

6 SEKUNDÁRNÍ OSTĚNÍ A VNITŘNÍ VYBAVENÍ ŽELEZNIČNÍCH TUNELŮ

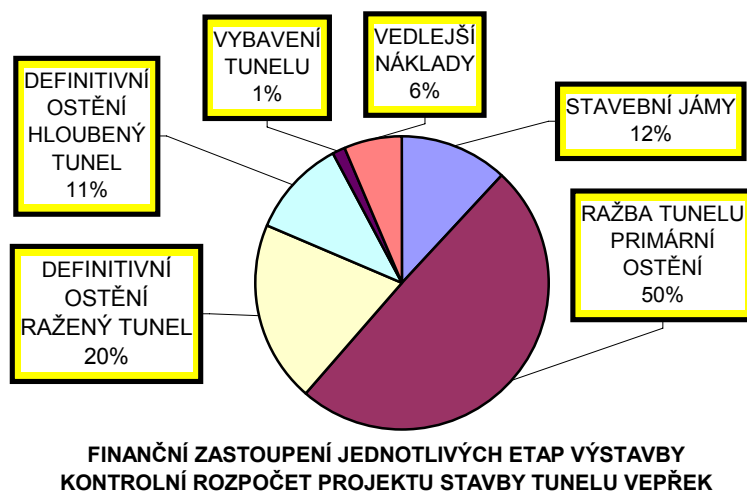
OBSAH

6 SEKUNDÁRNÍ OSTĚNÍ A VNITŘNÍ VYBAVENÍ ŽELEZNIČNÍCH TUNELŮ	1
6.1 úvod.....	2
6.2 Funkce ostění	3
6.3 Rozdělení ostění	3
6.3.1 Podle velikosti profilu.....	3
6.3.2 Podle způsobu výstavby	3
6.3.3 Podle typu konstrukce ostění	4
6.3.4 Podle požadavků na deformace nadloží	4
6.3.5 Podle požadavků na vodonepropustnost.....	5
6.4 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY PŘI NÁVRHU PŘÍČNÉHO ŘEZU a OSTĚNÍ tunelu	6
6.5 Požadavky na materiál ostění	9
6.6 POŽADAVKY NA ZAJIŠTĚNÍ třídy vodotěsnosti ostění	9
6.7 vnitřní vybavení železničních tunelů	11
6.7.1 Služební chodník.....	11
6.7.2 Madla.....	11
6.7.3 Systém odvodnění tunelu.....	11
6.7.4 Trakční vedení, upevnění závěsu trakčního vedení a ukolejnění.....	13
6.7.5 Ochrana proti dotyku se živými částmi trakčního vedení.....	14
6.7.6 OCHRANA PROTI ÚČINKŮM BLUDNÝCH PROUDŮ	14
6.7.7 Osvětlení tunelu	15
6.7.8 rozvod elektrické energie	15
6.7.9 Drážní telefon	16
6.7.10Kabelové kanály a šachty	16
6.7.11Záchranné výklenky	16
6.7.12Únikové cesty	17
6.7.13zásobování požární vodou	18
6.7.14Nástupní a záchranná plocha, přístupová komunikace	18
6.7.15Spojení pro potřeby zasahujících jednotek	19
6.7.16Měření prostorové průchodnosti trati	19
6.7.17Železniční svršek v tunelu.....	19
6.7.18Bezpečnostní značení v tunelu	20
6.7.18.1 Značení záchranných výklenků.....	20
6.7.18.2 Značení únikových cest.....	20
6.7.18.3 Značení tunelových pásů	20
6.7.19Požární bezpečnost.....	21
6.7.20Literatura	22

6.1 ÚVOD

Při návrhu technického řešení železničních tunelů ražených v skalních a poloskalních horninách hraje významnou roli volba tunelovací metody, správné posouzení obtížnosti navrhovaného řešení a míra rizika spojená s výstavbou tunelu. Volba tunelovací metody závisí na mnoha okolnostech (geometrické parametry tunelu, inženýrskogeologické poměry, výška nadloží, vliv výstavby na okolí) a zásadním způsobem ovlivňuje technologický postup výstavby, dobu realizace a tím i cenu díla. Každý tunel je stavbou mimořádně technicky i ekonomicky náročnou, která vyžaduje specifický přístup již v počátečních fázích projektové dokumentace při návrhu směrového a výškového řešení trasy. Při návrhu trasy je nutno mít vždy na paměti, že požadovaná životnost díla 100 let je spíše dolní hranicí skutečné životnosti objektu a trasa vedená v tunelu zpravidla neumožňuje v budoucnu žádné další úpravy. Zatímco prostorové uspořádání tunelu je v normách a předpisech poměrně striktně předepsáno, požadavky na směrové i výškové vedení trasy v tunelu jsou z hlediska dlouhodobého výhledu velmi „tolerantní“. To dává z jedné strany projektantovi volnou ruku při návrhu trasy, z druhé strany ztěžuje úlohu při prosazení optimální (tj. obvykle ne nejlevnější) varianty. V současné době je základním kritériem cena díla a s ním spojená tendence omezení délky tunelu na minimum. Okamžité úspory na stavební části mohou při plánované životnosti díla vyvolat mnohonásobně větší provozní náklady, případně náklady spojené s dodatečnou úpravou trasy nevyhovujících parametrů.

Obr. 6.1 – Finanční zastoupení jednotlivých etap výstavby na celkové ceně díla



Podíl stavebních nákladů, připadajících na ostění tunelu, vzhledem k celkové ceně díla ukazuje příklad dvoukolejného železničního tunelu Vepřek délky 390 m raženého NRTM. Z grafu je patrné, že definitivní ostění tvoří cca 30% ceny objektu.

V porovnání s cenou ostění tvoří náklady na vybavení železničního tunelu z hlediska ekonomického zanedbatelnou část. I když se v případě dlouhých tunelů může podíl na celkové ceně díky bezpečnostním opatřením zvětšit (únikové štoly, šachty, větrání apod.), nedosáhne pravděpodobně hodnoty definitivního ostění. Co do významu se však jedná o položku srovnatelnou. Zajišťuje provozuschopnost a bezpečnost tunelu, což jsou hodnoty jen obtížně vyčíslitelné. Proto je oběma oblastem v následujícím textu věnována stejná pozornost.

6.2 FUNKCE OSTĚNÍ

Ostění tunelu musí splňovat požadované funkce jak po dobu výstavby, tak po předpokládanou životnost díla (100 let). **Po dobu výstavby** je základní funkcí ostění zajistit stabilitu výrubu a tím vytvořit bezpečné zázemí pro další ražbu. **Po dobu životnosti díla** musí splňovat požadavky na:

- schopnost konstrukce přenášet předpokládaná zatížení (únosnost ostění) - zamezení vzniku trhlin, nebo omezení jejich četnosti a šířky v projektem požadovaných mezích
- dostatečnou tuhost konstrukce - deformace ostění se musí pohybovat v požadovaných mezích (z hlediska statického i geometrického (velikosti pojistného prostoru a uvažovaných tolerancí)
- odolnost proti průsakům vody – odolnost proti průsakům musí být zaručena nejen u betonové konstrukce, ale i v případě těsnění pracovních a dilatačních spár, prostupů a chrániček. Při posuzování na odolnost proti průsakům se předpokládá odolnost ostění jako celku.

6.3 ROZDĚLENÍ OSTĚNÍ

6.3.1 PODLE VELIKOSTI PROFILU

- **Jednokolejné tunely** – vzhledem k velikosti výrubu neomezují volbu tunelovací metody. Je možno použít jak metody štítů, tak metody konvenční. Volba tunelovací metody závisí na inženýrskogeologických podmínkách a technickoekonomickém porovnání možných variant.
- **Dvoukolejné tunely** – požadovaná velikost příčného řezu zpravidla vylučuje vzhledem k rozměrům průjezdního průřezu použití metody TBM. Výroba, rozměry a provozní náklady štítu by v našich podmínkách zatížili cenu 1 bm tunelu natolik, že by neobstál v technicko–ekonomickém porovnání s ostatními tunelovacími metodami.
- **Atypické profily** – jsou např. úseky kolejových křížení, odbočení, vzduchotechnické propojky, napojení dvoukolejných tunelů na jednokolejné nebo technologické prostory železničních tunelů. Jedná se o úseky náročné jak z hlediska projekčního, tak z hlediska realizačního. Volba tunelovací metody musí umožnit volbu proměnného tvaru příčného řezu v podélném směru. Atypické úseky jsou většinou prováděny pomocí NRTM a to i v těch případech, kdy v přílehlých úsecích probíhá ražba jinou technologií (např. Eurotunel).

6.3.2 PODLE ZPŮSOBU VÝSTAVBY

- Ostění **hloubených** tunelů
 - a) Ostění budované v otevřené stavební jámě
 - b) Ostění částečně tvořené prvky zajištění jámy (podzemní stěny, piloty)
- Ostění **ražených** tunelů
 - a) Kontinuální ražba – způsob výstavby tunelovacími stroji (TBM), při kterém jsou jednotlivé pracovní operace (rozpojování, odtěžování rubaniny a zajištění výrubu) prováděny prakticky současně.

- b) Štítování - ražba se uskutečňuje zatlačováním pláště štítu (resp. pološtítu). Rozpojování je prováděno různými metodami (rypadlem, frézou, za použití trhacích prací apod.), přičemž plášť štítu zajišťuje stabilitu líce výrubu až do osazení ostění.
 - c) Cyklická ražba - způsob výstavby při kterém se jednotlivé pracovní operace (rozpojování, odtěžování rubaniny a zajištění výrubu) uskutečňují v pevném časovém sledu za sebou (NRTM, MOV, metoda Lunardi atd.)
- Kombinovaný způsob výstavby
 - a) metoda „želva“ s využitím rostlého terénu jako bednění pro klenbu tunelu
 - b) ražba se zajištěním přístropí a boků (pilotové nebo podzemní stěny, stropní deska betonovaná na terén).

