

TECHNICKÁ ZPRÁVA

STAVBA:	Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov
STUPEŇ DOKUMENTACE:	DSP a PDPS
STAVEBNÍ OBJEKT:	SO 01-17-01 Tunel Žďárský km 27,776 - 27,843

Obsah

1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY	4
1.1	Údaje o stavbě	4
2	SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ	6
2.1	Výchozí podklady	6
2.2	Hlavní související provozní soubory a stavební objekty	6
2.3	Přehled použitých norem, předpisů, vzorových listů apod.	6
2.3.1	Normy	6
2.3.2	Technické kvalitativní podmínky	6
2.3.3	Předpisy	7
2.3.4	Technická literatura a informační zdroje	7
2.4	Odchytky od platných norem a předpisů	7
3	ÚČEL A ROZSAH PŘEDMĚTU DÍLA	7
3.1	Obecně	7
3.2	Základní popis objektu Žďárského tunelu	8
3.3	Dostupné informace z historických zdrojů	9
3.3.1	Geotechnické podmínky a zajištění líce výrubu	10
3.3.2	Drenážní a hydroizolační systém tunelu	10
3.3.3	Sanační práce v letech 1960 – 1965 (ostění, hydroizolační a drenážní systém)	11
3.4	Koncepce technického řešení v dokumentaci	13
4	POUŽITÁ TERMINOLOGIE	13
5	PROVĚŘENÍ PROSTOROVÉ PRŮCHODNOSTI TUNELU	14
5.1	Prověřované průjezdné průřezy	15
5.2	Stanovení délky tunelových pásů	16
5.3	Poloha portálů a délka tunelu	16
5.4	Směrové a výškové vedení po úpravě GPK	16
6	POPIS KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ STÁVAJÍCÍHO TUNELU	16
7	TYPY ZJIŠTĚNÝCH ZÁVAD TUNELŮ	17
7.1	Typy vad tunelové obezdívky / ostění	17
7.2	Drenážní systém tunelu	22
7.3	Kabelovody a zajištění vedení inženýrských sítí	22
7.4	Portálové stěny a portálová křídla	22
8	NEJISTOTY V OKRAJOVÝCH PODMÍNKÁCH A VYPLÝVAJÍCÍ RIZIKA	23
8.1	Nejistoty v okrajových podmínkách technického řešení	23
8.2	Rizika vyplývající z nejistoty okrajových podmínek	25
9	POUŽITÉ TECHNOLOGIE A MATERIÁLY	25
9.1	Stříkaný beton	25
9.2	Stříkaná hydroizolační membrána	26
9.3	Těsnicí injektáž a spárování zdiva	28
9.3.1	Těsnicí injektáž spár kamenného zdiva	28
9.3.2	Spárování a injektování obezdívky – sanace vydrolených spár a průsaků	29
9.4	Drenážní potrubí	29

9.5	Kabelové žlaby – kabelovody	30
9.6	Sanační malty pro opravy betonových konstrukcí	30
10	OPRAVY A SANACE ZJIŠTĚNÝCH VAD KLENBY TUNELU	31
10.1	Průsaky ve spárách ve vrcholu klenby (typ T2)	31
10.2	Vady na ostění ze stříkaného betonu (typ T4)	31
10.3	Průsaky na portálových stěnách (typ T7)	32
10.4	Zdegradované nebo poškozené svodnice (typ T8)	32
11	OPRAVA DRENÁŽNÍHO SYSTÉMU TUNELU	32
12	OPRAVA PORTÁLOVÉHO KŘÍDLA A ŘÍMSY VÝJEZDOVÉHO PORTÁLU	33
12.1	Utěsnění průsaků trhlinami a pracovními spárami	34
12.2	Odstranění a doplnění degradovaného betonu	34
12.2.1	OVĚŘENÍ SOUDRŽNOSTI SANAČNÍCH MATERIÁLŮ S PODKLADEM	34
12.2.2	Odstranění degradovaných částí betonové konstrukce	34
12.2.3	Předúprava povrchu podkladu	35
12.2.4	Spolupůsobení betonu podkladu a sanačního materiálu	35
12.2.5	Kritéria použití sanačních materiálů	35
13	OBNOVA KABELOVODŮ	36
14	ZNAČENÍ V TUNELU	37
14.1	Požadavky předpisu SŽ S6 (2018)	37
14.2	Požadavky evropského předpisu TSI SRT	38
15	SEZNAM DOKUMENTACE	38

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY

1.1 Údaje o stavbě

Název stavby:	Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov
Specifikace stavby:	Veřejná drážní stavba liniového charakteru
Stupeň dokumentace:	DSP a PDPS
Dílčí část – objekt (SO/PS):	SO 01-17-01 Tunel Žďárský km 27,776 - 27,843
Charakter dílčí části:	Oprava železniční trati
Kraj:	Liberecký
Okres:	Jablonec nad Nisou
Katastrální území:	Šumburk nad Desnou [765031]; Tanvald [765023]; Desná [563552]; Desná I [625574]; Desná III [625591]; Polubný [669750]
Místo stavby:	km 27,533 – km 34,115
Trať dle Prohlášení o dráze:	507 00 Tanvald – Harrachov státní hranice
Traťový úsek TU:	TU 1671 Liberec – Harrachov státní hranice
Trať dle NJŘ:	548 Harrachov – Liberec
Kategorie dráhy:	Regionální
Období realizace:	předpoklad – 2023

Údaje o stavebníkovi:

Stavebník/investor:	Správa železnic, státní organizace Dlážděná 1003/7 110 00 Praha 1 - Nové Město IČ: 70994234, DIČ: CZ 70994234
Zástupce investora:	Oblastní ředitelství Hradec Králové U Fotochemy 259 501 01 Hradec Králové

Údaje o zpracovateli dokumentace a části dokumentace:

Hlavní projektant stavby: (dle SOD)	TÝM/SAGASTA – Tanvald – Kořenov Moskevská 532/60 101 00 Praha 10 Hlavní projektant stavby: Ing. Miroslav Rykl ČKAIT – 0400329 Autorizovaný inženýr pro dopravní stavby
--	---

Odpovědný projektant: (dílčí části SO/PS)	SAGASTA s.r.o. Novodvorská 1010/14 142 00 Praha 4 IČ: 04598555, DIČ: CZ 04598555 Odpovědný projektant SO: Ing. Libor Mařík ČKAIT – 0007841 Autorizovaný inženýr pro geotechniku Báňský projektant OBÚ 4893/06
Ostatní zpracovatelé: (dílčí části SO/PS)	SAGASTA s.r.o. Novodvorská 1010/14 142 00 Praha 4 IČ: 04598555, DIČ: CZ 04598555 Zpracovatel SO: Ing. Martin Svoboda
Ostatní zpracovatelé: (dílčí části SO/PS)	SAGASTA s.r.o. Novodvorská 1010/14 142 00 Praha 4 IČ: 04598555, DIČ: CZ 04598555 Zpracovatel SO: Ing. Petr Lapiš
Ostatní zpracovatelé: (dílčí části SO/PS)	SAGASTA s.r.o. Novodvorská 1010/14 142 00 Praha 4 IČ: 04598555, DIČ: CZ 04598555 Zpracovatel SO: Bc. Jakub Vladík

2 SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ

2.1 Výchozí podklady

Pro zpracování dokumentace pro stavební povolení byly použity následující podklady:

- Zvláštní technické podmínky (25.5.2020)
- Vstupní porada (vč. pochůzky) konaná dne 16.9.2020 na adrese Nádraží 344/1, Liberec
- Záměr projektu neinvestiční akce „Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov“
- Digitální katastrální mapa
- Archivní podklady získané od Státního oblastního archivu v Praze
- Zaměření stávajícího stavu (SŽG)
- Geodetické doměření jednotlivých míst a laserové skenování povrchu tunelu
- Místní šetření v průběhu zpracování dokumentace a fotodokumentace poruch
- Kopané sondy pro ověření tvaru počvy tunelu, polohy kabelovodů a drenáží

2.2 Hlavní související provozní soubory a stavební objekty

SO 00-10-01 Výstroj trati

SO 00-21-01 Přeložky kabelů

SO 01-10-01 Tanvald (mimo) - Desná (mimo), železniční svršek

SO 01-11-01 Tanvald (mimo) - Desná (mimo), železniční spodek

2.3 Přehled použitých norem, předpisů, vzorových listů apod.

2.3.1 Normy

- ČSN 737501 Navrhování konstrukcí ražených podzemních objektů - společná ustanovení (01/1993)
- ČSN 737508 Železniční tunely (09/2002)
- ČSN 736320 Prostorová průchodnost na dráze celostátních, dráhách regionálních a místních a vlečkách normálního rozchodu – Národní požadavky (02/2019)
- ČSN EN 206-1 Beton – část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – část 1: Obecná pravidla
- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy
- ČSN EN 14487-1 Stříkaný beton – část 1: Definice, specifikace a shoda
- ČSN EN 14488-1 Zkoušení stříkaného betonu - část 1: Odběr vzorků čerstvého a ztvrdlého betonu

2.3.2 Technické kvalitativní podmínky

- TKP 3 Zemní práce, třetí aktualizované vydání, změna č. 6 (07/2008)
- TKP 4 Odvodnění tratí a stanic, třetí aktualizované vydání, změna č. 6 (07/2008)
- TKP 7 Kolejové lože, třetí aktualizované vydání, změna č. 8 (03/2013)
- TKP 12 Chráničky a kolektory, třetí aktualizované vydání, změna č. 8 (03/2013)
- TKP 17 Beton pro konstrukce, třetí aktualizované vydání, změna č. 8 (05/2013)
- TKP 18 Betonové mosty a konstrukce, třetí aktualizované vydání, změna č. 8 (03/2013)

Technická zpráva

TKP 20 Tunely, třetí aktualizované vydání, změna č. 2 (01/2002)

TKP 22 Izolace proti vodě, třetí aktualizované vydání, změna č. 1 (11/2001)

TKP 23 Sanace inženýrských objektů, třetí aktualizované vydání, změna č. 5 (09/2006)

2.3.3 Předpisy

SŽ S4 Železniční spodek (01/2021)

SŽDC S6 Správa tunelů (09/2018)

2.3.4 Technická literatura a informační zdroje

Metodická příručka pro přípravu sanací tunelů (Amberg Engineering Brno, a.s. 03/2016)

https://www.ita-aites.cz/files/edice_CTuK/161209-sanace-tunelu.pdf

Permanent Sprayed Concrete Linings (ITA Report No. 24 - 10/2020)

Design Guidance For Spray Applied Waterproofing Membranes (ITAtch Report No. 2 - 04/2013)

<https://about.ita-aites.org/wg-committees/itatch/publications>

2.4 Odchyly od platných norem a předpisů

Podle čl. 3.43 se pro potřeby normy ČSN 737508 rekonstrukcí tunelu rozumí takové stavební práce při, kterých dochází zpravidla k výměně a zesilování tunelového ostění v rozsahu celého objektu, případně se přitom zvětšuje světlý tunelový průřez; zpravidla dochází ke změně polohy jednotlivých konstrukcí s ohledem na směrovou nebo výškovou úpravu osy tunelu. V případě rekonstrukce tunelu je pak nutno postupovat podle příslušných ustanovení této normy.

Zásahy do konstrukčního systému (tunelové portály, obezdívky a ostění) spojené s opravami objektů tunelů na trati Tanvald – Kořenov proto nejsou ve smyslu znění čl. 3.43 normy ČSN 737508 považovány za rekonstrukci tunelu. I když tunelové objekty po provedení opravy nebudou splňovat požadavky této normy, nejedná se v případě navržených technických řešení a úprav o technická řešení vyžadující výjimku z této normy.

3 ÚČEL A ROZSAH PŘEDMĚTU DÍLA

3.1 Obecně

Trať Tanvald – Kořenov je dle kategorie železničních drah podle zákona č. 266/94 Sb. o drahách drahou regionální, vlastníkem je ČR zastoupena SŽ, státní organizace, provozovatelem dráhy je SŽ, státní organizace. Jedná se o jednokolejnou, neelektrifikovanou trať. V předmětném úseku je trať ozubnicová. Jde o jednu z posledních normálně rozchodných ozubnicových železnic v Evropě a také o nejstrmější železnici v Čechách. V roce 1992 ji Ministerstvo kultury prohlásilo za kulturní památku.

Předmětem opravy je komplexní oprava traťového úseku Tanvald (mimo) – Kořenov (mimo), dopravní D3 Desná a odbočné výhybky na vlečku Preciosa Ornela a.s. (zatím v majetku vlečkaře) a zajistit tak bezpečné a spolehlivé provozování drážní dopravy a dlouhodobé udržení požadovaných parametrů trati (adhezní i ozubnicový provoz). Oprava proběhne v km 27,533 – 30,590; 30,730 – 34,115. Dopravní D3 Dolní Polubný není součástí této stavby a bude řešena samostatnou investiční stavbou. Součástí opravných prací bude oprava železničního svršku vč.

