

# TECHNICKÁ ZPRÁVA

STAVBA:	Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov
STUPEŇ DOKUMENTACE:	DSP a PDPS
STAVEBNÍ OBJEKT:	SO 03-17-02 Tunel Dolnopolubenský km 30,375 - 30,542

## 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	Odchyly od platných norem a předpisů .....	7
3	ÚČEL A ROZSAH PŘEDMĚTU DÍLA .....	7
3.1	Obecně .....	7
3.2	Základní popis objektu Dolnopolubenského tunelu .....	8
3.3	Dostupné informace z historických zdrojů .....	9
3.3.1	Geotechnické podmínky a zajištění líce výrubu .....	9
3.3.2	Drenážní a hydroizolační systém tunelu .....	10
3.3.3	Obnova obezdívky a zajištění stability výrubu .....	10
3.4	Předmět projektu Dolnopolubenského tunelu SO 03-17-02 .....	11
3.5	Koncepce technického řešení v dokumentaci .....	12
4	POUŽITÁ TERMINOLOGIE .....	12
5	PROVĚŘENÍ PROSTOROVÉ PRŮCHODNOSTI TUNELU .....	13
5.1	Prověřované průjezdné průřezy .....	13
5.2	Stanovení délky tunelových pásů .....	14
5.3	Poloha portálů a délka tunelu .....	14
5.4	Směrové a výškové vedení po úpravě GPK .....	14
6	POPIS KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ STÁVAJÍCÍHO TUNELU .....	15
7	TYPY ZJIŠTĚNÝCH ZÁVAD TUNELŮ .....	15
7.1	Typy vad tunelové obezdívky / ostění .....	15
7.2	Drenážní systém tunelu .....	19
7.3	Kabelovody a zajištění vedení inženýrských sítí .....	20
7.4	Portálové stěny a zárubní zdi za výjezdovým portálem .....	20
7.4.1	Portálové stěny .....	20
7.4.2	Zárubní zdi za výjezdovým portálem .....	21
8	NEJISTOTY V OKRAJOVÝCH PODMÍNKÁCH A VYPLÝVAJÍCÍ RIZIKA .....	22
8.1	Nejistoty v okrajových podmínkách technického řešení .....	22
8.2	Rizika vyplývající z nejistoty okrajových podmínek .....	24
9	POUŽITÉ TECHNOLOGIE A MATERIÁLY .....	24
9.1	Stříkaný beton .....	24
9.2	Stříkaná hydroizolační membrána .....	25
9.3	Těsnící injektáž a spárování zdiva .....	27

9.3.1	Těsnící injektáž spár kamenného / betonového zdiva .....	27
9.3.2	Těsnící injektáž ostění z monolitického/stříkaného betonu .....	27
9.3.3	Spárování a injektování obezdívky – sanace vydrolených spár a průsaků .....	28
9.4	Drenážní potrubí .....	29
9.5	Kanalizační potrubí .....	29
9.6	Geotextilie .....	30
9.7	Kabelové žlaby – kabelovody .....	30
9.8	Sanační malty pro opravy betonových konstrukcí .....	31
10	OPRAVY A SANACE ZJIŠTĚNÝCH VAD KLENBY TUNELU .....	31
10.1	Průsaky stávajícím „deštníkem“ ze stříkaného betonu (typ T3) .....	32
10.2	Vady na ostění ze stříkaného betonu (typ T4) .....	32
10.3	Průsaky na portálových stěnách (typ T7) .....	32
11	OPRAVA DRENÁŽNÍHO SYSTÉMU TUNELU .....	33
12	OPRAVA PORTÁLOVÝCH STĚN .....	34
12.1	Vjezdový portál z kamenného zdiva .....	34
12.2	Výjezdový portál z monolitického betonu. ....	34
12.2.1	Utěsnění průsaků trhlinami v portálové konstrukci .....	34
12.2.2	Odstranění a doplnění degradovaného betonu .....	35
13	OBNOVA KABELOVODŮ .....	37
14	ZNAČENÍ V TUNELU .....	38
14.1	Požadavky předpisu SŽ S6 (2018) .....	38
14.2	Požadavky evropského předpisu TSI SRT .....	39
15	POZNÁMKA K ZÁRUBNÍM ZDEM NA VÝJEZDOVÉM PORTÁLE .....	40
16	SEZNAM DOKUMENTACE .....	40

## 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 03-17-02 Tunel Dolnopolubenský km 30,375 - 30,542
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 03-10-01 Desná (mimo) - Dolní Polubný (mimo), železniční svršek

SO 03-11-01 Desná (mimo) - Dolní Polubný (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](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 jeho poloha dána staničením 30,375 až 30,542. 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 uváděno původní staničení pouze v názvu tunelu. Pro určení polohy portálů a konstrukcí v tunelu je již v situaci a řezech používáno nové staničení po úpravě GPK.

### **3.2 Základní popis objektu Dolnopolubenského tunelu**

Tunel délky 166,3 m se nachází v definičním úseku odbočka vlečky PRECIOSA Ornela a.s. - Dolní Polubný.

Jeho vjezdový portál leží ve staničení ŽKM 30,37575 a výjezdový portál ve staničení ŽKM 30,54205.

Z hlediska směrových poměrů od vjezdového portálu tunel leží v přímé, která začíná již před tunelem a její celková délka je 173,56 m. Následuje pravostranný oblouk bez přechodnic o poloměru  $R = 200$  m,  $v = 20$  km/h délky 137 m. Po něm následuje opět přímá délky 255 m.

Původně byl v celé délce tunelu jednotný podélný sklon 56 ‰. To se změnilo při rekonstrukci v roce 1960, kdy se provádělo mimo jiné vyrovnání nivelety koleje. Ve stávajícím stavu niveleta tunelu stoupá ve sklonu 56,3 ‰. Ve staničení km 30,39470 dochází k lomu sklonu a podélný sklon přechází na stoupání 53,08 ‰. Další lom sklonu nastává až těsně za výjezdovým portálem tunelu, kde se stoupání zmírňuje na 27,82 ‰.

Vjezdový portál je v obdobném stylu jako portály předešlých tunelů. Obezdvíku portálu tvoří kamenné hrubě opracované kvádry a ostění v prvních třech pasech tunelu je tvořeno kamennou obezdívkou. Následuje jeden pas s ostěním ze stříkaného betonu, dále pak je ostění s kamennou obezdívkou jako na začátku tunelu. Výjezdový portál je obezděn betonovými tvárnicemi a jeho styl je dost odlišný od předchozích portálů. Výjezdový předzářez má po obou stranách betonové zárubní zdi, dlouhé zhruba 40 m. Okolí kolejiště v obou předzářezích je poměrně hustě porostlé vegetací, která může působit povrchovou degradaci horninového masivu.

V celé délce tunelu je kolej opatřena ozubnicí.

