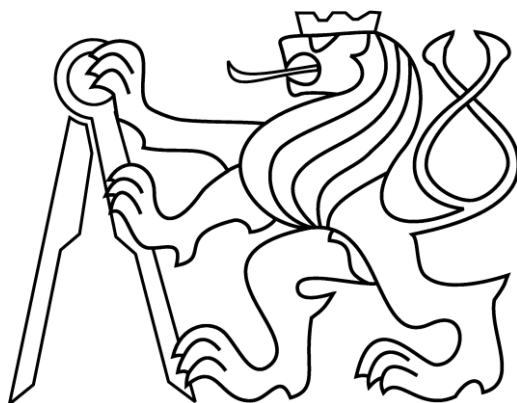


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

DIPLOMOVÁ PRÁCE
ALTERNATIVNÍ POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ
ŘEŠENÍ SILNIČNÍHO TUNELU



STUDIJNÍ PROGRAM: Stavební inženýrství

STUDIJNÍ OBOR: Integrovaná bezpečnost staveb

VYPRACOVAL: Bc. Kateřina Weisserová

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Jiří Svoboda, Ph.D.

DATUM: 8.1.2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Weisserová</u>	Jméno: <u>Kateřina</u>	Osobní číslo: <u>396667</u>
Zadávací katedra: <u>K220 Centrum experimentální geotechniky</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Integrovaná bezpečnost staveb</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Alternativní PBR silničního tunelu</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Alternative Fire Safety Design of Road Tunnel</u>	
Pokyny pro vypracování: 1) Seznámení s problematikou tunelů pozemních komunikací 2) Seznámení s problematikou PBR tunelů pozemních komunikací 3) Rešerše PBR vybraného stávajícího tunelu, který je již dlouhou dobu v provozu a jeho zhodnocení z hlediska současných standardů 4) Zpracování alternativního PBR vybraného tunelu	
Seznam doporučené literatury: ČSN 73 0802 - Požární bezpečnost staveb. Nevýrobní objekty ČSN 73 0804 - Požární bezpečnost staveb. Výrobní objekty TP 98/2004 - Technologické vybavení tunelů pozemní komunikací	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Jiří Svoboda, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>13.10.2016</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>8.1.2017</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
..... Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

..... Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)
--------------------------------	------------------------------

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod odborným dohledem Ing. Jiřího Svobody, Ph.D. a veškeré informace čerpala pouze z uvedené literatury.

Nemám námitek proti použití této diplomové práce ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 8. ledna 2017

Weisserová Kateřina

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat mým rodičům, kteří mi umožnili studovat na této škole a velice mě v tom podporovali po celou dobu studia jak po finanční, tak po morální stránce. Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Milanu Tandlerovi z Technické správy komunikací hl. m. Prahy za jeho čas, ochotu a poskytnutí dokumentace k Těšnovskému tunelu a panu Ing. Pavlu Šourkovi za poskytnutí výkresu k Těšnovskému tunelu v elektronické podobě. Největší poděkování patří vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Jirímu Svobodovi, Ph.D. za ochotu a nesmírnou trpělivost při konzultování práce.

Abstrakt

Tunel pozemní komunikace je liniový podzemní objekt, který umožňuje plynulou a bezpečnou jízdu vozidel podcházením horských masivů, vodních překážek, osídlených oblastí, kulturně-historicky či ekologicky cenných území apod. Vyznačuje se uzavřeným příčným profilem.

Tunely jsou děleny podle způsobu výstavby, podle délky, podle druhu provozu a podle délky tunelu a intenzity dopravy. V České republice je od roku 2015 nejdelší Bubenečský tunel, který měří 3 091 m. Nejstarším tunelem je tunel Vyšehradský v pražské metropoli, který byl zprovozněn koncem roku 1904.

Diplomová práce je rozdělena do čtyř částí. První část se zabývá tunely obecně na pozemních komunikacích a jejich vybavením. V návaznosti na to se ve druhé kapitole řeší technologické, stavební a organizační řešení spojené s požárně bezpečnostním řešením tunelových staveb. Třetí částí je rešerše vybraného stávajícího tunelu, konkrétně Těšnovského tunelu, který je již dlouhou dobu v provozu a zhodnocení z hlediska současných standardů. Zpracování alternativního požárně bezpečnostního řešení Těšnovského tunelu a porovnání se současnými předpisy a normami a s požárním řešením v době jeho rekonstrukce je záměrem této diplomové práce. Proto bylo důležité zpracovat předchozí kapitoly, ze kterých tato poslední část čerpá.

Klíčová slova

„Silniční tunel; doprava; riziko; požár; oheň; bezpečnost; nebezpečí; ochrana; projekt“.

Abstract

A road tunnel is a lineal underground object which enables smooth and save drive of the vehicles under the mountain ranges, water obstacles, populated areas, culture and historical or ecological valuable zones. A close-crossed section is significant for it.

All tunnels are generally divided according to a type of construction, length, type of traffic and according to length and intensity of traffic. The longest tunnel in the Czech Republic is the Bubeneč tunnel with 3 091 m. It has been in operation since 2015. The oldest tunnel in the Czech Republic is the Vyšehrad tunnel in Prague which was put into operation at the end of 1904.

The diploma thesis is divided into four parts. The first part deals with road tunnels in general and their facilities. As a follow up to the first part the second part deals with technological, construction and organization solution connected with fire and safety regulations of tunnel constructions. The third part is a research of a selected tunnel, specifically the Těšnov

tunnel which has been in operation for a very long time, and its evaluation from the point of view of contemporary standards. An object of this particular diploma thesis is an elaboration of an alternative fire and safety regulation of this tunnel and a comparison of contemporary standards and norms with fire regulations in the period of the tunnel's reconstruction. That is why it was important to elaborate previous chapters which serve as a source to the last chapter.

Keywords

„Road tunnel; traffic; risk; fire; flame; safety; danger; protection; project“.

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	II
Úvod	1
1 Tunely pozemních komunikací	4
1.1 Dělení tunelů	5
1.2 Stavební řešení	6
1.3 Technologické řešení	10
1.4 Organizační řešení.....	18
2 PBŘ tunelů pozemních komunikací	23
2.1 Stavební řešení	23
2.2 Technologické řešení	26
3 Rešerše PBŘ vybraného stávajícího tunelu, který je již dlouhou dobu v provozu a jeho zhodnocení z hlediska současných standardů	34
3.1 Těšnovský tunel	34
3.2 Přehled dostupné dokumentace.....	37
3.3 Požárně bezpečnostní řešení	39
3.4 Závěr	43
4 Zpracování alternativního PBŘ tunelu	46
4.2 Popis objektu.....	47
4.3 Rozdělení stavby do požárních úseků	48
4.4 Stupeň požární bezpečnosti.....	48
4.5 Stavební konstrukce a požární odolnost.....	49
4.6 Únikové cesty a jejich vybavení	49
4.7 Odstupové vzdálenosti	50
4.8 Zařízení pro protipožární zásah a přenosné hasicí přístroje.....	51
4.9 Technická vybavení a bezpečnostní zařízení	52
4.10 Závěr	52
5 Porovnání původního a alternativního PBŘ	54
6 Závěr	58
Seznam obrázků	60
Seznam tabulek	60
Literatura	61

Seznam použitých symbolů a zkratek

ADR = Accord Dangereuses Route = Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí

BOZP = bezpečnost a ochrana zdraví při práci

EPS = elektrická požární signalizace

HDŘÚ = hlavní dopravní řídicí ústředna

HZS = hasičský záchranný sbor

CHÚC = chráněná úniková cesta

IZS = integrovaný záchranný systém

JPO = jednotka požární ochrany

KTPO = klíčový trezor požární ochrany

NN = nízké napětí

NÚC = nechráněná úniková cesta

MVČR = Ministerstvo vnitra České republiky

PBZ = požárně bezpečnostní zařízení

PHM = pohonné hmoty a maziva

PHP = přenosný hasicí přístroj

PNP = požárně nebezpečný prostor

PO = požární odolnost

POP = požárně otevřená plocha

PUP = požárně uzavřená plocha

PÚ = požární úsek

R, E, I, W, C, S = mezní stavy požární odolnosti nosných a požárně dělících konstrukcí

SAT = Strahovský automobilový tunel

SPB = stupeň požární bezpečnosti

TAT = Těšnovský automobilový tunel

ÚC = úniková cesta

VN = vysoké napětí

VP = veřejné prostranství

ZDP = zařízení dálkového přenosu

EPS = elektrická požární signalizace

HZS = hasičský záchranný sbor

CHÚC = chráněná úniková cesta

IZS = integrovaný záchranný systém

JPO = jednotka požární ochrany

NN = nízké napětí
NÚC = nechráněná úniková cesta
MVČR = Ministerstvo vnitra České republiky
PBZ = požárně bezpečnostní zařízení
PHP = přenosný hasicí přístroj
PNP = požárně nebezpečný prostor
PO = požární odolnost
POP = požárně otevřená plocha
PUP = požárně uzavřená plocha
PÚ = požární úsek
R, E, I, W, C, S = mezní stavy požární odolnosti nosných a požárně dělících konstrukcí
SAT = Strahovský automobilový tunel
SPB = stupeň požární bezpečnosti
TAT = Těšnovský automobilový tunel
TSK = Technická správa komunikací
ÚC = úniková cesta
VN = vysoké napětí
VP = veřejné prostranství
ZDP = zařízení dálkového přenosu
ZZS = záchranná zdravotnická služba

Úvod

Hlavní úlohou požární prevence je předcházení vzniku požárů a snižování míry požárního rizika. Dalším, neméně důležitým úkolem požární prevence však zůstává zajištění požární bezpečnosti při užívání objektů a jejich provozu po celou dobu jejich životnosti, jakož i zajištění požární bezpečnosti při provozování činností. Požární bezpečnost je třeba vnímat jako komplexní souhrn organizačních, stavebně technických, stavebních a technických opatření k zabránění vzniku požáru nebo výbuchu s následným požárem a k ochraně osob, zvířat a majetku v případě vzniku požáru a k zamezení jeho šíření. Požární bezpečnost staveb je jedním z pilířů požární prevence. Je to schopnost stavby maximálně omezit riziko vzniku a šíření požáru a zabránit ztrátám na životech osob, zvířat a ztrátám na majetku v případě vzniklého požáru. Dosahuje se jí vhodným dispozičním, konstrukčním a materiálovým řešením, popřípadě požárně bezpečnostními zařízeními. Není tomu jinak ani u tunelových staveb.

Způsob dosažení požadované úrovně bezpečnosti nejen při požáru, řeší bezpečnostní dokumentace. V té jsou kromě požárů řešena rizika spojená s dopravou nebezpečných látek, jako jsou cisterny s palivem, toxické nebo explozivní náklady. Hodnocení rizika je založeno na posouzení počtu vozidel s nebezpečnými náklady, charakteru trasy (tunel, most, zářez, terén, obestavěný úsek), charakteru ohrožení (exploze, uvolnění toxických plynů nebo jedovatých tekutin, požár) a na počtu ohrožených osob. Díky velkým požárům, které se v minulosti v silničních tunelech staly, se začalo o bezpečnosti v tunelech více hovořit a technologické vybavení či bezpečnost se začaly posouvat na vyšší úroveň. Nejzávažnějšími nehodami v tunelech, jsou požáry v tunelu Mont Blanc, v Tauernském tunelu a v tunelu Gotthard, kde celkem vyhaslo 62 lidských životů a dalších sedm desítek osob bylo zraněno.

Tunel pozemní komunikace je liniový podzemní objekt, který umožňuje plynulou a bezpečnou jízdu vozidel podcházením horských masivů, vodních překážek, osídlených oblastí, kulturně-historicky či ekologicky cenných území apod. Vyznačuje se uzavřeným příčným profilem. Základním charakteristickým znakem tunelů je jejich funkce dopravní obslužnosti.

Tunely dělíme podle způsobu výstavby na ražené, hloubené a přesypávané. Podle délky rozeznáváme tunely krátké, střední a dlouhé. Dle druhu provozu se dělí na jednosměrné a obousměrné a podle délky tunelu a intenzity dopravy se třídí do šesti kategorií: TA – TD.

V České republice se nachází 31 silničních nebo dálničních tunelů, z nichž nejdelší je Bubenečský tunel v Praze. Nejvíce tunelů v České republice se nachází na území hl.m. Prahy a v Jihomoravském kraji, kde je shodný počet 7 tunelů. Nejstarším tunelem je tunel Vyšehradský v pražské metropoli, který byl zprovozněn koncem roku 1904.

Cílem mé diplomové práce bylo porovnání původního požárně bezpečnostního řešení tunelu s novým, alternativním řešením zpracovaným dle dnešních norem.

Diplomová práce je rozdělena do čtyř částí. V první části se zabývám obecně tunely na pozemních komunikacích a jejich vybavením. V návaznosti na to řeším technologické a stavební řešení spojené s požárně bezpečnostním řešením tunelových staveb. Třetí částí je rešerše vybraného stávajícího tunelu, který je již dlouhou dobu v provozu a zhodnocení z hlediska současných standardů. Zpracování alternativního požárně bezpečnostního řešení tunelu a porovnání se současnými předpisy, normami a s požárním řešením v době jeho rekonstrukce je záměrem i hlavní částí méj diplomové práce.

1.část: Navrhování tunelů pozemních komunikací je obecně rozděleno jako technologické, stavební a organizační řešení. Technologická část se zabývá vybavením tunelu, aby zajistila co nejvyšší bezpečnost a ochranu účastníků provozu i pracovníků provozovatele a bezpečnost a plynulost provozu na pozemních komunikacích. Stavební část se zabývá samotnou konstrukcí tunelu jako takového. Organizačním řešením jsou myšleny návaznosti od vlastníka tunelu přes provozovatele tunelu až po řízení provozu a dozoru tunelu. Dále jsou to role a součinnost jednotlivých složek integrovaného záchranného systému při zajištění zásahu.

2.část: Problematika požárně bezpečnostního řešení tunelů na pozemních komunikacích je druhá část této práce. Požární ochranu lze dělit na aktivní ochranu, což jsou požárně bezpečnostní zařízení a pasivní ochranu. Pasivní protipožární ochrana je základní schopnost budovy jako celku vzdorovat požáru díky dispozičnímu a konstrukčnímu řešení.

3. a 4.část: Cílem třetí a čtvrté části diplomové práce je rešerše a porovnání historického tunelu. Mým úkolem bylo zjistit historický a poté skutečný stav stavby. Poté jsem vytvořila alternativní požárně bezpečnostní řešení stejného tunelu dle dnešních norem, porovnála ho s původním požárně bezpečnostním řešením a zhodnotila ho z hlediska současných standardů. Vzhledem k rozsahu samotného požárně bezpečnostního řešení je v této části práce pouze to nejdůležitější. Celé požárně bezpečnostní řešení je zde zahrnuto jako příloha č.1.

Pro rešerši historického tunelu jsem si vybrala tunel Těšnovský, který byl uveden do provozu v roce 1980 a v roce 1999 byl prvně zrekonstruován. Je to tunel mělký hloubený, který se nachází z části na Praze 1, Novém městě a z části na Praze 8, Karlíně. Tunel prochází pod Hlávkovým mostem a kopíruje Vltavu při jejím pravém břehu. Objekt tunelu se nachází v zastavěné části města. Těšnovský tunel je liniovou dopravní stavbou ve směru východ – západ. Tunel je čtyřpruhový, směrově rozdělený do dvou tubusů a je určen pouze pro automobilovou dopravu. Každý tubus tvoří vozovka se dvěma jízdními pruhy. K tunelu přiléhá i objekt s technologickými prostory. Tubusy tunelu jsou ze dvou stavebně odlišných, ale těsně k sobě přiléhajících částí. První část délky 53,47 m je tvořena přemostěním severojižní magistrály (Hlávkův most) přes pravobřežní komunikaci. Druhá delší část tunelu je délky 301,3 m v severní troubě a 291,1 m v jižní troubě. Těšnovský tunel je původně tunel s velínem, který se nachází v objektu technologických prostor a byl se stálou obsluhou. V nynější době je velín přesunut na Strahov, odkud je řízeno větší množství tunelů, jako např. Strahovský tunel nebo Mrázovka. Dle statistiky Technické správy komunikací hl. m. Prahy projelo na jaře v roce 2015 Těšnovským tunelem přibližně 38 000 automobilů za den. Otevření Tunelového komplexu Blanka neznamenovalo pro

Těšnovský tunel výrazné snížení intenzity dopravy. Rozdíl mezi jarem 2015 a podzimem 2015 se snížil přibližně o 1000 automobilů za den.

Při tvoření požárně bezpečnostního řešení jsem postupovala podle platných příslušných norem. Stěžejní normou pro samotné tunelové trouby je ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací, pro technologické prostory ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty a další.

1 Tunely pozemních komunikací

Tunel pozemní komunikace je liniový podzemní objekt, který umožňuje plynulou a bezpečnou jízdu vozidel podcházením horských masivů, vodních překážek, osídlených oblastí, kulturně-historicky či ekologicky cenných území apod. Vyznačuje se uzavřeným příčným profilem. Základním charakteristickým znakem tunelů je jejich funkce dopravní obslužnosti.

Tunel je vždy součástí dopravního celku (uzlu, oblasti, útvaru) a odděleně nemá žádný význam. Na tunel je nutno pohlížet jako na integrální součást komunikačního systému. Jeho funkční a provozní spolehlivost musí být vždy vázána na navazující prvky dopravního systému, a to jak v rámci projektové přípravy, tak i při vlastním provozu tunelové stavby. Každá mimořádná událost v rámci dopravního celku má význam na provoz a bezpečnost v tunelu a opačně. (1)

Pro projektování tunelů pozemních komunikací se používají dva základní dokumenty, a to ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací a technické podmínky TP 98 Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací. Následné provozování tunelu má vliv nejenom na vlastní dopravní charakteristiky tunelu, ale i na provozní náklady a významný vliv má i na bezpečnost účastníků silničního provozu. Cílem technických podmínek je vytvořit zásad pro provozování, správu a údržbu tunelu. (2)

Tunel se jako celek dělí do třech pomyslných částí. Technologická, stavební a organizační část. Stavební část se zabývá konstrukcemi tunelu, nouzovými chodníky, pruhy, zálivy, portály, přístupovými komunikacemi. Technologické vybavení se dělí na provozní technologie a bezpečnostní vybavení. Patří sem např. osvětlení, větrání, řídicí systém, systém videodohledu, dopravní systém, bezpečnostní značení, evakuačního vybavení či požárního zařízení. Organizačním řešením jsou myšleny návaznosti od vlastníka tunelu přes provozovatele tunelu až po řízení provozu a dozoru. Dále jsou to role a součinnost jednotlivých složek integrovaného záchranného systému při zajištění zásahu.

V České republice se nachází k 1.1. 2016 31 silničních nebo dálničních tunelů, z nichž nejdelší je od roku 2015 Bubenečský tunel, který je součástí tunelového komplexu Blanka a měří 3091 m. Svoji délkou překonal někdejší nejdelší tunel Panenská téměř o 1000 m. Nejdelším silničním tunelem na světě je Lærdalský tunel v Norsku, který má celkovou délku 24 510 m. Pro porovnání nejdelší železniční tunel na světě z Curychu do Lugano měří neuvěřitelných 57 072 m. Nejvíce tunelů v České republice se nachází na území hl.m. Prahy a v Jihomoravském kraji, kde je shodný počet 7 tunelů. Nejstarším tunelem je tunel Vyšehradský v pražské metropoli, který byl zprovozněn koncem roku 1904.

1.1 Dělení tunelů

Obecně se tunely dělí podle umístění, způsobu výstavby, druhu provozu, délky a intenzity dopravy. Délka tunelu a intenzita dopravy jsou důležité z hlediska technologického vybavení tunelu.

Tunely zabezpečují průchod pozemní komunikace zpravidla:

- a) terénním převýšením (překážkou) v trase komunikace,
- b) pod vodní překážkou,
- c) pod jinými dopravními systémy,
- d) pod zastavěným územím,

Podle způsobu výstavby:

- a) ražené,
- b) hloubené,
- c) přesypávané.