6.3.3 PODLE TYPU KONSTRUKCE OSTĚNÍ

- Prefabrikovaná montovaná ostění (betonové, litinové prefabrikáty) – neumožňují přizpůsobit dimenze ostění skutečně zastiženým IG podmínkám. Používají se většinou v kombinaci s ražbou TBM u dlouhých tunelů, kde je změna IG poměrů vzhledem k délce pravděpodobná. Neekonomičnost konstrukce ostění musí být vyvážena ekonomičností ostatních cenotvorných položek (např. rychlostí ražby)
- Monolitická ostění betonovaná do bednění – ostění hloubených tunelů nebo definitivní ostění ražených tunelů (NRTM, MOV apod.). Konstrukce je budována na místě a umožňuje přizpůsobit dimenze (zpravidla stupeň vyztužení) skutečně zastiženým IG poměrům. Minimální tloušťka konstrukce by v případě vyztužených ostění neměla klesnout pod 300 mm.
- Ostění ze stříkaného betonu – jedná se zpravidla o primární ostění zajišťující dočasnou stabilitu díla. V případě horninového prostředí bez průsků vody může být ostění použito jako trvalé. Minimální třída betonu trvalého ostění je C20/25. Trhliny o šířce přes 0,3 mm, které vzniknou ve stříkaném betonu definitivního ostění, se musí zainjektovat. Při mimořádném namáhání nebo u trhlin vedoucích vodu se musí injektovat i trhliny s menší šířkou než 0,3 mm.
- Tunelová vyzdívka tvořená cihlovým zdívkem nebo kamennými kvádry byla používána u starých tunelovacích metod, nebo v případě, kdy slouží pouze jako obkladní prvek bez výraznější nosné funkce (ochrana proti opadávání skalních úlomků) ve skalních materiálech zdravých nebo pouze slabě tektonicky porušených.
- Kombinovaná ostění tvoří kombinaci některých z výše popsaných typů ostění. Příkladem je jednokolejný tunel Veraina ve Švýcarsku, který byl ražen pomocí TBM, definitivní ostění tvořila pouze vrstva stříkaného betonu se sítí a kotvami. V počtvě byl použit prefabrikovaný dílec s odvodňovacím žlabem a upevněním kolejí.

6.3.4 PODLE POŽADAVKŮ NA DEFORMACE NADLOŽÍ

- Tunely „na zelené louce“ – velikost deformace nadloží není omezena. V případě NRTM je možno optimálně využít samonosnosti horninového masivu. Ostění je do výrubu vsazeno po odeznění takové části deformace, která umožní snížit dimenze ostění na minimum (viz Fenner-pacherova křivka).
- Tunely s omezením hodnot sedání nadloží – velikost deformace nadloží omezují díla citlivá na poklesy (tunely v městské zástavbě, tunely křižující inženýrské sítě apod.). Pro tunelování je nutno volit takovou metodu, která

zajistí požadovanou hodnotu deformací povrchu (deformace řízená technologickým postupem). Podle složitosti IG podmínek jsou to např.:

- a) NRTM s opatřeními prováděnými v předstihu před ražbou (jehlování, mikropilotové deštníky, zmrazování, vakuování, ražba pod stlačeným vzduchem apod.)
- b) Metoda obvodového vrubu, metoda Lunardi apod.
- c) Ražba štítem s aktivním pažením čela (bentonitový, zeminový štít, stlačený vzduch apod.)

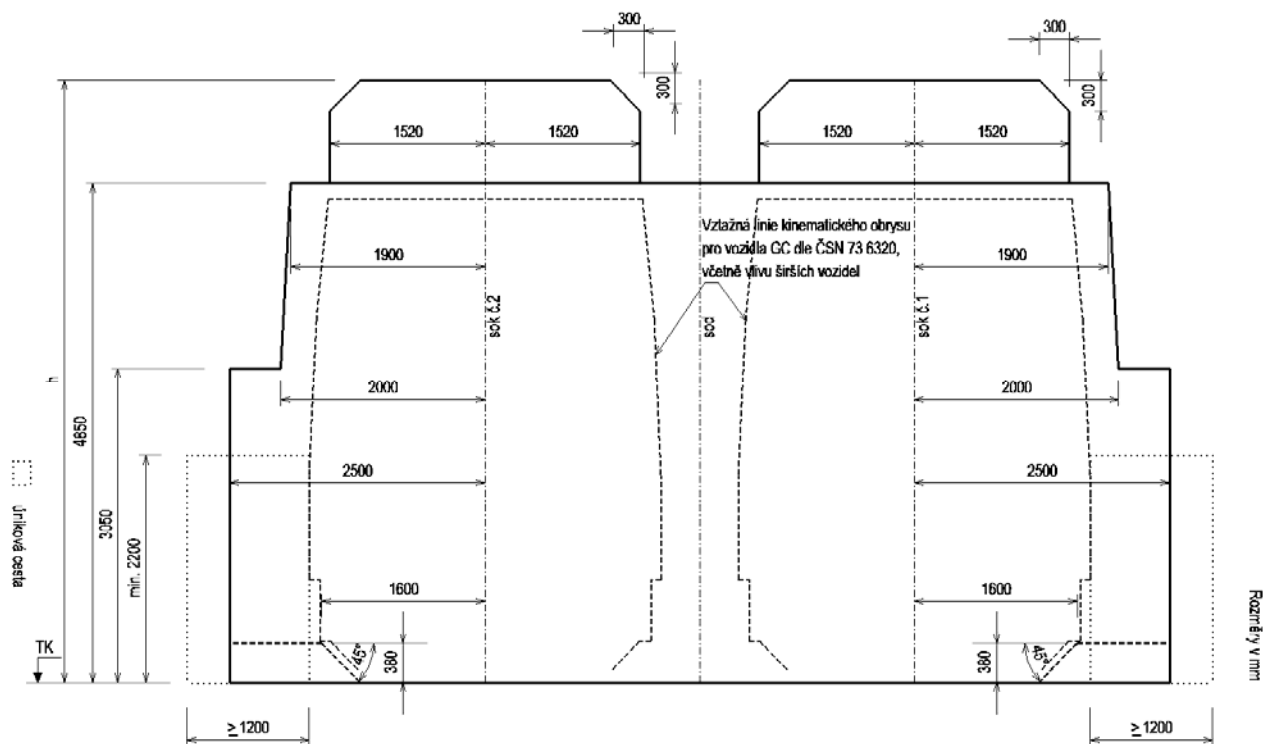
Menší podíl únosnosti horninového masivu na celkové únosnosti systému „ostění – hornina“ vede k většímu zatížení ostění a tím k nárůstu tloušťky a stupně vyztužení konstrukce. V případě NRTM není ostění vsazováno před odezněním optimální hodnoty deformací výrubu, ale mnohem dříve.

6.3.5 PODLE POŽADAVKŮ NA VODONEPROPUSTNOST

NÁVRH SYSTÉMU OCHRANY PROTI PRONIKÁNÍ VODY DO TUNELU				
	PROSAKUJÍCÍ VODA (ustálená hladina pod úrovní dna tunelu)	TLAKOVÁ VODA		
		Do 30 m vodního sloupce	Do 60 m vodního sloupce	Více než 60 m vodního sloupce
Nízká agresivita prostředí	Beton odolný proti průsakům v kombinaci s těsnicími pásy ve spárách nebo jedna vrstva izolační fólie v horní klenbě tunelu (systém deštníku)	Beton odolný proti průsakům v kombinaci s těsnicími pásy ve spárách nebo jedna vrstva izolační fólie po celém obvodu tunelu. Izolace je v podélném směru rozdělena na vodotěsné na sobě nezávislé sektory.	Beton odolný proti průsakům a jedna vrstva izolační fólie po celém obvodu tunelu. Izolace je v podélném směru rozdělena na vodotěsné na sobě nezávislé sektory.	Beton odolný proti průsakům a dvě vrstvy izolační fólie po celém obvodu tunelu. Izolace je v podélném směru rozdělena na vodotěsné na sobě nezávislé sektory.
Vysoká agresivita prostředí	Jedna vrstva izolační fólie po celém obvodu tunelu.	Beton odolný proti průsakům a jedna vrstva izolační fólie po celém obvodu tunelu. Izolace je v podélném směru rozdělena na vodotěsné na sobě nezávislé sektory.	Beton odolný proti průsakům a dvě vrstvy izolační fólie po celém obvodu tunelu. Izolace je v podélném směru rozdělena na vodotěsné na sobě nezávislé sektory.	

Z hlediska požadavků na vodonepropustnost:

- Vodonepropustnost ostění není nutné řešit, protože horninový masiv je suchý a nehrozí vytvoření druhotných cest proudění vody po vybudování tunelu. Agresivita prostředí je nízká a ani v budoucnu nehrozí její zvýšení.
- Vodonepropustnost zajišťuje kombinace vodonepropustného materiálu ostění a vhodně voleného těsnění spár (pracovních a dilatačních).



Obr. 6.3 - STPP pro elektrizovanou trať v přímé a v oblouku o poloměru $R \geq 300$ m.

Tvar příčného řezu musí v každém případě zajistit prostorovou průchodnost tratě. Nově navrhované, rekonstruované tunely a galerie musí podle svým prostorovým uspořádáním vyhovovat na jednokolejných tratích tunelovému průjezdnému průřezu (TPP – viz obr. 1), na dvoukolejných tratích sdruženému tunelovému průjezdnému průřezu (STPP – viz obr. 2). Konstruktivní zásady upravuje příslušná norma. V České republice je v současnosti novelizována ČSN 73 7508 Železniční tunely. V dalším textu jsou uvedeny některé zásady nutné pro návrh příčného řezu tunelu v souladu s citovanou normou.