Podle dobové dokumentace je odvodnění tunelu zajištěno dvěma drenážními trubkami DN300 situovanými po stranách tunelu při patách opěr.

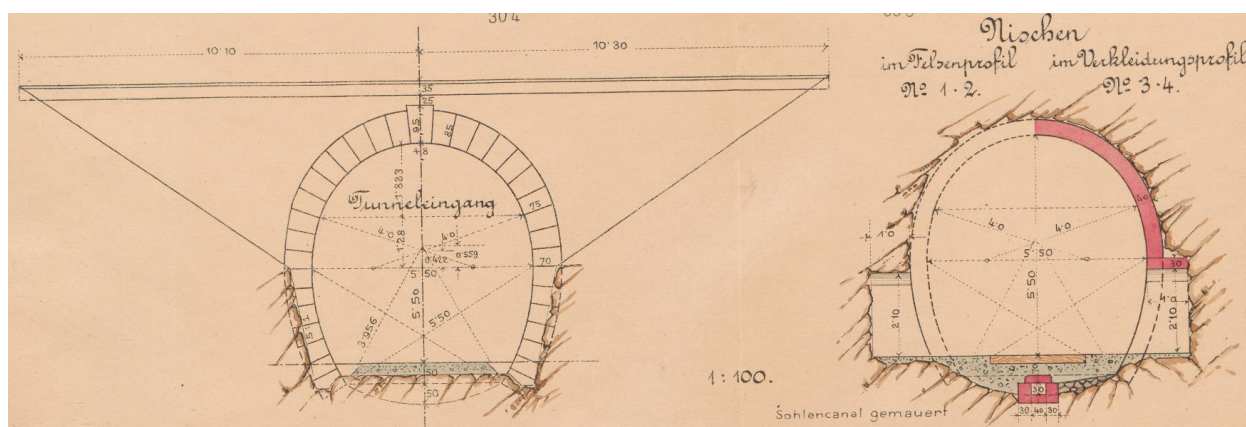
V tunelu je použit železniční svršek A s ocelovými pražci a ozubnicí. Podle stávajícího technického stavu je hodnocen stupněm 2 ve smyslu čl. 4.7.5 předpisu SŽDC S6, tj. stavební stav tunelu, který vyžaduje opravu nad rámec běžných údržbových prací. Jedná se například o místní



opravu tunelové trouby, tunelových stok a příkopů, výměnu jednotlivých segmentů ostění, místní utěsnění injektáží atd. Z hlediska průsaků podzemní vody do tunelu je tunel hodnocen stupněm zavodnění V2 (plošná zavlhllost podle předpisu SŽDC S6). Kabelový žlab je veden vpravo ve štěrkovém loži. V rámci opravy koleje je podle zadání nutné obnovit podélné odvodnění tunelu.

### 3.3 Dostupné informace z historických zdrojů

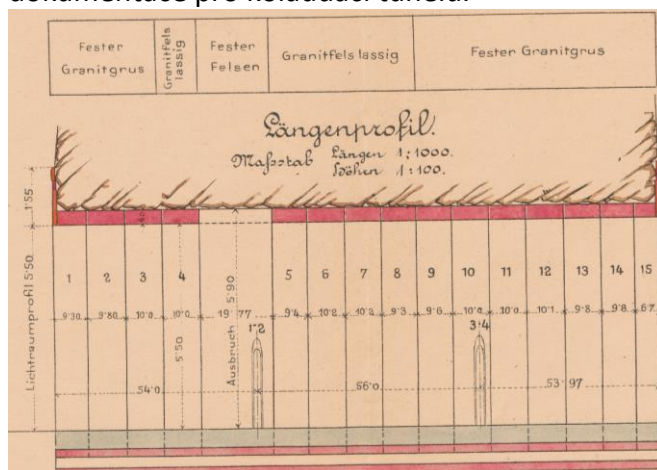
Pro návrh oprav patří k základním okrajovým podmínkám informace o výstavbě tunelu, stavu horninového masivu a stavebních úpravách, které v průběhu provozování prodělal. Ve Státním oblastním archivu v Praze se podařilo objevit výkresovou dokumentaci tunelu (kolaudační elaboráty z 11/1902) se zakreslením základních typů obezdívky v podélném směru, situováním záchranných výklenků a stručným popisem geotechnických podmínek. Základní typy dispozičního uspořádání příčného řezu ukazuje Obr. 1.



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

#### 3.3.1 Geotechnické podmínky a zajištění líce výrubu

Z roku 1902 jsou i základní informace o horninovém masivu. Z nich vyplývá, že tunel je v celé délce ražen z granodioritu, který je místně porušen systémem diskontinuit. Jediným zdrojem informací o horninovém masivu je podélný řez tunelem z roku 1902, který byl součástí dokumentace pro kolaudaci tunelu.



Obr. 2 Podélný řez s geometrickými a geotechnickými údaji (1902)

### Technická zpráva

V rámci rekonstrukce byly prováděny následující práce:

- Obezdní skalního profilu v pasu č. 3
- Vybudování postranních tunelových stok
- Povrchové úpravy a sanace průsaků vody v oblasti stropu (horní klenby)

Technické řešení tunelu po rekonstrukci je vstupní informací pro návrh oprav. Hlavním důvodem rekonstrukce byl špatný stav obezdívky a silné průsaky, které vedly v zimním období ke vzniku rampouchů a ledopádů.

### 3.3.2 Drenážní a hydroizolační systém tunelu

Tunel měl původně střední tunelovou stoku, která ve vjezdovém předzářezu vyústovala do odvodňovacího postranního příkopu vlevo od dráhy. Při rekonstrukci v roce 1949 byly navrženy oboustranné trubní odvodňovací stoky, které měly převzít funkci středového odvodnění. Levá stoka byla navržena tak, že před výjezdovým portálem zaústovala do levostranného odvodňovacího příkopu. Pravá stoka zaústovala do uzavřené čistící šachty o půdorysném rozměru 900 x 600 mm, která rubem stěny lícuje se stěnou vjezdového portálu. Z této šachty se dále voda odvádí kolmo na osu trati trubním propustkem  $\varnothing = 300$  mm do odvodňovacího příkopu vlevo. Trubní propustek a obě stoky byly navrženy z betonových prefabrikátů.

Nové tunelové stoky byly navrženy jako trubní z betonových prefabrikátů  $\varnothing = 300$  mm. Prefabrikáty jsou uloženy na vrstvě podkladního betonu B 135 (C8/10) v rýze šířky 600 mm a výšce 100 mm, osově jsou 1,55 m od osy trati. Stoky byly uloženy do hloubky 55 cm pod niveletu pražců. Na rozhraní pasů 1 a 2, 4 a 5, 5 a 6, 6 a 7, 7 a 8 a 8 a P2 byly vybudovány čistící šachty 300 x 600 mm s hloubkou 150 mm pod dno trouby. Šachty jsou z prostého betonu B 170 (C12/15), dno má tloušťku 150 mm, stěny jsou svisle vybetonovány do výšky 150 mm pod niveletu prahů a při horním povrchu mají ozub po celém vnitřním obvodu, který byl určen pro osazení krycích desek šachtic tloušťky 50 mm. V podélných stěnách šachet jsou otvory, kterými jsou sem zaústěny příčné svodnice. Na horní krycí desce jsou z důvodu tepelné izolace položeny škvárobetonové desky tloušťky 150 mm. Ve zbylé délce trati jsou trubní stoky zakryty kolejovým ložem.