Podle druhu provozu:

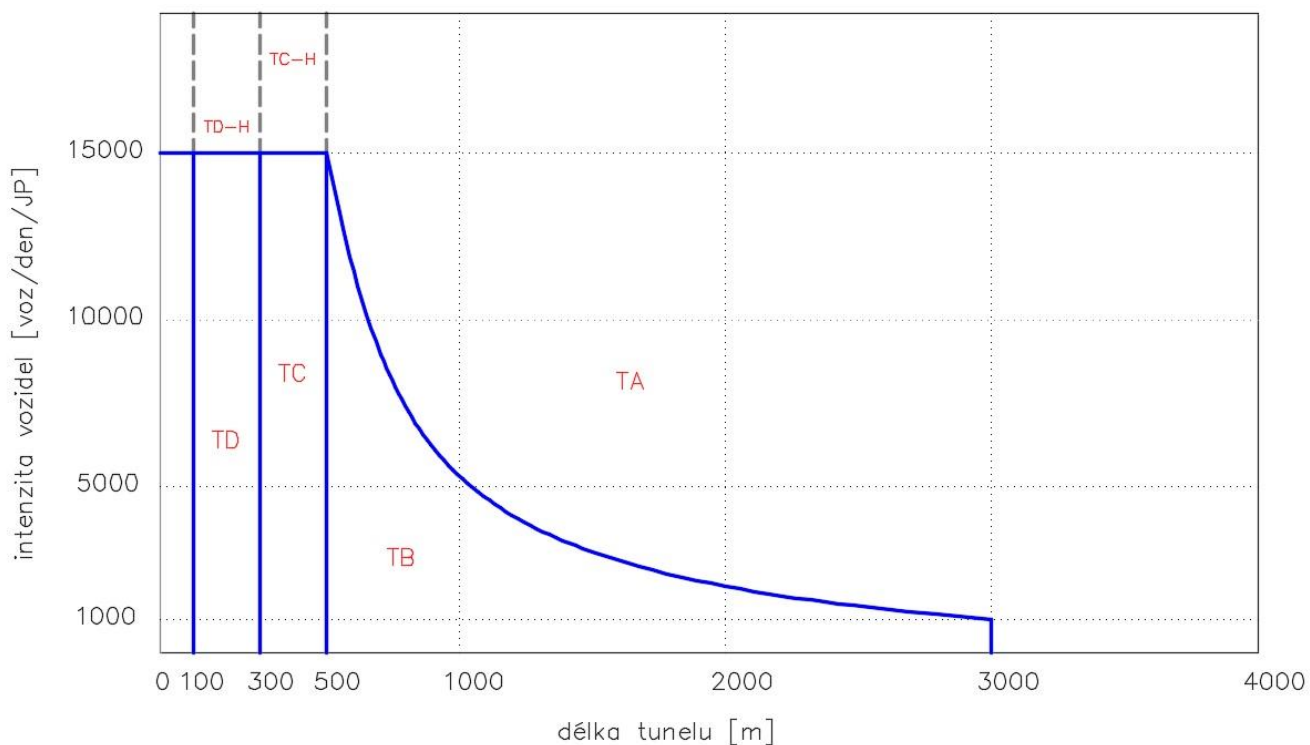
- a) jednosměrné,
- b) obousměrné.

Podle délky:

- a) krátké tunely – délky větší než 100 m až 500 m včetně,
- b) střední tunely – délky větší než 500 m až 1000 m včetně,
- c) dlouhé tunely – délky přes 1 000 m.

Podle délky tunelu a intenzity dopravy:

- a) kategorie TA,
- b) kategorie TB,
- c) kategorie TC – H,
- d) kategorie TC,
- e) kategorie TD-H,
- f) kategorie TD. (3)



Obrázek 1 Rozdělení tunelů do kategorií podle délky a intenzity provozu (dle TP 98)

1.2 Stavební řešení

Tunely jsou objekty, které se staví z důvodu překonání horských masivů, vodních překážek, osídlených oblastí, kulturně-historicky či ekologicky cenných území. Tunely umožňují plynulou a bezpečnou dopravu.

Při samotném návrhu tunelu a jeho situování je důležité dbát na vliv stavby a vliv provozu tunelu na přírodu a jeho okolí. Vlivem stavby na okolí je myšlen zejména hluk, vibrace, znečištění vzduchu výfukovými plyny a změny hydrogeologických poměrů. Na umístění tunelu mají také vliv geotechnické podmínky dané lokality, včetně podmínek hydrologických a hydrogeologických, provoz tunelu, kde musí být zajištěn nepřetržitý provoz během celého roku. Dále jsou to klimatické a povětrnostní podmínky a náklady na bezpečnostní opatření (např. přístupové komunikace, nástupní plochy, zdroje vody pro zásah složek integrovaného záchranného systému). (3)

Vzhledem k délce a kategorii tunelu je dáno, jaké technologické vybavení je do tunelu nutno zahrnout a od toho se odvíjí také stavební řešení. Dále se stavební řešení odvíjí od požadované velikosti, vedení trasy a geologie. Stavební řešení tunelu zahrnuje jak konstrukce vozovky, průjezdní profily, ostění, portály tak i únikové šachty či nástupní plochy.

Tunely mohou být ze stavebního hlediska hloubené, ražené a přesýpané. Hloubený tunel je tunel budovaný hloubením ve stavební jámě nebo rýze, tzn. s dočasným odstraněním nadloží nad tunelem, nebo budovaný na povrchu a později zasypaný. Ražený tunel je tunel, budovaný ražením, tj. výrubem v horninovém prostředí, bez odstranění jeho nadloží, nebo ražený pod zastropením.

Přesýpaný tunel je typ tunelu budovaný z povrchu území. Tenkostěnné konstrukce založené na terénu a dodatečně symetricky přesýpané pečlivě hutněným zásypem.

Konstrukce v tunelu musí umožnit bezpečný a plynulý provoz v tunelu, spolehlivě přenést všechna zatížení, zajistit stabilitu konstrukce i horninového prostředí, zajistit požadavky na požární odolnost, vyloučit nebo omezit průsaky podzemní a povrchové vody, ochránit okolí tunelové trouby před vlivem povětrnosti a provozu v tunelu, omezit deformace horninového prostředí, umožnit bezpečnou a jednoduchou údržbu a opravy a omezit negativní účinky stavby na okolní životní prostředí. Stavebními konstrukcemi a úpravami v tunelových stavbách jsou portály, ostění, průjezdní průřez tunelu, otáčecí záliv, přístupové šachty, štoly, vozovka a další související stavby.

Ostění

Ostění tunelu je dočasná nebo trvalá stavební konstrukce sloužící k zajištění výrubu. Dále slouží k zabezpečení vnitřních prostor tunelové trouby, odporuje tlaku horninového prostředí a chrání tunel před účinky podzemní vody. Ostění pro tunelové trouby je jako obvodová stěna pro budovu. Ostění může být zhotoveno z ocelových dílců, z betonu, železobetonu nebo stříkaného betonu. Vzhledem k požární bezpečnosti v tunelu musí být konstrukce ostění provedena tak, aby byla splněna požární odolnost. Pokud se tak nestane, je možné provést úpravy, které zajistí, že požární odolnost bude dodržena. S ohledem na charakter stavby není vhodné použití materiálů, které by svými vlastnostmi mohli přispívat k rozvoji požáru. (3)

Portál tunelu

Z vnějšku ohraničující část tunelové trouby se nazývá tunelový portál. Je to koncová část tunelu, která zajišťuje svahy i tunelovou troubu a architektonicky utváří vjezdový nebo výjezdový otvor tunelu a prostor kolem něho. (3)

Otáčecí záliv

Prostor, který umožňuje nouzové obrácení vozidel v silničním tunelu do opačného směru. Otáčecí zálivy se navrhují z hlediska zvýšení bezpečnosti, a to pro možnost otočení a odjezdu vozidla, pokud je tunelová trouba neprůjezdná vinou nehody či z jiného důvodu. Podobnými stavebními úpravami jsou nouzový záliv, nouzové pruhy a nouzové chodníky. Tyto stavební úpravy jsou popsány v kapitole 2.1.5. (3)

Přístupová štola nebo šachta

Liniová stavba sloužící pro přístup k podzemní stavbě během její ražby.

Vozovka

Vozovka je vrchní část komunikace, která vede v tunelové troubě a je vymezená portály. Na vozovku lze nahlížet ze dvou úhlů pohledu. Pokud se na vozovku nahlíží jako na konstrukci tunelu – musí zajistit plynulý, bezpečný provoz a spolehlivě přenášet všechna zatížení – pak by musela být provedena z výrobků třídy A1 a z nehořlavých konstrukčních částí druhu DP1. Na povrchové úpravy musí být použity výrobky s doplňkovou klasifikací s1 a d0. Pokud se nebude předpokládat, že je vozovka tunelu brána jako konstrukce tunelu, nejsou pro jí tyto požadavky platné. Konstrukce vozovky se stanoví na základě požárně bezpečnostního řešení a technickoekonomického posouzení, přičemž u středních tunelů se doporučuje provádět konstrukci vozovek v tunelu s cementobetonovým krytem a u tunelů dlouhých je provedení konstrukce vozovek v tunelu s cementobetonovým krytem povinné. Hlavní součástí vozovky jsou zejména jízdni pásy. (3)

Návrh jednotlivých šířkových kategorií pro různé druhy tunelových trub

Tabulka 1 Návrh jednotlivých šířkových kategorií

Kategorie	Popis	Schéma
<i>jednopruhové jednosměrné tunelové trouby</i>		
T-6,0	dlouhé tunely na silnicích a místních komunikacích	
<i>dvoupruhové jednosměrné tunelové trouby</i>		
T-7,5	krátké, střední a dlouhé tunely	
T-9,0	krátké tunely podle navazující návrhové kategorie pozemní komunikace, nebo střední a dlouhé tunely	
T-9,5	krátké tunely podle navazující návrhové kategorie komunikace	
<i>dvoupruhové obousměrné tunelové trouby</i>		
T-8,0	dlouhé tunely	
T-9,5	krátké tunely podle navazující návrhové kategorie pozemní komunikace, střední a dlouhé tunely	
T-10,5	krátké tunely podle navazující návrhové kategorie pozemní komunikace, střední a dlouhé tunely	

Příčné uspořádání jízdního pásu

Pozemní komunikace, která vede tunelem, se může navrhovat jako jedna tunelová trouba pro oba dopravní směry (na silnicích a místních komunikacích dvoupruhových) nebo jako jedna nebo více tunelových trub pro každý dopravní směr (na dálnicích, silnicích a místních komunikacích, směrově rozdělených). Návrh jednotlivých šířkových kategorií viz tabulka 1.

Propojka

Propojka je příčná část tunelu spojující hlavní tunelové trouby mezi sebou. Většinou se navrhuje jako částečně chráněná úniková cesta a zpravidla slouží pro únik osob v případě mimořádné události, případně k průjezdu vozů IZS. (3)

Průjezdni průřez tunelu

Průjezdním průřezem tunelu je vymezen volný prostor pro bezpečný průjezd vozidel. Navrhuje se na základě kategorie komunikace. Základní výškou průjezdného profilu je hodnota 4,5 m. Jako průjezdní prostor tunelu se uvažuje příčný obrys, do kterého nesmí zasahovat žádná část stavby, stavebních konstrukcí a všech druhů vybavení s přihlédnutím na povolené tolerance při jejich zhotovení a montáži. Do průjezdního prostoru mohou zasahovat pouze záchytná bezpečnostní zařízení. (3)

Související stavby

Tunel se neskládá pouze z tunelových trub, ale i z dalších objektů. Mezi ně patří přístupové komunikace, nástupní plochy, odvodnění, propojky, únikové štoly či obslužné objekty, což jsou technologické prostory, které přiléhají k tunelu a jsou jeho neoddělitelnou součástí.

Přístupová komunikace umožňuje příjezd vozidel správce a složek IZS z veřejné pozemní komunikace k portálům tunelu, nástupním plochám, k provozním zařízením a výstupům záchranných cest.

Zpravidla u portálů tunelu se zřizují zpevněné nástupní plochy pro nástup a soustředění sil a prostředků složek IZS.

V tunelech bývají odvodňovací systémy, které by měly být schopny odvést povrchovou vodu z portálů, podzemní vodu prostupující ostěním, vodu použitou na mytí stěn tunelu, uniklé kapaliny a vodu použitou pro hašení požáru. Odvodnění slouží k minimalizaci velikosti kaluží a skládá se z odvodňovacích kanálků, kanálů, potrubí, čerpacích jímek, odlučovačů oleje a řídicího systému pro sběr, skladování, separaci a odstraňování výtoku. V tunelech, ve kterých je povolen provoz vozidel přepravujících nebezpečný náklad, je nejdůležitější odvádění zápalných a toxických tekutin. Odvodnění má za účel minimalizovat velikost kaluží, které by jinak na vozovce vznikaly. V případě rozlití hořlavých tekutin ovlivňuje systém odvodnění zásadním způsobem rozsah případného požáru.

1.3 Technologické řešení

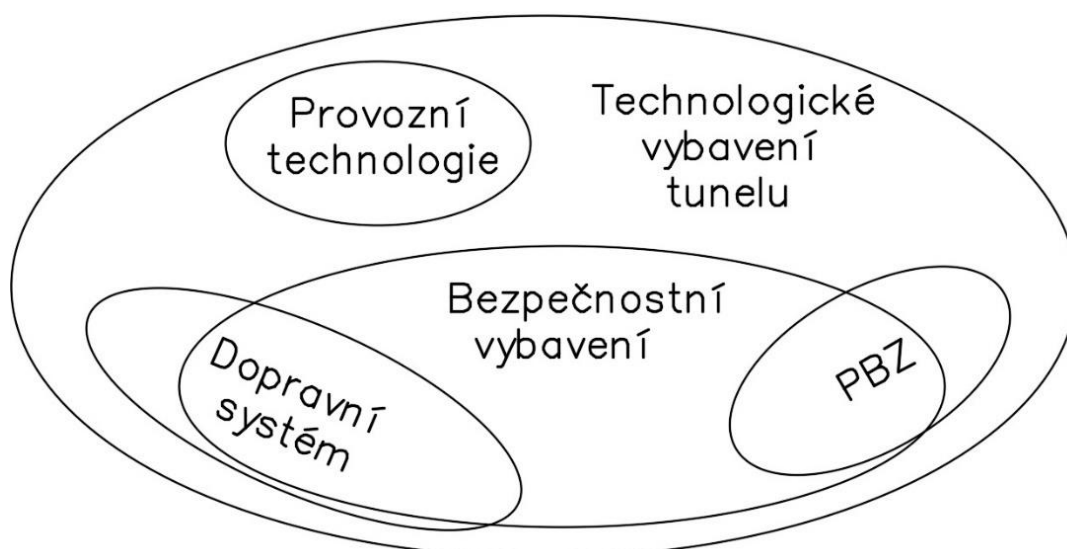
Technologická část se zabývá vybavením tunelu z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví účastníků provozu i pracovníků provozovatele a k jejímu zvýšení. Mezi tyto aktivní prvky patří provozní technologie a bezpečnostní vybavení, mezi které řadíme dopravní systém a požárně bezpečnostní zařízení. Technologické vybavení tunelu se navrhuje podle délky tunelu, intenzity dopravy, skladby silničního provozu, kategorie komunikace (dálnice, silnice, místní komunikace) a dle příslušné šířkové kategorie tunelu. Při návrhu šířkové kategorie tunelu se snažíme dbát na to, aby bylo uvnitř tunelu stejné jako vně tunelu. Dále se tunely vybavují podle funkce a dopravního významu komunikace, typu provozu (jednosměrný, obousměrný), podle požadavků bezpečnostní dokumentace, nákladů na bezpečnostní opatření a zabezpečení účinného zásahu složek IZS. (3)

Vybavení silničních tunelů je náročnější než vybavení tunelů železničních. Tato skutečnost je dána především tím, doprava v silničních tunelech je individuální, což zvyšuje nároky na dané vybavení. (4)

Technologické vybavení tunelu se dělí na provozní technologie a bezpečnostní vybavení. Bezpečnostní vybavení je dále děleno na dopravní systém a požárně bezpečnostní zařízení. Technologické vybavení je dáno kategorií tunelu a navrhuje se podle TP 98 Technické vybavení tunelů pozemních komunikací. (5)

V dnešní době je velmi dbáno na bezpečnosti. Čím více budeme chtít, aby byl tunel bezpečnější, tím více vzrostou náklady na jeho výstavbu a provoz. Proto se tunelové stavby řeší pomocí rizikové analýzy, která je jedním ze vstupů do optimalizace vybavení.

Rozdělení technologického vybavení



Obrázek 2 Technologické vybavení tunelu

Provozní technologie

- rádiové spojení a mobilní telefonní síť
- bezpečnostní značení
- normální osvětlení
- vzduchotechnické zařízení technologických prostor
- řídicí systém
- měření fyzikálních veličin
- větrání

Dopravní systém

- | | | |
|---|---|---------------------------|
| - televizní dohled včetně videodetekce | = | detekce dopravního excesu |
| - dopravní značení a zařízení | = | řízení dopravy |
| - pruhová signalizace | = | řízení dopravy |
| - světelné signály | = | řízení dopravy |
| - zařízení pro provozní informace (ZPI) | = | řízení dopravy |
| - měření výšky vozidel | = | dopravní zařízení |
| - zábrany | = | dopravní zařízení |
| - reflexní elementy | = | dopravní zařízení |

Požárně bezpečnostní zařízení

- | | | |
|--|---|-----------------------------------|
| - SOS skříně včetně poplachových tlačítek | = | zařízení pro požární signalizaci |
| - ozvučení tunelu | = | zařízení pro únik osob při požáru |
| - hlásiče požáru (automatické, tlačítkové) | = | zařízení pro požární signalizaci |
| - nouzové únikové osvětlení | = | zařízení pro únik osob při požáru |
| - požární větrání | | |

Kategorizace tunelů z hlediska bezpečnostního vybavení

Tabulka 2 - Rozdělení technických prostředků podle kategorie tunelu

Bezpečnostní vybavení	TC	TB	TA
Hlásky nouzového volání			
• Hlásky nouzového volání	■	□	□
• Poplachová tlačítka	■	□	□
Systém videodohledu			
• Televizní dohledový systém	■	□	□
Dopravní systém			
• Sběr dopravních dat	■	□	□
• Dopravní značení	■	□	□
• Zařízení pro provozní informace	■	□	□
• Světelné signály pro jízdu v pruzích	■	□	□
• Světelní signály S1a, S1b	■	□	□
• Měření výšky vozidel	■	□	□
• Mechanické zábrany	■	□	□
• Reflexní elementy	□	□	□
• Identifikace dopravního excesu v tunelu	■	□	□
Spojovací a dorozumívací zařízení			
• Rádiové spojení	■	□	□
• Mobilní telefonní síť	■	□	□
• Ozvučovací zařízení	■	□	□
Evakuační vybavení			
• Nouzové únikové osvětlení tunelu	■	□	□
• Bezpečnostní značení	□	□	□
Požární zařízení			
• Automatické hlásiče požáru	■	□	□
• Tlačítkové hlásiče požáru	■	□	□
• Přenosné hasicí přístroje	□	□	□
• Požární hydranty	■		□
Osvětlení tunelu			
• Normální osvětlení	□	□	□
• Náhradní osvětlení	■	□	□

- požadovaná analýza potřeby a/nebo alternativního řešení s ohledem na bezpečnostní rizika
□ povinné vybavení

1.3.1 Provozní technologie

Rádiové spojení a mobilní síť

Rádiová komunikace je důležitá z hlediska možnosti spojení složek IZS při zásahu a usnadňuje i práci servisních složek. Dále je toto spojení důležité pro zprostředkování informací řidičům. Mobilní telefonní síť se osvědčila jako další prostředek k bezprostřednímu ohlašování dopravních excesů cestující veřejností přímo v tunelu.

Instalováním rádiového zařízení je zajištěno i spojení pro záchranné a servisní složky, proto je nutné zajistit pokrytí signálem i v technických a v pomocných prostorech, budovách, únikových cestách, na velínu, apod.