Normální osová vzdálenost kolejí v nově navrhovaných a rekonstruovaných dvoukolejných tunelech je 4 000 mm. U nově navrhovaných dvoukolejných tunelů na vybraných nových tratích je normální osová vzdálenost kolejí 4 200 mm. Výška h tunelového průjezdného průřezu (viz obr. 1 nebo 2) v nově navrhovaných a rekonstruovaných tunelech bez ohledu na délku tunelu, galerie je:

- na elektrizovaných tratích 6 000 mm;
- na neelektrizovaných tratích 4 850 mm.

Tunelový průjezdný průřez platí v celé délce tunelu a v délce 6,0 m před začátkem a 6,0 m za jeho koncem.

Do tunelového průjezdného průřezu nesmějí zasahovat žádné části tunelového objektu, zařízení umístěná v tunelu ani jiné překážky, s výjimkou:

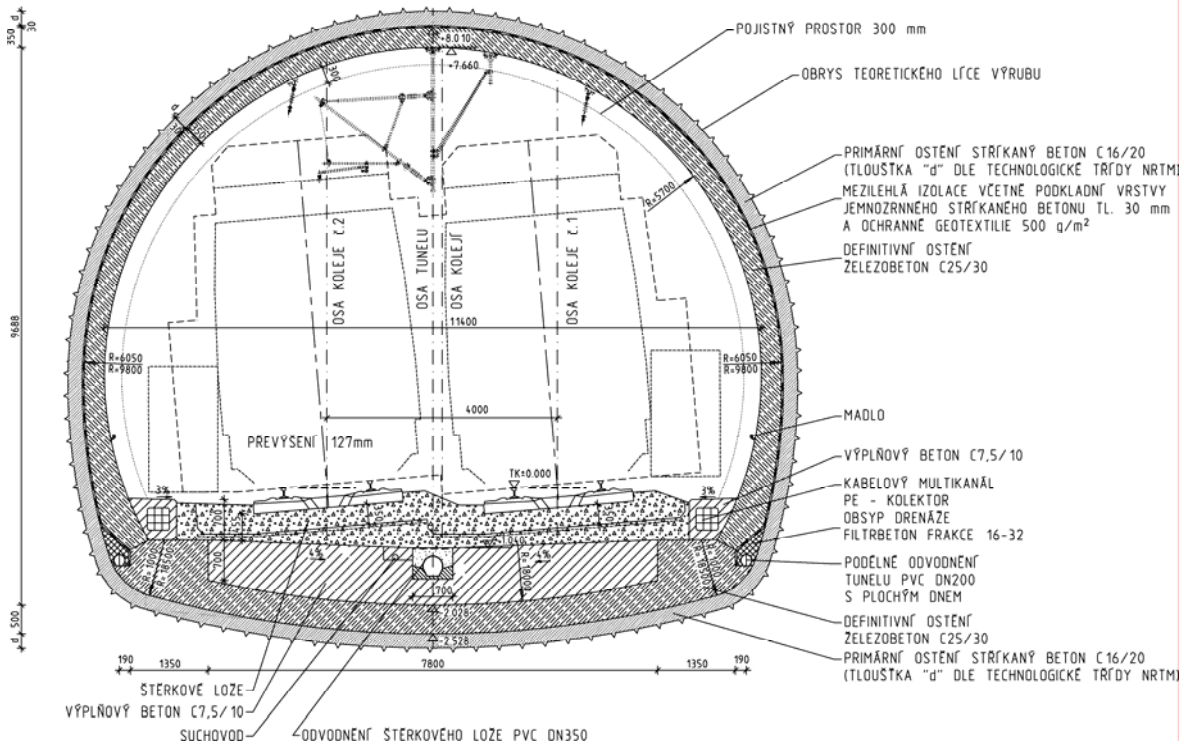
- pohyblivých zařízení trakčního vedení a vlastní trakční vedení podle ČSN 34 1530 do horní části TPP případně (STPP);
- ojedinelých neprůběžných příčných překážek, jako např. stykové transformátory pro kolejové obvody, výměníky vyhybek ve spodní části průjezdných průřezů, které přitom nesmí zasahovat do pochozí plochy služebního chodníku

Nově navrhované a rekonstruované tunely musí být vybaveny při obou stranách ostění služebním chodníkem s rovnou pochozí plochou minimální šíře 0,5 m. Při rychlostech do 120 km/h lze zřizovat služební chodník jen po jedné straně tunelu.

Při rychlostech nad 140 km/hod se tunel vybaví z důvodu bezpečnosti (správa, údržba, dohled a pod.) na obou opěrách pevnými madly.

Minimální šířka pruhu pojistného prostoru je stanovena 300 mm jednotně pro jednokolejně i dvoukolejně tunely.

VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ – RAŽENÝ TUNEL M 1:50



Obr. 6.4 – Vzorový příčný řez – dvoukolejný tunel ražený NRTM

Geometrické řešení napojení horní klenby tunelu na patky nebo spodní klenbu musí umožnit umístění podélné tunelové drenáže (pokud je navržena) včetně obsypu drenážním materiálem. Volná šířka patky (banketu) splňuje nejen požadavky na pojezd bednicího vozu, ale i požadavky na nutné rozměry pro čištění stěrkového lože. Prostor nad banketem slouží k umístění kabelovodu a požárního vodovodu.

Optimalizace tvaru příčného řezu (plochy výrubu) má zásadní dopad do celkové ceny díla. Cena 1 m³ výrubu dvoukolejného železničního tunelu dosahuje cca 6 400,- Kč.

Geometrické uspořádání příčného řezu by mělo respektovat návrh členění výrubu na dílčí části (kalota – jádro – počva) a umístit případné změny křivosti líce ostění do předpokládaných rozhraní dílčích výrubů. To usnadňuje např. výrobu i montáž výztužných rámu primárního ostění.

Výztuž definitivního ostění budovaného monoliticky do bednění je prováděna jako samonosná, aby nedošlo k poškození mezilehlé izolace. Veškerá vedení sítí je vhodné umístit do chrániček uvnitř ostění. Při vedení sítí po ostění hrozí nebezpečí vandalizmu a zvyšují se náklady na údržbu.

Ve vrcholu klenby definitivního ostění se zřizují otvory pro dodatečné doinjektování po betonáži ostění. Doinjektování se provádí po 56 dnech tlakem 0,1 až 0,2 MPa.

6.5 POŽADAVKY NA MATERIÁL OSTĚNÍ

Třídy pevnosti betonu ostění se stanovují na základě požadavků statického výpočtu. Definitivní ostění jsou prováděna z betonu třídy pevnosti min. C20/25.

Optimální **teplota čerstvého betonu** (tj. teplota betonové směsi v době ukládání do bednění) se pohybuje v rozmezí 13 °C až 18 °C. Teploty pod 10 °C velmi výrazně zpomalují nárůst pevnosti, teploty vyšší než 25 °C mají za následek větší náchylnost k tvorbě trhlin. Ukládání čerstvého betonu s teplotou nad 30 °C je nepřipustné.

V **oblasti portálů** a do vzdálenosti 1000 m od portálů se musí prokázat stálost při mrazu v počtu 100 zmrazovacích cyklů, přičemž platí, že vodotěsnost ostění, použití provzdušňujících přísad a kameniva odpovídajících parametrů zpravidla mrazuvzdornost zaručuje.

V případě **vodotěsných definitivních ostění bez izolace** přebírá beton definitivního ostění plně funkci izolace. Tento beton je tedy třeba zhotovit nejenom tak, aby vykazoval odolnost proti průsakům, která představuje pouze jednu podmínku pro nepropustnost struktury betonu, ale také aby nevykazoval trhliny, které by vodu vedly. Výslednou kvalitu betonu významně ovlivňuje obzvláště dobrá zpracovatelnost, rozsáhlé omezení teploty čerstvého betonu a maximální teploty betonu, rychlost ochlazení a omezení smršťování. Zvláštní důraz je nutno klást na použití cementu s malým hydratačním teplem a na dodržení co možná nejmenšího celkového množství vody ve spojení s použitím přísad. Kromě toho je třeba dodržet příslušná konstrukční opatření. Technologický postup musí být navržen tak, aby se v prvních 3 dnech po odbednění zabránilo rychlému ochlazení a v prvních 7 dnech po odbednění rychlému vysychání konstrukce.

Aby se zamezilo vytvoření trhlin, je třeba **okamžik odbednění** co nejvíce oddálit. Při dodržení obvyklého 24-hodinového cyklu na jeden záběr betonáže (blok ostění délky max. 12 m) je obvyklá doba odbednění klenby v raženém úseku tunelu 12 až 14 hodin. Zkrátí-li se tato doba pod 10 hodin, musí být přijata opatření proti příliš silnému ochlazení a vysychání betonu. Jedná se zejména o zamezení příliš silného proudění vzduchu. (např. uzavřením portálu „závěsem“). Od opatření se může upustit, pokud je relativní vlhkost vzduchu větší než 90 % a rychlost jeho proudění nízká. Dobu odbednění je nutno stanovit s ohledem na tvar konstrukce a zatížení působící na konstrukci po odbednění (např. ustálení deformací primárního ostění).

6.6 POŽADAVKY NA ZAJIŠTĚNÍ TŘÍDY VODOTĚSNOSTI OSTĚNÍ

Požadavky na třídu vodotěsnosti určuje zadavatel. V České republice platí podle „ČD TKP – 20 Tunely“ pro novostavby

tunelů třída vodotěsnosti 0 (třída vodotěsnosti určuje maximální denní hodnotu průsaku vody ostěním v litrech vztaženou na plochu ostění). Ostatní třídy slouží pro zatřídění stávajících tunelů. Třída vodotěsnosti neurčuje požadavky na materiál ostění, ale na ostění

Stanovení třídy vodotěsnosti dle ČD TKP-20				
Třída vodotěsnosti	0	A	B	C
Množství vody q prosakující ostěním [litr/den/m ²]	0	1	3	10

jako celek. Proto je nutno navrhnout takový systém opatření, který zaručí splnění stanovených podmínek.

