komunikuje s DT. Na pokyn DT uzavírá TT s postupným vyklízením. V případě LTT automaticky uzavře LTT Prackovice. Zjišťuje zařazení nebezpečné látky dle ADR. OD vyrozumí o situaci HZS. Zajišťuje nastavení videodohledu na místo nehody. OD zabezpečuje příjezd zásahových jednotek HZS (pokud je to nutné i IZS). Zajišťuje spuštění záznamového zařízení. Aktivuje evakuační rozhlas a informuje o situaci dálniční oddělení Policie ČR. Prostřednictvím evakuačního rozhlasu podává informace a pokyny („zákaz kouření a manipulace s otevřeným ohněm“). Prostřednictvím ISDI poskytuje informace o dopravní situaci v tunelu Radejčín. Na pokyn DT otevře příslušnou TT pro provoz. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu MS. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Hasičský záchranný sbor přijíždí k PTO Radejčín. Velitel jednotky HS se stává velitelem zásahu. Od této chvíle přebírá absolutní velení nad zásahovou akcí. Jsou mu podřízeny všechny složky IZS, OD a DT. Velitel zásahu je odpovědný za průběh záchranných prací. Po likvidaci vylití PHM nebo jiných škodlivých látek informuje velitel zásahu OD a DT o ukončení zásahu.

12.2-5 – Jiná nebezpečí v tunelu Radejčín – došlo k úniku nebezpečné plynné látky

V dopravním prostoru tunelu Radejčín došlo k úniku nebezpečné plynné látky.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD. Dává pokyn OD k uzavření obou TT. Informuje vedoucího provozu o vzniklé KRS. Zajišťuje přístup zásahových jednotek s případnou spoluprácí s Policií ČR. Je po celou dobu zásahu k dispozici veliteli zásahu a plní jeho pokyny. Po

skončení zásahu napomáhá k obnově provozu v tunelu Radejčín. Po kontrole technického stavu tunelu, vybavení a konstatování, že je tunel provozuschopný, nastavuje technologii od standardního režimu. Dává pokyn OD k otevření obou TT. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu MS. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy uzavírá na pokyn DT obě TT s postupným vyklízením a automaticky uzavírá LTT Prackovice. V případě potřeby přivolává ZS (tel 155.). Zjišťuje zařazení nebezpečné látky dle předpisu ADR. O situaci a typu látky vyrozumí HZS. Zajišťuje nastavení videodohledu na místo nehody. Zajišťuje spuštění záznamového zařízení. Aktivuje evakuační rozhlas a informuje dálniční oddělení Policie ČR. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu MS. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Hasičský záchranný sbor přijíždí k PTO Radejčín. Velitel jednotky HS se stává velitelem zásahu. Od této chvíle přebírá absolutní velení nad zásahovou akcí. Jsou mu podřízeny všechny složky IZS, OD a DT. Velitel zásahu je odpovědný za průběh záchranných prací. Po provedení opatření vedoucích proti dalšímu úniku nebezpečné plynné látky v TT a odvětrání prostor tunelu Radejčín informuje velitel zásahu OD a DT o ukončení zásahu.

12.3-5 – Jiná nebezpečí v tunelu Radejčín – došlo k zastavení vozidla s nebezpečným nákladem

V tunelu Radejčín došlo k zastavení vozidla s nebezpečným nákladem. Tato situace je detekována operátorem dopravy pomocí videodohledu. Vozidlo s nebezpečným nákladem je detekováno videodohledem ještě před vjezdem do tunelu.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD. Dává pokyn OD k uzavření příslušné TT. Informuje o situaci vedoucího provozu. Po skončení KRS napomáhá k obnově provozu v tunelu. Po kontrole technického stavu tunelu, vybavení a konstatování, že je tunel provozuschopný, nastavuje technologii od standardního režimu. Dává pokyn OD k otevření příslušné TT. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu MS. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy na pokyn DT uzavírá příslušnou TT s postupným vyklízením. Při uzavření LTT automaticky uzavře i LTT Prackovice. Zjišťuje zařazení nebezpečné látky dle předpisu ADR. Zabezpečuje příjezd dopravních hlídek Policie ČR. Zajišťuje nastavení videodohledu na místo nehody. Zajišťuje spuštění záznamového zařízení. Aktivuje evakuační rozhlas a informuje o situaci dálniční oddělení Policie ČR. Prostřednictvím evakuačního rozhlasu podává potřebné informace („zákaz kouření a manipulace s otevřeným ohněm“). Prostřednictvím ISDI podává

informace o dopravní situaci v tunelu Radejčín. Na pokyn DT otevírá příslušnou TT pro provoz. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu MS. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Hasičský záchranný sbor v těchto situacích není předpokládán. Může však podávat informaci o nebezpečné látce.

Dopravní hlídka Policie ČR zajišťuje vyvedení vozidla s nebezpečným nákladem z dopravního prostoru tunelu Radejčín. O ukončení činností dopravní hlídky Policie ČR informuje OD (též videodohled).

12.4-5 – Jiná nebezpečí v tunelu Radejčín – došlo k ohrožení živelní pohromou

Bezpečnost účastníků provozu v tunelu Radejčín je ohrožena živelní pohromou.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD. Dává pokyn OD k uzavření příslušné TT. Informuje o situaci vedoucího provozu. Zajišťuje přístup zásahových jednotek s případnou spoluprácí s Policií ČR. DT je po celou dobu zásahu k dispozici veliteli zásahu a plní jeho příkazy. Napomáhá k obnově provozu v tunelu po skončení KRS. Po kontrole technického stavu tunelu, vybavení a konstatování, že je tunel provozuschopný, nastavuje technologii od standardního režimu. Dává pokyn OD k otevření obou TT. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu MS. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy uzavírá na pokyn DT obě TT s postupným vyklízením. Vyrozumí HZS. Zajišťuje nastavení videodohledu na místo NU. Zajišťuje spuštění záznamového zařízení. Aktivuje evakuační rozhlas a informuje dálniční oddělení Policie ČR. Pokud je to nutné přivolá ZS (tel. 155). Zabezpečuje příjezd jednotek IZS. Prostřednictvím evakuačního rozhlasu poskytuje potřebné informace a pokyny. Prostřednictvím ISDI podává informace o dopravní situaci v tunelu Radejčín. Na pokyn DT otevírá obě TT pro provoz. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu MS. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Hasičský záchranný sbor přijíždí k PTO Radejčín. Velitel jednotky HS se stává velitelem zásahu. Od této chvíle přebírá absolutní velení nad zásahovou akcí. Jsou mu podřízeny všechny složky IZS, OD a DT. Velitel zásahu je odpovědný za průběh záchranných prací. Po prvotní likvidaci živelní pohromy v tunelu Radejčín informuje velitel zásahu OD a DT o ukončení zásahu.