Před vjezdem do tunelu se vyžaduje umístit značku, která uživatele informuje o frekvencích či vlnových délkách, pomocí nichž si mohou naladit své přijímače. Dopravní značka na obr. č. 3 je doplněna dvěma žlutými signály aktivovanými řídicím systémem tunelu, pokud jsou právě v daném tunelu předávány informace. (5)



Obrázek 3 Informativní dopravní značka č. J15

Bezpečnostní značení

Jako bezpečnostní značení v tunelu se počítají značky, které se týkají bezpečnosti a požáru. Bezpečnostní značky a tabulky hrají jednu z nejdůležitějších rolí v oblasti prevence nehod a požární ochrany, ale také v případě mimořádné události ukazují směr únikové cesty do bezpečí. Pomocí bezpečnostních značek je uživatel tunelu nasměrován k místu, kudy může před nebezpečím uniknout, a to ať už se jedná o tunelovou propojku nebo ústí tunelu. Bezpečnostní značky mohou být provedeny prosvětlené nebo světlo emitující (fotoluminiscenční). Pokud jsou značky provedeny jako prosvětlené, musí být zajištěna elektrická energie stejně jako u nouzového osvětlení tunelu. Umístění a vzhled značek je dán Nařízením vlády č. 11/2002 Sb. a ČSN ISO 3864. (5)

Osvětlení

Osvětlení v tunelu přispívá k bezpečnosti dopravy, plynulosti dopravního toku a zrakové pohody řidičů. Lze konstatovat, že je mnoho dalších faktorů, které dále ovlivňují osvětlení tunelu. Jsou to např. druh a konstrukce vozovky, dopravní podmínky, povětrnostní podmínky mimo tunel, zvyklosti řidičů, stav automobilů atd.

Cílem osvětlení tunelů je zajistit v průběhu dne a noci bezpečnost, plynulost a zrakovou pohodu účastníků provozu, jako na úsecích otevřené komunikace. K dosažení tohoto cíle je potřeba vytvořit podmínky pro to, aby:

- a) řidiči vjíždějící do tunelu, projíždějící jím nebo vyjíždějící z tunelu měli dostatek zrakových informací o pokračování komunikace před sebou, zahrnující informace o případném výskytu překážek, včetně informací o ostatních vozidlech a jejich pohybu,
- b) pocity sebedůvěry řidičů byly stejné jako na přilehlých otevřených úsecích komunikace.

Instalace osvětlení v tunelu závisí na jeho délce. V tunelech kratších než 25 m se ve dne osvětlení nevyžaduje.

Dlouhé tunely jsou rozděleny na pásma osvětlení v tunelu. Pásma se dělí na příjezdová, prahová, přechodová, vnitřní a výjezdová. Každé pásmo má dáno jas osvětlení, aby byl co nejvíce adaptován stav zraku řidiče. (5)

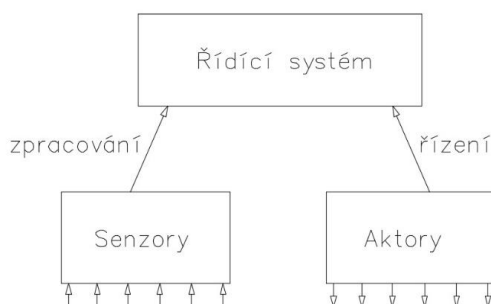
Řídicí systém

Obecně se jedná o regulovanou soustavu tvořenou senzory jednotlivých funkčních celků, které snímají množinu vstupních parametrů a akceptory, což jsou výstupní členy zprostředkující styk s řidiči a zajišťují příslušné chování technologie, viz obrázek č. 4 V každém časovém okamžiku musí řídicí systém identifikovat vstupní a interní proměnné tak, že je schopen této množině proměnných přiřadit jedinou výstupní proměnnou. Tato proměnná poté charakterizuje daný stav.

Tunely vyšších bezpečnostních kategorií (TA, TB) jsou vybavovány řídicím systémem vždy. Pokud jsou tunely kategorie TC vybaveny řízeným osvětlením nebo ventilací, je nutné tunel vybavit řídicím systémem. Dále řídicí systém koordinuje další provozní, bezpečnostní a kontrolní zařízení, která umožňují řízení provozu v tunelu.

Řídicí systém tunelu musí zajistit jako hlavní úkoly bezpečnost provozu a plynulost dopravy v tunelu při:

- dodržení daných bezpečnostních pravidel,
- zajištění ekologických požadavků, přičemž je nutno:
 - minimalizovat provozní náklady,
 - maximalizovat spolehlivost systému. (5)



Obrázek 4 Základní schéma řídicího systému

Měření fyzikálních veličin

Měří se zejména fyzikální veličiny v dopravním prostoru, a to:

- proudění vzduchu – měření rychlosti a směru větru pro regulaci ventilace v tunelu
- teplota a vlhkost – měření pro zjištění zvýšení teploty (požár) a změny vlhkosti
- doprava – měření slouží zejména k rozčlenění na osobní, dopravní a nákladní vozidla, vzhledem k větrání tunelu
- opacita a škodlivé látky – možnost lokalizace požáru. (6)

Větrání

Cílem větrání pro normální provoz je dodržení přípustných mezních hodnot škodlivin pro krátkodobou expozici v tunelu a dostatečná viditelnost v tunelu pro bezpečný provoz dopravy, což zajistí dostatečný přívod čerstvého vzduchu. Dodržení mezních hodnot emisí v okolí tunelu je zajištěno případným vyfouknutím vzduchu z tunelu a ředění v atmosféře. Při údržbě je díky dostatečnému přívodu čerstvého vzduchu umožněno dodržení přípustných mezních hodnot škodlivin pro dlouhodobou expozici (pracoviště) v tunelu. (6)

1.3.2 Dopravní systém

Mezi prvky dopravního systému patří dopravní značení a zařízení, pruhová signalizace, světelné signály, zařízení pro provozní informace, televizní dohled včetně videodetekce, měření výšky vozidel, zábrany a reflexní elementy.

Dopravní značení a zařízení

Tunel je vybavován v kategoriích:

- minimální vybavení krátkých tunelů,
- minimální vybavení,
- základní vybavení,
- rozšířené vybavení.

Vybavení tunelu závisí i na celkovém dopravním řešení oblasti či linie. Konečné řešení je dáno i případnými požadavky na obousměrný provoz v jedné tunelové troubě a celkovým bezpečnostním konceptem. Pro výběr vybavení je nutné přihlídnout k:

- délce tunelu,
- intenzitě dopravy,
- přípustné nejvyšší rychlosti. (5)

Pruhová signalizace

Je světelná tabule, která ukazuje směr jízdy v daném pruhu.

Světelné signály

U tunelů všech bezpečnostních kategorií se světelné signály dvojbarevné soustavy (Stůj!/Pozor!) s plnými signály umisťují u portálů na vjezdu do tunelu. V odůvodněných případech je možné signály vypustit u tunelů kategorie TC s minimálním vybavením a u tunelů kratších než 200 m. Tunely kategorie TA a TB mají světelné signály i v tunelových troubách ve vzdálenosti zpravidla nepřesahující 500 m.

Zařízení pro provozní informace

Světelná tabule, která řidičům pro zvýšení jejich bezpečnosti popisuje situaci v nejbližších metrech či kilometrech komunikace.

Televizní dohled včetně videodetekce

Televizní dohled v tunelu a přilehlých úsecích je důležitou součástí dopravního systému a nezbytnou součástí řešení mimořádných situací. Umožňuje operátoru dopravy v reálném čase pozorovat situaci v tunelu a v případě nehody, požáru, zpomalení proudu vozidel nebo jejich zastavení odstartovat předem připravenou akci a přesvědčit se, že tato akce splnila svůj účel. Pomocí videodohledu lze i dálkově měřit dopravní parametry. (5)

Zábrany

Proměnné dopravní značení a světelné signály, zastavující provoz před tunelem, je vhodné doplnit zábranami uzavírajícími vjezd do tunelu. Zábrany nesmí bránit vjezdu složek IZS. Zábrany lze užít i pro uzavírku jednotlivých jízdních pruhů a směrování vozidel do volných jízdních pruhů. (5)

Reflexní elementy

Slouží pro bezpečnější jízdu v tunelech a povinně se používají:

- Dopravní knoflíky bílé barvy pro doplnění podélné čáry přerušované. Jsou umístěny ve středu mezer v ose čáry,
- Dopravní knoflíky bílé barvy pro doplnění vodící čáry. Jsou umístěny ze strany jízdního pruhu, a to v poloviční vzdálenosti oproti knoflíkům umístěným na podélné čáře přerušované.
- Dopravní knoflíky zelené barvy pro doplnění podélné čáry přerušované oddělující průběžný pruh od odbočovacího nebo připojovacího v oblasti průpletového úseku.
- Směrovací nebo vodící desky se instalují při omezení dopravy (např. při práci v tunelu) pro doplnění podélné čáry souvislé oddělující protisměrné jízdní pruhy. (5)

Měření výšky vozidel

Zařízení pro měření výšky vozidel slouží k nenadálému vjezdu nadměrně vysokého vozidla do tunelové trouby a instaluje se, pokud strop, případně zařízení na stropě jsou umístěná těsně nad výškou průjezdního průřezu tunelu. Měření výšky vozidel před tunelem není nutné, pokud se v úseku mezi poslední křižovatkou a tunelem nachází nadjezdy nebo portály dopravního značení se stejnou nebo nižší podjezdnou výškou, než je podjezdná výška v tunelu. (5)

1.3.3 Požárně bezpečnostní zařízení

Mezi požárně bezpečnostní zařízení patří SOS skříně včetně poplachových tlačítek, ozvučení tunelu, hlásiče požáru, nouzové únikové osvětlení a požární větrání.

SOS skříně

Kabina SOS je uzavíratelný prostor, který je vybaven komunikačním zařízením a technickými prostředky vhodnými pro individuální hašení požáru a nouzové vyprošťování osob. SOS skříně slouží k okamžitému nahlášení nehody. Konstrukce kabiny SOS musí umožnit:

- telefonické (verbální) spojení (nouzový telefon) s operátorem policie či jinou stálou službou,
- umístění poplachových tlačítek pro rychlou základní informaci operátorů,
- umístění signalizačního tlačítka hlásiče elektrické požární signalizace,
- umístění přenosných hasicích přístrojů,
- umístění základního vyprošťovacího nástroje. (3)

Ozvučení tunelu

Ozvučení tunelu je realizováno reproduktory osazenými v každé tunelové troubě a slouží k jednosměrné komunikaci od dispečera směrem k osobám v tunelu. (5)

Elektrická požární signalizace a hlásiče požáru

Systémy elektrické požární signalizace (dále jen „EPS“) představují významný prvek v souboru moderních technologií objektů. Úkolem EPS je zajistit včasnou detekci a lokalizaci požáru již v jeho raném stádiu a následné předání poplachové informace složkám zajišťujícím zásah. V případě některých aplikací mohou tyto systémy rovněž ovlivňovat funkci systémů hašení a jejich vzájemnou vazbu na funkci dalších bezpečnostních systémů jako například systému dodávky energií, větrání, hašení apod. Správná a spolehlivá funkce tohoto požárně bezpečnostního zařízení proto souvisí jak s realizovanými protipožárními opatřeními, tak i s hašením požáru a bezpečnou evakuací osob. Základní konfigurace systému EPS je tvořena:

- hlásiči požáru,
- ústřednou EPS,
- signalizačními a doplňujícími zařízeními. (7)

Hlásiče požáru slouží k identifikaci a lokalizaci požáru ve stádiu jeho vzniku a rozvoje. Z pohledu základního rozdělení lze hlásiče požáru rozdělit na dva druhy, a to na hlásiče tlačítkové a hlásiče samočinné.

Tlačítkové hlásiče

U tlačítkových hlásičů je detekční funkce hlásičů podmíněna vyhodnocením parametru provázejících požár osobou zúčastněnou v místě požáru a jeho aktivací. (7)

Vzhledem ke skutečnosti, že detekce požáru je u tlačítkových hlásičů podmíněna lidským činitelem, je z pohledu jeho funkce vždy podstatné uvážit, jak exponované osoby vnímají jednotlivé podněty související s požárem, a jak jsou schopny tyto podněty následně vyhodnotit. (5)

Automatické (samočinné) hlásiče

Druhou skupinu hlásičů požáru tvoří hlásiče samočinné. U této skupiny hlásičů je vyhodnocování požáru realizováno hlásiči samočinně na základě vyhodnocení výskytu nebo změny fyzikálních parametrů souvisejících se vznikem požáru v místě instalace nezávisle na lidském činiteli. (7)

Nouzové únikové osvětlení

Nouzové osvětlení tunelu se zřizuje především pro použití ve zvláštním a nouzovém režimu provozu tunelu. Slouží k osvětlení záchranných cest, k osvětlení nechráněných únikových cest v tunelové troubě a k osvětlení ostatních únikových cest v komplexu silničního tunelu. (5)

Požární větrání v tunelu

Větrání musí zajišťovat zabezpečení koncentrací škodlivin ve vzduchu v tunelu v mezích nejvyšších přípustných koncentrací nejzávažnějších škodlivin, se zřetelem na dobu pobytu osob v tunelu a ve smyslu hygienických předpisů. Zajištění dobré viditelnosti pro průjezd vozidel i při znečištění tunelového vzduchu, snížení účinků kouře a tepla při požáru vozidla na osoby nacházející se v tunelu, včetně složek integrovaného záchranného systému a řízení rozptylu škodlivých látek ve vzduchu způsobených exhalacemi vozidel do okolí tunelu a tím snížení imisního zatížení okolí tunelu je dalšími funkcemi větrání. Požární větrání je podrobněji popsáno v kapitole 2.2.1. (6)

Větrání v tunelu se volí na základě výpočtu a lze ho dělit:

- přirozené (rozdíl tlaků, pístový efekt z dopravy)
- nucené (vzduchotechnika)

1.4 Organizační řešení

Řízení procesů silniční dopravy je velmi komplexní úkol a je ještě složitější, pokud uvažujeme silniční dopravu v prostředí tunelu. Část této složitosti vyplývá ze skutečnosti, že dovednosti a kompetence potřebné pro řízení tunelů jsou rozděleny mezi řadu služeb. Proto je součinnost všech zúčastněných stran nezbytným předpokladem pro kvalitní a účelnou spolupráci na zajištění optimálního řízení dopravy a zvládnání všech eventuálních situací. Hlavními účastníky, kteří v tomto rámci musí spolupracovat, jsou správce/provozovatel tunelu, správci různých částí silniční sítě, kteří musejí být informováni v případě uzavření tunelu nebo omezení provozu, národní a regionální úřady, vlastník tunelu (pokud jím není přímo správce tunelu), složky IZS, s jejichž spoluúčastí se připravují koordinované zásahové plány tak, aby mohly koordinovaně a účinně

reagovat na jakýkoliv typ události a další subdodavatelé (čištění, údržba, asistenční služba uživatelům, atd.). V závislosti na spolupráci těchto účastníků je zpracovávána provozní dokumentace. (8)

Integrovaný záchranný systém (dále jen „IZS“) vznikl z potřeby každodenní činnosti záchranářů, zejména při složitých haváriích, nehodách a živelních pohromách, kdy je třeba organizovat společnou činnost všech, kdo mohou svými silami a prostředky, kompetencemi nebo jinými možnostmi přispět k provedení záchrany osob, zvířat, majetku nebo životního prostředí. Je to systém spolupráce a koordinace složek, orgánů státní správy a samosprávy, fyzických a právnických osob při společném provádění záchranných a likvidačních prací. To je zejména v hektickém období mimořádných událostí velice nesnadný úkol, který musí mít svá pravidla.

Nasazení složek IZS probíhá výběrem vhodných složek IZS z poplachového plánu IZS (krajského, ústředního), které mají schopnost zasáhnout touto svou schopností u určitého typu mimořádné události. Poplachové plány IZS jsou ve své podstatě seznamem disponibilních sil a prostředků složek IZS a jejich schopností, současně obsahují potřebné informace (kontaktní údaje, časové limity) pro jejich povolávání. (9)

Pro koordinaci a spolupráci všech složek IZS při haváriích jsou v tunelech prováděna zkušební cvičení. Cílem těchto cvičení je především prověřit vzájemnou koordinaci a komunikaci všech složek IZS od počátku řešení mimořádné události. V případech, kdy je nutná rychlá vzájemná součinnost, komunikují všechny složky IZS na jednom vysílacím kanále. Náměty cvičení vycházejí z reálných situací, které se v tunelu již staly. Mimořádné události v tunelech jsou pro všechny zasahující složky poměrně náročné. Faktorem výrazně stěžujícím jejich práci je hustý provoz a omezený manipulační prostor uvnitř tubusů.

Provozní dokumentace

Provozní dokumentace tunelu je soubor všech všeobecně platných základních dokumentů, které upravují organizaci, vztahy a činnosti v rámci provozování tunelu. Provozní dokumentace musí být uložena na dispečinku u provozovatele a u správce tunelu. Těmito dokumenty jsou podrobně určeny veškeré činnosti v tunelu, a to jak standardní a zvláštní, tak i mimořádné režimy systému, které jsou reakcí na vzniklé stavy. Dokumenty řeší i bezpečnost při údržbě a oprav tunelu. Provozní dokumentace se skládá z:

- Bezpečnostní dokumentace,
- Tunelové knihy,
- Dopravního řádu,
- Provozního řádu,
- Havarijních karet.

Provozní dokumentace řeší bezpečnost v tunelu na taktické, operační a strategické úrovni, řeší popis organizačních vazeb a kompetencí při provozování tunelu, popis technologického a

stavebního vybavení tunelu a jeho obsluhu, popis základních dopravních situací a jejich řešení, popis standardních, zvláštních a mimořádných stavů a jejich zabezpečení, způsoby zajištění údržby a servisu, školení obsluh a další. Tuto dokumentaci u nových staveb zpracovává projektant realizační dokumentace. (2)

1.4.1 Bezpečnostní dokumentace

Bezpečnostní dokumentace se zpracovává pro jednotlivé fáze výstavby a provozu tunelu a má textovou i grafickou podobu

Tato 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.

Bezpečnostní dokumentace zahrnuje popis plánované stavby a jejího okolí, základní informace o způsobu správy a řízení tunelu, dostupné informace o stávající nebo předpokládané budoucí intenzitě dopravy, posouzení a vyhodnocení bezpečnostní úrovně infrastruktury tunelu, identifikace nebezpečí – metody analýzy rizik, popis a ohodnocení rizik mimořádných událostí včetně událostí zahrnujících nebezpečné náklady, doporučení opatření pro úpravu infrastruktury tunelu, doporučení organizačních opatření, způsob a postup řešení mimořádných událostí, bezpečnostní expertízy, systém vyhodnocování mimořádných událostí, stanovení intervalů pravidelných bezpečnostních prohlídek, seznam provedených cvičení, odborná stanoviska autorizovaných inženýrů z oboru požární bezpečnosti staveb a dopravních staveb k celkové bezpečnosti tunelu. (2)

V rámci rozboru bezpečnostní dokumentace tunelu jsou představeny její stěžejní obsahové části, zabývající se bezpečnostními opatřeními tunelové stavby, jako je požárně bezpečnostní řešení, analýza rizik, operativně taktická studie, bezpečnostní expertiza, nároky na výcvik budoucích pracovníků, výkresy bezpečnostního řešení a technické prostředky pro zásah složek IZS. Jedním z cílů vyhotovení této dokumentace je zajištění co největší bezpečnosti uživatelů tunelu při vlastním průjezdu a pro případ nastalé mimořádné události v tunelu zajištění včasné evakuace osob a umožnění bezproblémového zásahu záchranných složek IZS. Aby bezpečnostní dokumentace splnila všechny požadavky, je nutné, aby byla zpracovávána v koordinaci s projektovou činností a vyvíjela se společně s celým projektem tunelové stavby.