Součástí systému je zejména:

- stanovení parametrů použitých materiálů (ostění, izolační fólie, těsnících pásů apod.);
- návrh způsobu těsnění pracovních i dilatačních spár;
- návrh technologických postupů při provádění jednotlivých činností s posouzením pracovních fází výstavby;
- návrh systému kontroly provádění jednotlivých činností s ohledem na časový postup prací

Podle způsobu izolování tunelu rozlišujeme dva základní případy:

- systém „deštník“ izoluje **pouze horní klenbu** tunelu. Voda je sváděna k bočním tunelovým drenážím a odváděna k portálům, kde volně vytéká. Ostění není namáháno hydrostatickým tlakem, tunel působí jako drén a ovlivňuje hydrologické vlastnosti území. Je nutno posoudit vliv tunelu na snižování hladiny spodní vody. Minimální podélný sklon tunelu by neměl být v žádném úseku menší než 0,3 %. Pokud je tunel ve směrovém oblouku, platí požadavek pro minimální sklon boční drenáže na vnějším okraji oblouku. Významnou roli při volbě minimálního podélného sklonu hraje složení horninového masivu a s ním spojený podíl jemných částic obsažených v podzemní vodě (výluhy z horninového masivu, případně z primárního ostění). Nižší sklon než 0,3 % vede k dalším konstrukčním opatřením při návrhu odvodňovacího systému tunelu a klade zvýšené nároky na údržbu systému po celou dobu životnosti tunelu. Nefunkční systém odvodnění může způsobit nejen nežádoucí průsaky do tunelu, ale vlivem zatížení ostění hydrostatickým tlakem může vést až k jeho destrukci.
- izolování **celého obvodu tunelu** zamezuje snížení hladiny spodní vody. Systém izolace vyžaduje zpravidla tunel se spodní klenbou. Při návrhu dimenzí ostění je nutno zohlednit i zatížení hydrostatickým tlakem. Provádění izolace je náročné z hlediska návrhu technologických postupů, vlastního provádění i kontroly těsnosti. Tunel nemá boční drenáž, střední tunelová drenáž slouží k odvedení technologické vody nebo kapalin v případě havárie v tunelu. Systém se používá v místech, kde by snížení podzemní vody negativně působilo na okolní prostředí, nebo v případě, kdy by agresivita podzemní vody mohla dlouhodobě snižovat kvalitu materiálu ostění. Použití je vhodné i v případě, kdy to stávající agresivita prostředí nevyžaduje, ale lze očekávat (nebo nelze vyloučit) její zvýšení (např. netěsnosti kanalizací v městských aglomeracích, možné havárie v místě chemických provozů apod.)

6.7 VNITŘNÍ VYBAVENÍ ŽELEZNIČNÍCH TUNELŮ

6.7.1 SLUŽEBNÍ CHODNÍK

Nově navrhované a rekonstruované tunely musí být vybaveny při obou stranách ostění služebním chodníkem s pochozí plochou minimální šíře 0,5 m. Při rychlostech do 120 km/h lze zřízovat služební chodník jen po jedné straně tunelu. Prostor pod služebním chodníkem se zpravidla využívá k umístění kabelových kanálů a šachet, požárního suchovodu apod. Při návrhu konstrukce chodníku je nutno brát zřetel na zachování nutného prostoru pro čištění šterkového lože.

6.7.2 MADLA

Při rychlostech nad 140 km/hod je z důvodu bezpečnosti tunel vybaven (správa, údržba, dohled apod.) na obou opěrách pevnými madly umístěnými 1100 mm nad úrovní služebního chodníku. Pokud není možno z důvodu vysoké rychlosti projíždějícího vlaku včas dosáhnout záchranného výklenku, je bezpečnost osoby před účinky tlakové vlny zajištěna madly, která jsou umístěna mezi záchrannými výklenky a kterých je možno se při průjezdu vlakové soupravy zachytit. Madla musí být ke konstrukci definitivního ostění upevněna tak, aby spoj nevnášel do ostění bludné proudy. Pokud je pro madlo použito vodivých materiálů, musí být konstrukce ukolejněna, nebo rozdělena nevodivými vložkami na úseky požadované délky. Poloha izolačních vložek zpravidla odpovídá poloze pracovních nebo dilatačních spár mezi bloky betonáže (tunelovými pásy).

6.7.3 SYSTÉM ODVODNĚNÍ TUNELU

Tunelová drenáž: Podle zásad novely ČSN 737508 se podélná tunelová drenáž navrhuje v minimálním sklonu 3 ‰. Směrnice **DS 853** připouští zmenšení sklonu drenážního potrubí v závislosti na materiálu drenážních trub a nebezpečí usazování výluhů v potrubí. Sklon lze snížit podle následující tabulky:

Minimální sklony tunelové drenáže podle německé směrnice DS853	
Druh materiálu potrubí	minimální spád
Betonové potrubí	≥ 0,25 ‰
Kameninové potrubí	≥ 0,20 ‰
Hladké potrubí z umělých hmot	≥ 0,15 ‰

Podélné odvodnění dna musí být provedeno jako trubní vedení kruhového nebo podkovovitého tvaru. Podélné odvodnění dna musí být dimenzováno s ohledem na množství vody vytékající z hory popřípadě na vodu protékající tunelem z oblasti před portálem. Při tom je nutné zohlednit možný podélný spád a drsnost potrubí. Trubní vedení musí být uspořádáno tak, že zaručí pokud možno nerušený a

rovnoměrný průtok. Pro dosažení samočisticí schopnosti odvodňovacího vedení by měla být dosažena rychlost průtoku minimálně 0,5 m/sec, avšak nesmí být překročena rychlost 3 m/sec při stálém průtoku potrubím. Jmenovitá světlost odvodňovacího potrubí pro podélné odvodnění dna je podle německé směrnice 300 mm. Při velmi slabém průtoku a velkém sklonu smí být zmenšena až na DN 200 mm. Pro odvodnění dna, které slouží také k odvodnění pláňe, musí být použity částečně děrované kameninové roury. Aby bylo možno potrubí čistit, musí bez poškození snášet vnitřní tlak 120 barů. Děrované potrubí musí být vloženo do betonu. Během betonáže musí být prosakovací otvory zakryty aby nebyly zaneseny. Na závěr musí být potrubí až k šterkovému loži zakryto filtračním materiálem.

Podle **ČSN 73 7508** se průtočný průřez tunelových odvodňovacích stok stanovuje na základě hydrotechnického výpočtu podle výsledků hydrogeologického průzkumu, předpokládaného množství průsaku vody do tunelu a třídy nepropustnosti

tunelu. Hydrotechnický výpočet se vyžaduje také v případě, je-li nutné vést tunelové stoky s malými sklony, t.j. menšími než 1%. Příčný sklon střechovitě upraveného krytu dna k centrální nebo k postranním drenážím činí minimálně 2,5 %. Střední tunelová drenáž se zpravidla navrhuje u tunelů uzavřeného kruhového průřezu a u podkovovitého tvaru dvoukolejných tunelů. Minimální sklon podélné tunelové drenáže závisí na hydraulických parametrech použitého potrubí a na vlastnostech horninového masivu a primárního ostění z hlediska výluhů jemných částic. V případě menších sklonů je vhodné volit takové přísady do betonu primárního ostění, které neovlivňují negativně množství jemných částic v podzemní vodě (například použití bezalkalických urychlovačů).

Šachty na čištění drenáže: Tunelová drenáž se navrhuje uzavřená s možností čištění ve vzdálenosti maximálně 50 m. Pro čištění a prohlídku podélného odvodnění dna musí být zřízeny snadno přístupné čistící a revizní šachty. Poloha šachet zpravidla odpovídá poloze záchranných výklenků. Čistící a revizní šachty a jejich vstupy musí být uspořádány tak, aby bylo možné použít kontrolní a čistící zařízení. V místě výklenku je zajištěn přístup k drenáži bez nutnosti změny směrového a výškového vedení

drenáže. V šachtě je na drenážní potrubí osazen čistící kus, který umožňuje pravidelnou údržbu a zamezuje zanesení potrubí nečistotami. Šachty na čištění drenáže je vhodné použít pro vyústění požárního vodovodu (suchovodu). Poklopy na šachty musí tvořit

bezpečnou podlahu záchranného výklenku. Pokud je v šachtě umístěno vyústění suchovodu, musí být poklop snadno odnímatelný. Materiál poklopu by měl být volen tak, aby nebyl „lákadlem“ pro vandaly a vhodnou sběrnou surovinou.

Podle směrnice německých drah DS 853 není nutno vodu jímanou drenáží upravovat, pokud se hodnota Ph pohybuje v intervalu 6 až 9 a sedimentace tuhých látek je pod přípustnou hodnotou. Pokud požadavky na kvalitu a čistotu vody nejsou splněny, je nutno zřídit usazovací, nebo neutralizační jímky.

Při návrhu trasy je vhodné sklon v tunelu volit tak, aby k odvodnění tunelu nemusela být prováděna další opatření. Švýcarská norma SIA 198/1:2002 udává jako minimální sklon nivelety hodnotu 5 %.