13-8 – Dopravní krize – došlo k újmě na zdraví účastníků provozu,

Při KRS dopravní krize došlo k újmě na zdraví účastníků provozu na PK a z toho důvodu jde o mimořádný stav tunelu.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD. Dává pokyn OD k uzavření příslušné TT. O situaci informuje vedoucího provozu. Zajišťuje přístup zásahových jednotek s případnou spoluprácí Policie ČR. Je po celou dobu zásahu k dispozici veliteli zásahu a řídí se jeho pokyny. Po skončení MU napomáhá k obnově provozu v tunelu Radejčín. Zajišťuje odklízení věcí z tunelu. Eviduje odtah vozidel z tunelu. Po kontrole technického stavu tunelu, vybavení a konstatování, že je tunel provozuschopný, nastavuje technologii od standardního režimu. Dává pokyn OD k otevření obou TT. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu MS. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy sleduje pomocí videodohledu situaci v příslušné TT. Zajišťuje nastavení videodohledu na místo NU a spuštění záznamového zařízení. V případě potřeby informuje DT a uzavře Příslušný JP/celou TT ve směru jízdy před místem a v místě nehody. Přivolává ZS (tel. 155). Vyrozumí o situaci HZS (tel. 150, 112). Aktivuje evakuační rozhlas a informuje o situaci dálniční oddělení Policie ČR. Zabezpečuje příjezd všech složek IZS. Prostřednictvím evakuačního rozhlasu poskytuje příslušné informace a pokyny. Prostřednictvím JSDI poskytuje informace o dopravní situaci v tunelu Radejčín. OD zajišťuje odtah vozidel a informuje o tom DT. Na pokyn DT otevírá příslušný JP/celou TT pro provoz. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu MS. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Hasičský záchranný sbor přijíždí k PTO Radejčín. Velitel jednotky HZS se stává velitelem zásahu. Od této chvíle přebírá absolutní velení nad zásahovou akcí. Jsou mu podřízeny všechny složky IZS, OD a DT. Velitel zásahu je odpovědný za průběh záchranných prací. Velitel zásahu informuje OD a DT o ukončení zásahu.

Dopravní hlídka Policie ČR informuje o ukončení činností dopravní hlídky Policie ČR OD (též videodohled).

14-10 – Poruchy dopravních zařízení a zařízení spojených s řízením dopravy – větší rozsah

Při KRS poruchy dopravních zařízení a zařízení spojených s řízením dopravy došlo k významným poruchám a závadám na DZ ohrožující bezpečnost účastníků silničního provozu v tunelu. Dochází ke ztrátě možnosti řídit dopravu. Tato situace je hlášena pomocí poruchové signalizace v technologické části ŘS.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD. Posuzuje rozsah a vliv poruchy ŘS na bezpečnost účastníků silničního provozu. Dává pokyn OD k uzavření příslušné nebo obou TT. Dle požadavků OD odstraňuje poruchy. DT informuje operátora dopravy o předpokládané době potřebné k odstranění poruchy. O situaci informuje vedoucího provozu. Po opravě a ověření

funkcí ŘS informuje OD o odstranění poruchy a o nastavení technologie do standardního režimu. Dává pokyn OD k otevření obou TT. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy společně s DT posuzuje rozsah a vliv poruchy na bezpečnost účastníků silničního provozu. Na pokyn DT uzavírá příslušnou nebo obě TT s postupným vyklízením. Informuje o situaci dálniční oddělení Policie ČR. Prostřednictvím ISDI poskytuje dopravní informace v tunelu Radejčín. Provede kontrolu dopravní části ŘS a na pokyn DT otevře příslušnou nebo obě TT. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

15.1-9 – Závažná porucha nebo havárie na technologickém zařízení – výpadek napájení tunelu

Při KRS „výpadek napájení tunelu“ došlo ke ztrátě napětí v trafostanici, výpadku provozovaného trafa, porucha přívodu rozvaděčů nebo porucha dieselagregátu či záložního zdroje nepřerušovaného napájení. V případě výpadku síťového napětí dodává energii tunelu Radejčín dieselagregát nebo rotační záložní zdroj napájení (UPS), pro umožnění omezeného provozu tunelu.

Dispečer technologie prověřuje vysoké napětí té části, kterou označila technologická část ŘS. Volá na poruchovou službu Skupiny ČEZ a žádá o zapojení záložního přívodu. Informuje OD o situaci, a pokud bude výpadek delší jak 4 hodiny, vydává OD pokyn k uzavření obou TT. DT přepíná na záložní zdroj transformátor. Po obnovení napětí informuje OD o obnovení napětí. Zajišťuje opravu nebo výměnu vadných částí. Po obnovení poruchy napájení a ověření spolehlivosti provede DT nastavení technologie do standardního režimu a informuje OD. Dává pokyn OD k otevření obou TT. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy omezuje rychlost na 60 $km \cdot h^{-1}$ po celou dobu trvání výpadku. Vzájemně komunikuje s DT o vzniklé situaci a posuzují vliv poruchy na bezpečnost účastníků provozu v tunelu Radejčín. Na pokyn DT uzavírá obě TT s postupným vyklízením. Informuje o situaci dálniční oddělení Policie ČR. Prostřednictvím JDSI podává dopravní informace v tunelu Radejčín. Na pokyn DT otevírá obě TT pro provoz. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

15.2-9 – Závažná porucha nebo havárie na technologickém zařízení – výpadek vzduchotechniky

Při vzniku této KRS došlo k výpadku více jek dvou proudových ventilátorů v jedné TT. Při výpadku dvou kusů proudových ventilátorů není ohrožena funkce požárního větrání a řízení KRS probíhá podle scénáře „závažná porucha nebo havárie na řídicím systému – nemá vliv na bezpečnost účastníků provozu“. Nejedná se pak o mimořádný stav, ale o zvláštní stav v tunelu. Hlášení této poruchy je detekováno prostřednictvím poruchové signalizace technologické části ŘS.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a posuzují rozsah a vliv poruchy na ohrožení funkce požárního větrání. Dává pokyn OD k uzavření obou TT. Informuje OD o předpokládané době potřebné k odstranění poruchy. DT zajišťuje odstranění poruchy. Informuje vedoucího provozu. Po opravě a ověření funkce požárního větrání informuje o této skutečnosti OD. Nastavuje technologii do standardního režimu tunelu. Dává pokyn OD k otevření obou TT. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a posuzují rozsah a vliv poruchy na ohrožení funkce požárního větrání. N pokyn DT uzavírá obě TT s postupným vyklízením. Informuje o situaci dálniční oddělení Policie ČR. Prostřednictvím JSDI podává dopravní informace v tunelu Radejčín. Na pokyn DT otevírá obě TT pro provoz. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

15.3-9 – Závažná porucha nebo havárie na technologickém zařízení – výpadek EPS delší jak 48 h