1.4.2 Tunelová kniha

Tunelová kniha je přehled o tunelu, jeho stavebních i technologických částí, rozmístění zařízení, vedení kabelů, způsobu ovládání zařízení tunelu. Dále obsahuje řády pro provádění oprav nebo údržby, a také poskytuje návod, jak trvale zvyšovat kvalitu dispečerů a operátorů. Tunelová kniha je tvořena pěti částmi, a to koordinační dokumentací, manuálem pro ovládání, výcvikem a

školením dispečerů, řádem prohlídek, údržbami, opravami, revizemi a kontrolami provozuschopnosti a dokumentací o provozu tunelu. (2)

1.4.3 Dopravní řád

Dopravní řád je základním dokumentem o provozování dopravy v tunelu. Stanovuje všechny varianty provozování dopravy, různé druhy jejího omezení, včetně její úplné výluky pro všechny předpokládané dopravní situace. Stanovuje zejména:

- částečnou uzávěru jednoho nebo více jízdnic pruhů pomocí proměnného a přechodného dopravního značení,
- úplnou uzávěru jednoho nebo více jízdnic pruhů pomocí proměnného a přechodného dopravního značení,
- úplnou uzávěru jedné nebo obou tunelových trub pomocí proměnného a přechodného dopravního značení. (2)

1.4.4 Provozní řád

Základním dokumentem o stavební a technologické části tunelu a vymezené části komunikačního systému před a za tunelem je provozní řád. Stanovuje všechny varianty provozování tunelu (režimy systému), včetně jeho plánovaného i neplánovaného, částečného nebo úplného odstavení, a to se zaměřením na stavební a technologickou část. Provozní řád se dělí stejně jako dopravní řád na:

- provozní řád – standardní stav
- provozní řád – zvláštní stav
- provozní řád – mimořádný stav

1.4.5 Havarijní karty

Havarijní karty přejímají zásady dopravních a provozních řádů, doplňují je dalšími kapitolami vycházejícími z bezpečnostních strategických dokumentů a stanovují zásady pro chování dispečerů/operátorů. Havarijní karty pro řešení mimořádných stavů v tunelu nebo v jeho předpokládaných úsecích se dělí na:

- Havarijní karty pro řešení zvláštních stavů,
- Havarijní karty pro řešení mimořádných stavů.

Dalším způsobem rozlišení havarijních karet je dělení na:

- Havarijní karty technologických zařízení,
- Havarijní karty dopravního systému. (2)

Mimořádné stavy v tunelu

V tunelu lze mohou nastat různé mimořádné stavy, které jsou předem předpokládány a řešeny podle konkrétních podmínek, a to ve vztahu k možnému zásahu složek IZS. Dělení krizových stavů lze uvést následovně:

- dopravní excesy v tunelu,
- dopravní excesy mimo tunel,
- technologické excesy v tunelu,
- technologické excesy mimo tunel,
- teroristické činy,
- přírodní katastrofy.

Jako příklady lze uvést:

- výpadek větrání, osvětlení, dopravního značení nebo jiných technologických souborů,
- dopravní nehoda, zastavení vozidla nebo ztráta nákladu, dopravní kongesce
- požár,
- vliv atmosférických podmínek na provoz nebo možnost provedení zásahu složek IZS,
- údržba, čištění,
- zaplavení vozovky nebo jiné přírodní vlivy,
- únik přepravované nebezpečné látky, a další. (1)

2 PBŘ tunelů pozemních komunikací

Závažné riziko, která má nejhorší následky v tunelových objektech je jednoznačně požár. Při požáru může dojít k velkým ztrátám jak na životech, tak na majetku. Nejzávažnějšími požáry v tunelech jsou nehody v tunelu Mont Blanc, v Tauernském tunelu a v tunelu Gotthard. Celkem při těchto požárech vyhaslo 62 lidských životů a zraněno bylo na sedm desítek osob. Dalším následkem při těchto požárech byly dlouhodobé odstávky provozu vlivem provádění oprav. Díky těmto velkým požárům se začalo o bezpečnosti v tunelech více mluvit a technologické vybavení či bezpečnost se posunuly na vyšší úroveň.

Cílem vypracování PBŘ v tunelových stavbách je v první řadě bezpečí osob, tudíž evakuace při požáru. Dalším cílem je co nejrychlejší likvidace požáru, aby došlo k co nejmenším majetkovým ztrátám. Požární ochrana je rozdělena na aktivní a pasivní. Aktivní požární ochrana jsou požárně bezpečnostní zařízení, tudíž technologické řešení. Pasivní ochrana představuje konstrukční a dispoziční řešení stavby z požárního hlediska, tj. schopnost budovy jako celku vzdorovat účinkům požáru. Jedná se zejména o členění objektu do požárních úseků, použití vyhovujících výrobků, hmot a stavebních konstrukcí z hlediska jejich hořlavosti a požární odolnosti, řešení únikových či evakuačních cest pro osoby či zvířata, vybavení zásahových cest pro jednotky požární ochrany, zhodnocení požárně nebezpečného prostoru apod. Pasivní ochrana je tedy úzce spjata se stavebním řešením objektu.

2.1 Stavební řešení

Každý tunel by měl zajišťovat vysokou míru bezpečnosti pro účastníky provozu na pozemních komunikacích. K tomuto účelu jsou provedeny bezpečnostní stavební úpravy. Navíc jsou v tunelu instalována zařízení bezpečnostního systému, která mají za hlavní cíl snížit riziko výskytu mimořádných situací a v případě, že vzniknou, zajistit maximální možnou ochranu pro účastníky této situace.

Stavební řešení v tunelu je navrženo s ohledem na bezpečnost lidí. Stavební úpravy v tunelu závisí zejména na jeho délce a příčném uspořádání, na intenzitě a skladbě dopravy, způsobu dozoru a řízení provozu. Bezpečnostní stavební úpravy v tunelu zahrnují:

- nouzové pruhy,
- nouzové zálivy
- zálivy pro otáčení vozidel,
- únikové cesty v tunelu,
- nouzové chodníky,
- bezpečnostní plochy a úpravy.

2.1.1 Požární úseky, stupně požární bezpečnosti, požární odolnost

Rozdělení tunelu do požárních úseků podrobně stanovují technické předpisy. Jako základ požární bezpečnosti tunelu lze uvést, že každá tunelová trouba musí tvořit samostatný požární úsek.

Konstrukční systém tunelu musí být druhu DP1. Požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí jsou uvedeny v technických předpisech, požární úseky v tunelech se obvykle zařazují do V. - VII. stupně požární bezpečnosti.

Požární odolnosti se v tunelu požadují nejen ve vztahu ke stavebním konstrukcím a jejich částem, ale také k zajištění funkce požárně bezpečnostních zařízení, která musí být funkční v podmínkách požáru a dále k volně vedeným kabelům. Musí být instalovány kabely kategorie III.

Pro zajištění přístupu jednotek požární ochrany do provozně technického objektu, technických a technologických prostorů lze řešit instalací klíčového trezoru požární ochrany na obou portálech tunelu. (3)

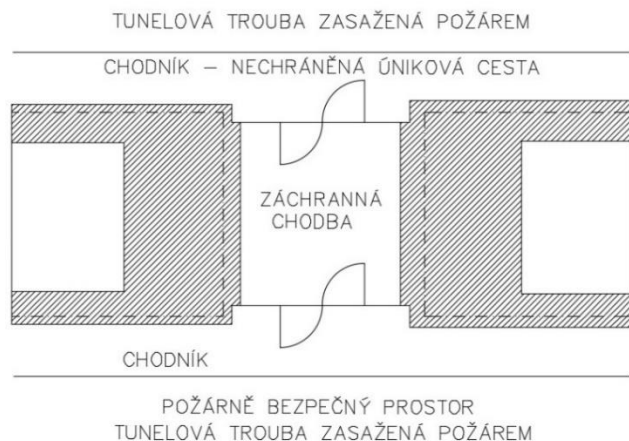
2.1.2 Únikové cesty

Koncepce únikových cest každého tunelu musí být řešena v požárně bezpečnostním řešení stavby a vychází z předpokládaných stavebních úprav, bezpečnostního vybavení tunelu, a zvláště z hodnocení účinnosti větrání v tunelové troubě. Záchranné cesty dělíme na cesty pro osoby a pro vozidla.

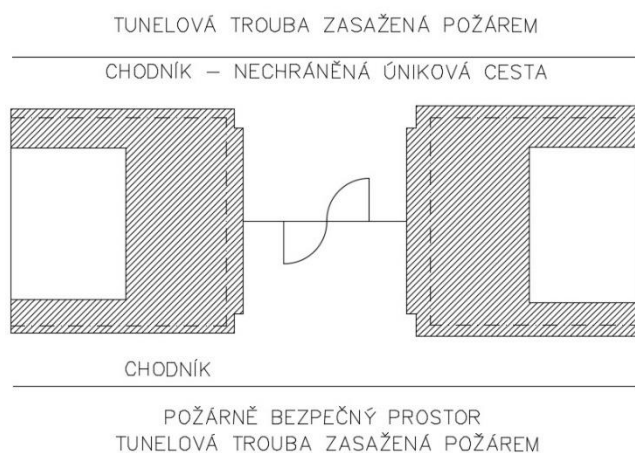
Záchranné chodby a záchranné šachty pro osoby jsou určeny pouze pro pěší evakuaci osob a pro zásah složek IZS bez zásahových vozidel. Záchranné cesty pro osoby navrhujeme tak, aby vzdálenost vstupu do záchranné cesty od portálu nebo vzdálenost od nejbližšího jiného vstupu do záchranné cesty v jedné tunelové troubě nepřesáhly 300 m. Minimální šířka průchozího prostoru se navrhuje 2,0 m a výška průchozího prostoru chodby je 2,40 m.

Záchranné cesty pro vozidla se navrhují u tunelů se dvěma tunelovými troubami, které jsou delší než 1500 m, obvykle v místě každého druhého nouzového zálivu a nahrazují svou funkcí zálivy pro otáčení vozidel a záchranné cesty pro osoby a vybraná vozidla složek IZS. Vzdálenost záchranných cest pro vozidla nesmí překročit 1 500 m. Navrhují s vyznačenými oboustrannými nouzovými pruhy širokými 0,75 m a se šířkou mezi nimi 6,0 m.

Únik (evakuace) osob z ohroženého prostoru tunelové trouby je řešen nechráněnou únikovou cestou ústící na volné prostranství, do záchranné cesty nebo do požárně bezpečného prostoru. Od ostatních prostorů (požárních úseků) musí být záchranné cesty odděleny požárně dělícími konstrukcemi minimálně REI 120 – 180 DP1 a požárními uzávěry v provedení EW 90 Sm-C DP1. (3)



Obrázek 5 Stavební provedení tunelové propojky se záchrannou chodbou



Obrázek 6 Stavební provedení tunelové propojky bez záchranné chodby

Tunelová propojka je průchod či průjezd mezi sousedními zpravidla jednosměrnými tunelovými troubami umožňující, aby sousední tunelová trouba sloužila jako požárně bezpečný prostor. (3)

2.1.3 Bezpečnostní plochy a úpravy

U portálů tunelu se pravidla zřizují zpevněné nástupní plochy pro nástup a soustředění sil a prostředků složek IZS. Tunelové portály a ústí záchranných chodeb a šachet na povrch území musí být dosažitelné pro silniční vozidla. K tomu slouží přístupová komunikace, která umožňuje příjezd vozidel správce a složek integrovaného záchranného systému z veřejné pozemní komunikace k portálům tunelu, nástupním plochám, k provozním zařízením a výstupům záchranných cest. (3)

2.1.4 Větrací kanály a šachty

Odvětrání pomocí kanálů a šachet patří mezi další stavební řešení, které slouží k odvodu zplodin hoření a kouře a přívodu čerstvého vzduchu do tunelové trouby.

2.1.5 Stavební úpravy

Nouzový chodník:

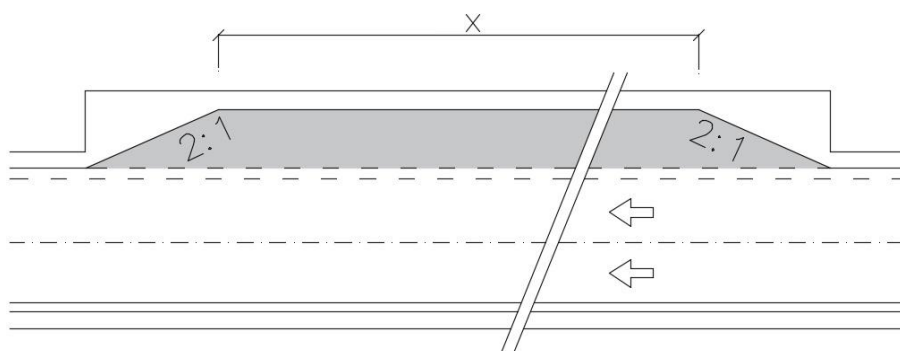
Nouzový chodník slouží jako úniková cesta pro osoby v tunelu. Tyto chodníky se navrhují na obou stranách tunelové trouby. Šířka nouzového chodníku se navrhuje zpravidla 1,0 m, s přihlédnutím na nutný prostor pro umístění dopravních značek a technického zařízení. Předpokládá se možnost využití části nouzového chodníku šířky 0,50 m pro nouzové odstavení vozidla.

Nouzový pruh:

Nouzový pruh je pruh přidružený, který umožňuje plné nebo částečné nouzové odstavení vozidel po celé délce tunelu. Nouzové pruhy se navrhují u krátkých a středních tunelů podle šířkové kategorie tunelu. U dlouhých tunelů se nouzové pruhy zpravidla nenavrhují, a jejich případný návrh musí být podložen závěry hodnocení rizik.

Nouzový záliv:

Nouzové zálivy je prostor pro nouzové odstavení vozidel, který se zřizuje v silničním tunelu po určitých vzdálenostech, které jsou dána předpisy. Navrhují v tunelech, kde nejsou zřízeny nouzové pruhy a délka tunelu je větší než 1500 m, a to ve vzdálenostech od portálů a vzájemných vzdálenostech do 1 000 m. Délka x nouzového zálivu je rovna 40 m. Tvar nouzového zálivu je na obrázku 7. (3)



Obrázek 7 Půdorys nouzového zálivu

Zálivy pro otáčení vozidel:

Pokud jednou tunelovou troubou delší než 1 500 m je veden obousměrný provoz, navrhují se v ní zálivy pro otáčení, které jsou tvořeny 2 nouzovými zálivy, umístěnými proti sobě. Vzájemná vzdálenost těchto zálivů pro otáčení vozidel nesmí být osově větší než 1 000 m. (3)

2.2 Technologické řešení

Největším nebezpečím při požáru je rychle narůstající teplota a zplodiny kouře. Proto je do tunelů navrhováno větrání, nouzové osvětlení, systém elektrické požární signalizace, hlásiče požáru, automatická detekce kouře, přenosné hasicí přístroje, požární vodovod, vnitřní a vnější odběrná místa.

2.2.1 Větrání tunelů a větrací systémy

Cílem větrání při požáru je udržení a vytvoření bezkouřových zón pomocí kontroly šíření dýmu v tunelovém prostoru. První fází je podpora sebezáchrany uživatelů tunelu a druhá fáze je umožnění přístupu integrovaného záchranného systému. Je vhodné, aby větrání probíhalo dál od požáru a kontrolovalo kouř. V místě požáru nesmí probíhat žádný pohyb vzduchu z důvodu možného rozdmýchání a přispění k dalšímu rozvoji požáru. Dalším cílem větrání je aktivní požární ochrana, což znamená zajištění skutečné požární odolnosti stavebních konstrukcí. (6)

V prvních minutách po vypuknutí požáru, je z hlediska bezpečnosti osob, rozhodující optimální řízení ventilace, aby bylo dodrženo rozvrstvení kouře. Proudění vzduchu by zpravidla mělo probíhat ve stejném směru jako před vypuknutím požáru. Při návrhu větrání je nutno vycházet z působení možného protivětru na obou portálech, jakož i z délky tunelu, a dále z intenzity a charakteru dopravy. V druhé tunelové troubě se zpravidla spouští větrání ve stejném směru jako v zasaženém tunelu, ale vždy s ohledem na situaci na dotčeném portále a zabezpečení evakuace, přičemž je nutno dodržet zásadu, aby ve všech záchranných cestách a v nezasažené tunelové troubě byl zabezpečen přetlak oproti zasažené tunelové troubě.

Ochranná opatření

Teplý kouř se rozšiřuje rychlostí několika metrů za sekundu jako několik metrů tlustá vrstva podél tunelového stropu, a to jednostranně nebo oboustranně od místa požáru, v závislosti na směru a síle proudění vzduchu. Ve větších vzdálenostech od ohniska požáru se vzdálenost kouřové vrstvy od vozovky snižuje díky chladnutí kouře a díky směšování s proudícím vzduchem. Po vypuknutí požáru, jsou proto uvedeny do činnosti následující akce:

Odsávání kouře

Kouř je v počáteční fázi odstranitelný z jízdního prostoru. K tomu slouží bodové odsávání, pokud možno u stropu tunelu a je použito příčné nebo polopříčné větrání. Při podélném větrání zajišťují ventilátory odvod kouře v daném směru.

Větrání záchranných cest

Systém větrání záchranných cest musí být navržen tak, aby zajišťoval v případě nouzového režimu přetlak v záchranných cestách a šachtách oproti tunelové troubě v případě uzavřených dveří. Po otevření únikových dveří je potřebné zajistit rychlost proudění v profilu dveří 0,7 m/s z důvodu zamezení vniknutí kouřových zplodin. Systém větrání záchranných cest a šachet musí umožňovat pravidelnou výměnu vzduchu pro odvětrání vlhkosti ve všech příslušných prostorech. Systém vzduchotechnického potrubí záchranné cesty a šachty musí být při prostupu požárně dělicími konstrukcemi vybaven požárními klapkami v provedení EI 90, ovládanými automaticky. (5)

Druhy větrání

Větrání dělíme na přirozené a nucené. Dále se větrání dělí na podélné, příčné a polopříčné.

Přirozené větrání

Přirozené (podélné) větrání nevyžaduje žádné přídavné technické zařízení. Obměna vzduchu se realizuje díky rozdílům tlaků a teploty mezi portály a prostřednictvím vozidel způsobujících výměnu vzduchu tzv. pístovým efektem. Značný vliv na přirozené proudění má i směr převládajících větrů a celkový odpor tunelu pro procházející vzduch.

Provádí se spíše u tunelů kratších než 1 000 m a intenzitě dopravy menší než 2 000 vozidel za 24 hod v jednom jízdním pruhu, protože u takovýchto tunelů není nutné zavádět nucené větrání. Často se přirozené větrání objevuje jako základní prvek v kombinaci s větráním nuceným.

Podélné větrání

Proudění u podélného větrání probíhá od portálu k portálu a směr proudění musí v případě požáru zůstat stejný. Při návrhu větrání nutno vyhodnotit působení protivětru na obou portálech. V druhé tunelové trubě nutno podélné větrání spustit ve stejném směru jako v zasaženém tunelu. Podélné větrání u nezasaženého tunelu bude řešeno ventilátory na vstupu, na výstupu omezit, aby v tunelu vznikl přetlak oproti zasažené tunelové trubě.

Příčné větrání

Příčné větrání využívá pro přívod čerstvého vzduchu a odvod vzduchu znečištěného spalinami samostatné potrubí, které je po celé délce tunelu, ale neplatí zde proudění od portálu k portálu. Zvyšuje se množství odsávaného vzduchu a přívod vzduchu přes stropní štěrby se odstaví. V místě požáru se otevřou odsávací požární klapky, ostatní klapky se uzavřou. Během nejkratšího času musí být k dispozici celá odsávací kapacita vzduchotechnického zařízení. Tento systém poskytuje nejvyšší bezpečnost a účinnost, ale je zároveň nejdražším řešením, díky vysokým nákladům a nutným stavebním úpravám. Tento systém se běžně používá pro dlouhé obousměrné tunely s hustým provozem a vysokým procentem průjezdu těžkých nákladních vozidel. (5)

Polopříčné větrání

Polopříčné větrání je kombinací příčného a podélného větrání. Při polopříčném větrání se čerstvý vzduch přivádí vzduchotechnickým potrubím a odvod znečištěného vzduchu je přirozený, vlivem směru dopravy. Jako druhá možnost je přirozený přívod vzduchu od portálu a odvod znečištěného vzduchu je zajištěn potrubím. Systém se používá u obousměrných tunelů s požadavkem na zvýšenou bezpečnost.