Technická zpráva

nové ozubnice na Y pražcích, železničního spodku, sanace skalních zářezů, sanace železničního spodku na přejezdech, oprava odvodnění, nástupišť (zast. Kořenov, dopravná D3 Desná), stezek, osvětlení, osazení EOY a elektromotorických přestavníků na krajních výhybkách v dopravně D3 Desná a s tím spojené zřízení technologického objektu, výpichy pro DDTS, oprava mostů, tunelů, zdí a propustků a oprava přejezdů P5545, P5546, P5547, P5548, P5550 a P5551.

Projektová dokumentace tunelu zcela naplňuje požadavky zadávací dokumentace na opravy a dále technicky řeší i vady, které byly zjištěny v průběhu zpracování projektové dokumentace po vyhodnocení místního šetření a dostupných informací o konstrukčním řešení a geotechnických podmínkách horninového masivu, ve kterém je tunel vyražen.

V původním staničení ŽKM před rekonstrukcí celého traťového úseku byla poloha tunelu dána staničením 27,77632 až 27,84360. Pod tímto označením je evidován v celé řadě dokumentů a statistik. Při úpravě geometrické polohy koleje (GPK) došlo vlivem úprav ke změně staničení, která se s přibývajícím délkou od počátku úseku zvětšuje. Na výkresové dokumentaci je proto z hlediska kontinuity pouze v názvu tunelu uváděno původní staničení, pro určení polohy portálů a konstrukcí v tunelu je již v situaci a řezech používáno nové staničení po úpravě GPK. Vjezdový portál je po úpravě GPK ve staničení ŽKM 27,775 517, výjezdový portál ve staničení 27,842 973.

3.2 Základní popis objektu Žďárského tunelu

Žďárský tunel délky 67,28 m je nejkratším ze čtyř tunelů na traťovém úseku Tanvald – Kořenov. Vjezdový portál je situován do staničení ŽKM 27,77632, výjezdový portál do staničení ŽKM 27,74360.

Vjezdový portál je obezděný rustikálními granitovými kvádry, ostění v prvních cca 10 m tunelu (v prvních dvou pasech) tvoří hrubě opracované žulové kvádry. Nad vjezdovým portálem je nízká parapetní zídka. Světlý průřez v prvních dvou pasech je 550/550 cm. Dále je ostění ze stříkaného betonu s výztuží z kari sítě. Poslední tunelový pas P2 na výjezdovém portále měřící 3,30 m je opět obezděn kamennými kvádry na světlý průřez 550/550 cm. Nad výjezdovým portálem je ochranná betonová deska, která brání padání zvětralých kusů skály do kolejiště. Oba předzářezy jsou skalnaté. Levý svah výjezdového portálu je značně zvětralý a zvodnělý. V jednom místě byl svah v roce 1955 sanován zárubní zdí.

Trasa od vjezdového portálu leží v přímé délky 38,17 m, po které následuje levostranný směrový oblouk s přechodnicemi o poloměru $R = 210$ m, $v = 20$ km/h, $D = 20$ mm. Podélný sklon je na začátku tunelu 28,527 ‰ a ve staničení km 27,79529 se zvyšuje na 42,775 ‰. Lom nivelety je zaoblen obloukem o poloměru $R = 2000$ m, $t = 14,248$ m, $y = 0,051$ m.

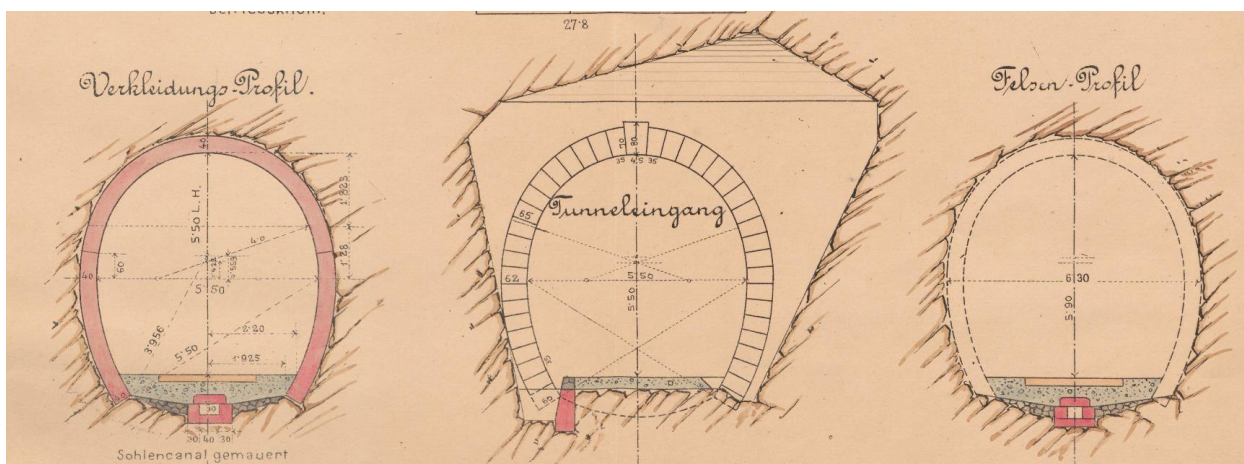
V celé délce tunelu je zřízena Abtova ozubnice. V tunelu nejsou žádné záchranné výklenky. Odvodnění původně zajišťovala odvodňovací střední tunelová stoka. Nyní je odvodnění zajištěno dvěma odvodňovacími žlaby při patách opěr.

V tunelu je použit železniční svršek A s ocelovými pražci a ozubnicí. Podle stávajícího technického stavu je hodnocen stupněm 1 ve smyslu čl. 4.7.4 předpisu SŽDC S6, tj. stavební stav tunelu, který vyžaduje pouze drobné údržbové práce, jako je čištění zdiva tunelové trouby a předportálových zdí, čištění příkopů v předzářezích a nad portály, čištění záchranných výklenků a tunelových stok, obnovování značení tunelových pásů a bezpečnostních nátěrů apod. Z hlediska průsaků podzemní vody do tunelu je tunel hodnocen stupněm zavodnění V2 (plošná zavlhllost

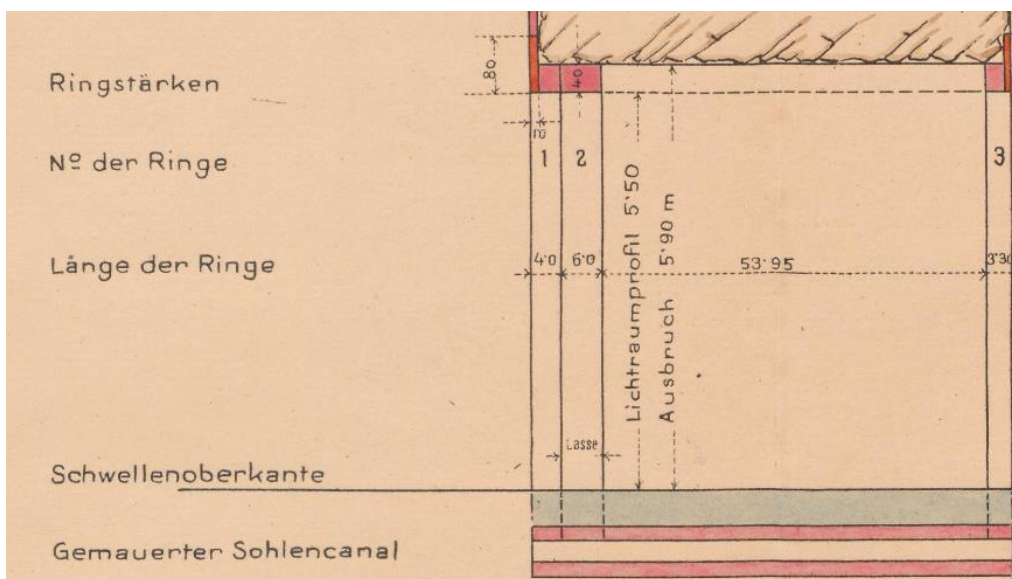
podle předpisu SŽDC S6). Tunel má zanešené podélné odvodnění. Kabelový žlab je veden vpravo ve štěrkovém loži. Beton zdi u výjezdového portálu je silně degradovaný. V rámci opravy koleje je podle zadání nutné obnovit podélné odvodnění tunelu a opravit (sanovat) betonové předportálové zdi u tunelového pasu P2 (výjezdový portál).

3.3 Dostupné informace z historických zdrojů

Pro návrh oprav patří k základním okrajovým podmínkám informace o výstavbě tunelu, stavu horninového masivu a stavebních úpravách, které v průběhu provozování prodělal. Ve Státním oblastním archivu v Praze se podařilo objevit výkresovou dokumentaci tunelu (kolaudační elaboráty z 11/1902) se zakreslením základních typů obezdívky v podélném směru a stručným popisem geotechnických podmínek. Základní typy dispozičního uspořádání příčného řezu ukazuje Obr. 1. Střední část tunelu byla původně vyražena bez zajištění stability výrubu obezdívkou (viz Obr. 2). Ta byla provedena ze stříkaného betonu až při rekonstrukci v letech 1960 až 1965.



Obr. 1 Příčné řezy tunelem podle archivní dokumentace 11/1902



Obr. 2 Podélný řez tunelem se základními geometrickými údaji (1902)

Technická zpráva

3.3.1 Geotechnické podmínky a zajištění líce výrubu

Skalní masiv je tvořen hrubě zrnitým výrazně porfyrickým biotitickým granitem (libereckými žulami). Vyznačuje se svým rozpukáním a různorodým zvětváváním. Granit je všesměrně zrnitý, světle šedý až narůžovělý. Základní hmota má zrnitost 0,5 – 8 mm a obsahuje minerály jako je např. křemen, plagioklas, draselné živce, biotit a vzácně také amfibol.

Tunel je proražen v liberecké žule. Maximální výška nadloží nad tunelem je cca 17 m. Obezdívka tunelové trouby se nachází pouze na vjezdovém a výjezdovém portále, střední část tunelu je neobezděná a je zajištěna ostěním z vyztuženého stříkaného betonu. Skalní masiv je místy silně rozpukáný a puklinami proniká značné množství vody, zejména pak v deštivých obdobích. Nejvíce průsaků je na levé straně ve směru staničení (do hory) vedle jízdní dráhy a v přístropí. Rozpukanost a odlučnost skalního masivu je patrná už ve vjezdovém skalním předzářezu (viz Obr. 3). Podle fotografie se dá skalní prostředí hodnotit jako poměrně kvalitní. Na výjezdové straně tunelu je pak zřetelné množství diskontinuit i jejich směr (viz Obr. 4).



Obr. 3 Skalní zářez na vjezdovém portále



Obr. 4 Skalní zářez na výjezdovém portále

3.3.2 Drenážní a hydroizolační systém tunelu

Po snesení obezdívky byly zbudovány nové odvodňovací stoky z betonových prefabrikátů uložených do betonového lože. Do nových stok byly vysekány drážky pro zaústění nových svodnic. Skalní líc by očištěn otryskáním pískem a následně tlakovou vodou. Do čistého skalního líce byly vyhloubeny drenážní kanálky (svodnice) a v místech velkých průsaků byla provedena drenáž hadicovou metodou. Nová drenáž se následně opatřila vrstvou stříkaného betonu tloušťky 20 mm. Poté byla na vrstvu umístěna výztužná síť $\varnothing = 3,15$ mm s oky 100 x 100 mm, která byla znovu zastříkána vrstvou betonu tloušťky 40 mm. V místech, kde měla být vrstva stříkaného betonu 100 mm, byl nástřík proveden po vrstvách. Veškeré svodnice a drážky vysekávané do skalního líce byly prováděny bez trhacích prací. Bylo dbáno na co možná nejpřesnější kopírování skalních puklin (pouze pokud byl velmi malý sklon, byla drenáž nejkratší cestou s dostatečným sklonem svedena do drážky). Rozměry drážek byly zhruba 100 x 100 mm a před nanesením vrstvy betonu byly očištěny.

Drenáž puklin horninového masivu byla prováděna hadicovou metodou. Na dno drážky se vložila gumová hadice délky cca 1 m a zhruba $\frac{3}{4}$ z této délky se překrylo první vrstvou rychletuhnoucí cementové malty. Bylo nutné dbát na to, aby se malta nedostala pod trubku a

nezakryla tak puklinu, kterou měla voda do dutiny přitékat. Po zatvrdnutí malty se gumová hadice povytáhla, část zhruba 10 cm se ponechala v původní dutině a proces byl opakován, dokud nebyla tímto způsobem vytvořena drenáž.