V rekonstruovaném pase č. 3 byly vybudovány postranní stoky obdélníkového průřezu 300 x 350 mm s osovou vzdáleností 1 550 mm od osy koleje a byly uloženy do hloubky 550 mm pod niveletu pražců. Tyto stoky jsou vybetonovány z prostého betonu, tloušťky stěn jsou 150 mm. Ve stěnách jsou vytvořeny ozuby pro osazení krycích desek. Na bocích postranního odvodňovacího kanálu jsou situovány otvory 100 x 100 mm pro zaústění příčných svodnic do odvodnění. Tyto otvory jsou od sebe vzdáleny 2 m. Na celé ploše obdélníkových kanálů je vrstva škvárobetonu tloušťky 150 mm, která zabraňuje promrzání a zajišťuje lepší přístup pro čištění odvodnění.

### 3.3.3 Obnova obezdívky a zajištění stability výrubu

Původně neobezdná část tunelové trouby v pasu č. 3 (ve staničení km 30,41460 až km 30,43420 v délce 19,6 m) byla opatřena betonovou obezdívkou. Bylo nutné zachovat minimálně stejně velký světlý průřez tunelu jako v Desenském tunelu, který byl tou dobou již schválen. Byl navržen světlý průřez 5,50/5,70 m.

Jako první bylo nutné při dolamovacích pracích vyrazit troubu do požadovaného profilu, který vyhovoval betonovému ostění se světlym průřezem 5,50/5,70 m, základům obezdívky i patní drenáži. Výlom byl prováděn z trubkového lešení namontovaném na železničním voze. Veškeré dolamovací práce se prováděly za vyloučení železničního provozu. Výlom byl proveden v celé původní délce pasu č. 3 (19,6 m) po jednotlivých záběrech, které odpovídaly délce pracovního lešení. Postup výlomu byl veden směrem od klenby k opěrám, pouze výlom pro patní drenáž byl proveden dodatečně po úplném obezdění tunelové trouby.

Líc výlomu byl postupně zajišťován ocelovými kotvami  $\varnothing = 26$  mm na rozštěp a klín. Kotvy byly upevněny do skalního líce před ocelovou sítí  $\varnothing = 2$  mm s oky 4 x 4 cm. Kotvy měly v podélném směru rozteč 1,90 m, první řada byla vzdálená 300 mm od konce pasu č. 2, poslední řada byla vzdálená rovněž 300 mm od pasu č. 4 (později č. 5). Kotvy byly od délek 2,1 m a 1,6 m a byly kotveny do vrtů  $\varnothing = 40$  mm. Kotevní tyče byly na jedné straně opatřeny závitem o délce 200 mm a na druhé rozštěpem.

Kotvení skalního líce klenby se zajištěním výztužnou sítí se provedlo v celé délce pasu č. 3 na rozvinutou šířku 7,5 m. Ojedinelé uvolněné skalní bloky v prostoru opěr se kotvily stejnými kotvami bez sítě. Současně s výlomem opěr byl proveden výlom pro dva záchranné výklenky ve staničení km 30,43120. Výklenky byly vybudovány z důvodu zmenšení volného bezpečnostního prostoru v tunelu v délce pasu č. 3.

Po provedení výlomu byly provedeny základy opěr z betonu B 135 (C8/10) v celé délce obezdívky. V betonových základech byly provedeny příčné odvodňovací drenáže, které vyúsťují v postranních tunelových stokách po vzdálenosti 2 m.

V celé délce tunelu byla v klenbě z důvodu omezení rizika průsaků provedena vrstva stříkaného betonu tloušťky 60 mm, která je vyztužená, ale nemá nosnou funkci. Stříkaný beton zasahoval do vzdálenosti 1,5 m od osy koleje na obě strany a na délce 300 mm se postupně tloušťka vrstvy snižuje na nulu. Výztuž byla ukotvena pomocí ocelových ok, které byly nastřeleny do kamenné obezdívky. Nástřik byl proveden na povrch otryskaný pískem, očištěný tlakovou vodou a následně vysušený.

Všechny spáry pod vrstvou stříkaného betonu byly po očištění tlakovou vodou hloubkově mechanicky přespárovány. Stejně byly přespárovány i všechny spáry kamenné obezdívky, které vykazovaly známky degradace. Celkem bylo mechanicky přespárováno zhruba 70 % celkové plochy kamenné obezdívky.

### 3.4 Předmět projektu Dolnopolubenského tunelu SO 03-17-02

V rámci opravy koleje je podle požadavků zadávací dokumentace nutné obnovit podélné odvodnění tunelu. Při místním šetření byly zjištěny další závady, které se mohou v průběhu času stát problematickými, a to zejména s ohledem na promrzání tunelu. Jedná se o:

- Průsaky přes deštník ze stříkaného betonu ve vrcholu klenby;
- Výrony vody vytékající ze spáry mezi obezdívkou a deštníkem na bocích tunelu;
- Trhliny v ostění ze stříkaného betonu s výluhy sintru;
- V tunelovém pásu č. 3 je na stříkaný beton ostění nastříkána vrstva sklolaminátu, která je částečně oddělena od podkladu.

Technické řešení bude navrženo s cílem zvýšení životnosti tunelových konstrukcí a minimalizace nákladů spojených s provozem a údržbou tunelů.

### 3.5 Koncepce technického řešení v dokumentaci

- a) Tunel je rozdělen na úseky podle typu zajištění stability výrubu podle Tab. 2
- b) Pro tunel je vypracovaná podrobná pasportizace vad včetně fotodokumentace po tunelových pásích
- c) Vady jsou označeny typem vady T1 až T9 podle Tab. 3 a Tab. 4. A pro typy poruch je navržen návrh opravy nebo sanace.
- d) Označování typů zajištění stability výrubu, vad a jejich oprav je jednotné pro všechny tunely na traťovém úseku.
- e) Hodnocení poruch a popis typu sanace je provedeno pro každý tunelový pás v příloze č. 7.

## 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 uvedeném v normě ČSN 737508 a předpise SŽDC S6 (09/2018).

- Obezdvíka:** 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, obezdvíky 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 obezdvíky 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. 3, na kterém jsou červeně vyznačena místa kolize průjezdného průřezu se světlym lícem tunelu.