Dimenzování větrání

Zpravidla se při dimenzování odsávání kouře, resp. stanovení vzdáleností pro únik bere za základ požár jednoho nákladního vozidla. Účinky požáru osobního vozidla jsou srovnatelně menší, zatímco ochrana proti požáru benzinové cisterny je možná jen za mimořádného úsilí, a ne vždy účinně. (5)

Pro dimenzování větrání pro případ požáru je uvažován jednotkový požár s tepelným výkonem 20 MW při množství kouře 60 m³/s. Při podílu nákladních vozidel nad 15 % je možno vycházet z tepelného výkonu mezi 30 MW a 50 MW a s množstvím kouře mezi 90 m³/s a 150 m³/s. (1)

Tabulka 3 - Typické hodnoty vyzářeného tepelného výkonu a množství zplodin pro návrh větracího systému dle současných norem

Druh automobilu	Vyzářený tepelný výkon [MW]	Průtokové množství zplodin [m ³ /s]
1 osobní vůz	5	20
2-3 osobní vozy nebo osobní mikrobus	8 - 15	30
1 dodávkový vůz (malý městský	15 - 20	50
1 autobus nebo městský autobus	20 - 30	60 - 80
1 těžký nákladní vůz (nehorší případ)	100	200
1 cisterna s benzinem (nehorší případ)	200 - 300	300

Tabulka 4 - Rozložení teploty v závislosti na charakteru požáru

Vzdálenost [m]	Osobní vozidlo	Nákladní vozidlo	Cisterna s PHM
	teplota [°C]		
Pásmo hoření	600	900	1300
50	250	600	700
100	150	300	400
200	100	200	300

2.2.2 Nouzové osvětlení

V případě výpadku elektrické energie, napájející normální osvětlení v tunelových troubách, musí být zabezpečen provoz vybraných svítidel normálního osvětlení tunelu za účelem:

- snížení nebezpečí instinktivních reakcí řidičů uvnitř tunelu v okamžiku výpadku (náhlé brzdění by mohlo vést ke vzniku hromadných nehod),
- zajištění dostatečného osvětlení úměrného omezené rychlosti zavedené v okamžiku výpadku elektrické energie,
- provádění záchranných a likvidačních prací při odstraňování následků nehod v tunelu.

Osvětlení v tunelu je při mimořádné události důležité zejména pro osoby, které opustí vozidla a směřují záchrannými cestami do bezpečí. Pokud nebude zajištěno dostatečné osvětlení, může docházet k následným mimořádným událostem, které by mohly komplikovat zásah složek IZS. Jednotky požární ochrany jsou velmi dobře vybaveny pro zásahy bez osvětlení, každý hasič je vybaven svítilnou. Vozidla jednotek požární ochrany jsou vybavena osvětlovacími reflektory s napájením z osvětlovacích agregátů. Tuto výbavu již nelze předpokládat u zdravotnické záchranné služby a složek Policie České republiky. (1)

Instalace náhradního osvětlení, nouzového únikového osvětlení tunelu a značení únikových cest závisí na kategorii tunelu TA, TB, TC a je dáno tabulkou 2 v kapitole 1.3. Kategorizace tunelů z hlediska bezpečnostního vybavení. (5)

2.2.3 Systém elektrické požární signalizace

Systém elektrické požární signalizace je představen v kapitole 2.3.11. Základními prvky systému EPS jsou:

- hlásiči požáru,
- ústřednou EPS,
- signalizačními a doplňujícími zařízeními.

Podle schopnosti identifikace místa požáru rozdělujeme obecně systémy EPS do dvou hlavních skupin – na systémy s kolektivní adresací a systémy s individuální adresací. (7)

Systémy EPS s kolektivní adresací

Jedná se o takové systémy, u kterých lze použít pouze požárních smyček s kolektivní adresací. Ústředna je tedy schopna pouze rozlišit, ze které požární smyčky signál POŽÁR přišel, ale již nezjistí, od kterého hlásiče. Z pohledu využití je systém s kolektivní adresací využitelný především v objektech, kde nevzniká požadavek na přesnou identifikaci místa ohniska požáru.

V případě realizace bezpečnosti pozemních tunelových staveb je využití systémů EPS s kolektivní adresací nevyhovující. V případě instalací jsou proto pro účely detekce požáru využívány systémy EPS s individuální adresací. (7)

Systémy EPS a individuální adresací

Systémy EPS s individuální adresací umožňují přesnou lokalizaci požáru buď na konkrétní hlásič požáru, nebo na vhodně navrženou skupinu hlásičů. Variantu identifikace požáru na „funkční“ skupinu lze využít především v místech, kde není přesná lokalizace požáru vyžadována. Příkladem takovéto instalace může být například instalace v technologických prostorech. Systémy EPS s individuální adresací umožňují rovněž využití hlásičů (senzorů) s přenosem naměřené hodnoty do ústředny EPS. (7)

Funkční stavy systému EPS:

- stav KLID,
- stav POŽÁRNÍ POPLACH,
- stav PORUCHA,
- stav VYPNUTO,
- stav TEST.

2.2.4 Hlásiče požáru

Hlásiče požáru slouží k identifikaci a lokalizaci požáru ve stádiu jeho vzniku a rozvoje. Z pohledu základního rozdělení lze hlásiče požáru rozdělit na dva druhy, a to na hlásiče tlačítkové a hlásiče samočinné.

Tlačítkové hlásiče

U tlačítkových hlásičů je detekční funkce hlásičů podmíněna vyhodnocením parametru provázejících požár osobou zúčastněnou v místě požáru a jeho aktivací. Tlačítkové hlásiče požáru lze dle způsobu aktivace rozdělit na dva typy. Prvním typem tlačítkových hlásičů jsou hlásiče s přímou obsluhou (typu A), druhým tlačítkové hlásiče s nepřímou obsluhou (typu B). U hlásičů s přímou obsluhou dochází k aktivaci hlásiče pouze následkem rozbití nebo posunutí křehkého ochranného prvku hlásiče a samočinným sepnutím funkčního tlačítka. V případě hlásičů s nepřímou obsluhou je aktivace od tohoto typu hlásiče podmíněna nejen rozbitím či posunutím křehkého ochranného prvku, ale i následným stiskem funkčního tlačítka hlásiče příslušnou osobou. (7)



Obrázek 8 Tlačítkový hlásič s přímou a nepřímou obsluhou

Vzhledem ke skutečnosti, že detekce požáru je u tlačítkových hlásičů podmíněna lidským činitelem, je z pohledu jeho funkce vždy podstatné uvážit, jak exponované osoby vnímají jednotlivé podněty související s požárem, a jak jsou schopny tyto podněty následně vyhodnotit. (5)

Automatické (samočinné) hlásiče

Druhou skupinu hlásičů požáru tvoří hlásiče samočinné. U této skupiny hlásičů je vyhodnocování požáru realizováno hlásiči samočinně na základě vyhodnocení výskytu nebo změny fyzikálních parametrů souvisejících se vznikem požáru v místě instalace nezávisle na lidském činiteli.

Samočinné hlásiče požáru lze klasifikovat podle celé řady kritérií. K nejužívanějšímu způsobu klasifikace samočinných hlásičů požáru patří klasifikace podle vyhodnocovaného jevu. Dle tohoto kritéria lze samočinné hlásiče rozdělit na:

- hlásiče kouře,
- hlásiče kouře ionizační,

- hlásiče kouře optické,
- hlásiče teplot,
- hlásiče plamene,
- hlásiče plynu,
- hlásiče multisenzorové. (7)

2.2.5 Automatická detekce kouře

Senzory pro měření opacity mají velký význam pro identifikaci požáru v tunelu a je nutné je kombinovat s hlásiči požáru, neboť v některých případech umožní zjištění požáru dříve, než reagují senzory teploty. Údaje o překročení prahových hodnot opacity jsou zahrnuty do algoritmů řídicího systému tunelu s tím, že dispečer dokáže na tyto události příslušným způsobem, a dle daných pravidel, reagovat.

Vzdálenost senzorů pro měření opacity má být do 300 m, pokud slouží i jako detektory požáru. Pro zjišťování opacity se doporučuje využít i systém videodohledu. Ten je doplněn algoritmy pro identifikaci kouře. Obvykle se používá shodný systém pro videodetekci dopravních excesů s detekcí kouře. Zatímco detekce kouře, založená na senzorech pro měření opacity, vyvolává přímé reakce systému (uzavírání tunelu apod.), kouř indikovaný videosystémem vyvolává alarmy a upozorňuje obsluhu na potenciální nebezpečí. (5)

2.2.6 Přenosné hasicí přístroje

Téměř každý požár vznikne nejprve jako malé ohnisko, které je snadné uhasit v počátku. Včasný zásah je proto nadmíru důležitý. Hasicí přístroje jsou tím nejvhodnějším prostředkem, který dokáže nejdříve dostat požár pod kontrolu.

Proto jsou v každé SOS kabině umístěny dva hasicí přístroje práškové 6 kg schváleného typu (pro hašení motorových vozidel).

Velmi důležité je zajištění výměny prázdného přístroje za nový. To je zajištěno vysláním alarmového hlášení do řídicího systému při uvolnění (vyjmutí) hasicího přístroje z držáku a nutností potvrzení tohoto hlášení dispečerem. Vložení lze však provést jen zvláštním klíčem provozního personálu. Tím je zabráněno tomu, že zpět nebude vložen nefunkční přístroj. (5)

2.2.7 Požární vodovod

Požární vodovod v tunelu se navrhuje z důvodu snadnější dostupnosti vody v případě požáru. Tunely musí být vybaveny potrubím tlakové vody, které musí být pro zimní období zajištěno proti zamrznutí. Potrubí se navrhuje pro průtok nejméně 2x20 l/s a při tomto odběru hasicí vody musí zásoba vody pokrýt dobu nejméně 1 hodinu. Tunely delší než 1 000 m musí být vybaveny potrubím tlakové vody s průtokem nejméně 2x20 l/s s dobou činnosti nejméně 2 hodiny, přičemž vždy je

nutno vyhodnotit potřebnou dobu pro hašení pro nejsložitější variantu požáru při zpracování dokumentace zdolávání požáru, přičemž se bere v úvahu vyhodnocení intenzity a charakteru dopravy. (3)

2.2.8 Vnitřní odběrná místa

Vnitřní odběrná místa slouží pro odběr vody na uhašení požáru. Do tunelových objektů se počítají dle ČSN 73 0873 Zásobování požární vodou. Od vnitřních odběrných míst lze upustit v případech, kde je nepřípustné hašení a ochlazování vodou, jako např. v kabelových kanálech či kabelových prostorech.

2.2.9 Vnější odběrná místa

Vnější odběrná místa se u tunelových objektů zřizují dle ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací a ČSN 73 0873 Zásobování požární vodou. (10)

Požární hydranty v tunelových troubách se navrhují do výklenků v ostění vpravo ve směru jízdy (zpravidla v blízkosti SOS kabin) a na obou stranách tunelových propojek. Uzavírací ventily hydrantu musí být v nezámrné hloubce, nebo musí být proti zamrznutí zabezpečeny jiným vhodným způsobem (např. přídavným elektrickým vyhříváním).

Naopak se nedoporučuje vybavit hydranty pevně připojenými hadicemi, osoby, používající při zásahu proti požáru hydrant, si musí sami připojit hadice vhodné délky. Hydranty jsou opatřeny informačními štítky. Detailní řešení vodního potrubí s hydranty je předmětem zvláštní dokumentace. (5)

3 Rešerše PBŘ vybraného stávajícího tunelu, který je již dlouhou dobu v provozu a jeho zhodnocení z hlediska současných standardů

Moje práce se má zabývat zpracováním alternativního požárně bezpečnostního řešení tunelu, které budu zpracovávat na mnou vybraný Těšnovský tunel, který je již dlouhou dobu v provozu. Prvním krokem je rešerše tunelu. Mým úkolem bylo zjistit historický a poté skutečný stav stavby, a také zhodnocení z hlediska současných standardů.

Podklady pro zpracování této části jsem získala v archivu TSK hl. m. Prahy, který se nachází na Strahově a u společnosti SATRA. V archivu jsem našla dokumentaci k zahájení zkušebního provozu z roku 1999, kdy byla provedena první rekonstrukce tunelu. Původní dokumentace k tunelu nebyla k dohledání. Při druhé návštěvě archivu TSK hl. m. Praha jsem získala havarijní karty, operativní kartu a provozní řád.

Z archivních podkladů jsem používala zejména požární dokumentaci. Výkresová část je v archivu pouze v tištěné podobě, tudíž jsem oslovila společnost SATRA, která prováděla v roce 2012 v tunelu prohlídku, a ta mi poskytla celkový půdorys tunelu v programu Autocad. Půdorysy technologických částí jsem vytvořila s pomocí ofocených půdorysů z archivu.

V říjnu mne pracovníci Technické správy komunikací hl. m. Prahy vzali na prohlídku části tunelových tubusů, technických místností a okolí tunelu. Bylo vhodné prohlédnout si stavbu, abych měla lepší představu, jakým objektem se budu zabývat a jak objekt v současnosti vypadá. Další důležitou částí prohlídky bylo změření výšek místností v technologických prostorech, abych mohla v požárně bezpečnostním řešení spočítat stupně požární bezpečnosti.

3.1 Těšnovský tunel

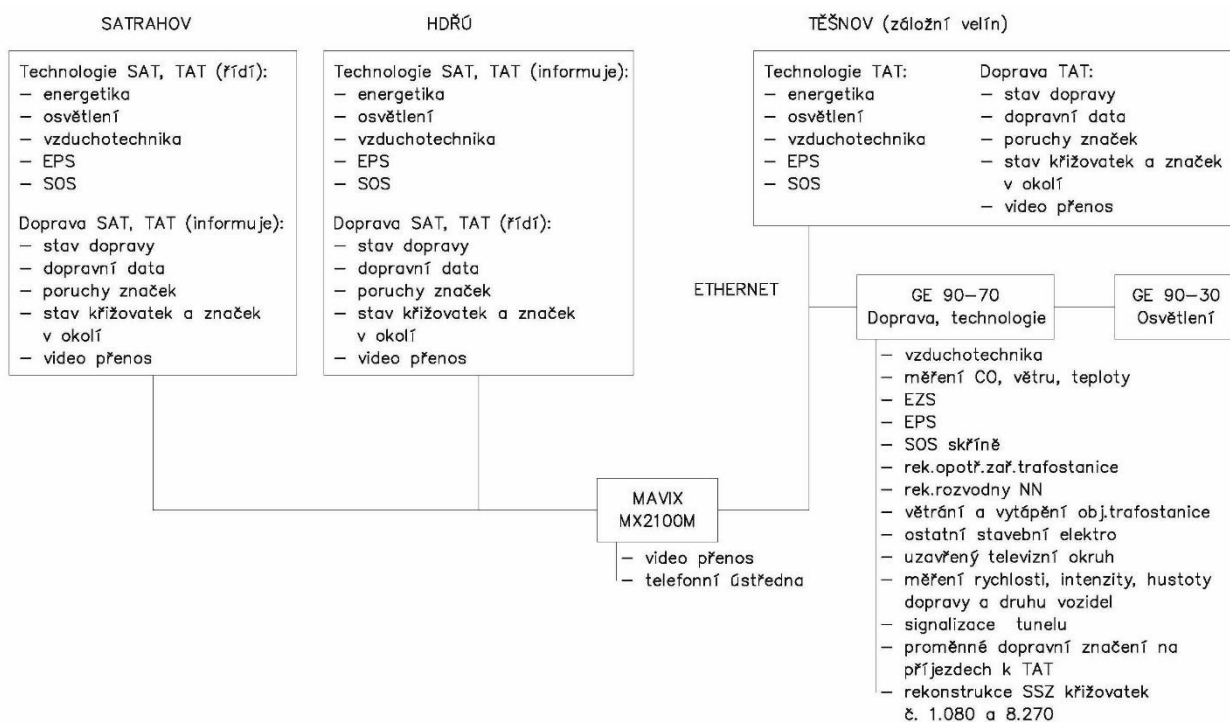
Těšnovský automobilový tunel je mělký hloubený tunel, který se nachází z části na Praze 1, Novém městě a z části na Praze 8, Karlíně. Tunel prochází pod Hlávkovým mostem a kopíruje Vltavu při jejím pravém břehu. Tunelu je přezdíváno „Husákovo ticho“ kvůli jeho poloze před vstupem do tehdejší budovy UV KSČ, kde dnes sídlí ministerstvo zemědělství. Říká se, že ho tehdejší prezident Gustáv Husák nechal postavit právě proto, aby hluk projíždějících aut nerušil zasedání Ústředního výboru.

Objekt tunelu se nachází v zastavěné části města. Těšnovský tunel je liniovou dopravní stavbou ve směru východ – západ. Východní vjezd se nachází pod Hlávkovým mostem u křižovatky silnic Ke Štvanici – Rohanské nábřeží. Západní vjezd je u křižovatky silnic Holbova a nábřeží Ludvíka Svobody.

Tunel je čtyřpruhový, směrově rozdělený do dvou tubusů, a je určen pouze pro automobilovou dopravu. Každý tubus tvoří vozovka se dvěma jízdními pruhy. K tunelu přiléhá objekt s technologickými prostory, který je u východního portálu a má tři podlaží.

Tubusy tunelu jsou ze dvou stavebně odlišných, ale těsně k sobě přiléhajících částí. První část délky 53,47 m je tvořena přemostěním severojižní magistrály (Hlávkův most) přes pravobřežní komunikaci. Druhá delší část tunelu je délky 301,3 m (dle SATRY - Prohlídka z roku 2012) v severní troubě (trouba „voda“) a 291,1 m v jižní troubě (trouba „město“).

Těšnovský tunel je původně postaven jako tunel s velínem, který se nachází v objektu technologických prostor, a je se stálou obsluhou. Z velínu se ovládala vzduchotechnika a sloužil jako místo pro vypnutí přívodu elektrické energie. Původní velín Těšnovského tunelu byl 1. ledna 2003 přesunut do centrálního velínu Strahovského automobilového tunelu (dále jen „SAT“), který se nachází na Strahově. Velín SAT je členěn do čtyř základních skupin: vedení provozu, dispečink – provozní obsluha, agenda provozu a provozní servis. U Těšnovského tunelu se tedy předpokládá automatický provoz řídicího systému s pravidelnou kontrolou zařízení pracovníkem obsluhy v intervalu maximálně 2 dnů. Vzhledem k propojení Těšnovského tunelu na SAT je struktura personálního obsazení provozu pro dopravní systém Těšnovského tunelu totožná se strukturou personálního obsazení provozu pro dopravní systém SAT. Z toho vyplývá i totožná hierarchická struktura zabezpečení provozu a totožné technické vybavení provozu. Správcem Těšnovského tunelu je Technická správa komunikací hl. m. Prahy (dále jen TSK hl. m. Praha). Doprava v Těšnovském tunelu je řízena z Hlavní dopravní řídicí ústředny, která se nachází na Praze 2, Na Bojišti. Z této ústředny jsou řízeny městské tunely.



Obrázek 9 Komunikace tunelových velínů

Každé území obce musí být podle stupně nebezpečí zabezpečeno požadovaným množstvím sil a prostředků, které jsou schopny splnit požadované doby dojezdu na místo zásahu a jsou dány tabulkou v Zákoně o požární ochraně č.133/1985 Sb. Předpokládaný dojezdový čas HZS hl. m. Prahy je pro Těšnovský tunel 5 minut.

Vnitřní organizace a vybavení jednotek požární ochrany včetně dislokace jednotlivých druhů a kategorií JPO musí být volena tak, aby území obce bylo podle stupně nebezpečí zabezpečeno požadovaným množstvím sil a prostředků při splnění požadované doby jejich dojezdu na místo zásahu podle základní tabulky plošného pokrytí.