Obr. 6.5 – Kabelová šachta a šachta na čištění drenáže s napojením požárního vodovodu

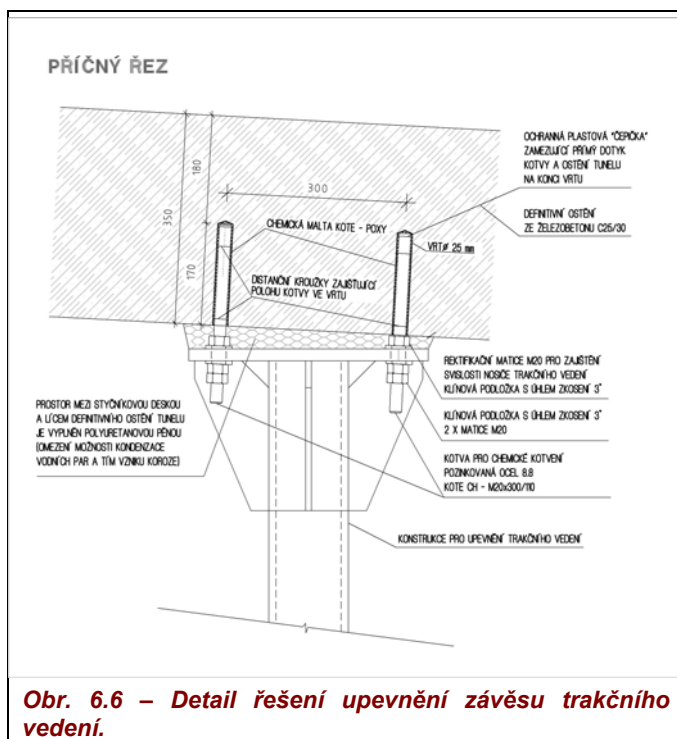
6.7.4 TRAKČNÍ VEDENÍ, UPEVNĚNÍ ZÁVĚSU TRAKČNÍHO VEDENÍ A UKOLEJNĚNÍ

Trakční zařízení umístěná v tunelech a galeriích se navrhuje podle ČSN 34 1500, ČSN 34 1530 a ČSN 37 5199. U neživých částí trakčního zařízení a všech zařízení, která se nacházejí v prostoru ohroženém trakčním vedením, se provádí ochrana před vznikem nebezpečných napětí podle ČSN 34 1500. V případě vodivého spojení neživé části trakčního zařízení s jinými neživými částmi (tj. kovovými objekty či předměty) jsou tyto předměty považovány za součást trakčního vedení. Pro tato zařízení se ochrana zřizuje jedna, společná s propojením v jednom místě podle ČSN 34 1500. U novostaveb a přestaveb tunelových objektů celostátních drah s rozchodem 1 435 mm se navrhuje výška trolejového drátu 5 300 mm nad temenem kolejnice. Snížené výšky trolejového drátu pro úsek trati nebo vlečky se navrhuje podle ČSN 34 1530. Velikost izolačních vzdáleností od vodičů nebo nosných konstrukcí závěsů trakčních vedení určuje trakční proudová soustava podle ČSN 34 1530.



Obr. 6.6 – Upevnění závěsu trakčního vedení.

Upevnění závěsů trakčního vedení by mělo být konstrukčně řešeno tak, aby se zásahy (vrty) do ostění omezily na minimum. V případě, kdy nelze zaručit absolutně suchý beton ostění (a to je prakticky vyloučeno vzhledem ke kondenzaci vodních par na líci ostění), je nutno uvažovat ostění jako polovodič. Konstrukce závěsu trakčního vedení musí být z hlediska ochrany proti účinkům bludných proudů s ostěním spojena nevodivě, resp. s požadovaným odporem. Proto je nutno izolovat každý bod upevnění a zvětšování počtu bodů zvyšuje riziko chybného odizolování celé konstrukce. Možným řešením je detail



Obr. 6.6 – Detail řešení upevnění závěsu trakčního vedení.

upevnění trakčního vedení použitý na tunelu Vepřek na traťovém úseku Kralupy nad Vltavou – Vraňany. Závěs je upevněn pomocí 4 chemických kotev se závitem. Chemická malta a distanční vložky zamezují přímému dotyku kotvy a ostění, resp. výztuže, pokud je vrtem zastižena. Aby nedošlo k přímému kontaktu styčnickového plechu a betonu ostění, fixují polohu styčnickového plechu 4 aretační matky. Ty rovněž zajišťují svislost závěsu při nepřesnostech vrtání a osazení chemických kotev. Závěs je upevněn pomocí dalších 4 matek a prostor mezi styčnickovým plechem a ostěním je vyplněn nevodivým materiálem. Chemické kotvy je vhodné navrhovat z nerez oceli. Upevnění musí být dimenzováno na vlastní tíhu závěsu a síly od zatížení lanem trakčního vedení.

Ukolejňování závěsu trakčního vedení doporučujeme provádět pomocí ukolejňovacího lana vedeného pod vrcholem klenby

tunelu. Lano je vytaženo před tunel na „bránu“ a vlastní ukolejňování je provedeno před tunelem. Vedení ukolejňovacího lana od závěsu ke kolejnici chráničkou v ostění je vzhledem k průměru lana problematické. Vedení lana po líci ostění znamená další zásah do ostění a komplikace při zajištění ochrany proti účinkům bludných proudů. Lano rovněž nesmí volně křížovat pochozí stezku nebo únikovou chodbu.

6.7.5 OCHRANA PROTI DOTYKU SE ŽIVÝMI ČÁSTMI TRAKČNÍHO VEDENÍ



V případě, že není nepřístupnost portálu zajištěna jiným způsobem (reliéf terénu, oplocení apod.) je nutno navrhnout ochranu proti nebezpečnému dotyku se živými částmi trakčního vedení. Zásady návrhu stanovuje ČSN 73 6223. Připevnění ocelové konstrukce k definitivnímu ostění portálového tunelového pásu je nutno provést tak, aby splňovalo požadavky na ochranu proti účinkům bludných proudů. Rozsah konstrukce v příčném směru i poloha vůči

portálové hraně musí zabránit přístupu osob. Zábrana musí být vyplněna pletivem s velikostí ok 12,5 x 12,5 mm a tloušťkou drátu 1,5 mm. Konstrukci je vhodné k ostění připevnit dodatečně po betonáži ostění, aby nevyžadovala vkládání upevňovacích prvků do bednění. Příklad technického řešení představuje upevnění konstrukce pomocí chemických kotev požadovaných elektroizolačních vlastností osazovaných do vrtů. Kotevní plech a ostění tunelu nesmí být v přímém kontaktu, aby nedocházelo k přenosu bludných proudů do konstrukce ostění. Proto je prostor mezi kotevním plechem a ostěním možno vyplnit např. plastbetonem.



6.7.6 OCHRANA PROTI ÚČINKŮM BLUDNÝCH PROUDŮ

Při návrhu ochrany tunelu před účinky bludných proudů je třeba zohlednit zejména:

- výsledky korozního průzkumu,
- způsob výstavby (hloubený / ražený tunel),
- způsob napájení trakčního vedení (střídavá / stejnosměrná),
- typ ostění (monolitické/prefabrikované, vyztužené/nevyztužené)
- typ a rozsah izolace proti vodě,
- vedení a způsob upevnění součástí vybavení tunelu (trakční vedení, madla, suchovod, ukolejnění) apod.

Z hlediska vybavení tunelu jsou podle projektu ochrany před účinky bludných proudů určena místa vyústění měřicích kabelů. Kabely jsou vedeny kabelovými kanály do zamykatelných skříní osazených do konstrukce definitivního ostění. Polohu skříní je nutno volit tak, aby měření mohla probíhat za provozu bez ohrožení pracovníků železniční dopravou. K umístění skříní se využívá čela portálů nebo záchranných výklenků.

Zařízení v tunelech se navrhuje tak, aby nezavlékala bludné proudy do konstrukce tunelu. Při návrhu způsobu uložení kovových zařízení je nutno zohlednit celkové řešení ochrany proti účinkům bludných proudů v tunelu. Zařízení se ukládají pokud možno izolačně vůči betonovým konstrukcím, které se vzhledem k přirozené vlhkosti chovají jako polovodiče. Při návrhu liniových vedení (potrubí, chráničky, kabelovody) se přednostně používá plastů a plastových plášťů. Jsou-li instalována zařízení kovová (požární vodovod), použijí se na vstupu do tunelu elektroizolační styky, nebo se zařízení uloží elektroizolačně (např. HDPE obal). Dilatační spáry se využijí pro elektrické oddělení jednotlivých částí stavby (tunelových pásů), pokud to založení konstrukce umožňuje

Pokud se v tunelu zřizuje uzemění, navrhuje se jako základový měnič. Technologická zařízení jsou k uzemění připojována přes rozpojitelné měřicí vývody. Základový zemnič v tunelu se nepropojuje s jiným zemničem vně tunelu. Pokud se navrhuje uzemňovací soustava mimo tunel, provede se napojení elektrických přístrojů tak, aby pracovní nebo ochranné vodiče nezavlékaly bludné proudy do konstrukce tunelů.

Kvalitu elektrického izolačního styku musí zhotovitel prokázat protokolem, ve kterém doloží, že elektrický izolační odpor je větší než 5 k Ω .

6.7.7 OSVĚTLENÍ TUNELU

Požadavky na osvětlení železničních tunelů řeší např. ČSN 737508. Nově navrhované i dosavadní tunely musí být z důvodu bezpečnosti vybaveny osvětlením. Intenzita osvětlení se navrhuje podle ČSN 36 0061. Přívod elektrické energie se navrhuje ve stupni zajištění 3 podle ČSN 34 1610. Osvětlení tunelu se doporučuje provádět zářivkovými svítidly v provedení elektrické třídy II. Napájecí napětí je maximálně 230V. U kabelových rozvodů se používá instalační materiál zajišťující ochranu před nebezpečným dotykovým napětím neživých částí izolací podle ČSN 33 2000-4-41 a ČSN 33 2000-5-52. Ovládání osvětlení se umísťuje do samostatných uzamykatelných skříní tak, aby bylo možné je zapínat a vypínat z obou stran tunelu. V České republice jsou skříně zpravidla umístěny před portály tunelu, nebo v prvním záchranném výklenku. Pokud to konstrukce ostění umožňuje (např. ostění z monolitického betonu, je vhodné preferovat vedení kabelů v chráničkách uvnitř ostění před vedením po líci ostění. Chráničky je nutno dimenzovat s ohledem na množství kabelů a zakřivení ostění, aby umožňovaly bezproblémovou výměnu kabelů. Poloha chrániček v ostění musí rovněž zohledňovat technologický postup při betonáži. Nastavování chrániček není vhodné z důvodu možnosti zatečení cementového mléka při betonáži a zneprůchodnění chráničky pro dodatečnou instalaci kabelů.