Při této KRS došlo k výpadku lineární teplotní detekce, poruše tlačítkových hlásičů na SOS skříních, výpadku skupiny hlásičů daného prostoru (2 a více), nebo tlačítkových hlásičů v technologickém prostoru tunelu. Výpadek jednotlivého hlásičů na SOS skříních a jednotlivého hlásiče EPS není důvodem pro zavedení NU v tunelu. V tomto případě se postupuje dle scénáře „závažná porucha nebo havárie na řídicím systému – nemá vliv na bezpečnost účastníků provozu“. Nejedná se pak o mimořádný stav, ale o zvláštní stav v tunelu.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a posuzují rozsah a vliv poruchy a možnost obnovení spojení. DT žádá servisní službu o odstranění závady. O situaci informuje vedoucího provozu. Informuje OD o předpokládané době potřebné k odstranění poruchy a o potřebných dopravních omezeních nutných pro odstranění poruchy. Zajišťuje pravidelnou kontrolu prostor nestřežených EPS (pochůzkou pracovníků údržby nebo servisních

složek po 4 hodinách). Po překročení 48 hodin od vzniku události žádá OD o uzavření příslušné TT s postupným vyklízením. Po opravě a ověření funkce informuje OD o nastavení technologie do standardního režimu tunelu. Vydává pokyn OD k otevření příslušné TT. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a posuzují rozsah a vliv poruchy a možnost obnovení spojení. V případě potřeby na pokyn DT uzavře příslušnou TT s postupným vyklízením. O situaci informuje dálniční oddělení Policie ČR. Prostřednictvím JDSI podává dopravní informace v tunelu Radejčín. Na pokyn DT otevírá obě TT pro provoz. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

15.4-9 – Závažná porucha nebo havárie na technologickém zařízení – výpadek kamerového a detekčního zařízení

Došlo k poruše televizního dohledu jedné kamery nebo jejího ovládání. Při pravidelné kontrole kamer nebo přepnutí na kameru není na monitoru obraz. Toto není důvod pro NU, dále se postupuje dle scénáře „závažná porucha nebo havárie na řídicím systému – nemá vliv na bezpečnost účastníků provozu“. Nejedná se pak o mimořádný stav, ale o zvláštní stav v tunelu. Pro vyhlášení mimořádného stavu v tunelu jsou tyto důvody: ztráta na TV monitorech dispečerů a operátorů a monitoru videodetekce ve velínu dopravy, ztráta obrazu na TV monitoru v obou velínech ale monitor videodetekce je provozu, porucha systému ztráta obrazu na TV monitorech dispečerů a operátoru v obou velínech (dopravy i technologie).

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a posuzují rozsah a vliv poruchy a možnost obnovení obrazu. DT žádá servisní službu o odstranění závady. O situaci informuje vedoucího provozu. Informuje OD o předpokládané době potřebné k odstranění poruchy. Po opravě a ověření funkce (kontrole všech kamer na dohledových monitorech) informuje OD o nastavení technologie do standardního režimu tunelu. Vydává pokyn OD k otevření obou TT. Dává pokyn OD o otevření obou TT pro provoz. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a posuzují rozsah a vliv poruchy a možnost obnovení obrazu. OD žádá DT o zvýšený dohled pod dobu výpadku, maximálně 48 hod. Při poruše systému (výpadek monitorů videodetekce a videodohledu OD i DT v obou velínech) omezuje rychlost v tunelu na 50 $km \cdot h^{-1}$. Po 5 min od ztráty obrazu na velínech na pokyn DT uzavírá obě TT s postupným vyklízení. O situaci informuje dálniční oddělení Policie ČR. Prostřednictvím JDSI podává dopravní informace v tunelu Radejčín. Na pokyn DT otevírá obě TT pro provoz. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

15.5-9 – Závažná porucha nebo havárie na technologickém zařízení – výpadek systému SOS skříní delší 24 h

Došlo k poruše systému SOS skříní. Výpadek dvou a oce SOS skříní v jedné TT. Hlášení je provedeno obvykle prostřednictvím poruchové signalizace technologické části ŘS. Při výpadku jedné SOS skříně není důvod pro mimořádný režim tunelu. V takovémto případě se postupuje dle scénáře „závažná porucha nebo havárie na řídicím systému – nemá vliv na bezpečnost účastníků provozu“ a je třeba zajistit označení nefunkční SOS skříně.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a posuzují rozsah a vliv poruchy a možnost obnovení spojení. Dispečer žádá servisní službu o odstranění poruchy. Informuje OD o předpokládané době potřebné k odstranění poruchy a potřebných dopravních opatření nutných pro odstranění poruchy. Informuje vedoucího provozu. Sleduje čas od vzniku poruchy do jejího odstranění. V případě, že se nepodaří poruchu odstranit do 24 hodin, vydá DT pokyn OD k uzavření příslušné TT s postupným vyklízením. Zajišťuje odstranění poruchy. Po opravě a ověření funkcí informuje OD o odstranění poruchy a nastavení technologie do standardního režimu tunelu. Dává pokyn OD k otevření příslušné TT. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a posuzují rozsah a vliv poruchy a možnost obnovení spojení. Uzavírá příslušný JP ve směru jízdy před a v místě SOS skříní v poruše. O situaci informuje HZS. Na pokyn DT uzavírá příslušnou TT s postupným vyklízením. OD informuje dálniční oddělení Policie ČR. Prostřednictvím JDSI podává dopravní informace v tunelu Radejčín. Na pokyn DT otevírá příslušnou TT pro provoz. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

16.1-9 – Závažná porucha nebo havárie na řídicím systému – porucha v dopravní části ŘS

Došlo ke KRS, která má vliv na bezpečnost účastníků provozu v tunelu Radejčín. Došlo k závažné poruše, výpadku části zařízení, či vizualizace v dopravní části ŘS. V dopravní části ŘS je porucha nahlášena poruchovou signalizací.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a posuzují rozsah a vliv poruchy a možnost řešení KRS. Dává pokyn OD k uzavření obou TT. Informuje vedoucího provozu. Je po celou dobu zásahu k dispozici veliteli zásahu a dle jeho pokynů provádí další příslušná opatření v technologické části ŘS. Po opravě a ověření funkce informuje OD o odstranění poruchy a nastavuje technologii do standardního režimu. Dává pokyn OD k otevření příslušné TT. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a posuzují rozsah a vliv poruchy a možnost řešení KRS. Na pokyn DT uzavírá obě TT s postupným vyklízením. V případě, že se nepodaří uzavřít tunel pomocí DZ (vizualizace dopravní či technologické části ŘS), uzavírá tunel prostřednictvím hlídky Policie ČR na místě. Prostřednictvím JDSI podává dopravní informace v tunelu Radejčín. Na pokyn DT a kontrole dopravní části ŘS otevírá obě TT pro provoz. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

16.2-9 – Závažná porucha nebo havárie na řídicím systému – porucha v technologické části ŘS

Došlo ke KRS, která má vliv na bezpečnost účastníků provozu v tunelu Radejčín. Došlo k závažné poruše, výpadku či vizualizace v technologické části ŘS. Hlášení poruchy je provedeno prostřednictvím poruchové signalizace v technologické části ŘS.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a posuzují rozsah a vliv poruchy a možnost řešení KRS. Dává pokyn OD k uzavření obou TT. Žádá servisní službu o odstranění poruchy. Informuje vedoucího provozu. Po opravě a ověření funkce informuje OD o odstranění poruchy a o nastavení technologie do standardního režimu. Vydává pokyn OD k otevření obou TT. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a posuzují rozsah a vliv poruchy a možnost řešení KRS. Na pokyn DT uzavírá obě TT s postupným vyklízením. OD informuje dálniční oddělení Policie ČR. Prostřednictvím JDSI podává dopravní informace v tunelu Radejčín. Na pokyn DT a kontrole dopravní části ŘS otevírá obě TT pro provoz. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