Zahájení stavby Těšnovského automobilového tunelu bylo v květnu roku 1977. Výstavba tunelu probíhala společně s rekonstrukcí nábřeží Ludvíka Svobody. Těšnovský tunel byl do provozu uveden v listopadu roku 1980. První rekonstrukce tunelu proběhla v roce 1998-1999, konkrétně od 1. dubna 1998 do 1. října 1999 a do 31. října byl tunel ve zkušebním provozu. Oprava zahrnovala izolaci stropní desky tunelu a parkoviště, sanace a nátěry stropu, vybourání stávajících obkladů stěn, vyrovnání obvodových stěn, vyzdívku otvorů ve střední stěně, keramický obklad, montáž nového technologického vybavení, rekonstrukce chodníků a oprava vozovek a rekonstrukce schodiště u Hlávkova mostu. Další rekonstrukce byla nutná po povodních v roce 2002, kdy byl tunel kompletně zaplaven a musela být nutná oprava elektrické technologie.

Dle statistiky TSK projelo na jaře v roce 2015 tunelem přibližně 38 000 automobilů za den. Otevření Tunelového komplexu Blanka neznamenal pro Těšnovský tunel výrazné snížení intenzity dopravy. Rozdíl mezi jarem a podzimem 2015 se snížil přibližně o 1000 automobilů za den.



Obrázek 10 Západní portál Těšnovského automobilového tunelu (leden 2017)



Obrázek 11 Východní portál Těšnovského automobilového tunelu (leden 2017)



Obrázek 12 Technologické prostory u východního portálu (leden 2017)

3.2 Přehled dostupné dokumentace

Dokumentace, kterou jsem získala v archivu TSK hl. m. Prahy, je rozdělena do následujících samostatných částí:

- A. Společná část
- B. Stavební část
- C. Technologická část

- D. Preventivní prohlídky a údržba
- E. Požární dokumentace.
- F. Povodňový plán
- G. Dopravní značení pro zvláštní užívání komunikace při údržbě.

A. Společná část

Společná část dokumentace obsahuje uspořádání provozního řádu, rozdělení stavby na provozní soubory a stavební objekty, zařízení jiných správců v tunelu, kompetence při řízení dopravy a provozu a předpisy BOZP.

Zpracovatelé: INŽENÝRSKÉ KONSTRUKCE; ELTODO DS spol.s.r.o.

B. Stavební část

Ve stavební části se nachází půdorys tunelu, příčný řez děleným tunelem, příčný řez společným tunelem, podélný řez tubusem a půdorysy technologických prostor.

Zpracovatel: INŽENÝRSKÉ KONSTRUKCE, konkrétně paní Ing. Červenková.

C. Technologická část

Technologická část je určena pro popis zařízení v tunelu a jejich činnosti při mimořádných situacích.

Zpracovatel: ELTODO DS spol.s.r.o.

D. Preventivní prohlídky a údržba

Preventivní prohlídky jsou rozděleny jako prohlídky technologických zařízení a stavební části. Dále tato část obsahuje údržbu technologického zařízení a stavební části.

Zpracovatelé: INŽENÝRSKÉ KONSTRUKCE; ELTODO DS spol.s.r.o.

E. Požární dokumentace

Obsahem požární dokumentace je vyhodnocení požárního nebezpečí, požární poplachové směrnice, řád ohlašovy požáru, zásady evakuace osob a likvidace požáru.

Zpracoval: pan Ing. Milan Kotlár.

F. Povodňový plán

Povodňový plán byl vypracován z důvodu zvýšení hladiny kritické vody ve Vltavě, protože pro již nejvyšší povodňovou hladinu, pro kterou byly stavební úpravy navrženy, nevyhovují.

Provozní řád

Další částí dokumentace je provozní řád. Ten obsahuje hlavní knihu, organizační schéma, blokové schéma technologie a řídicího systému, provozní řád dopravního systému a knihovnu popisů. V operativní kartě je shrnut charakter objektu, hasící látky, a doporučení pro velitele zásahu.

Zpracovatelé: INŽENÝRSKÉ KONSTRUKCE, konkrétně pan Ing. Pavel Mařík; ELTODO a.s.

Havarijní karty

V havarijních kartách je přehledným způsobem popis likvidace krizových situací operátorem dopravy i dispečinkem technologie. Těšnovský tunel má jednodušší technické vybavení, tudíž havarijní karty neobsahují některé obvykle možné mimořádné situace a události, jako ostatní pražské tunely. Z hlediska prostorů i celé technologie dopravního systému Těšnovského tunelu mohou nastat následující mimořádné události vyvolávající zásah JPO:

- požár rozvodny elektrického proudu, vzduchotechniky nebo jiných elektrických zařízení příslušných k rozvodu technologie tunelu, požár velínu apod.,
- dopravní nehoda v tunelové trubě bez následného požáru,
- požár jednoho či více automobilů v tunelové rouře.

Zpracovatel havarijních karet: ELTODO, dopravní systémy, s.r.o.

Operativní karta

Operativní karta k Těšnovskému tunelu byla zpracována v prosinci roku 2006.

Zpracovatel: Ing. Milan Kotlár, Jan Drahoš.

3.3 Požárně bezpečnostní řešení

Požárně bezpečnostní řešení stavby je dokument, který se zabývá bezpečností stavby z hlediska možného vzniku požáru. Jde o bezpečnost osob, zvířat a ochrany majetku. Požární dokumentace Těšnovského tunelu se z větší části zabývá právě hlavně evakuací osob z tunelových tubusů. V této části práce čerpám z dokumentace, která byla vytvořena v roce 1999 při rekonstrukci tunelu.

3.3.1 Rozdělení stavby do požárních úseků

Těšnovský tunel byl rozdělen do pěti požárních úseků (dále jen „PÚ“ + samostatné tubusy. Tunel je členěn do PÚ dle ČSN 73 0802, ČSN 73 0804, ČSN 73 7507 a ČSN 73 0834.

PÚ č. 1 - 1.PP - 3.PP: rozvodna VN, kabelový prostor, kanál, šachta,

PÚ č. 2 - technologická místnost + sociální zařízení + příruční sklady a dílna,

PÚ č. 3 - rozvodna NN v 2.PP,

PÚ č. 4 - kabelový kanál v 1.PP,

PÚ č. 5 - oblastní dopravní řídicí ústředna v 1.PP. (11)

3.3.2 Požární riziko, stupeň požární bezpečnosti

Míru požárního rizika v tunelu negativně ovlivňují důležité faktory, jako např.:

- poměrně hustý provoz a koncentrace automobilů v omezeném prostoru, kde nelze vyloučit existenci velkého množství hořlavých látek ve všech skupenstvích,
- problémy u řidičů, které mohou nastat při vjezdu do tunelu, jako je pocit omezeného prostoru, zhoršení odhadování vzdáleností či rychlost jízdy,
- technické závady a nehody automobilů,
- rychlý vznik a šíření požáru,
- ztížení podmínek pro příjezd hasičského záchranného sboru (dále jen „HZS“).

Mezi hořlavé látky, které by se ve velkém množství mohly v tunelu objevit, patří benziny, nafta, fridex, glacidet, syntol, oleje, barvy laky, rozpouštědla, čalounění, koženka, kabelové izolanty, papír, pneumatiky, propan-butan, zemní plyn, acetylen.

Stupně požární bezpečnosti (dále jen „SPB“) jsou zatříděny podle výšky objektu, konstrukčního systému objektu a výpočtového požárního zatížení. Výpočty SPB nejsou v požární dokumentaci uvedeny, ale lze předpokládat, že byly součástí jako příloha.

Nejvyšším SPB je VI.SPB pro PÚ P02.04 – rozvodna VN, stanoviště transformátorů a kabelový prostor s kabelovým kanálem, protože je zde vysoké požární zatížení. Kabelový kanál v 1.PP a oblastní dopravní řídicí ústředna jsou V.SPB. Technologické prostory se sociálním zařízením, příručními sklady a dílnou jsou IV.SPB a rozvodna NN je III.SPB. (11)

3.3.3 Únikové cesty, jejich vybavení, zásady evakuace osob a likvidace požáru

Únikové cesty a jejich vybavení

Při rekonstrukci objektu nebyly únikové cesty řešeny. Pouze se předpokládalo, že jsou vícenásobné a vyhovující, jako tomu bylo doposud. Obdobná situace nastala u mezních délek a šířek, které taktéž nebyly posuzovány. Při posuzování evakuace osob bylo vycházeno z faktu, že při běžném provozu bude v objektu pouze obsluha a v ostatních prostorech se budou lidé nacházet pouze krátkodobě a občasně. Hlavní pozornost byla věnována především zásadám evakuace osob v prostoru tunelových tubusů.

Dalším vybavením únikových cest v tunelu je informační systém, který usnadňuje alespoň základní orientaci v tunelu a jednotné popsání místa mimořádné události v tunelové rouři (např.

tubus „voda“ – 100 m). Co se týče stavebních konstrukcí, tak ty jsou v celém objektu provedeny jako nehořlavé. (11)

Zásady evakuace osob a likvidace požáru

Při běžném provozu se počítá s tím, že v technologických prostorech se nachází pouze obsluha ve velínu. V ostatních prostorech se počítá s výskytem osob ojedinele a na krátkou dobu. Po vyhodnocení situace a zahájení evakuace je důležité, že evakuace bude probíhat jako současná.

Při požáru energocentra nebo samotného velínu bude nutné uzavření tunelových tubusů. V případě požáru v jedné tunelové trubě musí být zastaven provoz i v druhé tunelové trubě. V tubusech se nacházejí dvojice zásahové dveře, které umožňují propojení tunelových trub. Jejich klíče jsou uloženy na velínu.

Komunikaci mezi jednotkami požární ochrany (dále jen „JPO“), operačním střediskem HZS hl. m. Prahy a velínem tunelu zajišťuje rádiové spojení. Telefonní spojení je v tzv. SOS skříních, které jsou v tunelovém objektu celkem 4. Vstup do SOS skříně automaticky spíná osvětlení a příslušnou kameru na kamerovém systému ve velínu. Komunikace je důležitá i s ohledem na náhlou změnu situace, která může v krátkém časovém úseku nastat. V tomto objektu se řeší pouze evakuace osob. Evakuace majetku by v tomto případě byla neúčelná a nereálná. (11)

3.3.4 Zařízení pro protipožární zásah a přenosné hasicí přístroje

Odvětrávání v tunelu je voleno podélné, umělé. Jako vnější odběrná místa budou sloužit hydranty B 80, které jsou před tunelovými portály. (11)

Nástupní plochy

U portálů tunelu jsou zřízeny zpevněné nástupní plochy pro nástup a soustředění sil a prostředků složek integrovaného záchranného systému, odkud budou postupně nasazovány na záchranu osob a pro hašení požáru. Do tunelu nemohou vniknout jednotky spontánně, ale jejich jízda do tunelu musí být regulovaná z portálů tunelu. Záchranáři, kteří budou vstupovat do tunelové roury budou vždy vybaveni izolačním dýchacím přístrojem. Velitel zásahu musí mít vždy možnost komunikovat s oběma nástupními prostory před portály, s velínem i zasahující jednotkou uvnitř tunelu. (11)

Hasicí prostředky

Nejlepším prostředkem pro hašení je voda, která má nejvyšší chladicí efekt. Doporučení je využití vysokotlaké vody nebo roztržitého vodního proudu. Vzhledem k absenci rozvodu hasební vody v tunelových rourách bude muset být korigována a organizována dálková doprava vody nebo kyvadlová doprava vody. Z důvodu možnosti zacpání zásahových cest nelze do tunelu vjet s cisternami neřízeně, to by znamenalo zbytečné komplikace.

V tunelu není instalován požární vodovod a nejsou v něm zřízeny ani požární hydranty. V místě SOS skříní jsou ruční práškové přístroje s 10 kg prášku. Původní návrh přenosných hasicích přístrojů (dále jen „PHP“) v technologických prostorech počítal pouze s třemi hasicími přístroji práškovými nebo sněhovými. Po rekonstrukci se počet PHP zdvojnásobil (6 ks, 6kg). (11)

3.3.5 Technická vybavení a bezpečnostní zařízení

Jedná se o elektrickou požární signalizaci (dále jen „EPS“), napájení SOS skříní, nouzové osvětlení, větrání a rádiové spojení. Veškeré elektrické kabely ovládající požárně bezpečnostní zařízení jsou zejména IEC 331 a IEC 332 - 3A.

Tunel je vybaven systémem EPS, který zajistí včasnou identifikaci požáru pomocí automatických, liniových a tlačítkových hlásičů požáru. Informace o vzniku požáru a o místě vzniku požáru (poplachový signál) musí být předána prostřednictvím zařízení dálkového přenosu (dále jen „ZDP“) na operační a informační středisko územně příslušného HZS kraje a prostřednictvím centrálního řídicího systému operátorovi provozovatele. Pro EPS je vypracována samostatná dokumentace, ústředna je umístěna na velínu. Celkem je v objektu rozmístěno 21 ionizačních hlásičů a 17 tlačítkových hlásičů. (11)

3.3.6 Požáry a další mimořádné události

Mezi předpokládané události patří požár rozvodny el. proudu a kabelových prostorů, požár velínu, dopravní nehoda v tunelové troubě s následným požárem i bez následného požáru.

Důležitým předpokladem při požáru v technologických prostorech je z hlediska ohrožení zdraví a životů osob projíždějících tunelem okamžitá uzavření tunelových trub a odstavení provozu.

Při nehodě v tunelu, u níž nedojde k požáru je důležité zajištění místa dopravní nehody proti vznícení vraků vozidel. Hasiči uvnitř tunelu musí být v neustálém kontaktu s velínem a operačním střediskem HZS hl. m. Prahy. Pokud kontakt nejde udržovat, je nutné, aby byla povolána další jednotka, která bude na bližším portálu, bude jistit hasiče uvnitř tunelu a bude ve spojení s již zmiňovaným velínem a operačním střediskem. Velín Těšnovského tunelu musí pro JPO zajistit přesnou identifikaci nehody, uzavření tunelové trouby, a zjistit, zda je možné troubu vyprázdnit. Pokud není možné troubu vyprázdnit, musí být JPO, Policie ČR a záchranná zdravotnická služba (dále jen „ZZS“) nasazována proti čelu stojící kolony vozidel. Velín také zajišťuje 100 % výkon ventilace pro odvod a přívod vzduchu a má za úkol upozornit řidiče stojící v koloně, aby vypnuly motory automobilů.

Velikost požáru, který vznikne v tunelovém prostoru, bude závislý na množství a typu hořlavých látek. Hodnoty v tabulce č. 5 a 6 lze porovnat s hodnotami v současné době, které lze najít v kapitole 2.2.1, v tabulce č. 3 a 4.

Tabulka 5 - Typické hodnoty vyzářeného tepelného výkonu a množství zplodin hoření pro návrh větracího systému dle norem platných pro rok 1999

Druh automobilu	Vyzářený tepelný výkon [MW]	Průtokové množství zplodin [m ³ /s]
Osobní automobil	5	20
Autobus, nákladní automobil	20	60
Cisternový automobil	100	100 až 200

Tabulka 6 - Rozložení teploty v závislosti na charakteru požáru

Vzdálenost [m]	Osobní vozidlo	Nákladní vozidlo	Cisterna s PHM
	teplota [°C]		
10	400	700	1000
100	150	250	400
200	80	120	200
400	40	60	100

Z uvedeného je velmi důležitá ventilace, která odvede velké množství tepla a zplodin hoření. Důležité je, aby v tunelu nevznikly turbulence vzduchu, které by mohly porušit neutrální rovinu, která má zajistit co nejpříjemnější podmínky pro život. (11)

3.3.7 Přeprava nebezpečných látek v Těšnovské tunelu

Do tunelu nesmí být přepravované nebezpečné látky vpuštěny na základě předpisu ADR, a to z důvodu možnosti vzniku dopravní nehody a havárie, ať už havárie automobilu přepravovaného nebezpečný materiál nebo zvýšení rizika v případě, že v koloně vozidel uvnitř tunelu v případě požáru bude automobil přepravující nebezpečné látky. Tímto opatřením navazuje Těšnovský tunel na vnitřní dopravní okruh hl. m. Prahy. Přeprava nebezpečných látek přes území centra a blízko centra hl. m. Prahy musí být vyloučena. Výjimkou mohou být cisternové vozy převážející pohonné hmoty a maziva k čerpacím stanicím. (11)

3.4 Závěr

Požární dokumentace byla vypracována v rozsahu, který odpovídá rekonstrukci objektu. Podle současné legislativy by dokumentace byla vypracována podrobněji.

Požární dokumentace se zabývala rozdělením objektu tunelu a přiléhajících technologických částí do požárních úseků. Celkem jsou technologické prostory rozděleny do pěti požárních úseků a další dva požární úseky tvoří samotné tunelové trouby, což není v dokumentaci uvedeno, ale je to zřejmé z dalších postupů. V celé požární dokumentaci také není uvedeno, jakého stupně požární

bezpečnosti tunelové tubusy jsou, a od toho se odvíjí i neřešení požárních odolností stavebních konstrukcí.

Únikové cesty byly v tunelových troubách shledány jako vyhovující, i když nebyly řádně popsány. Větší částí, kterou se projektant zabýval, byla evakuace osob. Evakuace osob byla řešena pouze z prostoru tunelových trub, protože jak už bylo řečeno, s trvalým pobytem osob v technologických prostorech nebylo počítáno. Důležitým prvkem pro evakuaci je zastavení či uzavření jedné nebo obou tunelových trub. Propojení a evakuaci umožňují dvojce dveře, které tunelové trouby propojují. Při evakuaci je důležitá také komunikace JPO s velínem a operačním střediskem HZS hl. m. Prahy. Součástí evakuace jsou SOS skříně umístěné v tunelu, kde se nachází telefonní spojení, které zajistí komunikaci s dispečerem dopravy.

U portálů tunelu jsou zřízeny zpevněné nástupní plochy pro nástup a soustředění sil a prostředků složek IZS. Pro účinné hašení jsou v tunelových tubusech použity práškové hasicí přístroje, které slouží k prvotnímu zásahu proti rozvíjejícímu se ohni.

V tunelu je použita EPS, která zajistí včasnou identifikaci požáru pomocí automatických, liniových a tlačítkových hlásičů požáru. Dalšími bezpečnostními zařízeními v tunelu je rádiové spojení, napájení SOS skříní, nouzové osvětlení a větrání.

Důležitou informací pro bezpečnost v tunelu a opatření pro případný vznik požáru je zákaz vjezdu automobilů, které přepravují nebezpečné látky na základě předpisu ADR. Tímto opatřením navazuje Těšnovský tunel na vnitřní dopravní okruh hl. m. Prahy.

Vzhledem k tomu, že byla požární dokumentace zpracována pro rekonstrukci tunelových tubusů, nejsou požárně řešeny technologické prostory. S technologickými prostory se uvažuje pouze u evakuace osob, kde je počítáno s tím, že při běžném provozu se v technologických prostorech nachází pouze obsluha ve velínu. V ostatních prostorech se počítá s výskytem osob ojedinele a na krátkou dobu.

Z vyhodnocení původní požární dokumentace vyplývají zejména následující závěry:

- požární řád pracoviště, požární evakuační plán, dokumentace o činnosti JPO, přehled pracovišť s místy, kde se provozují činnosti nemusejí být vedeny a vypracovány,
- požární kniha, požární poplachové směrnice dokumentace zdolávání požáru (operativní karta), směrnice pro činnost požárních hlídek a řád ohlašovny požáru jsou již vypracovány a zavedeny,
- doklady o pravidelných kontrolách, přehledy o požární technice, věcných prostředcích PO, zápisy o požárních kontrolách a dohlídkách, příkazy, zákazy a pokyny vydané na úseku PO a údaje o požárech bude nutné vést.

Veškeré stanovené lhůty pro revize elektro vybavení, vzduchotechniky a dalších instalovaných technických a technologických zařízení musejí být dodržovány a prokazatelně zaznamenány. Zajištění pravidelných kontrol zařízení požární ochrany a při jejich poškození je nutno neprodleně zajistit nápravu. Nelze připustit neodborné zásahy do technických i

technologických zařízení. Hořlavé kapaliny a jinak nebezpečné lásky nesmí být skladovány v místnostech k tomuto účelu určeným. Při provádění zásadních změn užívání jednotlivých objektů a prostorů bude nutné posouzení upravit, doplnit nebo přepracovat.

