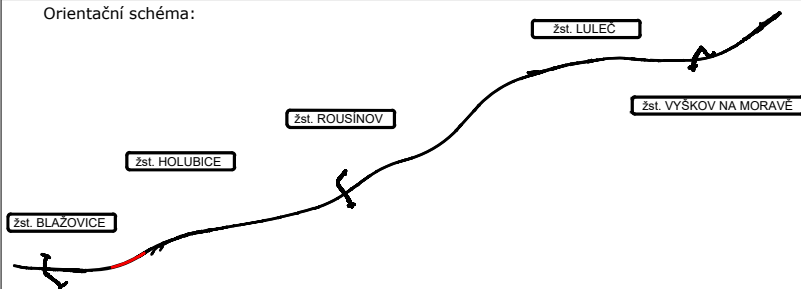




Jiná ověření:

Paré:

Orientační schéma:





Razítko oprávněné osoby:


Podpis:

Datum:

Revize:	Datum:	Popis:	Kontroloval:
000	14. 5. 2022	Definitivní odevzdání dokumentace	Ing. Tomáš Chytil

Stavebník/Investor:	Správa železnic, státní organizace	 SPRÁVA ŽELEZNIC
Adresa:	Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1	
Zástupce investora:	Stavební správa východ	
Adresa:	Nerudova 773/1, 779 00 Olomouc	

Zhotovitel díla:	Společnost AFRY CZ + SUDOP B	
Adresa: Kontakt:	Magistrů 1275/13, 140 00 Praha 4 T: +420 277 005 500 E: afrycz@afry.com	

Zhotovitel objektu:	Společnost AFRY CZ	
Adresa: Kontakt:	Magistrů 1275/13, 140 00 Praha 4 T: +420 277 005 500 E: afrycz@afry.com	

Hlavní projektant (HIP):	Ing. Radoslav Molák	Specialista:	Ing. Josef Rychtecký
--------------------------	---------------------	--------------	----------------------

Název stavby/akce:	Modernizace trati Brno - Přerov, 2. stavba Blažovice - Vyškov	Označení investora: S621500587
		Označení zhotovitele: 21064-01-0722
Název části:	Tunely	Označení části: D.2.1.7
Název objektu/dílčí části:	t.ú. Blažovice - Holubice, Holubický tunel	Označení objektu/komplexu: SO 23-40-01
Název přílohy:	Technická zpráva	Číslo přílohy: 1.001
Název dílčí části přílohy:	-	
Odpovědný projektant:	Zpracovatel přílohy:	Měřítko: -
Ing. Josef Rychtecký	Kolektiv	Formáty: -
Kraj:	Katastrální území:	TUDU:
Jihomoravský	viz textová část	2301 06
		Smluvní datum zpracování: 14. 7. 2022

Označení investora: S 6 2 1 5 0 0 5 8 7	Stupeň dokumentace: Část: - D Ú R X - D 2 1 0 7	Objekt: - S O 2 3 4 0 0 1 - X X	Podobojekt: - 1 - 0 0 1 - 0 0 0	Příloha: - 1 - 0 0 1 - 0 0 0	Revize: - 0 0 0
---	---	---------------------------------	---------------------------------	------------------------------	-----------------

Zhotovitel:
AFRY CZ s.r.o.

Datum:
07/2022

Zastoupený:
Ivo Šimek

Číslo zakázky:
21064-01-0722

Autorský kolektiv:
Eliška Pilařová
Michal Steiner
Filip Rozmánek

Kontrola:
Tomáš Chytil

Objednatel:
Správa železnic, s.o.
Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1