3.3.3 Sanační práce v letech 1960 – 1965 (ostění, hydroizolační a drenážní systém)

Stav Žďárského tunelu si vyžádal první opravy v letech 1960–1965. Stříkaný beton ostění je poškozen prúsky a odprsky způsobenými zřejmě zmrazovacími cykly, případně sníženou kvalitou stříkaného betonu na lící ostění. Dále popsany způsob zajištění stability výrubu i chování horninového masivu po provedení rekonstrukce do současnosti ukazuje, že horninový masiv je zřejmě stabilní a ostění není zatíženo horninovým tlakem. To je důležitý předpoklad pro návrh technického řešení opravy tunelu.

Rozsah sanačních prací byl následující:

- Sanace vlastní tunelové trouby;
- Vybudování trubního propustku před vjezdovým portálem, který odvádí vodu z pravého odvodňovacího žlabu do levého;
- Sanace obkladních zdí po levé straně u výjezdového portálu;
- Přespárování čelní portálové stěny vjezdového portálu a obou věnců;
- Sanace ochranné záchytné desky nad výjezdovým portálem;

Způsob rekonstrukce tradiční obezdívkou z betonových tvárnic, který byl původně navržen v zadávacím projektu, byl nakonec nahrazen tehdy poměrně novou (vývojovou) metodou stříkaného betonu prováděného mokřím způsobem. Součástí rekonstrukce byly dolamovací práce v tunelové troubě. Byly provedeny pouze v nejnútnejším rozsahu tak, aby po nástřiku betonu byl zachován světlý průřez minimálně 5 500 mm v úrovni nivelety prahů (tj. 2 750 mm od osy koleje). Bylo dbáno na zvýšenou opatrnost dolamovacích prací, protože měly být odtěženy pouze tenké vrstvy materiálu. Dolamování probíhalo pomocí trhacích prací.

Dalším krokem bylo zajištění skalního masivu a všech uvolněných skalních bloků. Zajištěny musely být všechny lavice s nepříznivým úklonem ploch nespojitosti. Kotvení se provádělo pomocí ocelových kotev o průměru $\varnothing = 25$ mm, délky 2,5 m nebo 3 m do vyvrtaných otvorů o průměru $\varnothing = 40$ mm. Do otvorů byla nejdříve injektována cementová malta, která zajišťovala dobré zakotvení ve vrtu. Po zatvrdnutí malty se kotvy napnuly silou 30 kN ručním napínacím momentovým klíčem s dlouhým ramenem nebo pneumatickým napínacím zařízením. Opěrná kotevní deska měla rozměry 120 x 120 x 12 mm. Zbývající část kotvy byla injektována cementovou maltou s poměrem cementu a písku $c/p=1/2$. Pro zajištění spolupůsobení byly kotvy spojeny ocelovými pásnicemi.

Před provedením nástřiku betonu musel být celý tunelový líc řádně odvodněn. V místech velkých vodních výtoků a velkých diskontinuit horninového masivu byly provedeny drenážní drážky s šířkou 200 mm a hloubkou 300 mm. Drážka byla vyplněna pletivem, které bylo nastříkáno provzdušněnou a částečně aktivovanou maltou. Poměr míchání cementu a písku se volil podle stupně zvodnění (optimální poměr $c/p=1/2$, ve více zvodněných místech bylo přidáno více cementu). Pro zvýšení účinnosti drenáže byly vyvrtány drenážní šikmé odvodňovací vrty,

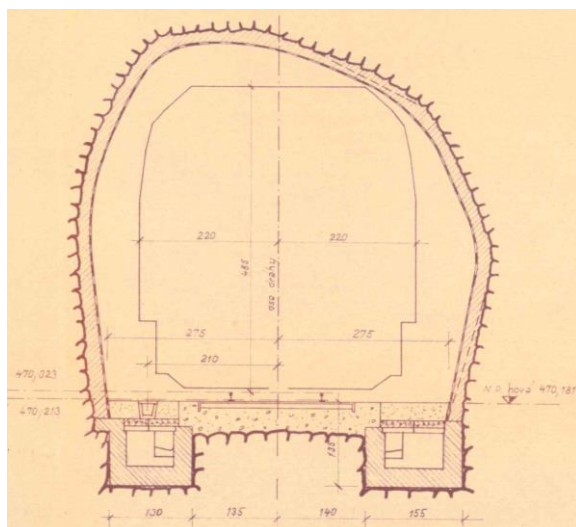
kteřé měly za úkol odvádět puklinovou vodu. Vrtý byly provedeny do hloubky 1,5 m směrem do hory ve vzájemné vzdálenosti 1 m (vždy dva vrtý v jednom profilu). Tyto vrtý byly provedeny ve spádu. Drenážní drážky byly překryty heraklitovými deskami máčenými v asfaltu, které zajišťují tepelnou izolaci. Desky byly připevněny na zavadlý nástřik hřebíky, případně skobami. Místa těchto drenáží jsou na schématickém výkresu v archivní dokumentaci sanace. Jsou vždy provedeny v místech styků zdiva a stříkaného betonu, v místě dělící spáry obezdívky a v místech výskytu puklinové vody. V místě paty opěry byla rubová drenáž napojena na podélné odvodnění tunelu betonovým kolenem o průměru $\varnothing = 10$ cm.

Kromě hlubokých drenáží je skalní líc odvodněn ještě systémem drenáží vytvořených hadicovou metodou. Tyto drenáže byly umístěny kolem míst se zvýšeným průsakem vody horninovým masivem. Drenáže jsou 150 mm za lícem výrubu. Rýhy byly vyhloubeny do skály pomocí sbíjecích kladiv a očištěny od úlomků a prachu. Tak bylo zajištěno dobré přilnutí těsnící malty ke skalnímu podkladu. Drenáž se následně tvořila pomocí gumové hadice o vnějším průměru cca $\varnothing = 50$ mm, kterou pracovníci přikládali na skalní podklad a následně ji přikryli rychle tuhnoucí maltou. Střídavým povytahováním hadice a nanášením malty vznikla v rýze umělá svodnice. Jako první se zřizovaly podružné a následně hlavní svodnice. Vyvedení hlavních svodnic do podélného odvodnění je řešeno obdobně jako u hloubkové drenáže.

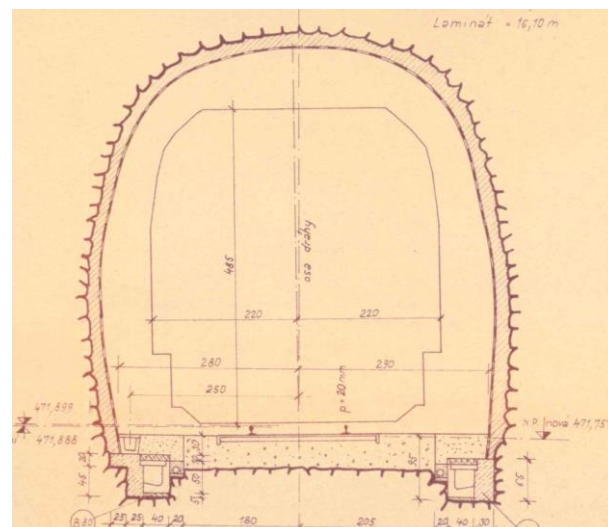
Spolu se zřízením rubových drenážních systémů bylo vybudováno nové oboustranné podélné odvodnění tunelové trouby. V patě opěr byla vybetonována rubová stěna stoky s ozubem 50 mm, který sloužil pro vložení krycích desek. Vlastní tunelové stoky byly vybudovány z prefabrikovaných dílců tvaru L (viz Obr. 6). Dílec má šířku 400 mm, výšku 500 mm a délku 500 mm. Krycí desky mají pak rozměry 380 x 500 x 80 mm.

Prefabrikáty byly vyrobeny z betonu B 170 (C12/15). Rýha je vyražena do hloubky 950 mm pod niveletu prahu, dno bylo opatřeno vrstvou vyrovnávacího podkladního betonu B 80 o tloušťce 50 mm. Na tento podklad byly ukládány prefabrikáty, které byly následně utěsněny cementovou maltou. Stoka je zakryta záklopovou deskou a vrstvou škvárobetonu o tloušťce 100 mm.

Na rozhraní tunelových pásů s obezdívkou a stříkaným betonem byly vybudovány revizní šachty (viz Obr. 5). Podél odvodňovacích tunelových stok je zřízena drenáž ve spádu 2,5 % pro odvodnění kolejového lože. Drenáž je zaústěna do podélného odvodnění tunelu. Nad tunelovou stokou vlevo od dráhy byl zbudován kabelový žlab z prefabrikátů T1 výšky 300 mm, délky 1 m a dvěma poklopy. Mezery mezi žlabem a stříkaným betonem jsou vyplněny kamennou drtí. Nadvýlomy byly vyplněny zdivem z žulových kopáků prokládaných betonem B 105.



Obr. 5 Řez v místě revizní šachty boční drenáže



Obr. 6 Řez v místě boční tunelové drenáže

Pro kvalitní nástřik betonové směsi ostění nejprve musel být upraven líc horninového masivu. Líc výrubu byl očištěn od drobných úlomků horniny, dále byl otryskán pískem (speciální vysušený tryskácký písek), což zajistilo očištění od sazí a nečistot, zbylý prach byl smyt vodním paprskem. Do vyvrtaných otvorů hlubokých cca 200 mm byly do cementové malty osazeny kotvičky. Ty sloužily ve fázi nástřiku betonu k přichycení výztužných sítí. Nástřikována byla nejprve vyrovnávací vrstva, na kterou byla upevněna výztužná síť 150 x 150 mm o průměru drátu $\varnothing = 3,15$ mm. Na 1 m² sítě byly použity 4 kotvičky. Přes první síť byly uloženy pruty přídržné výztuže, po kterých následoval nástřik jádra stříkaného betonu. Přes jádro byla uložena druhá vrstva sítě 100 x 100 mm s průměrem drátu $\varnothing = 3,15$ mm a byla provedena finální vrstva stříkaného betonu.

3.4 Koncepce technického řešení v dokumentaci

- Tunel je rozdělen na úseky podle typu zajištění stability výrubu podle Tab. 2
- Pro tunel je vypracovaná podrobná pasportizace vad včetně fotodokumentace po tunelových pásích
- Vady jsou označeny typem vady T1 až T9 podle Tab. 3 a Tab. 4. a pro typy poruch je uveden návrh opravy nebo sanace.
- Označování typů zajištění stability výrubu, vad a jejich oprav je jednotné pro všechny tunely na traťovém úseku.
- Hodnocení poruch a popis typu sanace je provedeno pro každý tunelový pás v příloze č. 12.

4 POUŽITÁ TERMINOLOGIE

V rámci projektové dokumentace tunelových objektů na traťovém úseku Tanvald – Kořenov je pro zvýšení přehlednosti dokumentace používána jednotná, níže uvedená terminologie. Další terminologie používaná v projektové dokumentaci odpovídá znění uvedenému v normě ČSN 737508 a předpise SŽDC S6 (09/2018).

Obezdivka: Zděná konstrukce z betonových nebo kamenných kvádrů, která zajišťuje stabilitu výrubu.

- Ostění: Nosná konstrukce z monolitického nebo stříkaného betonu, která zajišťuje stabilitu výrubu.
- Tunelový metr: Pro potřeby návrhu technického řešení tunelu je v projektové dokumentaci pro každý tunel zaveden pojem "tunelový metr" (označení TM), který definuje v ose tunelu vzdálenost od vjezdového k výjezdovému portálu (koresponduje se směrem staničení tratě). Staničení v tunelových metrech je lokálně zavedeno pro každý tunel samostatně. Tunelový metr TM 0,000 je definován jako průsečík roviny portálu s osou tunelu. Značení v tunelových metrech usnadňuje polohu navržených opatření a následně orientaci pracovníků během realizace stavebních prací.
- Délka tunelu: Podle požadavků normy ČSN 737508 je délka tunelu ve čl. 3.39 určena jako „průměrná vzdálenost mezi líci čelních portálových zdí (portálových věnců) vjezdového a výjezdového portálu, měřená po obou tunelových opěrách ve výši 1,0 m nad niveletou koleje“. Tuto definici doslovně přebírá i Příloha A (normativní) předpisu SŽDC S6.
- Tunelový pás: Evidenční část tunelu umožňující orientaci v tunelu, obvykle vymezená dělicími spárami od sousedních tunelových pásů nebo značením na líci ostění, obezdívky nebo v úsecích bez zajištění na líci výrubu. Portálové pásy se označují P1 a P2, za portálovým pásem P1 následuje pás č. 1. Délka tunelových pásů u opravovaných tunelů není zpravidla konstantní a po opravě bude zachována podle původního rozdělení i značení.
- Typ zajištění: Typ tunelového ostění nebo obezdívky zajišťující stabilitu výrubu. Tam, kde je stabilita výrubu zajištěna samonosností horninového masivu bez jakéhokoli dalšího opatření je jako typ zajištění uveden „skalní líc“

5 PROVĚŘENÍ PROSTOROVÉ PRŮCHODNOSTI TUNELU

Provedení oprav souvisejících se zajištěním stability výrubu, vodonepropustnosti tunelu nebo sanacemi původní obezdívky nebo ostění je závislé na prostorových možnostech stávajícího tunelu. Základním principem je nezasahování do obezdívky z betonových nebo kamenných kvádrů, která je obecně v relativně dobrém stavu. V případě ostění z monolitického nebo stříkaného betonu se lokálně předpokládá odstranění degradovaných míst nebo celkové odstranění poškozené části ostění a jeho náhrada.