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

Výsledkem optimalizace GPK a prostorové průchodnosti v tunelech je zajištění prostorové průchodnosti pro **průjezdný 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 km 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
<b>Dolnopolubenský</b>	30,382 651	0,000	529,260	30,548 422	165,771	538,075

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

## 5.4 Směrové a výškové vedení po úpravě GPK

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

Z hlediska směrových poměrů trasa od vjezdového portálu pokračuje přímkou délky 33,550 m. Následuje přechodnice délky 14,0 m a pravostranný kružnicový oblouk o poloměru  $R = 200$  m,  $v = 40$  km/h, délky 108,265 m, po něm následuje opět přechodnice délky 14,0 m.

Z hlediska směrových poměrů tunel od vjezdového portálu stoupá ve sklonu 57,070 %. Ve staničení ŽKM 30,407 dochází k lomu nivelety a sklon přechází zakružovacím obloukem  $R=3500$  m na stoupání 54,868 ‰ až do dalšího lomu nivelety před výjezdovým portálem ve staničení ŽKM 30,539 500, kde přechází do stoupání ve sklonu 27,212 ‰ se zakružovacím obloukem  $R=2000$  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

Dolnopolubenský tunel je rozdělen ve smyslu předpisu SŽDC S6 na celkem 10 tunelových pásů označených P1 (vjezdový portál), P2 (výjezdový portál) a mezilehlé tunelové pásy 1 až 8. 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
Obezdvíčka z kamenných bloků	A	Spárované zdivo z kamenných bloků
Obezdvíčka 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 šterkového 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 Dolnopolubenském tunelu se vyskytují typy zajištění stability výrubu A, B, C a E.

## 7 TYPY ZJIŠTĚNÝCH ZÁVAD TUNELŮ

### 7.1 Typy vad tunelové obezdívky / 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 obezdívky (z kamenných nebo betonových kvádrů) na boku a v patě klenby.	T1	Přespárování a těsnící injektáž spáry mezi kvádry obezdívky. Vyčištění příčných svodnic.
Průsaky mezi kvádry obezdívky (z kamenných nebo betonových kvádrů) ve vrcholu klenby.	T2	Podle charakteru průsaku a geometrických možností buď přespárování a těsnící injektáž spáry mezi kvádry obezdívky nebo provedení „deštníku“ ze stříkané hydroizolační membrány a stříkaného betonu.
Průsaky stávajícím „deštníkem“ ze stříkaného betonu, kterým byly dříve sanovány průsaky ve spárách původní obezdívky 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 průsaky (výluhy) v trhlinách.	T4	Odstranění stávajícího ostění ze stříkaného betonu, provedení podkladní vrstvy, stříkané hydroizolační membrány a závěrečné vrstvy stříkaného betonu.
Vady (odprsky) na ostění z monolitického betonu nebo prepaktbetonu 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




V Dolnopolubenském tunelu se vyskytují vady typu T3, T4 a T7.

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, úrůsaky, 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 Dolnopolubenského tunelu 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 1963 až

1967 došlo ke změně koncepce odvodnění tunelu. Jedním z cílů rekonstrukce bylo zachycení vývěřů puklinové podzemní vody ze skalního líce pomocí systému svodnic a utěsnění líce výrubu ostěním ze stříkaného betonu. V tunelovém pase č. 3 jsou průsaky řešeny i nástřikem sklolaminátu. Tímto způsobem se mělo zabránit tvorbě rampouchů a ledopádů, které se v tunelu v mrazivých měsících tvořily. Svodnice byly zaústěny do postranních odvodňovacích stok, které byly vybudovány v celé délce tunelu (viz kap. 3.3.2).

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

Podle evidenčního listu tunelu kabelovody nejsou v tunelu instalované, kopanou sondou byl kabelovod zastižen nad drenážním betonovým potrubím vpravo ve směru staničení (viz Obr. 5). Stejně tak byla kopanými sondami zastižena i původní střední tunelová stoka v ose tunelu pod ozubnicí. Nepotvrdila se informace z dobové dokumentace, že boční tunelová drenáž má být v pásu v č. 3 obdélníkového průřezu (kopanou sondou zastižené potrubí je kruhového průřezu – viz Obr. 4).



Obr. 4 Kopaná sonda km 30,475: vlevo drenážní potrubí, vpravo střední tunelová stoka



Obr. 5: Kopaná sonda km 30,424: Pod kabelovodem zastižena boční tunelová drenáž.

### 7.4 Portálové stěny a zárubní zdi za výjezdovým portálem

#### 7.4.1 Portálové stěny

Portálová stěna vjezdového portálu je tvořena kamennými kvádry, stejně jako portálový pás P1. Zdivo portálu je v dobrém stavu. Ve spárách se lokálně drží vegetace. Po odstranění vegetace bude nutné přespárování, stejně jako v místech, kde je spárování vypadané. Vzhledem k průsakům je nutné po přespárování místa průsaků sanovat těsnící injektáží. V prostoru nad portálem je nutné vyčistit odvodňovací žlab a odstranit náletovou vegetaci. Na Obr. 6 je vidět náletová vegetace ve spárách kamenného zdiva. Obr. 7 ukazuje příklad porušeného spárování ve vrcholu klenby tunelu.





Obr. 6 Celkový pohled - vegetace ve spárách

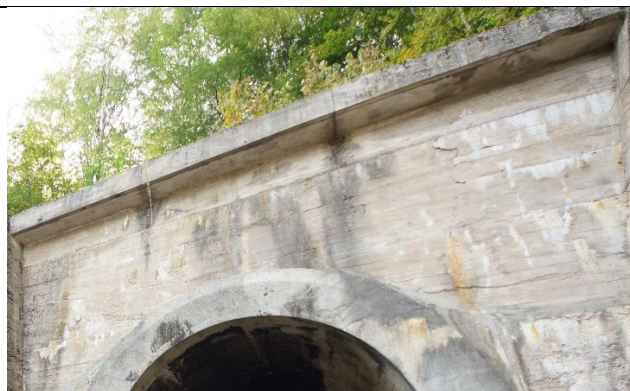


Obr. 7 Porušené spárování, výluhy sintru

Portálová stěna výjezdového portálu je provedena z monolitického betonu. Pracovními spárami betonáže prosakuje voda, na stěně jsou patrné výluhy sintru (viz Obr. 8). Stejně tak jsou výluhy ve spáře mezi portálovým límcem a portálovou stěnou. Beton stěny je lokálně povrchově poškozen odprsky způsobenými zřejmě vlivem zmrazovacích cyklů. Nad portálovou stěnou je vytvořena železobetonová římsa, na které jsou patrná zavlhlá místa a průsaky přes pracovní spáry (Obr. 9).