15.3-9 – Závažná porucha nebo havárie na řídicím systému – výpadek komunikace mezi ŘS velínu Radejčín a SSÚD Řehlovice (velínem Dopravy)

Došlo k porušení kabelového spojení mezi ŘS tunelu Radejčín a velínem dopravy. Při ztrátě komunikace dojde ke ztrátě možnosti ovládání dopravy v tunelu pomocí dopravní části ŘS.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a posuzují rozsah a vliv poruchy a možnost řešení KRS. Dává pokyn OD k uzavření obou TT. Žádá servisní službu o odstranění poruchy. Po uzavření tunelu od OD poskytuje DT prostřednictvím evakuačního rozhlasu v obou TT potřebné informace a pokyny. Informuje vedoucího provozu. Je po celou dobu zásahu k dispozici veliteli zásahu a dle jeho pokynů provádí další příslušná opatření v technologické části ŘS. Po opravě a ověření funkce informuje OD o odstranění poruchy a o

nastavení technologie do standardního režimu. Vydává pokyn OD k otevření obou TT. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a posuzují rozsah a vliv poruchy a možnost řešení KRS. Na pokyn DT uzavírá obě TT s postupným vyklízením. V případě, že se nepodaří uzavřít tunel pomocí DZ (vizualizace dopravní či technologické části ŘS), uzavírá tunel prostřednictvím hlídky Policie ČR na místě. Prostřednictvím JDSI podává dopravní informace v tunelu Radejčín. Pokud je to nutné OD se přesune do velínu dopravy. N pokyn DT a kontrole dopravní části ŘS otevírá obě TT pro provoz. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

17-6 – Výskyt osob a zvířat v protisměru

V tunelu radejčín byl detekován výskyt osob nebo zvířat v protisměru. Detekce této KRS byla nahlášena prostřednictvím videodohledu.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a jejího postupu řešení. Informuje vedoucího provozu. Monitoruje aktuální stav osvětlení. V případě nastavení nočního osvětlení tunelu zapne denní osvětlení. Dává pokyn k uzavření JP. Je po celou dobu zásahu k dispozici veliteli zásahu a dle jeho pokynů provádí další příslušná opatření v technologické části ŘS. Zajišťuje případné odklízení věcí z tunelu Radejčín. Po kontrole technického stavu, vybavení a konstatování, že je tunel provozuschopný, nastaví technologii do standardního režimu. Dává pokyn OD k otevření příslušného JP pro provoz. Zajišťuje uchování pořízeného záznamu. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci a jejího postupu řešení. Sleduje pomocí videodohledu situaci v příslušné TT. Zajišťuje spuštění záznamového zařízení. Na pokyn DT uzavírá JP přiléhající k chodníku, kde se pohybuje člověk/zvíře. Kontroluje hustotu provozu. V případě potřeby vyrozumí HZS na odchyt zvířete (tel. 150, 112). V případě potřeby zavolá ZS (tel. 155). Informuje dálniční oddělení Policie ČR. Zabezpečuje příjezd dopravních hlídek Policie ČR popřípadě jednotek HZS. Prostřednictvím evakuačního rozhlasu poskytne v příslušné TT potřebné informace a pokyny. Podává informace o dopravě pro JSDI. Na pokyn DT a kontrole situace otevře příslušný JP pro provoz. Zajišťuje uchování pořízeného záznamu. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Hasičský záchranný sbor zasahuje pouze v případě odchytu zvířete nebo k vyvedení imobilního člověka z nepřístupného místa. O ukončení zásahu informuje velitel zásahu OD a DT.

Policie ČR zasahuje v případě potřeby vyvedení osoby z TT. O ukončení činnosti dopravní hlídky policie ČR informuje hlídka OD.

18-6 – Přítomnost větší skupiny lidí v tunelu „demonstrace“

V tunelu Radejčín došlo k demonstraci, či shluku větší skupiny osob. Kritická situace detekována pomocí videodohledu.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci. Vydává pokyn OD k uzavření příslušné TT. Informuje vedoucího provozu. Monitoruje aktuální stav osvětlení. V případě nastavení nočního osvětlení, zapne denní osvětlení v tunelu Radejčín. Je po celou dobu zásahu k dispozici veliteli zásahu a dle jeho pokynů provádí další příslušná opatření v technologické části ŘS. Napomáhá k obnově provozu po skončení NU. Zajišťuje případné odklízení věcí z tunelu. Po kontrole technického stavu, vybavení a konstatování, že je tunel provozuschopný, nastaví technologii do standardního režimu. Dává pokyn OD k otevření příslušné TT pro provoz. Zajišťuje uchování pořízeného záznamu. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci. Sleduje situaci pomocí videodohledu v příslušné TT. Zajišťuje spuštění záznamového zařízení. Na pokyn DT uzavírá příslušnou TT případně obě TT s postupným vyklízením. Informuje o situaci dálniční oddělení Policie ČR. Prostřednictvím evakuačního rozhlasu podává příslušné informace a pokyny. Zabezpečuje příjezd zásahových jednotek Policie ČR. Podává dopravní informace o situaci v tunelu Radejčín pro JSDI. Na pokyn DT otevírá příslušnou TT nebo obě TT pro provoz. Zajišťuje uschování pořízeného záznamu. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Policie ČR po příjezdu k PTO tunelu Radejčín přebírá velení nad zásahovou akcí. Velitel jednotky Policie ČR se stává velitelem zásahu a velí všem. Po ukončení činnosti Policie ČR informuje velitel zásahu OD a DT o ukončení zásahu.

19-1 – Hrozba teroristického činu v tunelu „bomba“,

V tunelu Radejčín byla nahlášena bomba.

Dispečer technologie vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci. Vydává pokyn OD k uzavření obou TT. V případě nastavení nočního osvětlení tunelu nastaví dispečer technologie denní osvícení tunelu. Zajišťuje přístup zásahových jednotek s případnou spoluprácí s Policií ČR. Dispečer technologie je po celou dobu zásahu k dispozici veliteli zásahu a podle jeho požadavků provádí příslušná opatření v technologické části ŘS. Po skončení zásahu napomáhá k obnově

provozu v tunelu. Zajišťuje případné odklízení věcí z tunelu. Eviduje případný odtah vozidel. Po kontrole technického stavu, vybavení a konstatování, že je tunel provozuschopný, nastaví technologii do standardního režimu. Dává pokyn OD k otevření obou TT pro provoz. Zajišťuje uchování pořízeného záznamu. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Operátor dopravy vzájemně komunikuje s OD o vzniklé situaci. Sleduje situaci pomocí videodohledu v obou TT. Zajišťuje spuštění záznamového zařízení. Na pokyn DT uzavírá obě TT s postupným vyklízením. Informuje o situaci dálniční oddělení Policie ČR. V případě potřeby vyrozumí HZS (tel. 150, 155). V případě potřeby zavolá ZS (tel. 155). Zabezpečuje příjezd zásahových jednotek Policie ČR, popřípadě HZS a ZS. Prostřednictvím JSDI poskytuje informace o dopravní situaci. Zajišťuje odtah vozidel a informuje o tom DT. Na pokyn DT otevírá obě TT pro provoz. Zajišťuje uchování pořízeného záznamu. Zapisuje událost do knihy denních záznamů a knihy mimořádných událostí.