Nouzovým osvětlením o nejnižší intenzitě 2 lx se vybavují únikové cesty a záchranné chodby. Požadovaná doba činnosti nouzového osvětlení je 45 minut. Nouzové osvětlení se zabezpečuje ze dvou na sobě nezávislých energetických zdrojů.

Podle zahraničních zdrojů je požadavek možnosti zapínání nouzového osvětlení i z místa dispečera, který bývá obvykle o nehodě informován jako první. Nouzové vypínače (viditelné ve tmě) jsou umístěny po obou stranách tunelu ve vzdálenosti nepřesahující 125 m tak, aby bylo možné osvětlení zapnout přímo v tunelu vlakovým personálem nebo cestujícími. Aby se zabránilo případnému zneužití, jsou první vypínače umístěny min. 250 m od portálů (SRN).

6.7.8 ROZVOD ELEKTRICKÉ ENERGIE

Tunely se vybavují zásuvkovým rozvodem jen na žádost stavebníka. Pokud je požadován zásuvkový rozvod 400/231 V, instalují se zásuvky do uzamykatelných skříní. Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí musí být zajištěna samočinným odpojením od zdroje podle ČSN 33 2000-4-41:1996, čl. 413.1. Zásuvkové skříně se umísťují 50 m od portálů a v tunelu ve vzdálenosti 100 m až 150 m. K umístění zásuvek se v tunelu zpravidla využívají záchranné výklenky. Kabely zásuvkového rozvodu se v tunelu vedou kabelovými kanály podél opěr. V místě kabelových šachet jsou zaústěny chráničky kabelů, které vedou kabely v ostění až k zásuvkám. Pro použití chrániček platí stejné zásady, jako v případě osvětlení tunelu.

Pro ochranu zásuvek (se jmenovitým proudem nepřekračujícím 20 A), určených pro napájení ručního přenosného elektrického nářadí se použije proudový chránič se jmenovitým vybavovacím rozdílovým proudem do 30 mA podle ČSN 33 20 00-4-47:1996, čl.471.2.3.

6.7.9 DRÁŽNÍ TELEFON

Telefonní přístroje se obvykle umísťují s předepsanými sdělovacími okruhy v blízkosti hlavních návěstidel. Skříňky se zpravidla umísťují na stěnu tunelu, přičemž v tunelu nesmí zasahovat do únikové cesty více než v šíři 0,3 m. Přednostně se mají umísťovat do tunelových záchranných výklenků. V takovém případě musí být rozměry výklenku příslušně upraveny tak, aby jeho nejmenší světlé rozměry zůstaly zachovány a instalované provozní zařízení neohrožovalo bezpečnost ukryvaných osob.

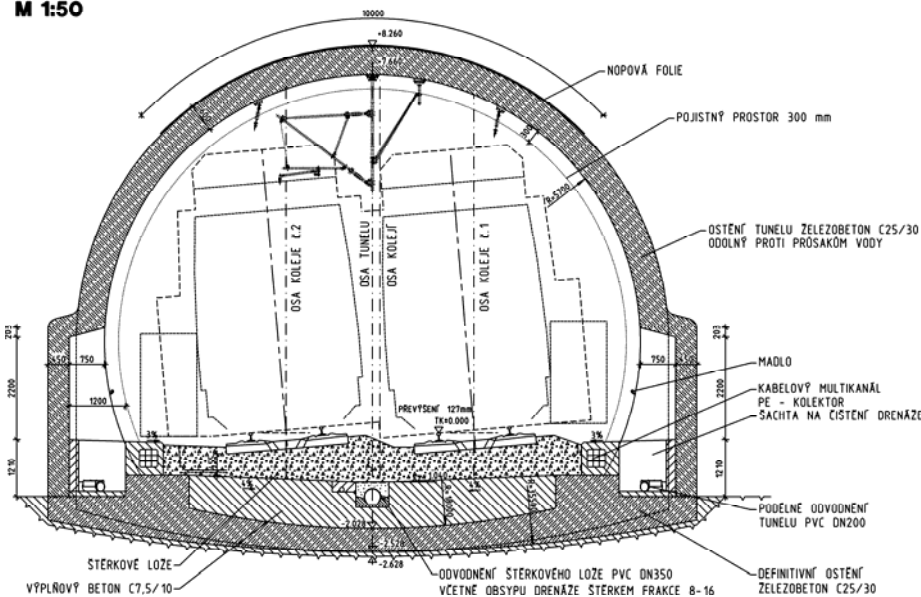
6.7.10 KABELOVÉ KANÁLY A ŠACHTY

Kabelová vedení, procházející tunelem, se přednostně doporučuje umísťovat do **kabelových kanálů** podél tunelových opěr s takovou prostorovou a konstrukční úpravou, aby překrytí kanálu současně sloužilo jako bezpečná pochozí plocha služebního chodníku popř. úniková cesta. Podmínky pro společné vedení kabelů sdělovacího a zabezpečovacího zařízení v jedné chrániče viz ČSN 73 6005. Přednostně se doporučuje umísťovat při jedné straně tunelu kabely sdělovacího a zabezpečovacího zařízení a při druhé straně tunelu kabely silnoproudé elektrotechniky. Při návrhu kapacity kabelových kanálů je třeba počítat s 25 % rezervou. Kabelové kanály jsou zpravidla prefabrikované, materiál tvoří beton nebo plast. Trasu kabelového kanálu přerušují kabelové šachty, které slouží jednak pro zatažení kabelů do kabelového kanálu, jednak jsou osazeny v místě odbočení kabelů z kabelového kanálu (např. pro osvětlení tunelu, zásuvkový okruh nebo měření bludných proudů). Vzdálenost šachet pro zatažení kabelů ovlivňují jejich parametry, vzdálenost šachet pro odbočení určuje systém elektrorozvodů v tunelu. Šachty jsou kryty poklopy, které musí splňovat jak požadavky na únosnost, tak na bezpečnost osob (pokud jsou součástí služebního chodníku nebo únikové cesty).

6.7.11 ZÁCHRANNÉ VÝKLENKY

Tunely a galerie musí být vybaveny záchrannými výklenky. Navrhují se v osové vzdálenosti maximálně 25 m, umístěnými

PŘÍČNÝ ŘEZ V OSE VÝKLENKU - HLOUBENÝ TUNEL M 1:50



vstřícně po obou stranách tunelu. U tunelů zabezpečených trvalým ostěním z montovaných dílců se toleruje nevstřícnost záchranných výklenků až o 3 m. U jednokolejných tunelů a galérií, v odúvodněných případech v nepříznivých geologických podmínkách a v dvukolejných tunelech provozovaných jednokolejně, se mohou zřizovat záchranné výklenky jen po jedné straně v osové vzdálenosti nejvýše 20 m se souhlasem stavebníka.

Obr. 6.7 – Vzorový příčný řez – dvukolejný tunel se záchranným výklenkem ražený NRTM

Dno tunelového výklenku se navrhuje ve spádu 3% k ose tunelu. Pokud se do záchranného výklenku umísťuje provozní zařízení dráhy, je nutné jeho rozměry příslušně upravit tak, aby nejmenší světlé rozměry zůstaly zachovány. Provozní zařízení umístěné do výklenku nesmí ohrožovat bezpečnost ukryvaných osob.

Světlé rozměry záchranného výklenku			
Rozměr	ČR	SRN	Rakousko
Šířka	2000	1600	1500 - 2000
Hloubka	750	800	1100
výška	2200	2000	2200

6.7.12 ÚNIKOVÉ CESTY

Pro únik osob z ohroženého prostoru v tunelu slouží především úniková cesta v plné šíři profilu tunelu. Podél stojící vlakové soupravy mají mít únikové cesty šířku nejméně 1,2 m a výšku nejméně 2,2 m. Vestavěná zařízení (zabezpečovacího, sdělovacího, trakčního zařízení) v tunelu nesmí zasahovat do únikové cesty více než v šíři 0,3 m. Tato míra nesmí být překročena ani tehdy, když použitelná šířka únikové cesty je větší než nejmenší šířka 1,2 m. Délka vestavěného zařízení nesmí překročit 2,0 m. V celé délce záchranných chodeb nesmí být stavby nebo konstrukce, které by bránily plynulému a bezpečnému pohybu osob. Podle ČSN 737508 není maximální délka únikové cesty stanovena, podle německých předpisů nesmí délka únikové cesty překročit 500 m.

Záchranná chodba může být vytvořena:

- a) propojením souběžných tunelů spojovací chodbou;
- b) vytvořením samostatné souběžné chodby;
- c) vybudováním svislé šachty se schodištěm.

U záchranné chodby podle bodu c) je nutno při hloubce šachty nad 30 m zřídit záchranný výtah. Výtah musí zajišťovat bezpečnou evakuaci osob (včetně transportu zraněných osob na nosítkách) a umožňovat dopravu požární techniky do prostoru tunelu. Provedení a vybavení výtahu se navrhuje v souladu s požadavky na evakuační výtahy podle ČSN 73 0802. Maximální výtahem překonávaný výškový rozdíl 60 m vyplývá z obvyklé kapacity výtahů.

Záchranné chodby a evakuační výtahy tvoří samostatné požární úseky. Světlá šířka spojovacích chodeb a samostatné záchranné chodby musí být nejméně 1,5 m a světlá výška nejméně 2,5 m. Dveře v záchranné chodbě musí mít šířku nejméně 0,9 m a musí být otevíratelné ve směru úniku otáčením křídel v postranních závěsech. Kování musí být navrženo tak, aby se vyloučilo zachycení oděvu při průchodu. Dveře spojovací chodby propojující souběžné tunely musí mít navrženo otevírání tak, aby byl umožněn únik oběma směry. Záchranná chodba musí mít zajištěno přetlakové větrání.