Proto bylo před zahájením prací na projektové dokumentaci provedeno zaměření stávajícího světlého líce tunelu pomocí laserového skenování mračnem bodů. Mračna bodů z laserového skeneru Trimble SX10 byla georeferencována přímo v terénu. Připojení bylo provedeno metodou zpětného protínání s orientací na body ŽBP. Georeferencované skeny byly převedeny do jednotného mračna bodů. Dalším krokem byla finalizace mračna bodů. Nejprve byl stanoven maximální rozsah mračna. Následovalo očištění mračna od šumu a selekce na světlý líc tunelu a ostatní objekty. Výsledné mračno bodů bylo „naředěno“ na minimální vzdálenost mezi body 1 cm.

Pro prověření prostorové průchodnosti tunelu bylo použito 3D modelu stávajícího světlého líce tunelu, do kterého bylo na příslušnou variantu GPK nasazeno 3D těleso příslušného průjezdného průřezu (viz dále).

V programu CloudCompare byla vyšetřena vzájemná poloha tělesa průjezdného průřezu a 3D polohy světlého líce tunelu. Proces vyhledávání GPK se zohledněním vazby na další objekty trasy probíhal ve spolupráci s traséry „iteračně“, až bylo při zajištění požadované prostorové průchodnosti dosaženo optimální geometrické polohy koleje a vzájemné polohy průjezdného průřezu a líce tunelového ostění.

5.1 Prověřované průjezdné průřezy

Tímto postupem je vzhledem k přesnosti laserového zaměření a použitím 3D modelu průjezdného průřezu i líce tunelového ostění zaručeno, že je prostorová průchodnost prověřena kontinuálně v celé délce a ploše líce tunelu.

Prostorová průchodnost byla po naskenování světlého líce tunelu prověřována pro tyto průjezdné průřezy:

- a) Průjezdný průřez Z-GC
- b) **Průjezdný průřez Z-G2**
- c) Průjezdný průřez Z-GC Z3
- d) Průjezdný průřez M-GC

Průjezdný průřez byl do 3D modelu zadán s tolerancí 50 mm. Každý z uvedených průjezdných průřezů byl ještě prověřován s volným postranním prostorem (VPP dle čl. 3.6 ČSN 736320) šířky 2500 mm, 2200 mm a bez tohoto prostoru. Dále byla prověřována možnost umístění volného schůdného a manipulačního prostoru (VSMP dle č. 3.7 ČSN 736320). Průjezdné průřezy byly zkonstruovány se zohledněním všech rozšíření plynoucích ze směrového a výškového vedení tratě.

Princip průkazu prostorové průchodnosti tunelu je patrný z Obr. 7, na kterém jsou červeně vyznačena místa kolize průjezdného průřezu se světlým lícem tunelu.



Obr. 7 Průkaz prostorové průchodnosti na 3D modelu (Žďárský tunel)

Výsledkem optimalizace GPK a prostorové průchodnosti v tunelech je zajištění prostorové průchodnosti pro **průjezdny průřez Z-G2 s VPP šířky 2200 mm bez VSMP s tolerancí 50 mm**. V projektové dokumentaci navržené tunelové konstrukce a vestavby v žádném případě nezasahují takto definovaného průjezdného průřezu.

5.2 Stanovení délky tunelových pásů

Skenování mračnem bodů bylo využito kromě stanovení prostorové průchodnosti i k přesnému stanovení rozhraní tunelových pásů. Po zaměření tunelu skenováním bylo zjištěno, že délky tunelových pásů z dostupné dokumentace neodpovídají rozhraní a délce tunelových pásů podle zaměření. Proto je v projektové dokumentaci používána poloha a délka tunelových pásů stanovená na základě skutečného zaměření. Značení ani počet tunelových pásů se nemění, aby byla zachována kontinuita s dříve prováděnými prohlídkami a sledováním stavu tunelu.

5.3 Poloha portálů a délka tunelu

Pro potřeby projektové dokumentace byla na základě skutečného zaměření a v souladu s požadavky normy ČSN 737508 stanovena poloha vjezdového a výjezdového tunelu a z ní stanovena skutečná délka tunelu. Tab. 1 uvádí vztah mezi staničením tratě v žkm a lokálním staničením tunelu v TM na vjezdovém a výjezdovém portále tunelu včetně výšky TK pro optimalizovanou GPK.

Tunel	Vjezdový portál			Výjezdový portál		
	km	TM	Výška TK	km	TM	Výška TK
Žďárský	27,775 517	0,000	469,485	27,842 973	67,456	472,222

Tab. 1 Vztah staničení žkm a TM - upřesnění polohy portálů

5.4 Směrové a výškové vedení po úpravě GPK

Po vyhodnocení prostorové průchodnosti tratě v tunelu byla provedena úprava směrové a výškové vedení trasy tak, aby byl bez zásahu do nosných konstrukcí tunelu zachován požadovaný průjezdny průřez.

Z hlediska směrových poměrů trasa od vjezdového portálu pokračuje přímou délkou 17,912 m, po které následuje přechodnice délky 20,0 m a levostranný směrový oblouk délky 70,179 m o poloměru $R = 205$ m, $v = 40$ km/h, $D = 20$ mm.

Podélný sklon od vjezdového portálu stoupá ve sklonu 19,079 ‰ a prakticky okamžitě za vjezdovým portálem se ve staničení ŽKM 27,776 000 se zvyšuje na 42,727 ‰. Lom nivelety je zaoblen výškovým obloukem o poloměru $R = 2000$ m. Podrobný popis směrového a výškového vedení trasy v tunelu je uveden ve výkresové dokumentaci v přílohách situace a podélný řez.

6 POPIS KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ STÁVAJÍCÍHO TUNELU

Žďárský tunel je rozdělen ve smyslu předpisu SŽDC S6 na celkem 5 tunelových pásů označených P1 (vjezdový portál), P2 (výjezdový portál) a mezilehlé tunelové pásy 1 až 3. Pro potřeby projektové dokumentace jsou typy zajištění definovány pro všechny tunely s tím, že příslušný tunel nemá obecně všechny typy zajištění. Označení typů je uvedeno v Tab. 2.

Typ zajištění	Zkratka	Popis
---------------	---------	-------

Obezdivka z kamenných bloků	A	Spárované zdivo z kamenných bloků
Obezdivka z betonových tvárnic	B	Spárované zdivo z betonových tvárnic
Ostění z betonu	C	Monolitické ostění (zpravidla nevyztužené)
Ostění z „prepakt-betonu“	D	Ostění prováděné technologií prolévání štěrkového skeletu cementovým mlékem (prepakt-beton).
Ostění z vyztuženého stříkaného betonu	E	V ostění ze stříkaného betonu byly při prohlídce identifikovány výztužné sítě.
Ostění z nevyztuženého stříkaného betonu	F	Ostění ze stříkaného betonu, ve kterém při prohlídce nebyla identifikována výztuž
Skalní líc bez zajištění	G	Skalní masiv je samonosný bez dalšího zajištění. Voda prosakující diskontinuitami je lokálně zachycována pomocí svodnic. Může docházet k lokálním nestabilitám a vypadávání skalních bloků ohraničených systémem diskontinuit.

Tab. 2 Typy zajištění stability výrubu

V Žďárském tunelu se vyskytují typy zajištění stability výrubu A a E.

7 TYPY ZJIŠTĚNÝCH ZÁVAD TUNELŮ

7.1 Typy vad tunelové obezdivky / ostění

Základní principy oprav a sanací vyplývají z charakteru poruchy a možností jejich opravy a jsou uvedeny v Tab. 3, která představuje základní katalog poruch a možností jejich oprav

Popis poruchy	Typ	Možnosti opravy/sanace
Průsaky mezi kvádry obezdivky (z kamenných nebo betonových kvádrů) na boku a v patě klenby.	T1	Přespárování a těsnící injektáž spáry mezi kvádry obezdivky. Vyčištění příčných svodnic.
Průsaky mezi kvádry obezdivky (z kamenných nebo betonových kvádrů) ve vrcholu klenby.	T2	Podle charakteru průsaku a geometrických možností buď přespárování a těsnící injektáž spáry mezi kvádry obezdivky nebo provedení „deštníku“ ze stříkané hydroizolační membrány a stříkaného betonu.
Průsaky stávajícím „deštníkem“ ze stříkaného betonu, kterým byly dříve sanovány průsaky ve spárách původní obezdivky z kamenných nebo betonových kvádrů.	T3	V případě neporušeného povrchu stříkaného betonu a jeho dobré přilnavosti k podkladu bude po očištění využit jako podklad pro nástřik hydroizolační membrány a vrstvu stříkaného betonu. V případě nekvalitního stříkaného betonu bude odstraněn a nahrazen podkladní vrstvou jemnozrnného stříkaného betonu, stříkanou hydroizolační membránou a vrstvou stříkaného betonu.
Vady (odprsky) na ostění ze stříkaného betonu doprovázené	T4	Odstranění stávajícího ostění ze stříkaného betonu, provedení podkladní vrstvy, stříkané hydroizolační membrány a závěrečné vrstvy stříkaného betonu.




průsaky (výluhy) v trhlinách.		
Vady (odprsky) na ostění z monolitického betonu nebo prepakt-betonu doprovázené průsaky v trhlinách.	T5	Odstranění degradované vrstvy monolitického betonu až na kvalitní podklad. Nástřik podkladní vrstvy hydroizolační membrány z jemnozrnného stříkaného betonu, nástřik hydroizolační membrány a závěrečné vrstvy stříkaného betonu.
Nestabilita horninového masivu v úsecích bez ostění a výrony puklinové vody.	T6	Odstranění uvolněných bloků horniny, provedení svodnic podle situování puklin, aplikace podkladní vrstvy z jemnozrnného stříkaného betonu, stříkané hydroizolační membrány a závěrečné vrstvy stříkaného betonu.
Průsaky na portálových stěnách a povrchové poškození portálových stěn.	T7	Vyčištění a oprava všech odvodňovacích prvků (žlaby nad portály). Odstranění náletové vegetace nad portálem, která může pádem ohrožovat bezpečnost provozu. Injektáže portálových stěn a sanace povrchů v souladu s požadavky předpisu TKP23.
Zdegradované nebo poškozené svodnice.	T8	Obnova svodnic a jejich případné doplnění do diskontinuit vedoucích podzemní vodu nebo na líci stávajícího ostění/obezdívky.
Vady nouzových výklenků, popraskaný beton podlahy, průsaky, poškozené hrany, vypadlý kvádr/tvárnice z obezdívky apod.	T9	Doplnění chybějících částí ostění nebo podlahy výklenku, těsnění pomocí injektáže a spárování zdiva.




Tab. 3 Typy poruch a návrh opravy/sanace




Ve Žďárském tunelu se vyskytují poruchy typů T2, T4, T7 a T8.

Příklady reálných poruch na fotodokumentaci jsou uvedeny v Tab. 4.

Typ poruchy	Popis poruchy	Příklad na fotodokumentaci tunelu
-------------	---------------	-----------------------------------

T1	Průsaky mezi kvádry obezdívky (z kamenných nebo betonových kvádrů) na boku nebo v patě klenby.	
T2	Průsaky mezi kvádry obezdívky (z kamenných nebo betonových kvádrů) ve vrcholu klenby.	
T3	Průsaky stávajícím „deštníkem“ ze stříkaného betonu, kterým byly dříve sanovány průsaky ve spárách původní obezdívky z kamenných nebo betonových kvádrů.	

T4	Vady (odprsky) na ostění ze stříkaného betonu doprovázené průsaky (výluhy) v trhlinách.	
T5	Vady (odprsky) na ostění z monolitického betonu nebo prepaktbetonu doprovázené průsaky v trhlinách.	
T6	Nestabilita horninového masivu v úsecích bez ostění a výrony puklinové vody.	

T7	Průsaky na portálových stěnách a povrchové poškození portálových stěn.	
T8	Zdegradované nebo poškozené svodnice.	
T9	Vady nouzových výklenků, popraskaný beton podlahy, průsaky, poškozené hrany, vypadlý kvádr/tvárnice z obezdívky apod.	