Policie ČR po příjezdu k PTO tunelu Radejčín přebírá velení nad zásahovou akcí. Velitel jednotky Policie ČR se stává velitelem zásahu a velí všem. Po ukončení činnosti Policie ČR informuje velitel zásahu OD a DT o ukončení zásahu.

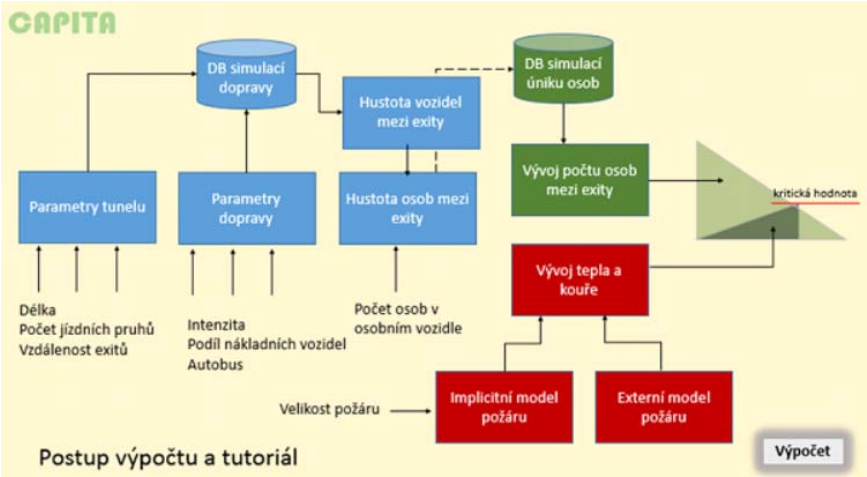
Hasičský záchranný sbor zasahuje v případě vyžádání součinnosti s Policií ČR. Musí být vyrozuměn s povahou a charakterem součinnosti s Policií ČR a zejména s pyrotechnickou službou.

20-7 – Nebezpečí povodně

V případě tunelu Radejčín je tento scénář irelevantní. Tunel radejčín se nenachází v povodňové oblasti ani záplavovém území a není zde tato skutečnost reálná. V případě jakékoli jiné živelní pohromy, se takováto krizová situace řeší podle scénáře „Jiné nebezpečí - došlo k ohrožení živelní pohromou“.

PŘÍLOHA E – POSTUP FUNKCE PROGRAMU CAPITA

Postup výpočtu a podstata fungování programu je schematicky vysvětlena na obrázku níže.



Fungování programu CAPITA

Zdroj: (Program CAPITA, poskytnutý společností Pragoprojekt a.s., dne 23. 10. 2016)

Silniční tunel je z hlediska bezpečnosti charakterizován mnoha parametry. V programu CAPITA jsou přijata zjednodušení a do simulace z těchto parametrů vstupují:

a) stavební parametry tunelu,
b) parametry dopravy v tunelu,
c) dopravní simulace,
d) uvězněné osoby,
e) požár,
f) evakuace,
g) úmrtnost.

Pro specifikaci stavebních parametrů v tunelu se zadávají tyto údaje:

Délka tunelu – simulovaná délka kolony v tunelu je až 1 000 m, proto i délka tunelu je omezena na 1 000 m, které jsou rozhodující i při dlouhých tunelech, neboť z hlediska úniku jsou zajímavé první úseky mezi exity směrem od požáru proti směru jízdy.

Počet jízdních pruhů – výpočty hustoty vozidel jsou pro dva jízdní pruhy; pro třetí pruh jsou hodnoty dopočítávány.

Vzdálenost k únikovým východům – ovlivňuje šance evakuovaných osob na záchranu a zadává se od 150 m do 450 m v kroku po 100 m.

Podélný sklon – při stoupající niveletě se kouř šíří rychleji, při klesající pomaleji; ve výpočtech je zahrnuta změna rychlosti šíření pro sklon - 3 a + 3 % oproti nulovému podélnému sklonu.

Příčný průřez obdélníkového tvaru je 60 m^2. Výška stropu je 6 m a šířka 10 m. Simulovaný tunel je rozdělen na úseky o délce 50 m. Výpočty hustoty vozidel se provádí vždy nad těmito úseky.

Pro parametry dopravy v tunelu se s v programu CAPITA zadávají tyto údaje:

Intenzita dopravního proudu se vždy volí pro jeden jízdní pruh v hodnotách 1 600, 800 a 160 voz·h^{-1}. Pro další jízdní pruhy je stejná. Hodnota 1 600 voz·h^{-1} dosahuje asi 70 – 80 % saturace jízdního pruhu a může se vyskytovat v městských tunelech. Pro tyto intenzity také zůstává v tunelu uvězněno nejvíce lidí. Hodnota 160 voz·h^{-1} odpovídá nočním intenzitám, kdy je odstup vozidel při rovnoměrných příjezdech cca 22 s.

Rychlost dopravního proudu pro městský tunel je možné volit 50, 70 km·h^{-1} a pro tunel dálniční 80 nebo 100 km·h^{-1}. Jedná se vždy o střední hodnotu a normální rozložení rychlosti. Rychlost nákladních automobilů je 80 km·h^{-1} a mají přikázanou jízdu v pravém jízdním pruhu.

Procentní podíl nákladních vozidel v dopravním proudu (0, 10, 30 %). Lze volit pouze pro nastavení dálniční tunel (80 a 100 km·h^{-1}), z městských tunelů jsou nákladní automobily vyloučeny.

Přítomnost autobusu lze zvolit pouze u scénářů s nejvyšší intenzitou osobních vozidel 1 600 voz·h^{-1} a bez nákladních vozidel. Tento scénář odpovídá nejvyššímu počtu osob v tunelu. Autobus vždy zastaví v prvním úseku za požárem.

Postup dopravní simulace probíhá následovně. Do tunelu zvolené délky jsou opakovaně (10 až 50 krát) napouštěna vozidla v náhodném rozložení daném mikrosimulačním programem VISSIM. Pro kombinaci intenzity dopravy (160 – 1600 voz·h^{-1}), skladby (0, 10, 30 % NA, bus) a rychlosti dopravního proudu (50 – 100 km·h^{-1}) bylo vytvořeno 32 scénářů (scénáře s NA zvlášť pro 2 a 3 jízdní pruhy), dalších 24 scénářů pro 3 jízdní pruhy je dopočítáno ze scénářů se 2 pruhy. Každý scénář poskytuje celkový počet a rozptyl osobních i nákladních automobilů uvězněných v tunelu dané délky. Dalším výstupem je průměrný počet a rozptyl osobních a nákladních vozidel před prvním exitem.