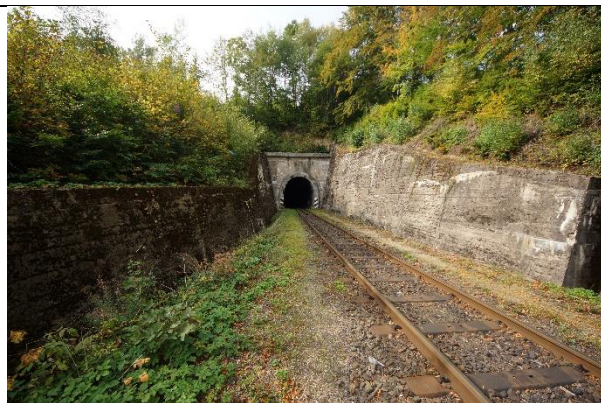
Obr. 8 Průsaky portálovou stěnou



Obr. 9 Průsaky římsou nad portálem

#### 7.4.2 Zárubní zdi za výjezdovým portálem

Za výjezdovým portálem je trať vedena ve skalním zářezu, jehož stěny stabilizují betonové zárubní zdi. I když tyto zdi nejsou součástí zadávací dokumentace a nejsou v této dokumentaci proto technicky řešeny, vykazují podobné vady, jako obdobné betonové stěny na předmětném traťovém úseku. Jedná se zejména o průsaky s výluhem sintru v místě původních pracovních spár betonáže, vegetace na povrchu betonu a degradace betonu vlivem povětrnostních podmínek a rozrušování kořeny. Na povrchu zdi jsou patrné i lokální odprsky. Součástí zdi je i odvodňovací žlab v její patě. Beton žlabu má lokálně otevřenou strukturu a vytvořené kaverny.



Obr. 10 Zárubní zdi za výjezdovým portálem



Obr. 11 Průsaky a povrchová degradace betonu

## 8 NEJISTOTY V OKRAJOVÝCH PODMÍNKÁCH A VYPLÝVAJÍCÍ RIZIKA

### 8.1 Nejistoty v okrajových podmínkách technického řešení

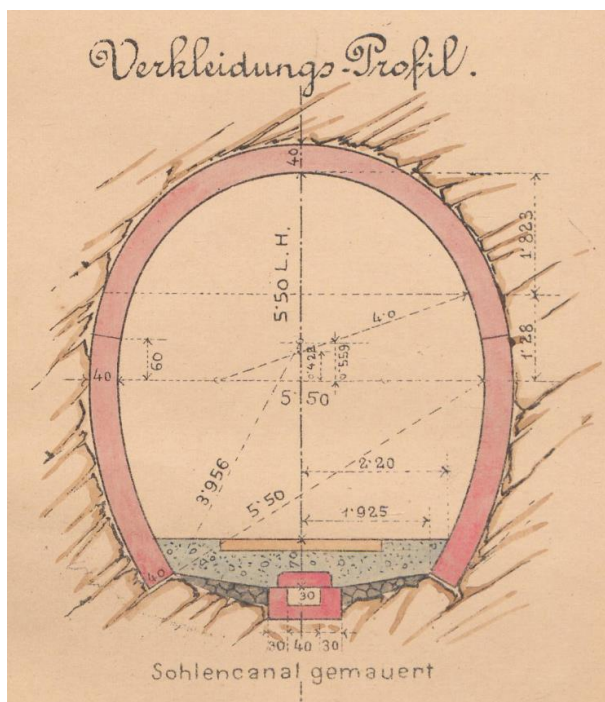
Výstavba tunelů na trati Tanvald – Kořenov probíhala v letech 1899 až 1902 a z tohoto období byla v archivu objevena dokumentace, ze které by bylo možné získat podrobnější informace zejména o tvaru dna tunelového profilu a drenážním systému. Další dostupnou dokumentací jsou projekty oprav a sanací tunelů, 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:

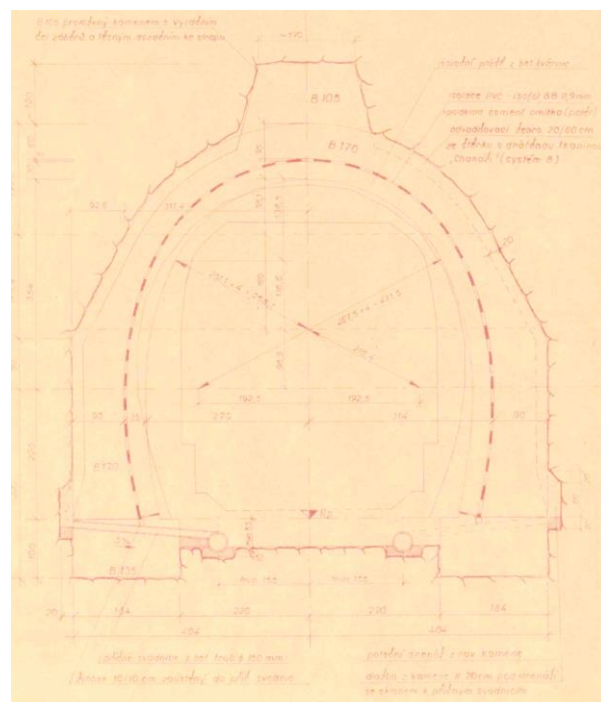
- Funkce rubové drenáže a tunelových svodnic.
- Poloha tunelových drenáží pro odvodnění pláně železničního svršku. Podle původních výkresů je ve všech tunelech navržena střední tunelová stoka, podle dokumentace pro rekonstrukci tunelů se tento předpoklad ne vždy potvrzuje. Není jisté, jestli při rekonstrukci 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).
- 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.
- Průchodnost příčných propojení z rubu tunelového ostění do drenážního systému pro odvodnění pláně.
- 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. Podle výsledků kopaných sond je střední tunelová stoka zachovaná.





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



Obr. 13 Řez tunelem (portálový pas) podle dokumentace (1964)

## 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 k 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

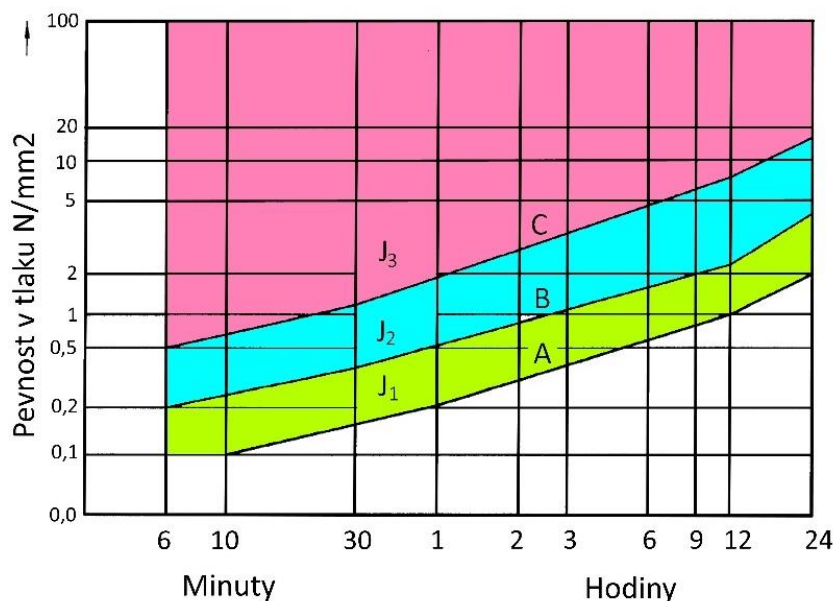
### 9.1 Stříkaný beton

Stříkaný beton bude technologicky prováděn mokřým 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 bez zajištění líce výrubu, 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 Dolnopolubenského tunelu bude těsnící injektáž používána na utěsnění spár mezi kamennými kvádry nebo pro těsnění spár v ostění z monolitického nebo stříkaného betonu. 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 obezdívky a nedošlo k poškození PVC hydroizolace za obezdívkou. 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 / betonového zdiva**