Tab. 4 Reálné příklady typů poruch (T1 až T9)

7.2 Drenážní systém tunelu

Podle archivní dokumentace bylo odvodnění Žďárského tunelu původně zajištěno centrální tunelovou stokou a dostředným sklonem počvy tunelu. Prostor na obou stranách centrální tunelové stoky byl vyrovnán kameny, kterými podzemní voda proudila z rubové drenáže po počvě tunelu do centrální tunelové stoky (viz Obr. 1). Při rekonstrukci tunelu v letech 1960 až 65 došlo ke změně koncepce odvodnění tunelu. Jedním z cílů rekonstrukce bylo zachycení vývěřů puklinové podzemní vody ze skalního líce pomocí systému odvodňovacích vrtů, svodnic a utěsnění líce výrubu ostěním ze stříkaného betonu. Svodnice byly zaústěny do postranních odvodňovacích stok, které byly vybudovány v celé délce tunelu. Boční odvodňovací stoky jsou provedeny z betonových žlabů tvaru L o rozměrech 400 x 500 mm (šířka x výška) zakrytých betonovou krycí deskou.

Základním předpokladem pro návrh technického řešení oprav a sanací průsaků je odvedení podzemní vody za stávajícím ostěním/obezdívkou pomocí systému svodnic nebo drenážních žeber, a puklinový systém proudění podzemní vody s možností odvodnění lokálních přítoků.

7.3 Kabelovody a zajištění vedení inženýrských sítí

V tunelu jsou na pravé straně tunelu použity prefabrikované kabelové žlaby, jejichž technický stav odpovídá době instalace a provozování. Jejich technický stav a tím ani závady nebylo možné vzhledem k zakrytí vrstvou betonu zjistit.

7.4 Portálové stěny a portálová křídla

Stěna vjezdového portálu je vyzděna ze žulových kvádrů (viz Obr. 8), jejichž spárování je porušeno a spárami prosakuje podzemní voda. Na povrchu je uchycen mech a náletová vegetace. Nad portálem na skalách portálem jsou náletové dřeviny.

Stěnu výjezdového portálu tvoří skalní stěna, která má nad profilem tunelu vybetonovanou ochrannou římsu, která zabraňuje pádu úlomků horninového masivu ze stěny nad portálem do prostoru jízdní dráhy (viz Obr. 9). Železobetonová římsa je postižena povrchovou degradací betonu s odprisky a trhlinami. Prostor nad římsou je zanesen a porostlý vegetací.

Vlevo ve směru staničení je k horninovému masivu přibetonovaná zárubní zeď, jejíž povrch je silně degradovaný (viz Obr. 10), postižený v pracovních spárách betonáže trhlinami, plošnými odprisky i hlubšími kavernami (viz Obr. 11).

Odvodňovací příkop v patě zdi je zakryt betonovými deskami, prostor nad zakrytím zcela zanesen odprisky betonu a úlomky horniny z prostoru nad zdí (viz Obr. 9).



Obr. 8 Vjezdový portál



Obr. 9 Výjezdový portál



Obr. 10 Zárubní zeď na výjezdovém portále



Obr. 11 Detail poruchy povrchu zárubní zdi

8 NEJISTOTY V OKRAJOVÝCH PODMÍNKÁCH A VYPLÝVAJÍCÍ RIZIKA

8.1 Nejistoty v okrajových podmínkách technického řešení

Výstavba tunelů na trati Tanvald – Kořenov probíhala v letech 1899 až 1902 a z tohoto období byla v archivu objevena dokumentace, ze které by bylo možné získat podrobnější informace zejména o tvaru dna tunelového profilu a drenážním systému. Další dostupnou dokumentací jsou projekty oprav a sanací tunelů, které vznikly v 50. a 60. letech minulého století. Mezi původní dokumentací z přelomu 19/20. století a projekty z poloviny 20. století jsou však disproporce, které mohou mít dopad do návrhu technického řešení, resp. provádění navržených opatření po sejmutí kolejového lože a zjištění skutečného technického stavu. Vzniklou situaci pouze částečně upřesnily kopané sondy prováděné ve všech tunelech.

K zásadním nejistotám v okrajových podmínkách technického řešení patří:

- Funkce rubové drenáže a tunelových svodnic.
- Poloha tunelových drenáží pro odvodnění pláně železničního svršku. Podle původních výkresů je ve všech tunelech navržena střední tunelová stoka, podle dokumentace pro rekonstrukci tunelů se tento předpoklad ne vždy potvrzuje. Není jisté, jestli při rekonstrukci

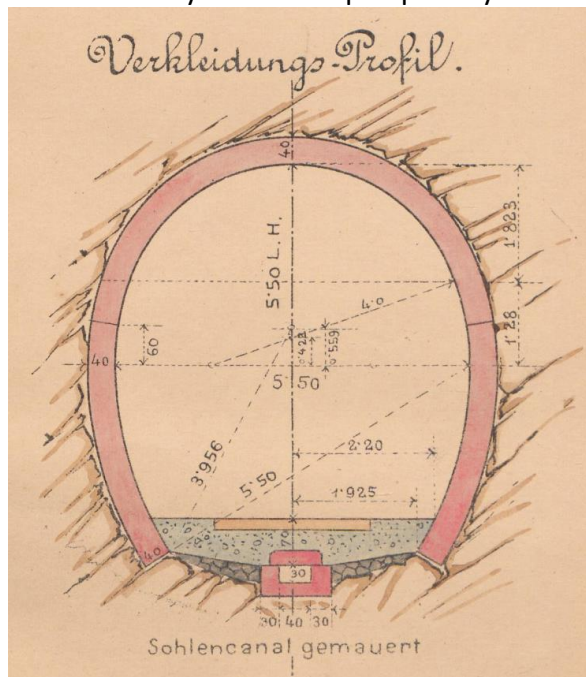
nedošlo k zabetonování středových drenáží a změně sklonu počvy tunelu na střechovitý s bočními tunelovými drenážemi (viz porovnání příčných řezů na Obr. 12 a Obr. 13).

c) Technický stav tunelových drenáží. K některým drenážím se nebylo možné vůbec dostat (střední tunelová stoka), u některých (boční drenáže) bylo při místním šetření zjištěno, že se z nich voda ztrácí, teče zřejmě ve štěrku kolejového lože a pak se u portálu do boční drenáže zase vrací.

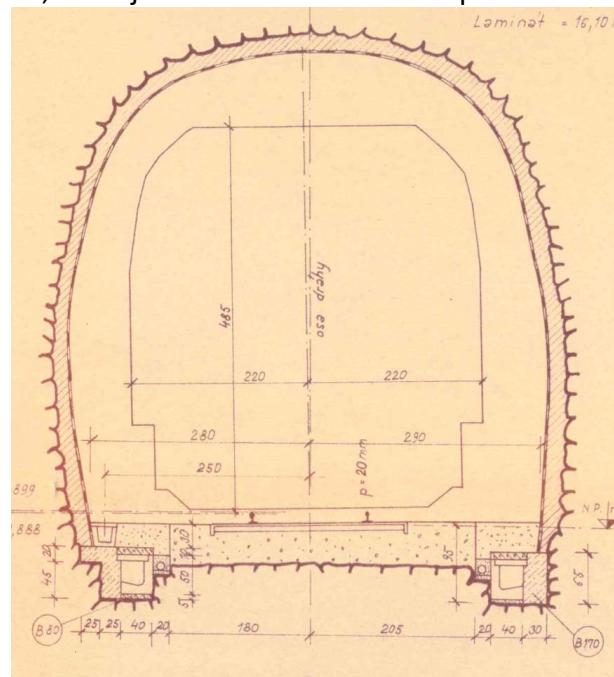
d) Průchodnost příčných propojení z rubu tunelového ostění do drenážního systému pro odvodnění pláně.

e) Poloha a výška vstupu a výstupu drenážního potrubí na portálech.

Pro všechny tunely je podle původní dokumentace charakteristický příčný řez tunelu se střední stokou, který je uvedený na Obr. 12. Podle dokumentace z roku 1964 je koncepce příčného řezu tunelu a jeho odvodnění jiná (viz Obr. 13). Střední tunelová stoka byla nahrazena dvěma bočními drenážemi situovanými podél základových pasů horní klenby tunelu. Není známo, jestli byla počva tunelu vyrovnána např. spádovým betonem, nebo je střední tunelová stoka ponechána.



Obr. 12 Typický řez tunelem podle původní dokumentace (1902)



Obr. 13 Typický řez tunelem podle dokumentace (1965)

8.2 Rizika vyplývající z nejistoty okrajových podmínek

Pro návrh technického řešení je nutno v případě nejistoty zvolit předpoklady, za kterých je technické řešení navrženo. Případě, že se při vlastní rekonstrukci ukáže, že předpoklad nebyl správný, může to vést z nutnosti změny technického řešení v průběhu výstavby. Pokud je to možné, je návrh technického řešení volen tak, aby se riziko změny technického řešení během výstavby minimalizovalo. Návrh technického řešení a předpoklady návrhu jsou podrobně popsány v dalším textu a ve výkresové dokumentaci.

Při návrhu technického řešení se vychází:

- a) z dostupné projektové dokumentace,
- b) z výsledků kopaných sond
- c) z výsledků místního šetření a fotodokumentace pořízené v průběhu místního šetření
- d) ze zaměření skutečného líce tunelů (lic ostění nebo líc výrubu v úsecích bez ostění)

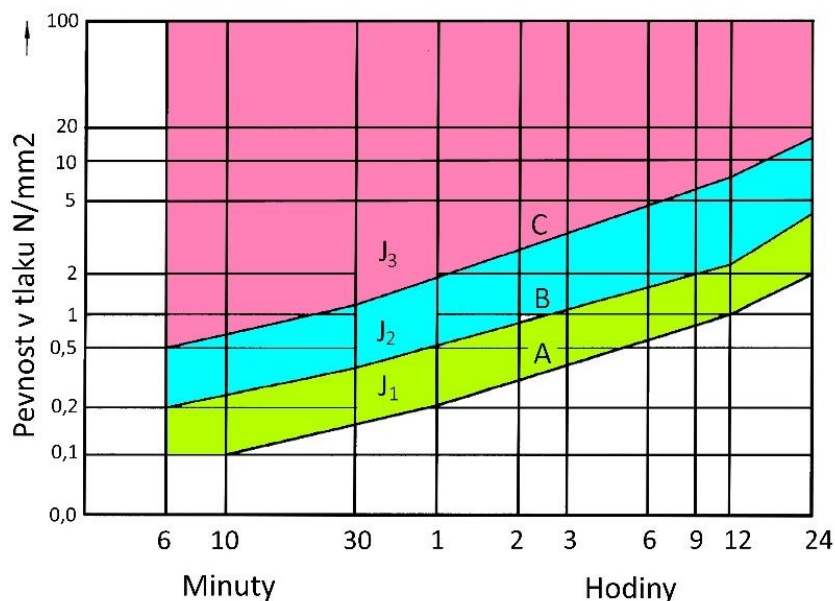
9 POUŽITÉ TECHNOLOGIE A MATERIÁLY

9.1 Stříkaný beton

Stříkaný beton bude technologicky prováděn mokrým způsobem nástřiku. Suchá směs bude použita pouze v případě, že by v době provádění byly zastíženy silné přítoky puklinové podzemní vody, které by nebylo možné zvládat pomocí organizovaných svodů. Před nástřikem betonu je nutné líc výrubu nebo stávajícího ostění či obezdívky očistit od nečistot, mastnoty z exhalací výfukových plynů lokomotiv, uvolněných částí původního ostění nebo horniny apod. Případné výrony vody musí být organizovaně svedeny pomocí svodnic tak, aby nemohlo dojít k rozplavení betonové směsi vodou.

Stříkaný beton podkladní vrstvy pod hydroizolační membránu bude proveden z jemné frakce 0-4 mm, aby byla spotřeba následně prováděné hydroizolační membrány při požadované tloušťce minimální.

Stříkaný beton je navržen v pevnostní třídě C25/30-X0 s požadovanou třídou rané pevnosti J2 podle ČSN EN 14487-1 a bude proveden jako nevyztužený. Nárůst pevnosti v prvních minutách po nástřiku má, vedle významu pro nástřik nad hlavou v odpovídajících tloušťkách vrstev, také velký vliv na spad, protože při příliš rychlém nárůstu pevnosti stříkaný beton bezprostředně po nanesení na stěnu ztvdne a hrubší částice následujícího stříkaného betonu se již nemohou uložit a ztuhnout. Proto nesmí hodnota pevnosti po 2 minutách (např. zkouška penetrační jehlou) přestoupit hodnotu 0,2 MPa, aby se za normálních poměrů pro nanášení stříkaného betonu snížil spad. Při silném přítoku vody nebo při nevhodném povrchu podkladu je vyšší pevnost v prvních minutách potřebná, je však nutno přitom počítat krátkodobě s větším množstvím spadu.



Obr. 14 Nárůst rané pevnosti stříkaného betonu podle ČSN EN 14487-1

Pro stříkaný beton budou před jeho aplikací v tunelu provedeny zkoušky dle platných norem a předpisů.