Části požárně bezpečnostního řešení, které nebyly v požární dokumentaci řešeny, byly podle projektanta při provádění PBŘ při rekonstrukci neefektivní a dále jim nevěnoval zvýšenou pozornost. Jedná se zejména o mezní rozměry, mezní délky ÚC a únikové cesty celkově, o požární odolnosti stavebních konstrukcí, kde je pouze řečeno, že stavební konstrukce jsou nehořlavé, ale PO jsou zhodnoceny jen u stěny SOS skříně a kabelových rozvodů. Další částí, která nebyla řešena, jsou odstupové vzdálenosti a bezpečnostní značení.

4 Zpracování alternativního PBŘ tunelu

Tato část diplomové práce je zaměřena na vytvoření alternativního PBŘ dle dnešních norem a porovnání s PBŘ v době rekonstrukce z roku 1999. V této kapitole je pouze výtah a komentář k tomu nejdůležitějšímu, s ohledem na to, že samotné PBŘ je většího rozsahu. Celé PBŘ je jako příloha č.1 a výkresová dokumentace jako příloha č.2.

Ke zpracování požárně bezpečnostního řešení je velmi důležitou částí projektová dokumentace. Proto bylo nutné přenést půdorysy objektu z papírové do elektronické podoby, ať už z důvodu estetického, tak z důvodu praktického a také z důvodu přesnosti měření.

Při řešení PBŘ jsem postupovala podle příslušných norem. Stěžejní normou pro samotné tunelové trouby je ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací, pro technologické prostory je to ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty a další.

4.1.1 Obsah požárně bezpečnostního řešení

Požárně bezpečnostní řešení jsem zpracovávala podle obsahu, který je dán Vyhláškou 246/2001 Sb. o požární prevenci. V této části jsem řešila dle mě nejdůležitější části požárně bezpečnostního řešení.

Obsah:

- a) Podklady pro zpracování
- b) Popis objektu
- c) Rozdělení stavby do požárních úseků
- d) Požární riziko, stupeň požární bezpečnosti
- e) Stavební konstrukce a požární odolnost
- f) Stavební výrobky a hmoty
- g) Únikové cesty
- h) Odstupové vzdálenosti
- i) Zařízení pro protipožární zásah
- j) Zásahové cesty
- k) Přenosné hasicí přístroje
- l) Technická vybavení z hlediska požadavků na požární bezpečnost
- m) Stanovení zvláštních požadavků na zvýšení požární odolnosti stavebních konstrukcí nebo snížení hořlavosti stavebních hmot
- n) Posouzení požadavků na zabezpečení stavby požárně bezpečnostními zařízeními
- o) Bezpečnostní značení

4.1.2 Podklady pro zpracování PBŘ

Při zpracování jsem vycházela zejména z těchto norem, výkresové dokumentace a místního šetření v objektu.

- ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty (2009), změna Z1 (2013)
- ČSN 73 0804 Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty (2010), změna Z1 (2013), Z2 (2015)
- ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací (2014)
- ČSN 73 0873 Požární bezpečnost staveb – Zásobování požární vodou (2003)
- TP 98/2004 Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací (2004)
- ČSN EN 1992-1-2 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru
- ČSN ISO 3864-1 Požární bezpečnost staveb – Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky (2012)
- ČSN 73 0848 Požární bezpečnost staveb – Kabelové rozvody (2009), změna Z1 (2013)
- ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení (2009), změna Z1 (2012), změna Z2 (2013), změna Z3 (2013)
- ČSN ISO 3864-1 Požární bezpečnost staveb – Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky (2012)
- Výkresová dokumentace poskytnutá TSK hl. m. Praha a společností SATRA.

4.2 Popis objektu

Těšnovský tunel je mělký hloubený tunel, který se nachází z části na Praze 1, Novém městě a z části na Praze 8, Karlíně. Tunel prochází pod Hlávkovým mostem a kopíruje Vltavu při jejím pravém břehu.

Tunel je čtyřpruhový, směrově rozdělený do dvou tubusů a je určen pouze pro automobilovou dopravu. Každý tubus tvoří vozovka se dvěma jízdními pruhy. K tunelu přiléhá i objekt s technologickými prostory, který je u východního portálu a je rozdělen do třech výškových úrovní.

Tubusy tunelu jsou ze dvou stavebně odlišných, ale těsně k sobě přiléhajících částí. První část délky 53,47 m je tvořena přemostěním severojižní magistrály (Hlávkův most) přes pravobřežní komunikaci. Druhá delší část tunelu je délky 301,3 m (dle SATRY - Prohlídka z roku 2012) v severní troubě (trouba „voda“) a 291,1 m v jižní troubě (trouba „město“).

Těšnovský tunel je směrově rozdělený čtyř pruhový tunel (dva tubusy), který je na obou koncích vyústěn do úroňových světelně řízených křižovatek, a je určen pouze pro automobilový provoz. Dalšími prostory tvořícími tunel jsou prostory technologické, které se nacházejí na jižní

straně východního portálu. V Těšnovském tunelu se nacházejí kabelové kanály, oblastní dopravní řídicí ústředna, místnost technologie, komunikační prostor s WC, sprchou a kuchyňkou, transformátory a rozvodna VN, rozvodna NN, dílna a sklady. Technologické prostory jsou rozděleny do třech výškových úrovní. Suterén, přízemí a kabelové prostory v úrovni stropní konstrukce tunelu. Z požárního hlediska jsou prostory v 1.PP až 3.PP.

Stěny, stropy a střešní konstrukce v objektu jsou z konstrukcí DP1. Jedná se o nehořlavý konstrukční systém. Tunel je zařazen do kategorie TC-H a povinné a požadované vybavení lze nalézt v tabulce 2 v části 1.3.

Podrobnější popis tunelu lze nalézt kapitole 3.1 popř. v příloze č. 1.

4.3 Rozdělení stavby do požárních úseků

Tunel jsem rozdělila do PÚ dle ČSN 73 0802, ČSN 73 0804 a ČSN 73 7507. PÚ jsem oproti původnímu řešení navrhla jinak. Hlavním rozdílem je sloučení kabelových prostorů a kabelových kanálů do jednoho PÚ z důvodu neuzavření kabelového kanálu požární přepážkou. Poté jsem zkontrolovala mezní rozměry PÚ, které jsou závislé na výpočtovém požárním zatížení p_v , součiniteli a , výškové poloze PÚ h_p a vyhověly.

P03.01/P01 – kabelový prostor 3.PP + kabelový kanál 3.PP – 1.PP

P02.02/P03 – technologická místnost – velín, komunikační prostor se sociálním zařízením, příruční sklady, dílna

P02.03 – rozvodna NN 2.PP

P02.04 – rozvodna VN + stanoviště transformátorů

P01.01 – oblastí dopravní řídicí ústředna v 1.PP

P02.05 – tunelový tubus

Rozdělení objektu do PÚ v původním řešení je dle dnešních požadavků nevyhovující. Mezi 1.PP a 3.PP vede šachta, kudy probíhají kabely, ale PÚ od sebe nejsou řádně požárně odděleny. Mimo jiné není v požární dokumentaci zmínka o samotných tunelových tubusech, které jsou také samostatnými PÚ. U požárních úseků by měly být změřeny a ověřeny mezní rozměry. Ty při řešení rekonstrukce ověřeny nebyly.

Původní rozdělení objektu do požárních úseků lze najít v kapitole 3.3.1 nebo celkové srovnání požárních úseků v příloze č. 1, kapitole č.1 nebo v příloze č. 2 ve výkresové části.

4.4 Stupeň požární bezpečnosti

SPB jsem zvolila na základě výpočtů, které jsem provedla v příloze č.1, kapitole d. Ve výpočtu jsem postupovala podle dnešní legislativy, tj. spočtení požárního zatížení, následné zařazením PÚ do SPB podle konstrukčního systému objektu, výpočtového požárního zatížení a výšky objektu.

Nejvyšším SPB je VI.SPB pro PÚ P02.04, což je rozvodna VN a stanoviště transformátorů. Kabelové prostory, kabelové kanály a rozvodna NN je II.SPB. Oblastní dopravní řídicí ústředna a technologické prostory se sociálním zařízením, příručními sklady a dílnou jsou III.SPB a tunelový tubus je V.SPB.

SPB lze po rekonstrukci považovat za vyhovující i přes některé odlišnosti, které jsem našla při porovnávání se současným stavem. Tyto nesrovnalosti lze přičíst k tomu, že jsem v některých případech volila jiné rozdělení objektu do PÚ nebo že dnešní normy mohou být jiné než v minulosti a jsou např. změněny hodnoty požárního zatížení, popř. bylo určování SPB jiné, než jsem zvolila. Neshoda ve SPB může být také přičtena k tomu, že daná dokumentace je prováděna i podle normy pro změny staveb a mé výpočty jsou pro zcela nový objekt. Výpočty nemohu porovnat, protože nebyly k požární dokumentaci přiloženy.

4.5 Stavební konstrukce a požární odolnost

Požadovanou požární odolnost betonových stavebních konstrukcí jsem určila tabulkou ze současné normy a posouzení skutečné požární odolnosti je dle stávající normy pro betonové konstrukce za požáru ČSN 1992-1-2. Konstrukce vyšly s maximální požární odolností REI 180 DP1 pro VI.SPB a s minimální požární odolností REI 45 DP1 pro II.SPB. Stavební konstrukce na požární odolnost vyhověly. Požárně dělící konstrukce mezi tunelovými tubusy musí být minimálně REI 120-180 DP1, což železobetonová stěna splňuje. Keramické tvárnice, které vyplňují střední železobetonovou dělící stěnu mezi tunelovými tubusy nejsou blíže popsány, ale jejich PO musí být minimálně taková, jakou norma požaduje. Pro představu bych volila např. tvárnice Porotherm 40 Profi Dryfix, které mají PO REI 180 DP1 a požadavku na PO by vyhověly.

Požární odolnost betonových a železobetonových konstrukcí je řešena podle ČSN EN 1992-1-2 Navrhování konstrukcí na účinky požáru. V příloze 1, kapitole e.1 je dopodrobna rozepsáno posouzení stavebních konstrukcí.

Stavební konstrukce a jejich požární odolnosti nejsou v původní dokumentaci taktéž uvedeny. Domnívám se, že zkušenost a praxe v tomto oboru dovolila projektantovi požární dokumentace vyhodnotit, že veškeré stavební konstrukce splňují požadované požární odolnosti. To samé platí i pro mezní délky ÚC a pro samotné ÚC z technologických prostor. U tunelových tubusů se ÚC při rekonstrukci řešily stejným způsobem, jako při návrhu dle současných norem.

4.6 Únikové cesty a jejich vybavení

V tunelu ani v přiléhajících technických místnostech jsem nezvolila žádnou chráněnou únikovou cestu. Ověření mezních délek a šířek pro nechráněné únikové cesty mi vyhovělo.

Těšnovský tunel jsem zařadila do kategorie TC-H podle kapitoly 1.1 a obrázku č.1. Dle kategorie tunelu se zavádí vybavení tunelu. Tabulku s povinným a požadovaným vybavením lze nalézt v kapitole 1.3. Mezi povinné vybavení tohoto tunelu patří: reflexní elementy, bezpečnostní

značení, přenosné hasicí přístroje a normální osvětlení. Další vybavení jsou vybavení požadovaná. Vzhledem ke krátké délce tunelu je možno některé z těchto požadovaných vybavení vynechat. Mezi vybavením, které se v tomto konkrétním tunelu nachází, bude značení únikových cest, normální a nouzové osvětlení, větrání, SOS kabiny, řídicí systém a v neposlední řadě dveře na ÚC.

Všechny dveře v technologických prostorech na ÚC musejí být otvíravé ve směru úniku s výjimkou dveří, kde ÚC začíná a dveří na volné prostranství. Na ÚC musejí být navržena nouzová osvětlení. Směry úniku jsou jasně označeny tam, kde se mění směr úniku, kde není přímo viditelný východ na VP a tam, kde dochází ke změně výškové úrovně (platí zásada „viditelnost od značky ke značce“). Na označení se použijí fotoluminiscenční tabulky, které svítí i bez zdroje elektřiny. Značení ÚC u tunelových trub se shoduje se značením u technologických prostor.

NÚC v tunelu tvoří nouzové chodníky, které ústí na VP. Mezi tunelovými tubusy je zřízena jako záchranná cesta tunelová propojka. Nejdelší možná záchranná cesta z tunelového tubusu smí být 300 m, což je u Těšnovského tunelu splněno. Mezi tubusy jsou požární dveře a další požární uzávěry minimálně EW 90 Sm – C DP1. Na ÚC musejí být navržena nouzová osvětlení.

Návrh větrání tunelu není obsahem méj diplomové práce, ale dle hustoty provozu, umístění tunelu v intravilánu a zařazení do kategorie TC-H lze předpokládat, že nucené větrání bude v tunelu nutné.

Před portály navrhuji umístit 2 ks SOS skříní (celkem 4x) a uvnitř další 4 kusy – 2x v jednom tubusu, protože vzdálenost mezi SOS skříněmi je max. 150 m. Celkem tedy 8 ks SOS skříní. Minimální plocha kabiny smí být 1,5 m² a světlá výška 2,25 m.

Rozdílem je návrh SOS skříní. Po rekonstrukci byly v tunelu 4 SOS skříně. Dnešní normy nařizují, aby se SOS skříně nacházely také před portály tunelu, a to na každé straně. Tudíž je počet k dnešním standardům stanoven na 8 SOS skříní, a to činí rozdíl 4 kusů skříní.

Navržené vybavení je vypsáno a popsáno v příloze 1, kapitolách g.1 – g.2.2.

4.7 Odstupové vzdálenosti

Odstupové vzdálenosti jsem počítala, z důvodu možného rozšíření požáru na další PÚ nebo ohrožení projíždějících automobilů. Výpočet jsem provedla přes program pana Ing. Marka Pokorného, Ph.D. Vstupními hodnotami jsou rozměry požárně otevřených ploch a rozměry stěn, na kterých se otevřené plochy nachází. V příloze 1. kapitole h.2 je tabulka se vstupními hodnotami a výsledky výpočtů.

Největší odstupová vzdálenost, která mi vyšla, je 4,5 m od dveří do rozvodny VN, kde je vysoké požární zatížení. Žádné z vypočtených odstupových vzdáleností nezasahuje do jiných PÚ ani na cizí objekty či pozemky. Střešní plášť je nad požárním stropem a není nad ním žádné nahodilé požární zatížení, tudíž nemusí vykazovat požární odolnost. Střechu nepovažuji jako POP, ale jako PUP. V tomto případě není výpočet množství uvolněného tepla Q pro zjištění požární

otevřenosti plochy nutný, protože bych zjistila, že vrstvy pláště nemají tak vysokou výhřevnost a tloušťku, aby po dokončení výpočtu vyšlo $Q \geq 150 \text{ MJ/m}^2$.

4.8 Zařízení pro protipožární zásah a přenosné hasicí přístroje

Jako vnější odběrná místa budou sloužit nadzemní hydranty B 75. Dle mých výpočtů jsem zjistila, že vnitřní odběrná místa nejsou dle výpočtů nutná ani v technologických prostorech. V tunelových propojkách musí být dle dnešních standardů instalováno nezavodněné požární potrubí DN 80 umožňující propojení obou tunelových trub.

Co se týče zásobování vody v tunelu, při rekonstrukci byly dostačující vnější podzemní hydranty a tunelové tubusy byly bez požárního vodovodu. Dle dnešních norem se musí v blízkosti portálů nacházet nadzemní hydrant a tunely delší než 300 m musejí mít nezavodněný požární vodovod.

Před oba portály tunelu, na křižovatkách, navrhuji zřídit zpevněné nástupní plochy pro nástup a soustředění sil a prostředků složek IZS. Nástupní plochy musí být odvodněny a zpevněny a musí navazovat na příjezdovou komunikaci, jejich šířka musí být minimálně 6,5 m, musí mít únosnost na jednu nápravu 100 kN, musí být ve sklonu v jednom směru maximálně 5 % a ve druhém maximálně 2 %, celková plocha pro jeden portál musí být minimálně 500 m², musí být umístěny mimo oblast předpokládaného zakouření na portálech tunelu a musejí být označeny dopravní značkou „Zákaz stání“ s dodatkovou tabulkou „Nástupní plocha složek IZS“. Přístupová komunikace pro příjezd zásahového vozidla je čtyřpruhová silniční komunikace z východní i západní strany tunelu. Šířka komunikace je 14 m. Možnost otáčení zásahového vozidla je na křižovatkách u obou portálů tunelu.

Přístupové komunikace a nástupní plochy pro příjezd záchranných systémů byly řešeny stejně u rekonstrukce, jako jsem je vyřešila v současné době podle platných předpisů. Musejí být u obou portálů tunelu a splňovat veškeré zásady.

Přenosné hasicí přístroje jsem zvolila práškové, s ohledem na technologie v tunelu. Celkem jsem napočítala do technologických prostor 5 kusů PHP a do samotných tunelových tubusů 16 kusů PHP (do SOS skříní). Všechny hasicí přístroje budou umístěny na dobře viditelném místě a výška rukojeti bude maximálně 1,5 m nad podlahou.

S počtem SOS skříní souvisí také počet PHP. Původně se počítalo pouze se 3 kusy PHP. Po rekonstrukci se počet PHP zvedl na 6 kusů a další 4 kusy byly dodány k SOS skříním. Vlivem zvýšeného počtu SOS skříní by v současnosti vzrostl počet PHP na celkem 21 kusů, a to je o 11 kusů více, než v roce 1999.

V příloze 1, kapitole i a k lze nalézt podrobnosti týkající se zařízení pro protipožární zásah a přenosných hasicích přístrojů.

4.9 Technická vybavení a bezpečnostní zařízení

Hlavním zdrojem elektrické energie pro objekt je veřejná rozvodná síť. Veškeré bezpečnostní systémy jsou napájeny ze dvou na sobě nezávislých zdrojů elektrické energie – jako náhradní zdroj jsem zvolila UPS.

Hlavním technickým vybavením tohoto tunelu je systémem EPS, který zajistí včasnou identifikaci požáru pomocí automatických, liniových a tlačítkových hlásičů požáru. Informace o vzniku požáru a o místě vzniku požáru (poplachový signál) musí být předána prostřednictvím ZDP na operační a informační středisko územně příslušného HZS kraje a prostřednictvím centrálního řídicího systému operátorovi provozovatele.

Technickými vybaveními v tunelu je tedy EPS, dále napájení SOS skříní, nouzové osvětlení, větrání a rádiové spojení. Veškeré elektrické kabely, které ovládají požárně bezpečnostní zařízení, čímž jsou kabelové rozvody EPS, budou provedeny dle ČSN IEC 60 331. Rovněž veškeré kabelové rozvody v objektu sloužící pro ovládání a monitorování bezpečnostních zařízení budou odpovídat ČSN IEC 60 331 s třídou funkčnosti P60 - P120.

Požární úseky kabelových kanálů a prostorů musejí být vybaveny EPS, protože nejsou shora zpřístupněny a není zde ani jiné včasné zjištění požáru (např. videodohled). Návrh EPS se provede podle ČSN 73 0875, ČSN 34 2710 a příslušných právních předpisů, ale to není součástí mé diplomové práce. V objektu dle dnešních požadavků musejí být navrženy vypínací prvky CENTRAL a TOTAL STOP a je doporučena instalace klíčového trezoru požární ochrany (dále jen „KTPO“), který slouží k rychlému a bezproblémovému vstupu zásahové jednotky HZS do chráněného objektu. Při vyhlášení požárního poplachu v uzavřeném objektu je možné pomocí klíče uloženého v KTPO, rychle, bezproblémově a bez nutnosti poškození dveří vstoupit do objektu.

Kabelové trasy sloužící pro napájení a ovládání PBZ a jiných technologických či technických zařízení, které si svoji funkčnost musejí zachovat i při požáru, musí splňovat třídu funkčnosti kabelové trasy a požadavek na třídu reakce na oheň B2_{ca}, B2_{ca} s1, d0.