V grafickém vyjádření je zobrazena průměrná doba plnění padesáti metrových úseků a zeleně jsou vyznačeny únikové východy.

Počet vozidel, která najela do tunelu, a tím i doby plnění jednotlivých úseků, ovlivní včasné zastavení dopravy na vjezdu do tunelu.

Pro stanovení počtu uvězněných osob si v programu CAPITA uživatel volí obsazenost osobního automobil jednou či dvěma osobami. To ovlivní celkový počet osob uvězněných v tunelu. Obsazenost nákladního automobilu (NA) a autobusu nelze měnit a je implicitně:

Nákladní automobil: 1 osoba

Autobus: 30 osob

Grafické znázornění tunelu ukazuje počty osob uvězněných mezi nouzovými východy v čase detekce požáru.

Pro **parametry požáru** je využit Implicitní fyzikální model SMARTFIRE počítá s koncentrací CO 2 000 ppm, což je úroveň, kdy již několik nadechnutí způsobuje smrt. Fyzikální model počítá tuto koncentraci pro výšku 1,6 m. Ohrožení osob sálavým teplem se nepředpokládá. Vývin kouře je cca 60 $m^3 \cdot s^{-1}$.

Pro **záchranu osob** jsou zásadní kritické časy, kdy hladina kouře ve výšce 1,6 m dosáhne jednotlivých exitů, a počty osob, které se v té chvíli k těmto exitům evakuují. V momentě, kdy kouř dosáhne nouzového východu, metoda CAPITA předpokládá, že koncentrace kouře v blízkosti východů je příliš vysoká, pokračování úniku není možné a dochází ke ztrátám na životech. Kritické časy dosažení kouře (koncentrace CO a HCl) k exitům jsou vypočteny pomocí fyzikálního modelu a znázorněny šedými a žlutými sloupci v dolní části obrazovky v programu CAPITA, včetně numerické hodnoty času v sekundách.

Pro **evakuaci osob** z tunelu je klíčová doba váhání. V tomto modelu představuje čas mezi naplněním úseku a zahájením evakuace. Předpokládá se, že čas do uzavření tunelu má na evakuaci vliv jen nepřímo, a to prostřednictvím naplnění úseku. Když se úsek naplní, lidé nějakou dobu váhají a teprve potom se začnou evakuovat.

Požár vznikne vždy ve vzdálenosti 0 m u Exitu 0 (vždy u výjezdu), který tím pádem nelze použít pro únik, a osoby z prvního úseku unikají vždy proti směru jízdy k Exitu 1. V případě dalších úseků část osob uniká i ve směru jízdy k požáru.

Takto pojatý evakuační model je pro dané složení osob a jejich chování univerzální a lze jej použít pro prakticky libovolný tunel, který obsahuje evakuační cesty a není v celém profilu zablokován vozidly.

Zdroj: Program CAPITA, poskytnutý společností Pragoprojekt a.s., dne 23. 10. 2016