9.2 Stříkaná hydroizolační membrána

K zamezení průsaků podzemní vody do tunelu je zvolena technologie stříkané hydroizolační membrány v předpokládané tloušťce min. 3 mm. Pokud je tloušťka menší než 2 mm, nepovažuje se membrána za vodotěsnou a je nutné tloušťku zvýšit nástřikem další vrstvy. Tloušťky vyšší než 10 mm se nedoporučují z důvodu rizika nedokonalého vyzrání membrány.

Důvodem použití je značná flexibilita oproti hydroizolační fólii, možnost použití na nerovných površích ve stávajících úsecích zajištěných ostěním ze stříkaného betonu, snížení spotřeby krycí vrstvy stříkaného betonu, která může být prováděna pouze v požadované tloušťce bez nároků na dodržení geometrického tvaru líce ostění ze stříkaného betonu. Nástřik membrány bude prováděn ve třech vrstvách. Pro snadnou vizuální kontrolu tloušťky nástřiku je pro každou vrstvu zvolen jiný barevný odstín.

Stříkaná hydroizolační membrána se vyznačuje dobrou přídržností k materiálu z obou stran a trvale pružným chováním. Výrobce obecně garantuje schopnost protažení membrány 100 %, maximálně však 3 mm. Chování mezilehlé hydroizolační membrány v kompozitní struktuře s betonem ukazuje Obr. 15.



Obr. 15 Stříkaná hydroizolační membrána a její chování při zatížení

Jako mezilehlá hydroizolace vytváří s oběma vrstvami stříkaného betonu (podkladní a krycí) sendvičovou konstrukci. Vznikne tak zcela svázaný systém izolace proti vodě, který zaručuje dobré vodotěsné vlastnosti a zabraňuje migraci vody ve spáře mezi izolací a oběma vrstvami stříkaného betonu. Předpokladem správné funkce systému jako celku je odvedení puklinové vody systémem rubových svodnic tak, aby podzemní voda ostění (hydroizolační souvrství) ze stříkaného betonu a hydroizolační membrány nezatěžovala hydrostatickým tlakem.

Požadované vlastnosti materiálu hydroizolační membrány:

Odolnost proti tlakové vodě:	min. 3,0 bar (0,3 MPa)
Aplikační tloušťka (celé souvrství):	min. 3 mm, max. 6 mm
Aplikační teplota vzduch:	+ 5°C až + 40°C
Aplikační teplota podklad:	+ 5°C až + 40°C
Mez pevnosti hmoty v tlaku (při 20 °C, po 28 dnech):	min. 1,0 MPa
Tažnost při přetržení (při 20 °C, po 28 dnech):	min. 100 %
Přidržitost k betonu (po 28 dnech):	min. 1,0 MPa
Tvrdost podle Shore A:	min. 70
Hořlavost:	samozhášivý (podle ČSN EN 13501-1)

Nástřik hydroizolační membrány se provádí na čistý, suchý a soudržný povrch. Před nástřikem je nutné povrch očistit tlakovou vodou (min. 140 bar). Vlastní nástřik membrány je možný pouze po oschnutí podkladu, není možné ji aplikovat na aktivní průsaky vody a na zvlhlá místa. V případě, že po povrchu určeném k nástřiku stéká voda, je bezpodmínečně nutné průsakům, příp. výronům vody vhodným technologickým zásahem zabránit. Stejně tak je nutné zabránit výronům a stékání vody po již provedeném nástřiku hydroizolační membrány, aby nedocházelo k rozplavení a degradaci doposud nevyzrálé hydroizolační vrstvy. Proto je nutné

případné výrony vody lokalizovat a před nástřikem podkladní vrstvy hydroizolační membrány organizovaným svodem nebo utěsněním zabránit průsakům přes tuto vrstvu.

Kvalita provedení hydroizolační membrány i spotřeba materiálu výrazně závisí na kvalitě podkladu. První vrstvu hydroizolačního sendviče proto tvoří vrstva jemnozrnného stříkaného betonu frakce 0-4 mm. Pro případnou lokální úpravu problematických míst se doporučuje zbroušení hrubého povrchu nebo přestěrkování. Nástřik hydroizolační membrány se provádí ve třech vrstvách, přičemž první vrstva je prováděna materiálem řidší konzistence jako penetrace podkladu, další dvě vrstvy jsou prováděny materiálem stejných vlastností již jako hydroizolační vrstvy. V průběhu provádění je nutno kontrolovat kvalitu podkladu i vlastního provádění hydroizolační membrány (teplota, očištění, soudržnost a integrita podkladní vrstvy stříkaného betonu, eliminace defektů a tloušťka penetrační vrstvy, měření celistvosti, tvrdosti a tloušťky dalších dvou vrstev).

Kontrola protažení membrány (přemostění trhlin): S protažením membrány souvisí její křehkost a plasticita. Většinou se zkoušky protažení membrány provádí pouze v přípravné fázi stavby, nikoli ve fázi výstavby. Nicméně na stavbě kontrolovatelné parametry ovlivňující tuto vlastnost jsou tloušťka membrány, vodní součinitel aplikované hydroizolační směsi, tvrdost membrány (ShoreA) a vhodné podmínky pro zrání (teplota, vlhkost, rychlost proudění vzduchu). Konkrétní parametry závisí na použitém výrobku a podmínkách výrobce na přípravu a provádění a budou podrobně navrženy v realizační dokumentaci.

9.3 Těsnící injektáž a spárování zdiva

V případě Žďárského tunelu bude těsnící injektáž používána na utěsnění spár mezi kamennými kvádry. Není určena pro těsnění puklin horninového masivu nebo prostoru za obezdívkou/ostěním. Tlak injektážní směsi musí být v případě těsnění spár ostění nastaven podle viskozity použité látky tak, aby došlo pouze k vyplnění ložné spáry mezi kamennými kvádry nebo betonovými bloky. Nepředpokládá se tlak větší než 3 Bary. Podrobněji bude řešeno pro konkrétní materiály a technologické postupy v RDS.

9.3.1 Těsnící injektáž spár kamenného zdiva

Podle dochovaných historických zdrojů není za ostěním hydroizolace. Úsek s kamennou obezdívkou je chráněn proti průsakům pouze těsností spár mezi kamennými kvádry, horninový masiv v úsecích zajištěných ostěním ze stříkaného betonu je drénovaný systémem odvodňovacích vrtů a puklinová voda je lokálně odváděna systémem svodnic.

Vzhledem k charakteru horninového masivu lze předpokládat, že odvodňovací vrty a svodnice za ostěním nejsou zaneseny jemnou frakcí a jsou funkční. K průsakům dochází spárami v kamenné obezdívce a poruchami (trhlinami, odprisky) ve stříkaném betonu. Technickým řešením je utěsnění spár injektáží a hloubkovým spárováním míst průsaků tak, aby se podzemní voda cestou nejmenšího odporu vrátila do rubových drenáží za obezdívkou. Na obezdívce budou místa průsaků před zahájením prací vyznačena a těsnící injektáž se spárováním bude provedena v rozsahu min. 0,5 m od hranice vyznačené oblasti. Tímto způsobem nebude puklinová voda za obezdívkou uzavřena a po zabránění průsakům bude odváděna stávajícím drenážním systémem. Ostění tak i nadále nebude zatíženo hydrostatickým tlakem.

9.3.2 Spárování a injektování obezdívky – sanace vydrolených spár a průsaků

Vypadávající spárování bude řešeno hloubkovým spárováním do hloubky min. 70 mm od líce obezdívky. Tato technologie sestává z několika důležitých kroků, přičemž všechny musí být dodrženy.

a) Vyčištění spár mezi kameny/tvárniciemi obezdívky

V místech, kde spárovací malta ještě drží, musí být spáry vyčištěny a vyřezány tlakovou vodou na hloubku minimálně 70 mm, doporučeně 100 mm. Je nutné dosáhnout rovnoměrné tloušťky nového spárování. Postup odstranění spárovací hmoty bude po menších plochách, aby nedošlo k vypadávání zdících kamenů/betonových tvárnic. Prázdné spáry bez pojiva je možné vyčistit pouze stlačeným vzduchem.

b) Materiál pro spárování

Spárovací hmota musí splňovat požadavky na vodonepropustnost, mrazuvzdornost a objemovou roztažnost (při vytvrzení vyplní lépe spáry). Volba materiálu pro spárování v zásadě koresponduje se základním materiálem obezdívky. Pro obezdívku z tvrdého kamene nebo z betonových tvárnic bude použita spárovací malta na bázi cementu, neboť v tomto případě nehrozí nebezpečí, že kámen obezdívky bude degradovat a výplň spár zůstane. Z hlediska výsledné vodotěsnosti je nezbytné, aby spárovací objemově kompenzovaná cementopolymerní malta měla objemové změny menší než 0,4 mm/m (smrštění spárovací malty).

c) Spárování

Spárování bez ohledu na použitý materiál lze bez zvláštních opatření provádět pouze při teplotách nad +5°C. Nesmí být prováděno v mrazech. Vzhledem ke sklonu tunelu se uplatňuje komínový efekt a tunel promrzá do větších vzdáleností od portálu. Požadované teploty lze dosáhnout uzavřením portálů, případně vyhříváním tunelu, což je ale velmi nákladné a musí být zvážena hospodárnost tohoto opatření i s ohledem na délku výluky. Při větších plochách s vypadaným nebo zvětralým spárováním lze s výhodou využít technologii strojního spárování. Dojde tím ke kvalitnějšímu vyplnění spár, postup je rychlejší. Další způsob, jak provádět hloubkové spárování, je nejdříve ručně nebo strojně provést první vrstvu malty na hloubku min. 70 mm. Při použití spárovací pistole bude použit tlak do 0,5 MPa. Následně po vytvrzení spárovací hmoty bude provedena výplňová a těsnicí injektáž prostřednictvím pakrů.

d) Injektování spár zdiva

Před zahájením injektáže je nutné zdivo přespárovat na hloubku nejméně 70 mm, aby nedošlo k výronům suspenze na povrchu zdiva. Těsnicí injektáž bude prováděna injektážní pryskyřicí na bázi polyuretanu. Injektáž bude probíhat přes pakry osazené do spárovací hmoty. Po dokončení injektáže a odstranění pakrů budou poškozená místa spárování po pakrech zapravena sanační hmotou.

9.4 Drenážní potrubí

Pro odvodnění tunelů smí být podle požadavků TKP 20 používány pouze výrobky k tomuto účelu určené, které odpovídají příslušným normám, předpisům i konkrétním podmínkám stavby.

Odvodňovací potrubí musí bez poškození snášet vnitřní přetlak 12 MPa (čištění tlakovou vodou). Částečně perforované drenážní trubky musí mít pro zajištění správné polohy při ukládání a vycentrování perforované části označení jejího vrcholu. Odvodňovací plastové potrubí musí být uvnitř (v místech mimo spoj) zcela hladké.

Pro boční tunelovou drenáž vkládanou do prostoru původních odvodňovacích „L“ žlabů jsou navrženy plnostěnné polypropylenové drenážní trubky DN 250 s perforací šířky 5 mm na 120°. Požadovaná třída kruhové tuhosti je SN8. Poloha dna drenážního potrubí do polohy dna původního prefabrikovaného žlabu zaručuje bezproblémové napojení na šachty situované v tunelu na rozhraní ostění ze stříkaného betonu a kamenné obezdívky a na šachty situované před oběma portály. Z těchto šachet bude možné drenáže čistit. V tunelu není možné šachty na čištění tunelové drenáže vzhledem ke stísněným prostorovým poměrům umístit.

9.5 Kabelové žlaby – kabelovody

Pro převedení inženýrských sítí budou použity prefabrikované železobetonové žlaby s překrytím odnímatelnými prefabrikovanými železobetonovými deskami. Vzhledem k tomu, že dispoziční řešení příčného řezu tunelu neumožňuje situování kabelových šachet, je voleno technické řešení s volným přístupem do kabelového žlabu (tj. nejsou použity multikanály nebo zabetonované chráničky v kombinaci s kabelovými šachtami). Předpokládaný vnější rozměr kabelového žlabu 230 x 180 mm (šířka x výška) zaručuje, že jeho konstrukce s rezervou nezasahuje do minimálního rozměru kolejového lože. Při zpracování projektové dokumentace bylo ověřeno, že tento typ prefabrikátu je na trhu dostupný. Konkrétní výrobek bude upřesněn a odsouhlasen po výběru zhotovitele.

9.6 Sanační malty pro opravy betonových konstrukcí

Pro opravu betonových konstrukcí budou použity vhodné materiály k tomu určené, které odpovídají požadavků skupiny norem ČSN 1504. Požadavky na sanační materiály pak definuje norma ČSN EN 1504-3, ze které pro sanaci konstrukcí bez statické funkce platí požadavky uvedené v Tab. 5.