Shodně byla u rekonstrukce navržena EPS, která musí u tohoto tunelu figurovat. Návrh EPS je proveden specializovanou firmou podle norem.

Technická vybavení a bezpečnostní zařízení lze v příloze 1 dohledat pod kapitolami I a n.

4.10 Závěr

Požárně bezpečnostní dokumentaci jsem zpracovala na základě dnešní legislativy, platných zákonů a norem.

Tunel jsem rozdělila do PÚ a zkontrolovala mezní rozměry PÚ, které jsou závislé na výpočtovém požárním zatížení p_v , součiniteli a , výškové poloze PÚ h_p a vyhověly. Na základě provedených výpočtů jsem jednotlivé PÚ zařadila do SPB.

Dále jsem posuzovala požární odolnosti stavebních konstrukcí, které byly všech případech dostačující. V tunelu ani v přiléhajících technických místnostech jsem nezvolila žádnou chráněnou únikovou cestu. Ověření mezních délek a šířek pro nechráněné únikové cesty mi vyhovělo. NÚC v tunelu tvoří nouzové chodníky, které ústí na VP. Mezi tunelovými tubusy je zřízena jako záchranná cesta tunelová propojka. Nejdelší možná záchranná cesta z tunelového tubusu smí být 300 m, což je u Těšnovského tunelu splněno.

Jedním z nejdůležitějšího vybavení tunelu jsou SOS skříně, které jsem navrhla a umístila dle platných předpisů. Z důvodu možného rozšíření požáru jsem posuzovala odstupové vzdálenosti. Pro nástup a soustředění sil a prostředků složek IZS navrhuji zřídit nástupní plochy. Jako přístupová komunikace pro příjezd zásahového vozidla bude sloužit čtyřpruhová silniční komunikace z východní i západní strany tunelu. Možnost otáčení zásahového vozidla je na křižovatkách u obou portálů tunelu.

Výpočtem jsem zjistila, že v technologických prostorech bude celkem 5 kusů hasicích přístrojů a do samotných tunelových trub 16 kusů (do SOS skříní). Hlavním technickým vybavením tohoto tunelu je systémem EPS, který zajistí včasnou identifikaci požáru pomocí automatických, líniových a tlačítkových hlásičů požáru.

5 Porovnání původního a alternativního PBR

Požárně bezpečnostní dokumentaci jsem zpracovala na základě dnešní legislativy, platných zákonů a norem. Při zpracování požárně bezpečnostního řešení jsem dodržela veškeré zásady, které zde byly uvedeny a při zpracování jednotlivých částí požárně bezpečnostního řešení jsem je respektovala. Dle vyhlášky MVČR č.246/2001 Sb. je důležité, aby byly na navržených požárně bezpečnostních zařízeních prováděny pravidelné kontroly stanové tímto předpisem.

První změnou, kterou jsem provedla, byla změna požárních úseků. Rozdělení objektu do požárních úseků v původním řešení mi přišlo dle dnešních požadavků nevyhovující. Mezi 1.PP a 3.PP technologických prostor vede šachta, kde probíhají kabely, ale požární úseky od sebe nejsou řádně požárně odděleny. Proto jsem požární úseky kabelových prostor a kabelových kanálů sjednotila a tím odstranila skutečnost, že by se musela do kabelového kanálu vmontovat požární přepážka. Mimo jiné jsem v původní požární dokumentaci nenalezla informaci o tom, jestli tunelové trubky jsou samostatné požární úseky, i když je s tím takto v dalších krocích počítáno. U požárních úseků jsem změřila a ověřila mezní délky, ale u původní dokumentace tak nebylo provedeno.

Tabulka 7 Rozdělení stavby do PÚ

	ROZDĚLENÍ DO PÚ	
	Původní PÚ	Nové PÚ
PÚ č. 1	1.PP - 3.PP: rozvodna VN, kabelový prostor, kanál, šachta	kabelový prostor v 3.PP + kabelový kanál 1.PP - 3.PP
PÚ č. 2	technologická místnost + sociální zařízení + příruční sklady a dílna	technologická místnost + sociální zařízení + příruční sklady a dílna
PÚ č. 3	rozvodna NN v 2.PP	rozvodna NN v 2.PP + měření el. energie
PÚ č. 4	kabelový kanál v 1.PP	rozvodna VN + stanoviště transformátorů
PÚ č. 5	oblastní dopravní řídicí ústředna v 1.PP	oblastní dopravní řídicí ústředna v 1.PP
PÚ č. 6		tunelový tubus

Stupně požární bezpečnosti jsem zvolila na základě výpočtů, které jsem provedla. Ve výpočtech jsem postupovala podle dnešní legislativy, tj. spočtení požárního zatížení, následné zařazení požárních úseků do stupňů požární bezpečnosti podle konstrukčního systému objektu, výpočtového požárního zatížení a výšky objektu. Myslím, že stupně požární bezpečnosti lze po rekonstrukci považovat za vyhovující i přes některé odlišnosti, které jsem našla při porovnávání se současným stavem. Tyto nesrovnalosti lze přičíst k tomu, že jsem v některých případech volila jiné rozdělení objektu do požárních úseků nebo že dnešní normy mohou být jiné než v minulosti a jsou např. navýšeny či poníženy hodnoty nahodilého požárního zatížení, popř. mohlo být určení stupňů požární bezpečnosti jiné, než jsem zvolila. Další možností rozdílných stupňů bezpečnosti by mohl být fakt, že čerpám z požární dokumentace pro rekonstrukci, tudíž je dokumentace provedená z části podle normy pro změnu staveb a mnou nově vypracované požární řešení je

zpracováno jako pro novostavbu. Výpočty nemohu porovnat, protože nebyly k požární dokumentaci přiloženy.

Tabulka 8 Stupně požární bezpečnosti

URČENÍ STUPNĚ POŽÁRNÍ BEZPEČNOSTI		
	Původní SPB	Nové SPB
PÚ č. 1	1.PP - 3.PP: rozvodna VN, kabelový prostor, kanál, šachta - VI.SPB	kabelový prostor v 3.PP + kabelový kanál 1.PP - 3.PP - II.SPB
PÚ č. 2	technologická místnost + sociální zařízení + příruční sklady a dílna - IV.SPB	technologická místnost + sociální zařízení + příruční sklady a dílna - III.SPB
PÚ č. 3	rozvodna NN v 2.PP - III.SPB	rozvodna NN v 2.PP - II.SPB
PÚ č. 4	kabelový kanál v 1.PP - V.SPB	rozvodna VN + stanoviště transformátorů - VI.SPB
PÚ č. 5	oblastní dopravní řídicí ústředna v 1.PP - V.SPB	oblastní dopravní řídicí ústředna v 1.PP - III.SPB
PÚ č. 6		tunelový tubus - V.SPB

Požadovanou požární odolnost betonových stavebních konstrukcí jsem určila tabulkou ze současné normy a posouzení skutečné požární odolnosti je dle stávající normy pro betonové konstrukce za požáru ČSN 1992-1-2. Konstrukce vyšly v rozmezí REI 180 DP1 a REI 45 DP1 (II. – VI. stupeň požární bezpečnosti). Stavební konstrukce na požární odolnost vyhověly. Požárně dělící konstrukce mezi tunelovými tubusy vyšly v rozmezí REI 120-180 DP1, což železobetonová stěna splňuje. Jako výplňové zdivo do dělící stěny mezi tunelovými trubami bych volila keramické tvárnice PoroTherm 40 Profi Dryfix, které mají PO REI 180 DP1 a požadavku na požární odolnost by vyhověly. Stavební konstrukce a jejich požární odolnosti nejsou v původní dokumentaci řešeny. Domnívám se, že zkušenost a praxe v tomto oboru dovolila projektantovi požární dokumentace vyhodnotit, že veškeré stavební konstrukce splňují požadované požární odolnosti.

Jako zásobování vody v tunelu jsem zvolila nadzemní hydranty, aby vyhovovaly současným normám a do tunelových trub navrhuji z důvodu délky tunelu, která je větší než 300 m, nezavodněný požární vodovod. V době rekonstrukce tunelu byly dostačující vnější podzemní hydranty a v tunelových tubusech nemusely být instalovány požární vodovody. Tím, že se jedná o stávající objekt, je nepřítomnost nadzemních hydrantů a požárního vodovodu přípustná. Co se týče vnitřních odběrných míst v technologických prostorech, tak jsem došla k výsledku, že vnitřní odběrná místa nejsou potřeba.

Tabulka 9 Vnější a vnitřní odběrná místa

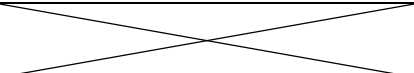
	VNĚJŠÍ A VNITŘNÍ ODBĚRNÁ MÍSTA	
	Původní ODBĚRNÁ MÍSTA	Nová ODBĚRNÁ MÍSTA
VNĚJŠÍ	podzemní hydranty DN 80	nadzemní hydranty B 75
VNITŘNÍ	bez vnitřních odběrných míst v tunelu	v tunelové troubě B 75 po max. 150 m a v tunelových propojkách nezavodněné potrubí DN 80
	v požární dokumentaci (rekonstrukce) není ve spojení s technologickými prostory o vnitřních odběrných místech zmínka	v technologických prostorech není dle výpočtu nutné navrhovat hadicové systémy

Návrh SOS skříní jsem provedla dle normy, která se pojednává o projektování tunelů pozemních komunikací. Při určování počtu SOS skříní je důležité vědět, že musí být vždy jedna před portálem na obou stranách a uvnitř tunelové trouby po maximálně 150 m. Tím pádem mi vyšel počet SOS skříní roven 8 kusům. Rozdíl oproti původnímu návrhu jsou 4 SOS skříně, protože se nepočítalo se skříněmi na portálech.

U portálů tunelu jsem navrhla zpevněné nástupní plochy pro nástup a soustředění sil a prostředků složek integrovaného záchranného systému. Nástupní plochy budou provedeny dle požadavků normy. Přístupové komunikace a nástupní plochy pro příjezd záchranných systémů jsou řešeny shodně u rekonstrukce jako v současné době.

Přenosné hasicí přístroje jsem zvolila práškové, s ohledem na technologie v tunelu. Celkem jsem napočítala 21 kusů hasicích přístrojů, které budou rozmístěny v technologických prostorech a tunelových troubách. Vlivem zvýšeného počtu SOS skříní oproti rekonstrukci se zvedl počet přenosných hasicích přístrojů o 11 kusů. V době rekonstrukce se počítalo pouze s 10 kusy hasicích přístrojů.

Tabulka 10 Přenosné hasicí přístroje

	PŘENOSNÉ HASICÍ PŘÍSTROJE	
	Původní PHP	Nové PÚ
PÚ č. 1	Celkem 6 ks (6 kg) PHP - práškové a sněhové + 4 ks (10kg) PHP v SOS skříních	kabelový prostor + kabelový kanál v 1.PP - 3.PP: 1xPHP 144 B CO ₂
PÚ č. 2		technologická místnost + sociální zařízení + příruční sklady a dílna: 1xPHP 27 A práškový
PÚ č. 3		rozvodna NN v 2.PP: 2xPHP 55 B CO ₂
PÚ č. 4		rozvodna VN + stanoviště transformátorů: 1xPHP 55 B CO ₂
PÚ č. 5		oblastní dopravní řídicí ústředna v 1.PP: 1xPHP 55 B CO ₂
PÚ č. 6		

Hlavním zdrojem elektrické energie pro objekt je veřejná rozvodná síť. Jako druhý, náhradní zdroj jsem zvolila UPS. Hlavním technickým vybavením tohoto tunelu je systémem elektrické požární signalizace, dále napájení SOS skříní, nouzové osvětlení, větrání a rádiové spojení. Veškeré elektrické kabely, které ovládají požárně bezpečnostní zařízení, budou provedeny dle ČSN IEC 60 331. Požární úseky kabelových kanálů a prostorů musejí být vybaveny elektrickou požární signalizací, protože nejsou shora zpřístupněny a není zde ani jiné včasné zjištění požáru (např. videodohled). V objektu navrhuji dle dnešních norem vypínací prvky CENTRAL a TOTAL STOP a doporučuji instalaci klíčového trezoru požární ochrany. Kabelové trasy sloužící pro napájení a ovládání požárně bezpečnostních zařízení, které si svoji funkčnost musejí zachovat i při požáru, musí splňovat třídu funkčnosti a požadavek na třídu reakce na oheň B2_{ca}, B2_{ca} s1, d0. O rekonstrukce se shodně počítalo s vybavením objektu elektrickou požární signalizací a zachováním funkčností kabelů při zvýšených teplotách.

Závěrem porovnání požárně bezpečnostních řešení je, že Těšnovský tunel po rekonstrukci vyhovuje, protože jako na stávající stavbu na něj nejsou kladeny takové požadavky, jako u nově stavěného objektu.

6 Závěr

Cílem mojí diplomové práce bylo porovnání požární dokumentace Těšnovského tunelu, která byla zpracována pro rekonstrukci v roce 1999, a mnou nově vypracovaného požárně bezpečnostního řešení podle dnešních standardů.

V první části jsem z obecného hlediska popsala tunely na pozemních komunikacích a jejich vybavení, kde jsem se řídila rozdělením na stavební, technologické a organizační řešení. V návaznosti na to jsem se zabývala problematikou požárně bezpečnostního řešení tunelů na pozemních komunikacích, kde jsem se snažila popsat všechna technologická, stavební a organizační řešení spojené s požárem u tunelových staveb. Ve třetí části jsem provedla rešerši vybraného stávajícího, historického tunelu, který byl již dlouhou dobu v provozu, a zhodnotila ho z hlediska současné legislativy. Poté jsem vytvořila alternativní požárně bezpečnostní řešení stejného tunelu dle dnešních norem a porovнала ho s původním požárně bezpečnostním řešením a zhodnotila ho z hlediska současných standardů. To byl záměr a cíl mojí práce. Celé alternativní požárně bezpečnostní řešení je rozepsáno v příloze č.1.

Prvky, které nebyly v původní požární dokumentaci z roku 1999 řešeny a nemohla jsem je tedy porovnat s alternativním požárně bezpečnostním řešením, jsou mezní rozměry požárních úseků, mezní délky nechráněných únikových cest, výpočty stupňů požární bezpečnosti, požadované a skutečné požární odolnosti stavebních konstrukcí, výpočty vnitřních odběrných míst, výpočty pro počet kusů přenosných hasicích přístrojů, odstupové vzdálenosti a bezpečnostní značení. Mojí domněnkou je, že zkušenost a praxe v tomto oboru dovolila projektantovi požární dokumentaci vyhodnotit, že prvky, které nenavrhol nebo se jimi nezabýval, v požárně bezpečnostním řešení být nemusí.

Pro zpracování diplomové práce jsem si podklady k Těšnovskému tunelu sehnala v archivu Technické správy komunikací hl. m. Prahy. V archivu jsem našla dokumentaci z roku 1999, kdy byla provedena první rekonstrukce tunelu. Starší nebo původní dokumentace nebyla k dohledání. Dále jsem také získala havarijní karty, operativní kartu a provozní řád. Z těchto archivních podkladů jsem používala zejména požární dokumentaci.

Pro získání potřebných údajů, které byly nezbytné pro provedení přesnějších výpočtů, jsem se v říjnu roku 2016 vydala s pracovníky Technické správy komunikací hl. m. Prahy na prohlídku části tunelových tubusů, technických místností a okolí tunelu.

Při tvoření požárně bezpečnostního řešení jsem postupovala podle platných příslušných norem. Stěžejní normou pro samotné tunelové trouby je ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací, pro technologické prostory ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty a další.

Podoba mnou vypracovaného PBŘ, vytvořeného na základě dostupných informací, které jsem získala, a požární dokumentace z roku 1999 není zcela shodná, a dle dnešních předpisů a norem by měla zčásti jinou podobu.

Závěrem porovnání požárně bezpečnostních řešení je, že Těšnovský tunel po rekonstrukci vyhovuje, protože jako na stávající stavbu na něj nejsou kladeny takové požadavky, jako u nově stavěného objektu. Mým názorem je, že do budoucna, vzhledem k rozvoji technologie a zvyšujícím se nárokům, bude muset tunel projít obměnou či navýšením některých technologických vybavení

Seznam obrázků

Obrázek 1 Rozdělení tunelů do kategorií podle délky a intenzity provozu (dle TP 98).....	6
Obrázek 2 Technologické vybavení tunelu.....	10
Obrázek 3 Informativní dopravní značka č. J15	13
Obrázek 4 Základní schéma řídicího systému	14
Obrázek 5 Stavební provedení tunelové propojky se záchrannou chodbou	25
Obrázek 6 Stavební provedení tunelové propojky bez záchranné chodby	25
Obrázek 7 Půdorys nouzového zálivu.....	26
Obrázek 8 Tlačítkový hlásič s přímou a nepřímou obsluhou.....	31
Obrázek 9 Komunikace tunelových velínů	35
Obrázek 10 Západní portál Těšnovského automobilového tunelu (leden 2017)	36
Obrázek 11 Východní portál Těšnovského automobilového tunelu (leden 2017).....	37
Obrázek 12 Technologické prostory u východního portálu (leden 2017).....	37

Seznam tabulek

Tabulka 1 Návrh jednotlivých šířkových kategorií.....	8
Tabulka 2 - Rozdělení technických prostředků podle kategorie tunelu.....	12
Tabulka 3 - Typické hodnoty vyzářeného tepelného výkonu a množství zplodin pro návrh větracího systému dle současných norem	29
Tabulka 4 - Rozložení teploty v závislosti na charakteru požáru	29
Tabulka 5 - Typické hodnoty vyzářeného tepelného výkonu a množství zplodin hoření pro návrh větracího systému dle norem platných pro rok 1999	43
Tabulka 6 - Rozložení teploty v závislosti na charakteru požáru	43
Tabulka 7 Rozdělení stavby do PÚ	54
Tabulka 8 Stupně požární bezpečnosti.....	55
Tabulka 9 Vnější a vnitřní odběrná místa	56
Tabulka 10 Přenosné hasicí přístroje	56

Literatura

1. **KRATOCHVÍL, Václav, NAVAROVÁ, Šárka a KRATOCHVÍL, Michal.** *Požárně bezpečnostní zařízení ve stavbách.* Ostrava : Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2011. 978-80-7385-103-3.
2. **Příbyl, Pavel a spol.** Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací. *Technické podmínky.* Praha : MD - OI, 2009.
3. **Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.** ČSN 73 7507. *Projektování tunelů pozemních komunikací.* Praha : ÚNMZ, 2012.
4. **Klepsatel, F, Kusý, P a Mařík, L.** *Výstavba tunelů ve skalních horninách.* 2003 : Java group. 8088905435.
5. **ELTODO EG, a.s.** Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací. *Technické podmínky.* Praha : MD ČR - OPK, 2004.
6. **Pospíšil, Petr.** Metodický pokyn. *Větrání silničních tunelů.* Švýcarsko : MD ČR - OKP, 2013.
7. **Bítala, Petr.** *Požárně bezpečnostní zařízení v komplexech tunelů na pozemních komunikacích.* Ostrava : autor neznámý, 2014.
8. **Word.** <http://tunnels.piarc.org/>. <http://tunnels.piarc.org/cs/obecne-aspekty-provoz-udrzba/provozovatele-tunelu>. [Online] [Citace: 5. Leden 2017.] <http://tunnels.piarc.org/cs/obecne-aspekty-provoz-udrzba/provozovatele-tunelu>.
9. **Hanuška, Zdeněk, Skalská, Květoslava a Dubský, Milan.** Integrovaný záchranný systém a požární ochrana. Praha : MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2010. 978-80-86640-59-4.
10. **Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.** ČSN 73 0873. *Zásobování požární vodou.* Praha : ÚNMZ, 2003.
11. **Kotlár, Milan.** Požární dokumentace. Praha : autor neznámý, 1999.

Příslušné normy a zákony, které byly použity k vypracování PBŘ a jeho příloh, jsou vypsány v těch částech diplomové práce, kde byly použity.