PŘÍLOHA F – PŘÍJEZDOVÉ TRASY K PTO JEDNOTEK HZS

PŘÍJEZDOVÉ TRASY

Tunel Radejčín

Stanice **LOVOSICE**

Předurčené jednotky pro Ústecký portál

HLAVNÍ TRASA

Siřejovická, I/15, D8

Celková délka: **12 km**

Čas dojezdu: **7 min**

Zdroj: Mapy cz <https://mapy.cz>, Autorka

PŘÍJEZDOVÉ TRASY

Tunel Radejčín

Stanice **ÚSTÍ NAD LABEM**

Předurčené jednotky pro Ústecký portál

HLAVNÍ TRASA

Masarykova, Zahradní, Plynárenská, Havířská D8

Celková délka: **19,1 km**

Čas dojezdu: **12 min**

Zdroj: Mapy cz <https://mapy.cz>, Autorka

PŘÍJEZDOVÉ TRASY

Tunel Radejčín

Stanice JSDHO **ŘEHLOVICE**

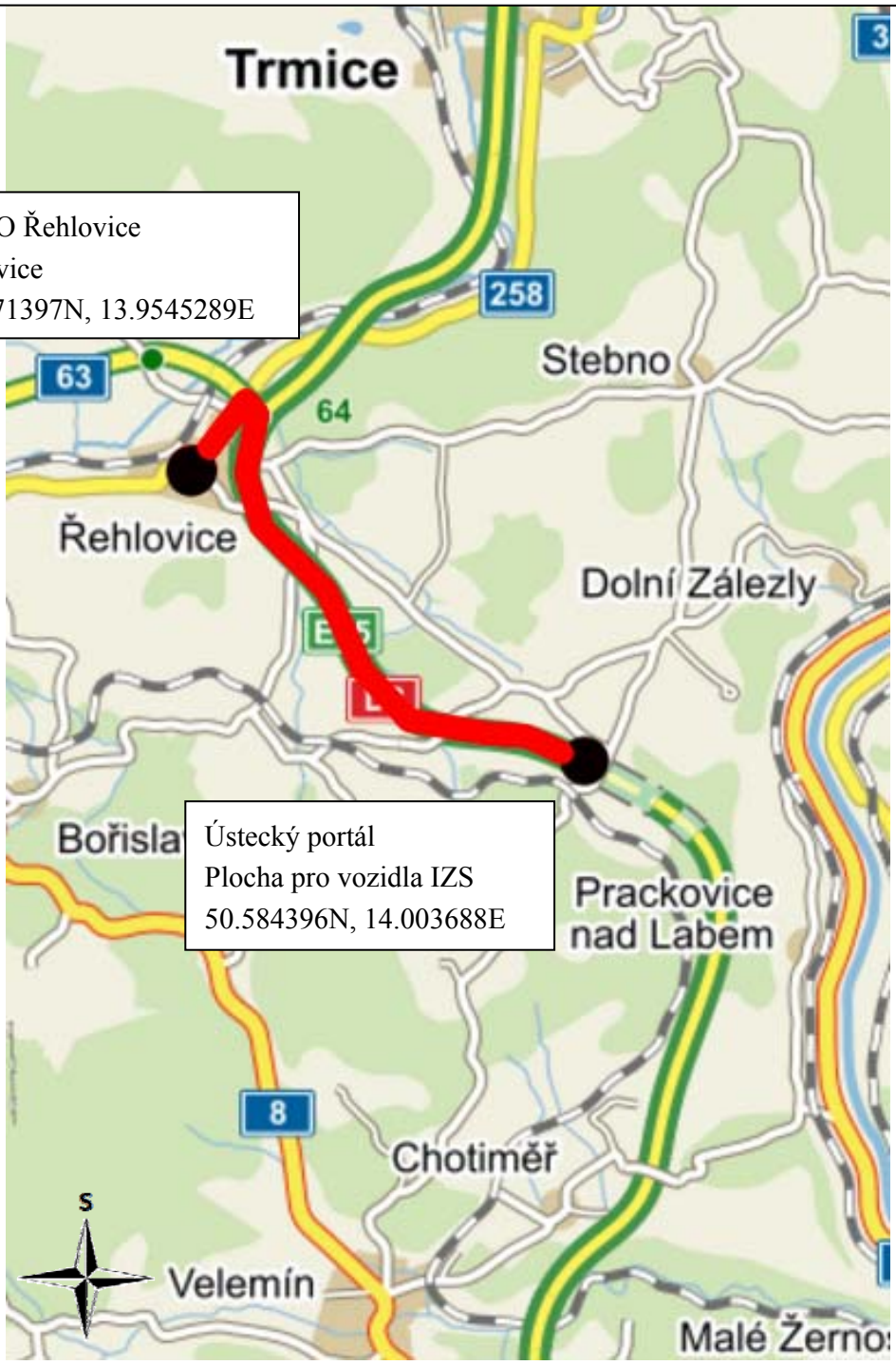
Předurčené jednotky pro Ústecký portál

HLAVNÍ TRASA

Siřejovická, S II 258, D8

Celková délka: **6,3 km**

Čas dojezdu: **5 min**



Zdroj: Mapy cz <https://mapy.cz>, Autorka

PŘÍJEZDOVÉ TRASY

Tunel Radejčín

Stanice JSDHO **CHOTIMĚŘ**

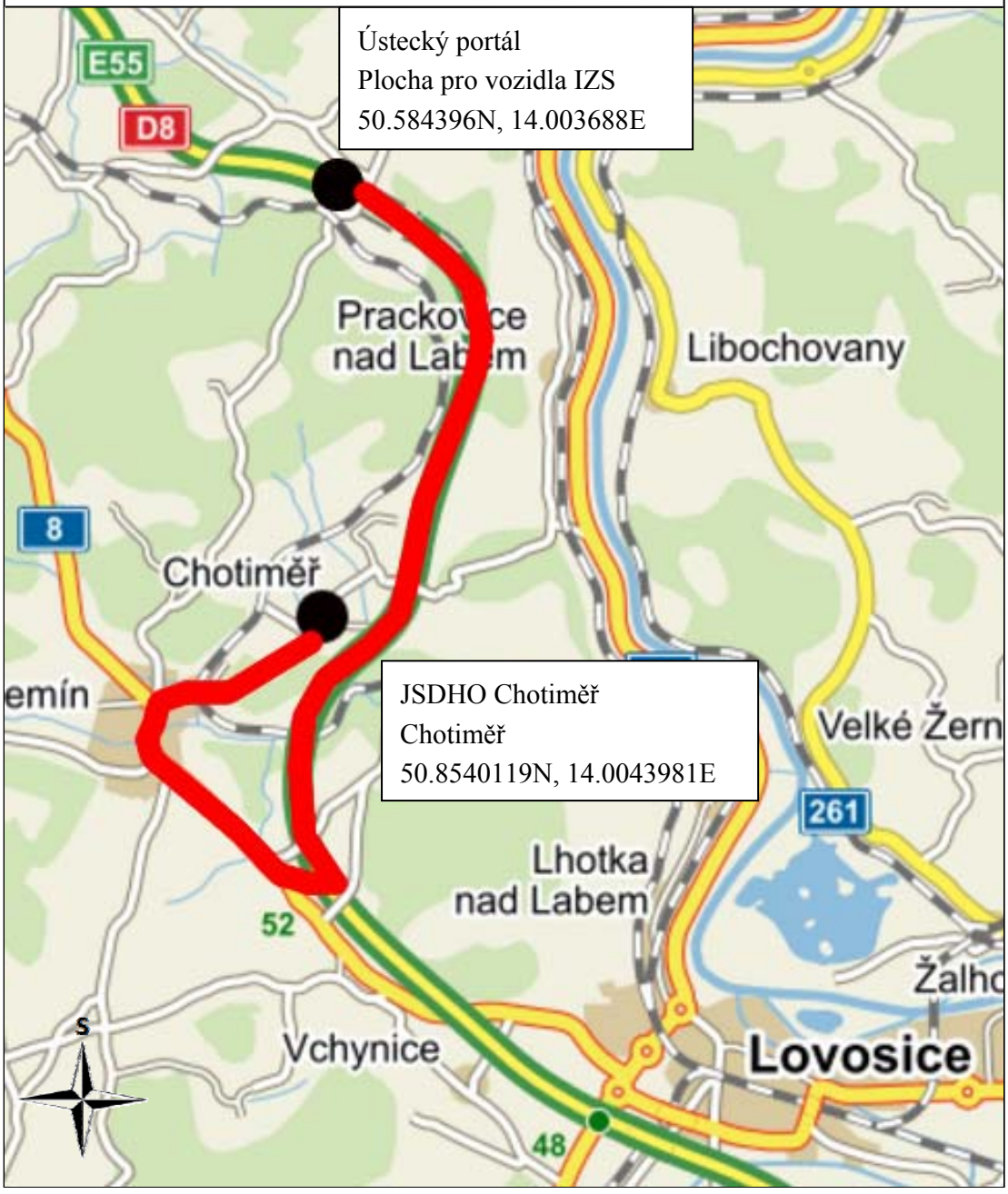
Předurčené jednotky pro Ústecký portál

HLAVNÍ TRASA

Chotiměř, I/8, D8

Celková délka: **12 km**

Čas dojezdu: **10 min**



Zdroj: Mapy cz <https://mapy.cz>, Autorka

PŘÍLOHA G – PŘÍJEZDOVÉ TRASY K PTO JEDNOTEK ZS