Technickým řešením je utěsnění spár injektáží a hloubkovým spárováním míst průsaků tak, aby se podzemní vody cestou nejmenšího odporu vrátila do rubových drenáží. 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 Těsnící injektáž ostění z monolitického/stříkaného betonu**

Při pochůzce byly identifikovány pracovní spáry nebo trhliny v ostění, ze kterých při větším zvodnění horninového masivu vytéká voda. To se projevuje jednak vlhkými mapami nebo úkapy, jednak vyluhováním sintru. Horninový masiv vykazuje vysokou samonosnost, takže horninový tlak na ostění je minimální a trhliny nejsou způsobeny statickým zatížením, ale kombinací průsaků ostěním a mrazových cyklů, kdy se spára vlivem objemových změn rozšiřuje. Z hlediska vývoje

šířky trhliny v čase se jedná o trhliny pasivní, které v ostění vznikly, a kromě případného mechanického působení mrazu se nerozevírají. Při větším promáčení povrchové vrstvy betonu dochází k lokálním odpryskům betonu, které při oddalování sanace postupují dále do průřezu ostění.

Vzhledem k tomu, že trhlinou prosakuje do tunelu voda, je zřejmé, že hloubka trhliny odpovídá tloušťce ostění. Pokud není povrch ostění degradován, nebo jinak poškozen, lze přistoupit přímo k injektování pracovních spár a trhlín těsnící injektáží pomocí pakrů. Pokud jsou průsaky ostěním doprovázeny plošnou degradací povrchu betonu, je nutno nejprve v souladu s požadavky předpisu TKP23 provést odstranění degradované vrstvy betonu. Následně je provedena těsnící injektáž spár a trhlín. Těsnící injektáž bude prováděna injektážní pryskyřicí na bázi polyuretanu. Injektáž bude probíhat přes pakry tlakem do 25 barů. Kritériem pro ukončení injektáže je dosažení limitního tlaku, nebo vytékání injektážní směsi ze sanovaného místa ostění.

Po ukončení injektážních prací a odstranění pakrů budou vzniklé otvory zapraveny sanačním materiálem. Na závěr je povrch ostění sanován v souladu s požadavky předpisu TKP23 nebo je provedena vrstva stříkaného betonu a hydroizolační membránou (v závislosti na tloušťce odstraněného materiálu)

### **9.3.3 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 vytvrnutí 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 vytvrnutí spárovací hmoty bude provedena výplňová a těsnící 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. Těsnící 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 těsné blízkosti tunelové patky, jsou navrženy plnostěnné polypropylenové drenážní trubky DN 400 s perforací šířky 5 mm na 120°, což odpovídá stávající kapacitě drenáží. Požadovaná třída kruhové tuhosti je SN8. Drenážní systém je oddělen od vody, která přitéká do tunelu z portálového předzářezu.

#### 9.5 Kanalizační potrubí

Ve stávajícím řešení je voda z povodí předzářezu výše položeného portálu převáděna gravitačně drenážním systémem tunelu k níže položenému portálu. Velký podélný sklon tratě cca



5,5 % je příčinou vysoké rychlosti proudění a tím i vysoké unášecí schopnosti pro naplavený materiál, který se hromadí v odvodňovacích příkopech před tunelem (listí, větve, odpadky). To zvyšuje riziko zanesení drenážního systému tunelu materiálem z prostoru před portálem. Proto je pro převedení vody navrženo v ose tunelu pod štěrkovým ložem kanalizační potrubí DN 300.

Oddělením drenážního systému tunelu od kanalizačního převedení vody z předportálových úseků je minimalizováno riziko zanesení drenážního systému tunelu a problémů s tím spojených. Pro kanalizační potrubí jsou navrženy plnostěnné polypropylenové trouby. Na obou portálech jsou kanalizační trouby zaústěny do šachet. Vzhledem k umístění v ose tunelu se předpokládá, že pro umístění kanalizačního potrubí bude použita původní střední tunelová stoka a potrubí tak bude chráněno před dynamickými účinky kolejové dopravy. Proto je požadována kruhová tuhost SN 8. Pokud by se tento záměr ukázal jako nerealizovatelný, bylo by nutné použít potrubí o kruhové tuhosti SN 16 a pro zmírnění oděru způsobeného obsypovým materiálem kanalizační potrubí obalit geotextilií 500 g/m<sup>2</sup> a obsypat nedrceným zásypovým materiálem frakce 0/4 mm.

## 9.6 Geotextilie

Pokud by se nepodařilo kanalizační potrubí umístit do prostoru střední tunelové stoky a ochránit ho před dynamickými účinky kolejové dopravy, bylo by nutné pro ochranu kanalizačního potrubí o kruhové tuhosti SN 16 použít separační geotextilii (viz kap. 9.5), která musí splňovat minimální požadavky uvedené v Tab. 5.

Měrná hmotnost	> 500 g/m <sup>2</sup>
Jmenovitá tloušťka	> 4 mm
Průměr otvoru	< 0.5 mm
Pevnost v tahu	> 10 kN/m
Protažení při tvorbě trhlin	> 70 %
Odolnost vůči proražení	> 2.5 kN (dle DIN EN 776)
Chemické nároky	chemická stálost při pH 2 až 13
Požární kritéria	třída B2 dle DIN 4102

Tab. 5 Minimální požadavky separační geotextilie kanalizačního potrubí

## 9.7 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.

## 9.8 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. 6.

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 >0,8 MPa	Žádný požadavek
7	Tepelná slučitelnost Část 1, Zmrazování a tání	MC(0,40)	EN 13687-1	Soudržnost po 50 cyklech > 0,8 MPa	Vizuální prohlídka po 50 cyklech
8	Tepelná slučitelnost Část 2, Náporové skrápění	MC(0,40)	EN 13687-2	Soudržnost po 30 cyklech >0,8 MPa	Vizuální prohlídka po 30 cyklech
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 roztažnosti	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 <sup>-2</sup> h <sup>0,5</sup>	Žádný požadavek

Tab. 6 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 v Dolnopolubenském tunelu, tj. T3, T4 a T7.