P. č.	Funkční vlastnost	Referenční podklad (EN 1766)	Zkušební metoda	Požadavek	
				Bez statické funkce	
				Třída R2	Třída R1
1	Pevnost v tlaku	Žádný	EN 12190	>15 MPa	>10 MPa
2	Obsah chloridových iontů	Žádný	EN 1015-17	< 0,05 %	
3	Soudržnost	MC(0,40)	EN 1542	> 0,8 MPa	
4	Vázané smršťování/ rozpínání	MC(0,40)	EN 12617-4	Soudržnost po zkoušce	Žádný požadavek
				>0,8 MPa	
7	Tepelná slučitelnost Část 1, Zmrazování a tání	MC(0,40)	EN 13687-1	Soudržnost po 50 cyklech	Vizuální prohlídka po 50 cyklech
				> 0,8 MPa	
8	Tepelná slučitelnost Část 2,	MC(0,40)	EN 13687-2	Soudržnost po 30 cyklech	Vizuální prohlídka po 30 cyklech

	Náporové skrápění			>0,8 MPa ^a	
9	Tepelná slučitelnost Část 4, Cyklování za sucha	MC(0,40)	EN 13687-4	Soudržnost po 30 cyklech >0,8 MPa	Vizuální prohlídka po 30 cyklech
10	Proti smykové vlastnosti	Žádný	EN 13036-4	Třída I: > 40 jednotek při zkoušce mokrého povrchu Třída II: > 40 jednotek při zkoušce suchého povrchu Třída III: > 55 jednotek při zkoušce mokrého povrchu	
11	Součinitel teplotní roztlačnosti	Žádný	EN 1770	Jsou-li provedeny zkoušky 7, 8 nebo 9, není vyžadován. V opačném případě deklarovaná hodnota.	
12	Kapilární absorpce	Žádný	EN 13057	<0,5 kg m ⁻² h ^{0,5}	Žádný požadavek

Tab. 5 Požadavky na funkční vlastnosti výrobků pro opravy bez statické funkce

10 OPRAVY A SANACE ZJIŠTĚNÝCH VAD KLENBY TUNELU

Pro definované typy závad zjištěných ze záznamů o prohlídkách a v průběhu místního šetření jsou definovány postupy oprav (T1 až T9). V dalším textu jsou uvedeny postupy pouze pro závady zjištěné ve Žďárském tunelu, tj. T2, T4, T7 a T8.

10.1 Průsaky ve spárách ve vrcholu klenby (typ T2)

Průsaky ve spárách ve vrcholu klenby mohou v zimním období bezprostředně ohrožovat tvorbou rampouchů bezpečnost provozu, resp. zvyšují provozní náklady spojené se zajištěním provozuschopnosti trati. Podle charakteru průsaku a geometrických možností (prostorová průchodnost) je jako opravu možné použít buď přespárování a těsnící injektáž spáry mezi kvádry obezdívky nebo provedení „deštníku“ ze stříkané hydroizolační membrány a stříkaného betonu.

- V případě lokálních průsaků na menší ploše obezdívky bude použito popsané přespárování vadných míst s následným provedením těsnící injektáže.
- V případě plošných průsaků ve spárách obezdívky bude provedeno odstranění stávajícího spárování do hloubky max. 50 mm, očištění obezdívky od mastnoty a nečistot tak, aby byla zajištěna soudržnost mezi obezdívkou a podkladní vrstvou jemnozrnného stříkaného betonu tl. min. 40 mm pro nástřik hydroizolační membrány. Ta bude nanášena v tl. min. 3 mm nástřikem ve třech vrstvách s barevným rozlišením, aby bylo možné vizuálně kontrolovat kontinuitu jednotlivých vrstev. Vrstva hydroizolační membrány bude před mechanickým poškozením ochráněna vrstvou stříkaného betonu.

10.2 Vady na ostění ze stříkaného betonu (typ T4)

Vady (odprsky) na ostění ze stříkaného betonu doprovázené průsaky (výluhy) v trhlinách budou opraveny:

- částečné nebo úplné odstraněním stávajícího ostění ze stříkaného betonu,

- v případě úplného odstranění ostění obnovením svodnic podle rozsahu puklinového systému tak, aby po obnovení ostění ze stříkaného betonu nebylo namáháno hydrostatickým tlakem,
- provedením podkladní vrstvy stříkané hydroizolační membrány z jemnozrnného stříkaného betonu frakce 0-4 mm v tloušťce do 40 mm,
- nástřikem hydroizolační membrány v tl. min. 3 mm a
- nástřikem závěrečné vrstvy stříkaného betonu tl. min. 100 mm.

Tímto způsobem bude obnoven drenážní systém za ostěním a nahrazeno nebo opraveno původní ostění ze stříkaného betonu novým ostěním s mezilehlou hydroizolační membránou.

10.3 Průsaky na portálových stěnách (typ T7)

Oprava bude provedena:

- vyčištěním a opravou všech odvodňovacích prvků (žlaby nad portály).
- odstraněním náletové vegetace nad portálem, která může pádem ohrožovat bezpečnost provozu.
- těsnící injektáží spár obezdívky portálových stěn a sanací povrchů bočního křídla (stěny) na výjezdovém portále v souladu s požadavky předpisu TKP23.

10.4 Zdegradované nebo poškozené svodnice (typ T8)

V místě průsaků stříkaným betonem bude doplněn systém svodnic tak, aby byl schopen odvést puklinovou vodu do bočních tunelových drenáží bez rizika tvorby rampouchů a ledopádů. Počet a délka svodnic bude odpovídat zastižené poloze vodu vedoucích trhlin. Stabilita výrubu bude v těchto úsecích i nadále zajištěna samonosností horninového masivu.

11 OPRAVA DRENÁŽNÍHO SYSTÉMU TUNELU

Drenážní systém tunelu tvoří:

- Rubové drenáže za stávající obezdívkou nebo ostěním tunelu. Ty tvoří buď odvodňovací vrty a svodnice, nebo šterková žebra, která jímají puklinovou vodu z horninového masivu a odvádějí ji příčnými svody do podélné tunelové drenáže. Návrh drenážního systému je proveden za předpokladu, že tento typ drenáží za stávající obezdívkou je funkční a nelze sanovat.
- Příčné svody, které odvádí podzemní vodu z rubových drenáží do podélné drenáže. Tyto příčné svody budou v rámci prováděných oprav vyčištěny tlakovou vodou, případně dojde k odstranění mechanických nečistot po otevření/odstranění stávajících podélných odvodňovacích žlabů.
- Podélné tunelové drenáže, které jsou ve stávajícím řešení tvořeny bočními drenážními kanály (žlaby). Tyto žlaby budou po opravě tunelu odstraněny a nahrazeny drenážním potrubím DN 250, SN 8 s perforací šířky 5 mm v rozsahu 120°, které bude uloženo ve stejné úrovni dna, jako původní prefabrikované žlaby.

Technický návrh obnovení drenážního i hydroizolačního systému tunelu vychází z předpokladu, že:

- horninový masiv má puklinový režim podzemní vody,
- stávající systém rubové drenáže a příčných drenážních svodů je funkční,
- hydroizolační systém nebude vzhledem k funkčnímu rubovému drenážnímu systému zatížen tlakovou vodou (deštníkový systém);
- prostorové možnosti stávajícího tunelu neumožňují vytvoření šachet na čišťení tunelové drenáže;
- profily drenážního potrubí jsou navrženy s dostatečnou kapacitní rezervou;
- s ohledem na dobu provozování tunelu se nepředpokládá vyluhování jemných částic z horninového masivu a při daném podélném sklonu tunelu a rychlosti proudění vody v potrubí ani jejich případná sedimentace;
- použití stříkané hydroizolační membrány a puklinový režim podzemní vody neumožňuje proudění podzemní vody podél ostění ze stříkaného betonu, resp. hydroizolace, čímž je minimalizováno riziko vniku sintru v drenážním potrubí.

Po sejmutí železničního svršku bude líc výrubu střechovitě vyspárován k bočním tunelovým drenážím DN250, které budou uloženy do betonového lůžka tak, aby podzemní voda vytékající z příčných svodů nebo ze dna tunelu natékala do perforace drenážního potrubí. Pokud to stávající stav umožní, je možné drenážní potrubí umístit do stávajících drenážních žlabů. Dispoziční řešení příčného řezu tunelu neumožňuje v tunelu situovat šachty na čišťení drenáže. Ta bude však čistitelná ze šachet před oběma portály.

Na vjezdovém portále bude v drenážních šachtách provedeno příčné propojení drenážního potrubí pod kolejovým ložem plnostěnnou trubkou DN 400 ve sklonu 2 % na levou stranu ve směru staničení.

Na výjezdovém portále je navrženo rovněž příčné propojení potrubím DN 250 ve sklonu 3 %. Drenážní potrubí na pravé straně tunelu ve směru staničení bude v šachtě zaslepeno.

12 OPRAVA PORTÁLOVÉHO KŘÍDLA A ŘÍMSY VÝJEZDOVÉHO PORTÁLU

Portálové křídlo na výjezdovém portále je tvořeno zárubní zdí z prostého betonu. Společnou vadou monoliticky prováděných konstrukcí jsou průsaky trhlinami a výrazná povrchová degradace, která v případě nevyztuženého betonu proniká do větších hloubek a vede k vytvoření kaveren.

Podle principů popsaných pro opravu portálového křídla bude provedena i sanace železobetonové římsy nad výjezdovým portálem.

Sanace bude probíhat:

- Utěsněním průsaků trhlinami a pracovními spárami betonáže
- Odstraněním degradovaného materiálu a jeho doplněním sanační hmotou.

12.1 Utěsnění průsaků trhlinami a pracovními spárami

Před prováděním těsnící injektáže bude nejprve z povrchu zdi odstraněna vrstva degradovaného betonu. Průsaky trhlinami nebo pracovními spárami budou řešeny dodatečnou chemickou injektáží pro zajištění a obnovení vodonepropustnosti konstrukce. Těsnící injektáž bude prováděna injektážní pryskyřicí na bázi polyuretanu. Místa průsaků budou opatřeny min. 3 plnicími otvory/vrty tak, aby vždy došlo k ideálnímu vyplnění oslabeného místa injektážní směsí. Injektáž bude probíhat přes pakry tlakem do 25 barů. Kritériem pro ukončení injektáže je dosažení limitního tlaku, nebo vytékání injektážní směsi ze sanovaného místa konstrukce. Po ukončení prací a odstranění pakrů budou vzniklé otvory sanovány sanačním materiálem pro plošné sanace povrchu konstrukce.

12.2 Odstranění a doplnění degradovaného betonu

12.2.1 Ověření soudržnosti sanačních materiálů s podkladem

Cílem sanací vadných částí konstrukce je obnovení její požadované funkce. Pro úspěšné provedení sanace je třeba zkouškou ověřit soudržnost sanačních materiálů k podkladu, který tvoří plocha konstrukce po odstranění kvalitativně nevyhovujících vrstev betonu. Zkouška bude provedena na vytipované referenční ploše konstrukce po odstranění degradované části materiálu. Referenční plocha bude pro zkoušku připravena podle standardního postupu prací pro odstranění vadných vrstev betonu a přípravu podkladu. Dle TKP 23, čl. 23.3.1.4 se doporučuje na počátku sanačních prací provést referenční plochy za přítomnosti investora, projektanta, zhotovitele, případně dodavatele nátěru a následně jejich vzhledové i fyzikálně mechanické vlastnosti odsouhlasit. Referenční plocha slouží též k odsouhlasení kvality povrchových úprav mezi zadavatelem stavby a dodavatelem, zejména struktury povrchů, barevnosti a přípustných odchylek od rovnosti ploch a přímosti hran opravovaných konstrukcí. Kritériem pro vyhodnocení odtrhové zkoušky je průměrná pevnost v tahu povrchových vrstev podkladu. Podle TKP 23, tab. 23-1 platí pro kontrolní zkoušky průměrná soudržnost správkové hmoty s podkladem min. 1,1 MPa, přičemž žádná z hodnot nesmí klesnout pod 0,8 MPa.

Zkouška bude probíhat podle metodiky uvedené v ČSN 73 6242, přílohy B (normativní). Zde jsou rovněž uvedeny požadavky na vyhodnocení zkoušky a minimální obsah protokolu o odtrhové zkoušce. Po provedení zkoušky je plocha ostění sanována podle zásad uvedených v této projektové dokumentaci.

12.2.2 Odstranění degradovaných částí betonové konstrukce

Při odstraňování povrchových vrstev betonu nesmí být narušen kvalitou vyhovující beton konstrukčních prvků a beton v jádře průřezů, nesmí být narušena homogenní struktura betonu trhlinami a mikrotrhlinami, podrcen beton apod. Vrstva betonu, která neodpovídá kvalitativním a pevnostním požadavkům bude z porušených míst odstraněna pomocí vysokotlakého vodního paprsku (VVP) o tlaku 1000 barů, při spotřebě vody min. 30 l/s a hydrodynamickém výkonu 27 000 HDE (l/s x bar). Nastavení tlaku a dalších parametrů přístroje bude ověřeno a optimalizováno před zahájením sanací na referenční ploše konstrukce, která bude tímto způsobem sanována. Navržený „výběrový“ způsob odstraňování betonu je pro dané použití optimální, neboť odstraňuje pouze nekvalitně provedené části betonu konstrukce zatímco „zdravý“ beton v konstrukci ponechává a neporušuje vrstvy podkladu.