K bezpečnému zamezení průniku dýmu a zplodin z prostoru tunelu do únikových chodeb a šachet je v SRN požadováno vytvoření bezpečnostních předělů v délce 12 m. Dveře předělů musí být ohnivzdorné s dostatečnou těsností proti průniku spalin a automaticky uzavíratelné.

Vstupy do záchranných chodeb a směr úniku musí být v tunelu zřetelně označeny včetně uvedení vzdálenosti od portálu nebo vstupu do záchranné chodby. Označení se umísťuje po 100 m tak, aby bylo viditelné již při intenzitě osvětlení 2 luxů. Výška umístění nad úrovní kolejového tělesa nesmí přesahovat 2 m. Únikové a záchranné chodby musí být vybaveny nouzovým osvětlením. Pokud záchranná chodba (štola) navazuje na svislou šachtu, nepřesahuje její délka 150 m. V případě, že je délka záchranné chodby delší než 300 m, zvětšuje se světlý průřez na 2,5 x 2,5 m při maximálním sklonu 10% (umožňuje průjezd záchranných vozidel).

6.7.13 ZÁSOBOVÁNÍ POŽÁRNÍ VODOU

V každém tunelu přesahujícím délku 500 m musí být instalováno nezavodněné požární potrubí DN 100 s osazenými výtokovými ventily DN 52 s tlakovými hrdlovými spojkami opatřenými tlakovými víčky. U každého výtoku musí být osazen rychlouzavírací ventil. Vzdálenost mezi výtokovými ventily může být maximálně 80 m. Na obou koncích nezavodněného požárního potrubí se osazuje tlaková hrdlová spojka. Ukončení nezavodněného požárního potrubí se navrhuje v prostoru nástupní a záchranné plochy.

Zdrojem požární vody pro hasební zásah může být:

- požární voda z přírodního vodního zdroje;
- požární voda tlakového vodovodního řadu;
- požární voda z požární nádrže.

Požadované parametry jsou:

- množství požární vody $Q = 1\,200\text{ l/min}$ po dobu 1 hodiny;
- výstupní tlak vody požárního potrubí 0,45 MPa.

Pokud je požární potrubí vyrobeno z vodivého materiálu, musí být provedena taková opatření, aby nebylo zdrojem negativních účinků bludných proudů na konstrukci (např. obalení potrubí HDPE vrstvou). V případě, že je materiálem potrubí plast, musí být prokázána požadovaná požární odolnost a zpravidla provedena další konstrukční opatření (obetonování potrubí, umístění v pochozí stezce, vedení v prostoru spodní klenby tunelu apod.).

6.7.14 NÁSTUPNÍ A ZÁCHRANNÁ PLOCHA, PŘÍSTUPOVÁ KOMUNIKACE

Tunel a východy ze záchranných chodeb musí být dosažitelné pro silniční vozidla. Přístupová komunikace se zřizuje podle možnosti k oběma portálům tunelu. V případě, kdy toto řešení místní poměry neumožňují, musí být přístupová komunikace navržena alespoň k jednomu z portálů. V návaznosti na přístupovou komunikaci se navrhuje nástupní a záchranná plocha.

Přístupová komunikace:

- musí mít šířku zpevnění nejméně 3 m;
- musí být navržena na tlak nejméně 80 kN nejvíce zatíženou nápravou požárního vozidla;
- musí být navržena pro rychlost 40 km/h.

Komunikace musí být odvodněna. Největší podélný sklon komunikace nemá přestoupit hodnotu 9 %. Na komunikaci je nutno zřídit výhybny ve vzájemné vzdálenosti nejvýše po 100 m pokud má jen jeden jízdní pruh. Dopravní značení je nutno doplnit dodatkovou tabulkou „Požární přístupová komunikace,,.

Nástupní a záchranné plochy musí:

- navazovat na přístupovou komunikaci;
- být odvodněna a zpevněna alespoň k jednorázovému použití vozidlem, jehož tíha na nejvíce zatíženou nápravu je nejméně 80 kN.

Nástupní a záchrannou plochu lze zatravnit nebo jiným způsobem upravit její povrch, pokud se zajistí její funkce a trvalým způsobem budou vyznačeny místa a hranice ploch, např. ukazateli.

6.7.15 SPOJENÍ PRO POTŘEBY ZASAHUJÍCÍCH JEDNOTEK

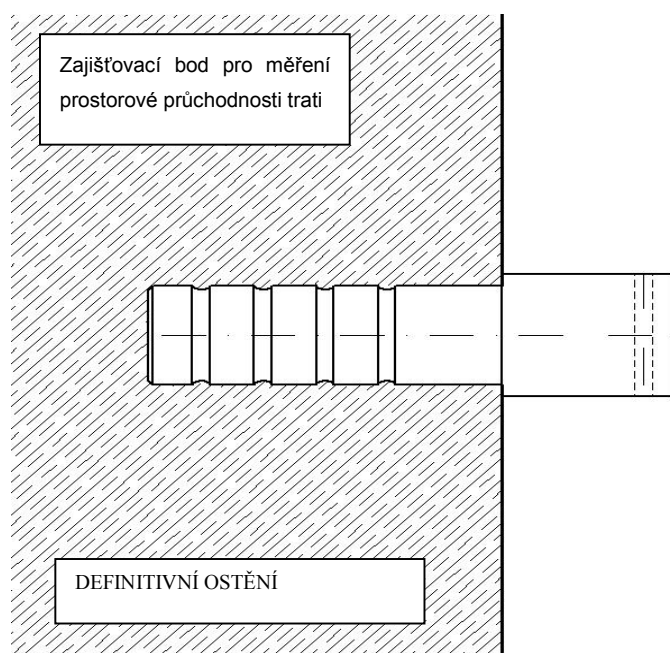
U tunelů s délkou nad 1 000 m je třeba technickým zařízením zajistit přenos radiového signálu mezi zasahujícími záchrannými jednotkami a místem provozního dohledu mimo tunel a rovněž pro dorozumívání mezi oběma portály.

6.7.16 MĚŘENÍ PROSTOROVÉ PRŮCHODNOSTI TRATI

V každém tunelovém pásu je osazena dvojice zajišťovacích bodů pro měření prostorové průchodnosti trati. Jedná se o konzolový prvek navržený z nerezové oceli umístěný 250 mm od spáry mezi tunelovými pásy ve výšce 500 mm nad úrovní TK. V tunelovém pásu P2 je umístěna navíc dvojice bodů v poloze 250 mm od konce tunelového pásu, resp. od konce tunelu. V tunelovém pásu P2 jsou výjimečně osazeny celkem 4 body. Způsob osazení bodů musí zaručit dostatečnou bezpečnost proti účinkům bludných proudů na konstrukci tunelu. Zejména je nutno zabránit přímému dotyku měřicího bodu s železobetonovou konstrukcí definitivního ostění. Hloubka zakotvení bodu v ostění 40 mm zajišťuje, že nebude převrtána hlavní nosná výztuž konstrukce ostění (při předpokládaném krytí výztuže 50 mm). Body jsou navrženy tak, aby je bylo možno použít i jako značky pro zajištění prostorové polohy koleje (viz předpis ČD-S3 Železniční svršek). Na rozdíl od značky uvedené v předpise ČD-S3 je značka vyrobena z tyčoviny jako plnoprofilová. Podélná osa konzoly musí být orientována vodorovně a kolmo na osu zajišťované koleje. Měřičský znak konzolové zajišťovací značky pro stanovení polohy je vyznačen v horní ploše konzoly vyvrtaným svislým otvorem (viz ČSN 73 0420). Výška je vztažena k horní ploše tohoto elementu. Parametry zajišťovacího bodu jsou uvedeny na obrázku. Po osazení všech značek je provedeno jejich geodetické zaměření (nulté měření). Pravoúhlé rovinné souřadnice a nadmořské výšky se uvádějí v metrech na tři desetinná místa. Zaměření bodu musí zabezpečit určení jeho polohy a výšky s přesností stanovenou podle ČSN 73 0422 pro vytyčení polohy podrobných bodů trasy (vztažené k bodům geodetické vytyčovací sítě). Připevnění značky musí být uskutečněno materiály a technologiemi schválenými hlavním geodetem ČD.

6.7.17 ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK V TUNELU

Kolej v tunelu se navrhuje v průběžném šterkovém kolejovém loži. Konstrukce železničního svršku se navrhuje zpravidla shodná s konstrukcí před a za tunelem. V případě technické a ekonomické výhodnosti je možné navrhovat v tunelu přímé uložení koleje. Konstrukční uspořádání železničního svršku v tunelu se navrhuje podle ČSN 73 6360, při volbě materiálu je třeba přihlídnout ke zvýšené agresivitě prostředí v tunelu. Kolejové lože v tunelu jednokolejném se navrhuje zapuštěné, ve dvoukolejném tunelu (zejména při jednokolejném provozu) může být i otevřené, je-li vzdálenost osy koleje od líce opěry větší než 3,0 m. V oblouku je nutno přihlídnout k rozšíření této vzdálenosti podle předpisu ČD – S3 Železniční svršek. Kolejové lože v tunelu musí dovolovat práci strojní čističky a odpovídat rozměrům kolejového lože na mostních objektech podle ČSN 73 6201.