### 10.1 Průsaky stávajícím „deštníkem“ ze stříkaného betonu (typ T3)

Průsaky ve vrcholu klenby byly při dřívějších sanacích řešeny nástřikem betonu.

- a) Pokud je stříkaný beton ve vrcholu klenby porušený, nemá dostatečnou přilnavost k podkladu, nebo jím prosakuje v trhlinách voda, budou poškozená místa odstraněna, povrch očištěn od nečistot a volných úlomků a připraven pro nástřik podkladní vrstvy jemnozrnného stříkaného betonu frakce 0-4 mm v tl. do max. 40 mm jako podkladu pro nástřik hydroizolační membrány. Nástřik bude proveden minimálně v rozsahu stávající plochy stříkaného betonu. Pokud zpod stávajícího deštníku ze stříkaného betonu vytéká na bocích voda, bude nástřik hydroizolační membrány proveden min. 1 m za touto hranicí a rozsah deštníku tak bude odpovídajícím způsobem zvětšen. Ve výkazu výměr je vzhledem k obtížně zjistitelnému rozsahu poškození předpokládána kompletní výměna. Pokud bude stávající stříkaný beton odpovídat požadavkům pro nástřik hydroizolační membrány, je možné jej ponechat.
- b) V případě neporušeného povrchu stříkaného betonu a jeho dobré přilnavosti k podkladu bude po očištění od nečistot a úlomků využit jako podklad pro nástřik hydroizolační membrány a ochrannou vrstvu stříkaného betonu.
- c) V případě zcela nekvalitního stávajícího stříkaného betonu bude odstraněn v plném rozsahu a nahrazen podkladní vrstvou jemnozrnného stříkaného betonu, stříkanou hydroizolační membránou a ochrannou vrstvou stříkaného betonu.

Ve všech případech platí stejné požadavky na tloušťku:

- podkladní vrstvu hydroizolační membrány 10 – 40 mm,
- hydroizolační membrány min. 3 mm,
- ochranné vrstvy ze stříkaného betonu max. 100 mm (z důvodu zachování průjezdného průřezu).

### 10.2 Vady na ostění ze stříkaného betonu (typ T4)

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

- odstraněním stávajícího ostění ze stříkaného betonu,
- 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. 3 mm a
- závěrečné vrstvy stříkaného betonu tl. min. 100 mm.

Tímto způsobem bude obnoven drenážní systém za ostěním a nahrazeno 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 portálových stěn a sanací povrchů portálových a bočních stěn (křídel) v souladu s požadavky předpisu TKP23.

## 11 OPRAVA DRENÁŽNÍHO SYSTÉMU TUNELU

Drenážní systém tunelu tvoří:

- Rubové drenáže za stávající obezdívkou nebo ostěním tunelu. Ty tvoří buď 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 boční drenáže. Tyto příčné svody budou v rámci prováděných oprav vyčištěny tlakovou vodou, případně dojde k odstranění mechanických nečistot po otevření stávajících podélných odvodňovacích žlabů.
- Podélné tunelové drenáže, které jsou ve stávajícím řešení tvořeny drenážními betonovými troubami DN 300, případně obdélníkovými betonovými prefabrikovanými žlaby (kopanými sondami nebyly zastiženy, jsou uvedeny pouze v dobové dokumentaci).

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 (dešťníkový systém);
- oddělení drenážního systému tunelu od kanalizačního systému převádějícího povrchovou vodu z předportálových zářezů minimalizuje riziko zanesení drenážního potrubí tunelu;
- prostorové možnosti stávajícího tunelu neumožňují vytvoření šachet na čištění boční tunelové drenáže ani revizních šachet tunelové kanalizace vedené v ose koleje (v místě původní centrální tunelové stoky);
- profily drenážního i kanalizačního 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.

Boční tunelové drenáže DN400 budou uloženy do betonového lůžka tak, aby podzemní voda vytékající z příčných svodů nebo ze dna tunelu natékala do perforace drenážního potrubí. Profil potrubí je volen s ohledem na skutečnost, že dispoziční řešení příčného řezu tunelu

neumožňuje vytvoření šachet na čištění drenáže a drenážní potrubí je prakticky nečistitelné. Nelze vyloučit částečné zanesení potrubí znečištěním přes štěrkové lože. Rezerva v průměru potrubí zajistí zachování drenážní funkce po dobu životnosti tunelu (100 let).

Kanalizační potrubí situované v poloze původní tunelové stoky v ose tunelu je nezávislé na drenážním systému tunelu, je tvořeno plnostěnnými troubami DN 300 bez perforace a slouží pouze k převedení vody z předzářezu tunelem k níže položenému portálu. Trouby jsou uloženy do původní tunelové stoky.

Před výše položeným výjezdovým portálem je voda z drážních příkopů svedena příčným propojením DN250 do šachty DN600 umístěné v ose koleje a dále napojena na tunelovou kanalizaci. Tím je zajištěno, aby se nečistoty z odvodnění úseku před výjezdovým portálem nedostaly do boční tunelové drenáže DN400 situované podél základových pasů horní klenby tunelu.

## 12 OPRAVA PORTÁLOVÝCH STĚN

Portálovou stěnu vjezdového portálu tvoří kamenné zdivo, výjezdový portál je ze železobetonu. Křídla výjezdového portálu tvoří opěrné stěny z prostého betonu. Kamenné zdivo bude přespárováno a průsaky utěsněny injektáží. Společnou vadou monoliticky prováděných konstrukcí jsou průsaky trhlinami a povrchová degradace, která v případě nevyztuženého betonu proniká do větších hloubek a vede k vytvoření kaveren.

### 12.1 Vjezdový portál z kamenného zdiva

Sanace vjezdového portálu z kamenného zdiva bude probíhat přespárováním a těsněním spár mezi kvádry zdiva podle zásad uvedených v kap. 9.3).

### 12.2 Výjezdový portál z monolitického betonu.

Sanace bude probíhat:

- Utěsněním průsaků trhlinami v portálové konstrukci
- Odstraněním degradovaného materiálu a jeho doplněním sanační hmotou.

#### 12.2.1 Utěsnění průsaků trhlinami v portálové konstrukci

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.

## 12.2.2 Odstranění a doplnění degradovaného betonu

### 12.2.2.1 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.

### 12.2.2.2 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.

### 12.2.2.3 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 přípovrchových 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.

#### **12.2.2.4 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 nanesením 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 vykazala 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.