Alternativně, pokud nebude možné pomocí VVP vrstvy poškozeného betonu bezesbytku odstranit, je možno použít mechanické odstraňování povrchových vrstev nekvalitního betonu pomocí lehkých elektrických, nebo pneumatických kladiv o hmotnosti do max. 4 kg. Jedná se o "nevýběrový" pracovní postup, při kterém často dochází kromě odbourávání nesoudržného betonu i k odbourávání kvalitního betonu.

12.2.3 Předúprava povrchu podkladu

Předúprava povrchu betonu před zahájením sanací bude provedena tak, aby byly odstraněny všechny nesoudržné a neúnosné části z povrchu sanované konstrukce. Cílem předúpravy betonu je otevření struktury betonu tak, aby mohlo dojít k dobrému zakotvení reprofilačních vrstev. Otevření povrchu betonu se nejlépe identifikuje tak, že jsou na povrchu vizuálně patrná zrna drobného i hrubého kameniva včetně větších vzduchových pórů. Takto odhalený podklad musí být dostatečně únosný. Při odstraňování vadného betonu mechanickým rozrušováním (elektrickým/pneumatickým kladivem) je nutné na závěr podklad očistit od málo únosných vrstev ostění, nebo od přívěškových vrstev původně kvalitního betonu, které mohly být při šramování poškozeny. Pro očištění se použije vodní paprsek s rotační tryskou. Tlak vody se při dočišťování plochy podkladu se nesmí snížit pod 200 barů.

12.2.4 Spolupůsobení betonu podkladu a sanačního materiálu

Konstrukce se nacházejí v klimaticky exponovaném prostředí. Proto je nutné zajistit kvalitní provedení, které je závislé na kvalitě provedení a volbě vhodných materiálů. Pro napojení podkladu a sanačního materiálu aplikovaného ručním nanášením bude použit pevnostní můstek. Při aplikaci pevnostního můstku na beton podkladu bude hmota pevnostního můstku do podkladu vetřena tak, aby všechny nerovnosti podkladu byly celoplošně pokryty v síle cca 0,5 mm až 1 mm. Prodleva mezi nanášením pevnostního můstku a sanačního materiálu závisí na klimatických podmínkách a obvykle se pohybuje od 20 do 30 min., přičemž rozhodující je, aby se sanační materiál nanášel do ještě vlhkého povrchu pevnostního můstku. Tím je docíleno optimálního spojení sanační hmoty s betonem podkladu. Kritéria pro stanovení soudržnosti sanačního materiálu a podkladu definuje tabulka 23-1 TKP23.

Zkoušky provedené s cílem odhalit vliv technologie aplikace na soudržnost prokazují, že strojní aplikace správkové hmoty stříkáním dosahuje v průměru o 0,5 MPa vyšší soudržnosti s podkladem než technologie ručního nanášení při použití stejné správkové malty ve shodných podmínkách a na shodném podkladě. Naopak aplikace správkové malty pouhým natahováním vykazovala o cca 0,5 MPa nižší soudržnost než aplikace ručním nahazováním. V případě, že bude sanační hmota nanášena stříkáním, není nutné pevnostní můstek na beton podkladu aplikovat. Při strojním stříkání sanačního materiálu je nutno dodržovat zejména požadavky čl. 23.3.1.4 TKP 23.

12.2.5 Kritéria použití sanačních materiálů

Zásady použití sanačních materiálů zpravidla závisí na konkrétním typu výrobku a doporučeních výrobce pro jejich aplikaci. Jedná se zejména o maximálně přípustnou tloušťku vrstvy nanesenou v jednom kroku, délku prodlevy mezi jednotlivými vrstvami, a to v závislosti na

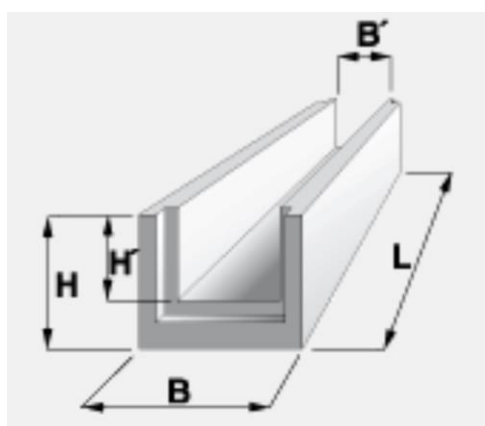
způsobu nanášení (ruční/strojní). Sanační materiály je proto nutné volit s ohledem na velikost plochy sanovaného místa a zejména hloubku degradované vrstvy.

13 OBNOVA KABELOVODŮ

Prostorové podmínky v tunelu odpovídají stávajícím rozměrům a při návrhu technického řešení kabelovodů je nutno tyto podmínky respektovat. Vzhledem k tomu, že prostorové poměry neumožňují vytvoření kabelových šachet pro zatahování kabelů, je zvolen typ prefabrikovaného kabelového žlabu s překrytím betonovou krycí deskou o vnějších rozměrech 230 x 180 (šířka x výška) a světlém vnitřním rozměru min. 130 x 130 mm. Tento typ kabelovodu umožňuje přístup po otevření krycích desek v celé jeho délce. Při návrhu technického řešení bylo ověřeno, že kabelovod uvedených rozměrů existuje a je možné ho v tunelu použít (např. kabelový žlab ŽPSV typ TK2.).

Protože stávající konstrukce kabelových žlabů je lokálně poškozena, rozsah poškození nelze bez sejmutí štěrkového přesypu nebo otevření kabelového žlabu zjistit a oprava by byla časově náročná bez zaručení požadovaného výsledku, budou kabelové žlaby v celé délce tunelu obnoveny a vyměněny za nové.

V letech 2022 – 2024 má být současně realizována stavba „opravy trati Tanvald – Kořenov“ a stavba D1, která zahrnuje zejména montážní práce k pořízení technických zařízení souvisejících s namontováním rozsáhlejšího a složitějšího zabezpečovacího zařízení než dosud, což znamená nová návěstidla se signálními a ovládacími kabely, počítače náprav se signálními a ovládacími kabely. Pro realizaci stavby D1 je nutné vybudovat v tunelech předem technická zařízení a zajistit stavební připravenost umožňující namontovat velké množství nových kabelových tras, které budou vedeny vnitřkem tunelů a podél celé trati. Navržené technické řešení, které zahrnuje v tunelu po obou stranách koleje uložit kabelový žlab š. 230 mm a výšky 180 mm (prefabrikovaný betonový žlab – viz Obr. 16), do kterého je možné volně vložit další kabely bez nutnosti jejich zatahování přes kabelové šachty.



Rozměry (cm)					Třída betonu	Objem (m3)	Hmot. (kg)
L	B	H	B'	H'			
100	23	18	13	13	C 25/30-XF1	0,0245	60

Obr. 16 Prefabrikovaný kabelový žlab

14 ZNAČENÍ V TUNELU

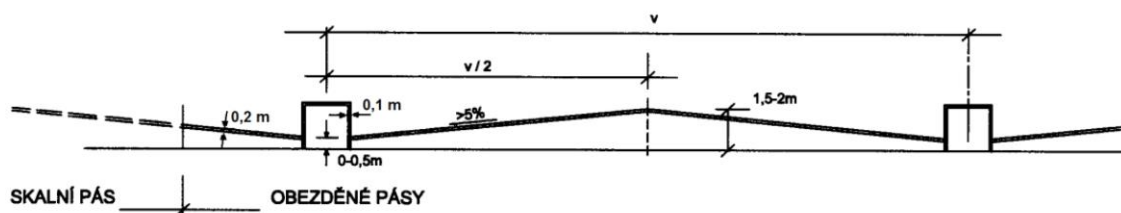
14.1 Požadavky předpisu SŽ S6 (2018)

Značení v tunelu je předmětem normativní přílohy G předpisu SŽ S6. Značení podle tohoto předpisu nesouvisí s bezpečností provozu, ale s bezpečností osob provádějících práce v tunelu (záchranné výklenky a nejkratší cesta k nim) a lokalizací zjištěných nedostatků v tunelu (značení tunelových pásů). V tunelu nejsou situovány žádné záchranné výklenky. Proto není nutné označovat šikmými pruhy vzdálenosti pro únik osob (oba portály jsou v celé délce tunelu viditelné a orientace v případě úniku bude zaměřena na bezpečnost úniku, nikoli nejmenší vzdálenost k portálu).

Příloha G (normativní)

Vzor bezpečnostního značení

ORIENTAČNÍ PÁSY

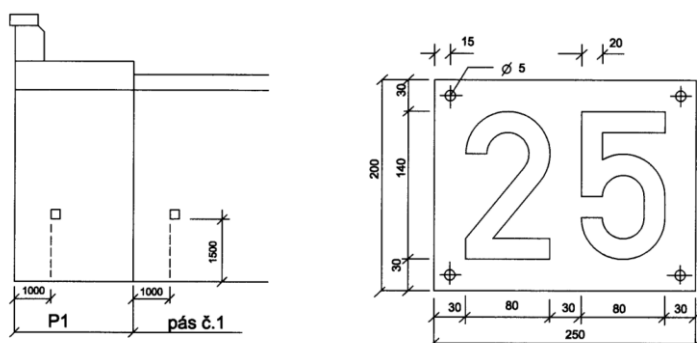


OBRYŠ ZÁCHRANNÉHO VÝKLENKU JE OPATŘEN BÍLÝM TRVANLIVÝM NÁTĚREM V PRUHU ŠÍŘKY 0,1 m VNĚ I DOVNITŘ OD JEHO HRANY

Obr. 17 Značení záchranných výklenků a směrů úniku

V souvislosti s údržbou tunelu a lokalizací případných závad v tunelu je nutné obnovit svislým značením na ostění tunelu hranice mezi tunelovými pásy a číslování tunelových pásů. S ohledem na kontinuitu sledování technického stavu tunelu budou rozhraní mezi tunelovými pásy vyznačeny ve stejné poloze, jako před rekonstrukcí.

OZNAČENÍ TUNELOVÝCH PÁSŮ



Obr. 18 Značení tunelových pásů

Technická zpráva

14.2 Požadavky evropského předpisu TSI SRT

Značení únikových cest v tunelu se bez ohledu na jejich délku řídí evropským předpisem TSI SRT. Požadavky předpisu souvisí se zajištěním bezpečnosti provozu. V době zpracování projektové dokumentace se jedná o NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1303/2014

ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu týkající se „bezpečnosti v železničních tunelech“ železničního systému Evropské unie ve znění Nařízení Komise (EU) 2016/912 ze dne 9. června 2016 a Prováděcího nařízení Komise (EU) 2019/776 ze dne 16. května 2019. V článku 4.2.1.5.5 tohoto předpisu se uvádí:

a) Značení únikových cest označuje únikové cesty, **vzdálenost a směr k bezpečné oblasti**.

b) Vzhled všech značek odpovídá požadavkům směrnice 92/58/EHS ze dne 24. června 1992 o minimálních požadavcích na bezpečnostní nebo zdravotní značky na pracovišti a specifikacím, na které je uveden odkaz v indexu 1 dodatku A.

c) Únikové značky musí být instalovány **na bočních zdech** podél únikových chodníků.

d) Největší vzdálenost mezi únikovými značkami **musí být 50 m**.

e) Značky se do tunelu umísťují také z důvodu označení umístění nouzového vybavení, pokud se v tunelu takové vybavení vyskytuje.

f) Všechny dveře vedoucí k únikovým cestám nebo propojkám musí být označeny.



Vzhledem k délce tunelu a maximální vzdálenosti značek 50 m je nutné pro splnění požadavku předpisu v tunelu umístit jednu značku s uvedením vzdálenosti k bezpečné oblasti (k oběma portálům).

15 SEZNAM DOKUMENTACE

E.1.7.1-01	Technická zpráva	-
E.1.7.1-02	Situace	1:500
E.1.7.1-03	Podélný řez v ose tunelu	1:500
E.1.7.1-04	Vzorové příčné řezy tunelu	1:50
E.1.7.1-05	Charakteristické příčné řezy tunelu	1:100
E.1.7.1-06	Vjezdový portál - dispozice	1:50
E.1.7.1-07	Výjezdový portál - dispozice	1:50
E.1.7.1-08	Vyhodnocení zjištěných závad	
E.1.7.1-09	Sanace portálů	1:50
E.1.7.1-10	Sanace zárubní zdi u výjezdového portálu	1:50/1:100