PŘÍJEZDOVÉ TRASY

Tunel Radejčín

ZS ÚSTÍ NAD LABEM

Předurčené jednotky pro Ústecký portál

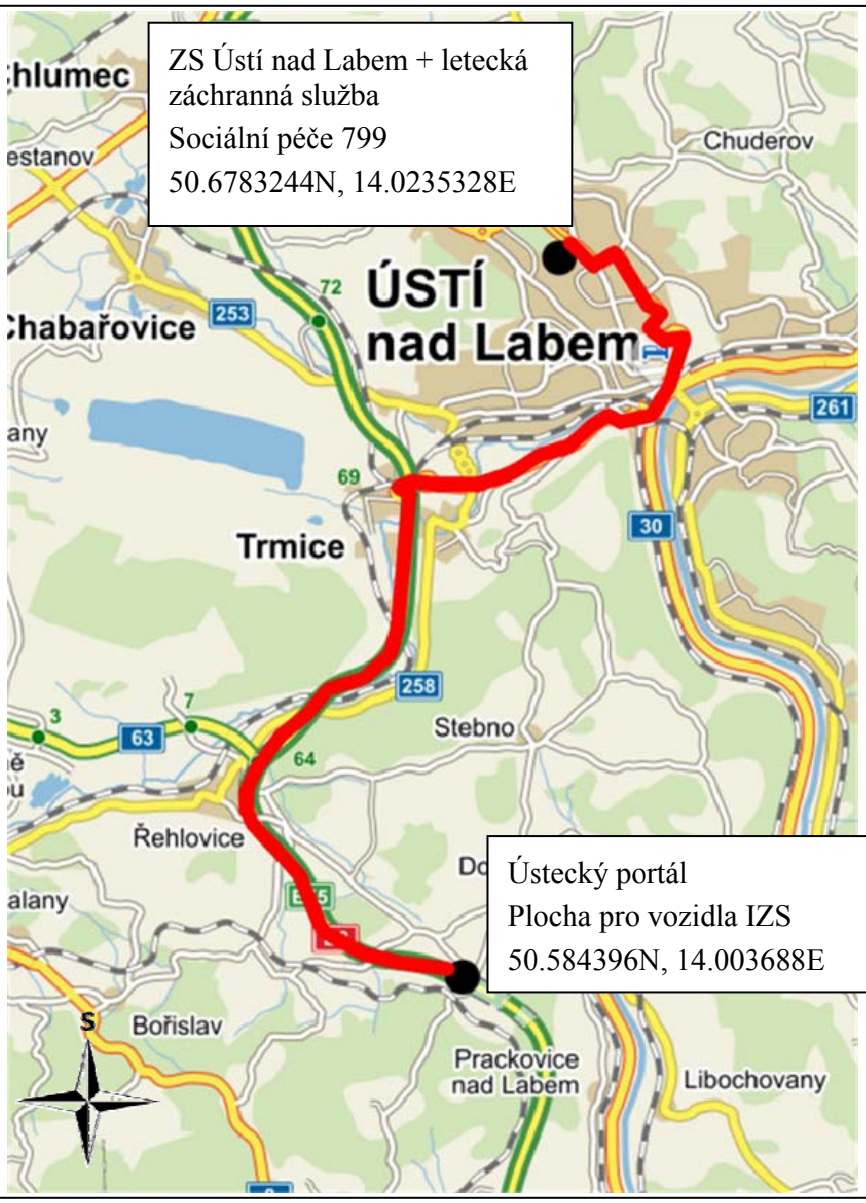
HLAVNÍ TRASA

Sociální péče 799, Krušnohorská, Hoření, Důlce, Předmostí, Přístavní, Žižkova, E 442, D8

Celková délka: **18,5 km**

Čas dojezdu: **16 min**

3 min



Zdroj: Mapy cz <https://mapy.cz>, Autorka

PŘÍJEZDOVÉ TRASY

Tunel Radejčín

ZS TEPLICE

Předurčené jednotky pro Ústecký portál

HLAVNÍ TRASA

Duchovská, Lounská, S I 8, E 442, D8

Celková délka: **17 km**

Čas dojezdu: **12 min**

Zdroj: Mapy cz <https://mapy.cz>, Autorka

PŘÍJEZDOVÉ TRASY

Tunel Radejčín

ZS LITOMĚŘICE

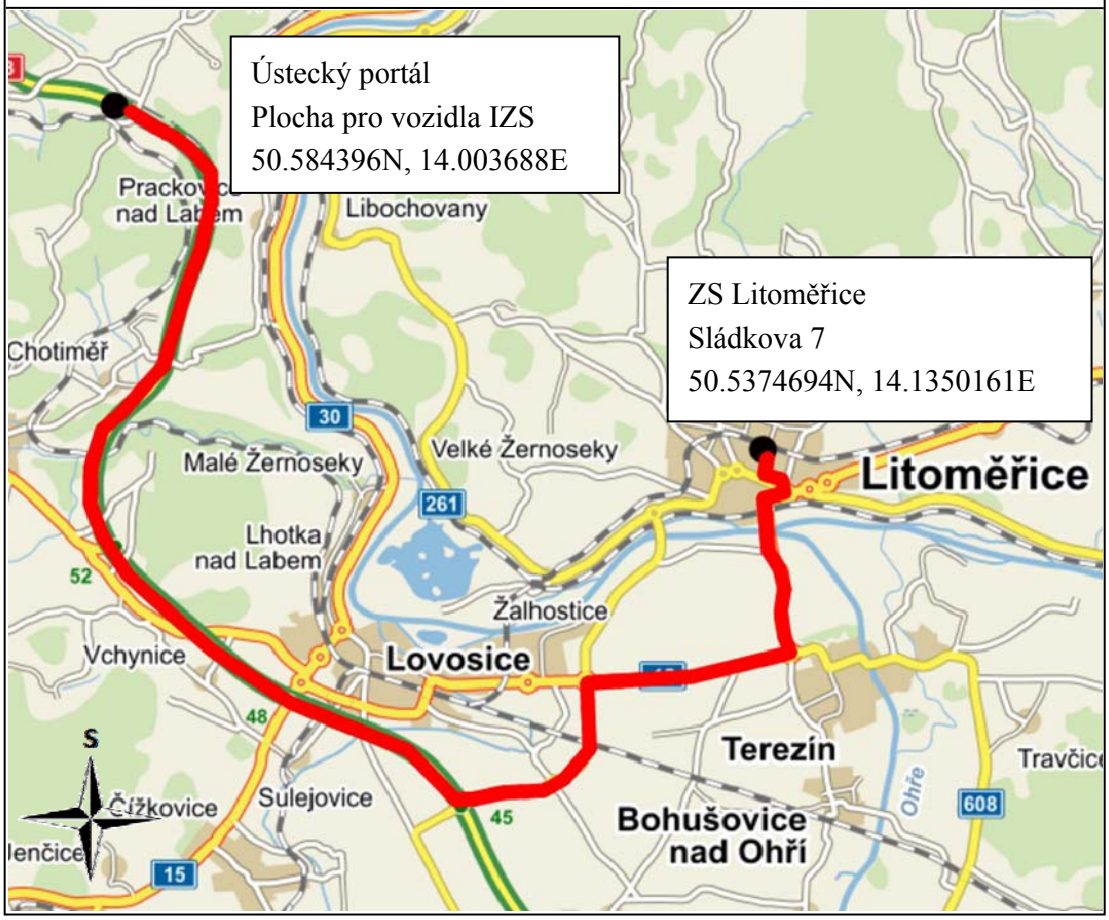
Předurčené jednotky pro Ústecký portál

HLAVNÍ TRASA

Sládkova, Rooseveltova, Pražská, Na Valech, Mezibraní, Tyršův most, Železnická, S I 15, S II 247, D8

Celková délka: **23 km**

Čas dojezdu: **17 min**



Zdroj: Mapy cz <https://mapy.cz>, Autorka

PŘÍJEZDOVÉ TRASY

Tunel Radejčín

ZS LOVOSICE

Předurčené jednotky pro Ústecký portál

HLAVNÍ TRASA

Zámecká, S I 30, D8

Celková délka: **12,6 km**

Čas dojezdu: **9 min**

Zdroj: Mapy cz <https://mapy.cz>, Autorka