#### **12.2.2.5 Kritéria použití sanačních materiálů**

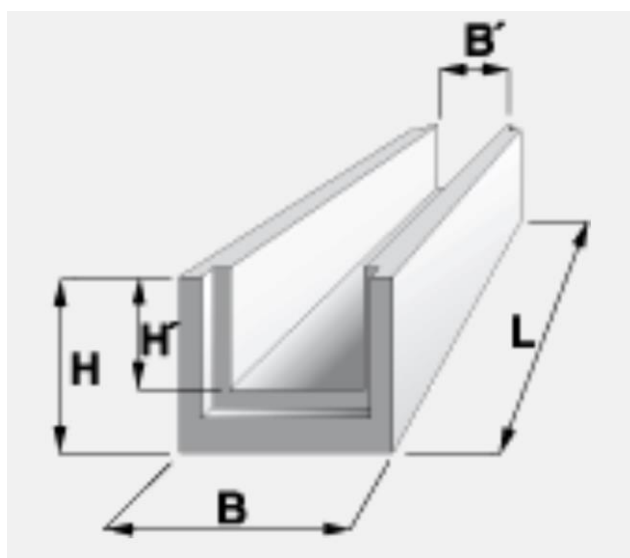
Zásady použití sanačních materiálů zpravidla závisí na konkrétním typu výrobku a doporučeních výrobce pro jejich aplikaci. Jedná se zejména o maximálně přípustnou tloušťku vrstvy nanesenou v jednom kroku, délku prodlevy mezi jednotlivými vrstvami, a to v závislosti na způsobu nanášení (ruční/strojní). Sanační materiály je proto nutné volit s ohledem na velikost plochy sanovaného místa a zejména hloubku degradované vrstvy. U zdí portálových křídel se nepředpokládá větší hloubka degradované vrstvy, než 100 mm.

### 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

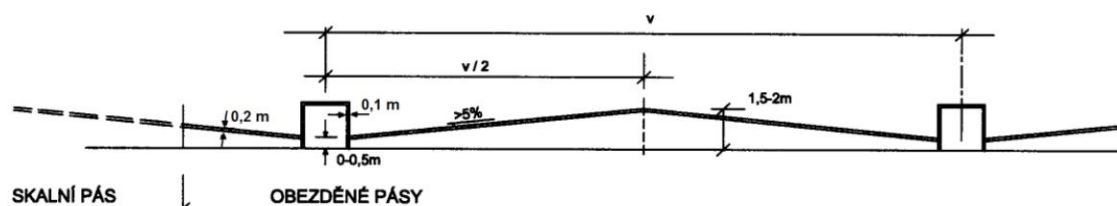
### 14.1 Požadavky předpisu SŽ S6 (2018)

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). Obrys výklenků bude označen bílým pruhem v šířce 100 mm na straně líce obezdívky a po vnitřní straně hrany výklenku. Pro informaci o vzdálenosti k nejbližším záchrannému výklenku budou na bocích tunelu vyznačeny bílé pruhy s vrcholem uprostřed vzdálenosti mezi výklenky klesající směrem k záchrannému výklenku. Požadavky na rozměry viz Obr. 17.

#### Příloha G (normativní)

#### Vzor bezpečnostního značení

##### ORIENTAČNÍ PÁSY



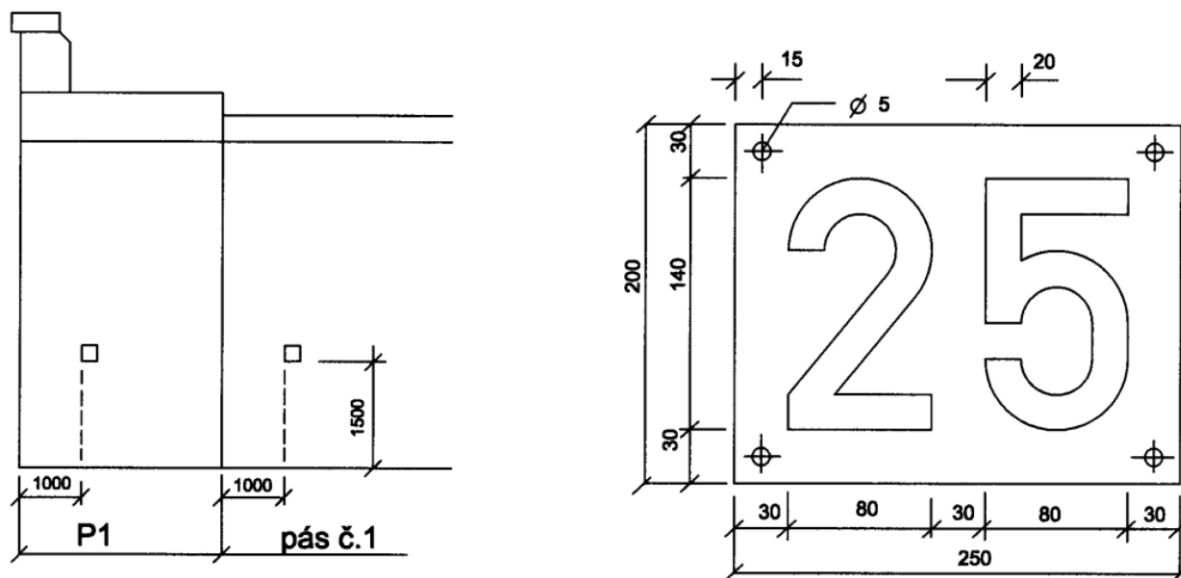
OBRYŠ ZÁCHRANNÉHO VÝKLENKU JE OPATŘEN BÍLÝM TRVANLIVÝM NÁTĚREM V PRUHU ŠÍŘKY 0,1 m VNĚ I DOVNITŘ OD JEHO HRANY

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 tabulky s čísly 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

### 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:

- Značení únikových cest označuje únikové cesty, **vzdálenost a směr k bezpečné oblasti**.
- 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.
- Únikové značky musí být instalovány **na bočních zdech** podél únikových chodníků.
- Největší vzdálenost mezi únikovými značkami **musí být 50 m**.
- Značky se do tunelu umísťují také z důvodu označení umístění nouzového vybavení, pokud se v tunelu takové vybavení vyskytuje.
- Všechny dveře vedoucí k únikovým cestám nebo propojkám musí být označeny.



V tunelu budou ve vzdálenosti po 50 m instalovány značky s vyznačením směru a vzdálenosti k oběma portálům.

## 15 POZNÁMKA K ZÁRUBNÍM ZDEM NA VÝJEZDOVÉM PORTÁLE

Pokud by bylo nutné sanovat zdi za výjezdovým portálem a rozsah zadání by se o tento objekt rozšířil, probíhala by sanace podle stejného postupu, jako v případě portálové stěny výjezdového portálu.

## 16 SEZNAM DOKUMENTACE

E.1.7.3-01	Technická zpráva	-
E.1.7.3-02	Situace	1:500
E.1.7.3-03	Podélný řez v ose tunelu	1:500
E.1.7.3-04	Vzorové příčné řezy tunelu	1:50
E.1.7.3-05	Charakteristické příčné řezy tunelu	1:100
E.1.7.3-06	Výjezdový portál - dispozice	1:50/1:100
E.1.7.3-07	Vyhodnocení zjištěných závad	
E.1.7.3-08	Sanace portálů	