Obr. 6.8 – Zajišťovací bod pro měření prostorové průchodnosti trati

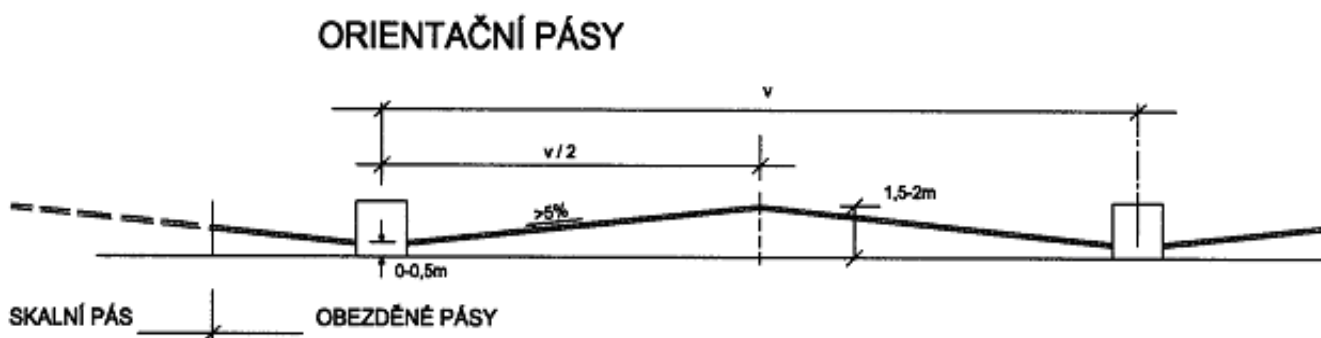
6.7.18 BEZPEČNOSTNÍ ZNAČENÍ V TUNELU

6.7.18.1 Značení záchranných výklenků

Z bezpečnostních důvodů musí být vnější obrys záchranného výklenku opatřen trvanlivým nátěrem v pruhu tloušťky 0.1 m na líci tunelové trouby a pruhem tloušťky 0.1 m uvnitř výklenku.

6.7.18.2 Značení únikových cest

Pro zajištění bezpečného pohybu a úkrytu pracovníků v tunelu jsou na ostění provedeny orientační pásy. Jsou to šikmé bílé pruhy o šířce 0.2 m propojující vzájemně záchranné výklenky, resp. vedou až k portálům tunelu. Vrchol pruhu je 2 m nad úrovní pochozí plochy uprostřed mezi výklenky a končí u výklenkové obruby 0.5 m nad úrovní pochozí plochy.



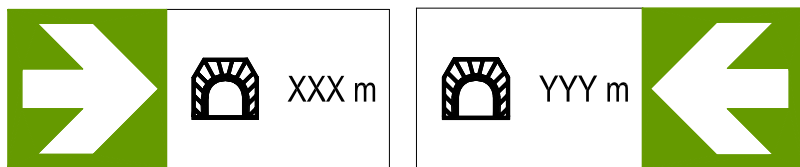
Obr. 6.9 – Značení únikových cest orientačními pásy mezi výklenky

Dalším typem značek jsou značky informující o vzdálenosti k portálu tunelu. Velikost značek vychází ze vztahu, který určuje největší vzdálenost, ze které je značka rozlišitelná. V řešeném případě tunelů budou značky rozmístěny tak, aby byly viditelné ihned po vystoupení osob z vagonu. Nejmenší plocha značky se určí ze vztahu]:

$$A \geq \frac{l^2}{2000}, \quad m^2$$

kde je: l ...vzdálenost pohledu na značku v metrech

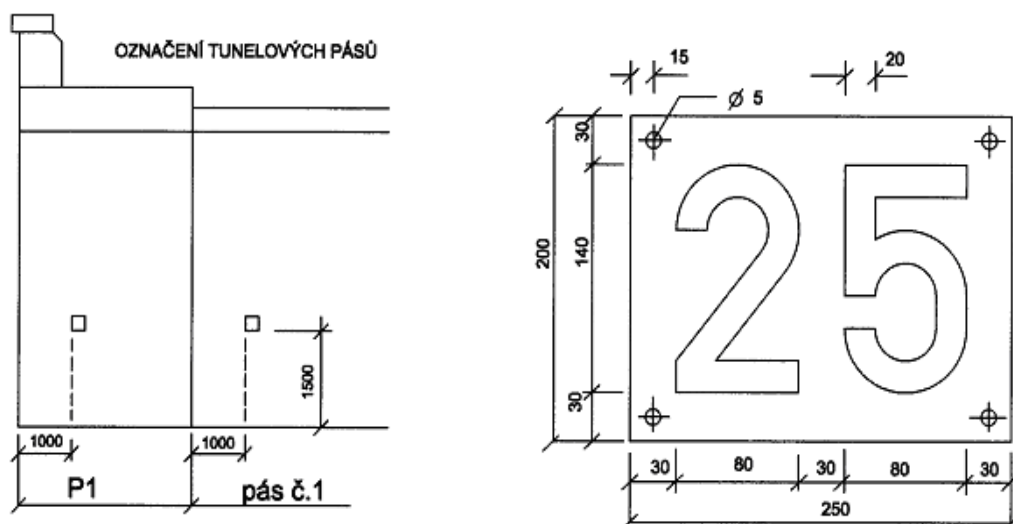
Při délce vagonu 26,4 m a vzdálenosti vagonu od stěny tunelu cca 1,3 m musí být značka rozlišitelná ze vzdálenosti 15 m. Při této vzdálenosti musí plocha značky dosahovat nejméně 0,1125 m². Této ploše odpovídá základní velikost značky 370 x 370 mm. Základní značka bude doplněna o popisnou část na informační tabulce.



Obr. 6.10 – Značení vzdálenosti k portálu tunelu

6.7.18.3 Značení tunelových pásů

Tabulky s čísly tunelových pásů se umísťují zásadně v levé opěře tunelu, ve výši 1.5 m nad niveletou přilehlé koleje a ve vzdálenosti 1.0 m od začátku tunelového pásu. Rozměr tabulky pro označení tunelových pásů je 200 mm x 250 mm (výška x šířka). Minimální výška číslic je 140 mm. Značení tunelových pásů a orientačních pásů podle předpisu ČD-S6 je znázorněno na následujícím obrázku.



Obr. 6.11 – Značení tunelových pásů

6.7.19 POŽÁRNÍ BEZPEČNOST

Požární bezpečnost tunelů musí být sledována a zachována jak při výstavbě, tak při provozování objektu. Konstrukce tunelů se navrhuje z nehořlavých hmot a musí zajišťovat dostatečnou stabilitu celé tunelové stavby. Zejména je nutné zamezit plošnému odlupování kusů betonu vzniklého teplotním namáháním ostění. U nově navrhovaných a rekonstruovaných tunelů se navrhuje koncepce požárního zabezpečení na základě podrobné analýzy podmínek konkrétní tunelové stavby. Tato obsahuje analýzu rizik, návrh jejich eliminace a z nich vyplývající stavební, technologická opatření v tunelu a organizačně provozní opatření v příslušném úseku železniční trati pro zajištění požární bezpečnosti. Stavební, technologické a organizačně provozní opatření se stanovují se zřetelem na dosažitelnou úroveň bezpečnosti, realizovatelnost opatření a efektivnost vynaložených prostředků. Rozsah požárního zabezpečení má zajistit možnost bezpečného úniku osob a možnost přístupu zasahujících záchranných jednotek, včetně přísunu a použití technických prostředků. Všechna nouzová zařízení (nouzové osvětlení, komunikační prostředky, zásobování elektrickou energií, požární vodovod apod.) musí tvořit ucelený a dlouhodobě funkční systém. Selhání jednotlivých komponentů nesmí v žádném případě ovlivnit funkčnost celého systému (německá norma DIN 4102 vyžaduje bezpečnostní stabilitu celého systému po dobu nejméně 90 min).

Zajištění požární bezpečnosti má dopad i do návrhu sklonových poměrů při návrhu trasy. Je vhodné tunely navrhovat v jednotném sklonu, aby v případě požáru mohla vlaková souprava opustit prostor tunelu bez použití síly hnacího vozidla. Doporučený podélný sklon by v takovém případě neměl klesnout pod 0,25%. Zároveň je nutno zohlednit, že v podmínkách „úplného hoření“ je možno počítat s plnohodnotnými jízdami vlastnosti hnacího vozidla pouze po dobu 15 min. Je nutné se vyvarovat konvexního nebo konkávního podélného upořádání trasy v tunelu. Přirozené větrání tunelu příznivě ovlivňuje výšková poloha portálů. Řešení s nestejným výškovým umístěním portálů vyvolává „komínový efekt“, jež příznivě ovlivňuje odvádění dýmu a ostatních spalin.

6.7.20 LITERATURA

- [1]. ČSN 73 7508 Železniční tunely (ČSNI 9/2002)
- [2]. ČD TKP 20 – Tunely, třetí aktualizované vydání, změna č. 2 (Praha 2000)
- [3]. ČD S3 Železniční svršek, změny 1 až 7 (ČD s.o. 1.2.1999)
- [4]. ČD S6 Správa tunelů (ČD s.o. 21.3.2001)
- [5]. TP 124 Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací (Ministerstvo dopravy a spojů 20.12.1999)
- [6]. SR 5/7(S) - služební rukověť - Ochrana železničních mostních objektů proti účinkům bludných proudů, (ČD s.o. 1995)
- [7]. ČD-DDC, Modernizace trati Kralupy nad Vltavou – Vraňany, tunel v km 446.030 - 446,420, realizační dokumentace (ILF Consulting Engineers, s. r. o. 2001-2002)
- [8]. ČD-DDC, Optimalizace traťového úseku Zábřeh – Krasíkov, tunel Malá Huba, projekt stavby (ILF Consulting Engineers, s. r. o. 2002)
- [9]. ČD-DDC, Optimalizace traťového úseku Zábřeh – Krasíkov, tunel Hněvkovský I., projekt stavby (ILF Consulting Engineers, s. r. o. 2002)
- [10]. Richtlinie 853, Eisenbahntunnel planen, bauen und instand halten,, Deutsche Bahn Gruppe (platnost od 1.6.2002)
- [11]. Brand- und Unfallschutz in Eisenbahntunneln, Eberhard Hohnecker Rail International – Scheinen der Welt (Mártz 2001 str. 33-38, Apríl 2001 str. 2-11)
- [12]. SIA 198:2002 Tunnelnorm Schweiz, Projektierung Bahntunnel (návrh 5/2002)
- [13]. Richtlinien für das Entwerfen von Bahnanlagen HOCHLEISTUNGSSTRECKEN (Wien 05/2002)