Zastoupený:
Stavební správa východ
Nerudova 773/1, 779 00 Olomouc

MODERNIZACE TRATI BRNO – PŘEROV, 2. STAVBA BLAŽOVICE - VYŠKOV

TECHNICKÁ ZPRÁVA

SO 23-40-01 T.Ú. BLAŽOVICE - HOLUBICE, HOLUBICKÝ TUNEL

OBSAH

1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	5
1.1	HLAVNÍ SPECIALISTÉ ZPRACOVÁVAJÍCÍ SO	5
2	PŘEDMĚT DOKUMENTACE	6
2.1	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ	6
2.2	ROZSAH A PODMÍNKY PLATNOSTI	6
3	SEZNAM ZKRATEK	8
4	REFERENČNÍ DOKUMENTY	11
4.1	SEZNAM NOREM A PŘEDPISŮ POUŽITÝCH PŘI ZPRACOVÁNÍ PD	11
4.2	SEZNAM PODKLADŮ A DALŠÍCH REFERENČNÍCH DOKUMENTŮ	12
4.3	SEZNAM PŘÍLOH K TZ	13
4.4	SEZNAM PŘÍLOH SO	13
4.5	SEZNAM PŘÍLOH PD ÚZCE SOUVISEJÍCÍCH SE SO TUNELU	13
4.6	SEZNAM SO ÚZCE SOUVISEJÍCÍCH SE SO TUNELU	14
4.7	SEZNAM PS ÚZCE SOUVISEJÍCÍCH SE SO TUNELU	14
5	UŽITÁ TERMINOLOGIE	16
6	IG A HG POMĚRY	19
6.1	GEOGRAFICKÉ POMĚRY	19
6.2	GEOLOGICKÉ POMĚRY	20
6.3	HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY	20
6.4	GEOTECHNICKÉ POMĚRY	20
6.4.1	Fyzikálně-mechanické vlastnosti zemin	20
6.4.2	Podzemní voda	21
7	STAVEBNÍ ŘEŠENÍ TUNELU	22
7.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE	22
7.2	SMĚROVÉ ŘEŠENÍ V TUNELU A PŘÍLEHLÝCH ÚSECÍCH	23
7.3	VÝŠKOVÉ ŘEŠENÍ V TUNELU A PŘÍLEHLÝCH ÚSECÍCH	23
7.4	PŘÍČNÝ ŘEZ	23
7.4.1	Základní informace	23
7.4.2	Primární ostění	23
7.4.3	Definitivní ostění	24
7.4.4	Tunelová propojka	24
7.5	HLOUBENÉ ÚSEKY	24
7.5.1	Stavební jámy hloubených úseků	24
7.5.2	Tunel v hloubených úsecích	25
7.6	HYDROIZOLACE	25
7.7	VNITŘNÍ VYBAVENÍ TUNELU	25
7.7.1	Stavební vybavení tunelu	25
7.7.2	Technologické vybavení tunelu	26
7.8	ZÁSYPY A TRVALÉ PORTÁLY	29
7.9	PŘIDRUŽENÉ STAVEBNÍ OBJEKTY	30
7.9.1	Technologický objekt u výjezdového portálu [76]	30
7.9.2	Dispečerská řídicí technika (PS 23-03-11 [86])	30

7.9.3	Místo pro hašení požáru	32
7.9.4	Účelové komunikace.....	32
8	MATERIÁLOVÁ SPECIFIKACE	33
8.1	STŘÍKANÝ BETON	33
8.2	PODKLADNÍ A VÝPLŇOVÝ BETON	33
8.3	ŽB PRO TRVALÉ NOSNÉ KONSTRUKCE.....	33
8.4	BETONÁŘSKÁ OCEL.....	33
8.5	HI FÓLIE A OCHRANNÁ VRSTVA	33
9	POSTUP VÝSTAVBY	34
9.1	ZÁKLADNÍ PRINCIPY POV.....	34
9.1.1	Přístupové cesty k ZS	34
9.1.2	Popis staveniště.....	35
9.1.3	Zjednodušená chronologie výstavby	36
9.1.4	Odhadovaná doba výstavby	36
9.2	VÝSTAVBA HLOUBENÝCH ČÁSTÍ	37
9.3	VÝSTAVBA RAŽENÝCH ÚSEKŮ	38
10	BILANCE ZEMNÍCH PRACÍ	41
11	KVALITATIVNÍ VYHODNOCENÍ RIZIK SPOJENÝCH S VÝSTAVBOU	42
11.1	POSOUZENÍ RIZIKA PŘI VÝSTAVBĚ TUNELU	42
11.2	METODIKA HODNOCENÍ RIZIK	42
11.3	ZÁVĚRY PLYNOUCÍ Z RA	45
12	DOPORUČENÍ PRO NAVAZUJÍCÍ STUPEŇ PD	46
12.1	POŽADAVKY NA IGP	46
12.1.1	Obecné požadavky	46
12.1.2	Hustota sond.....	46
12.1.3	Indexové zkoušky	46
12.1.4	Neodvodněná smyková pevnost.....	46
12.1.5	Presiometrické zkoušky	46
12.1.6	Piezometrický profil.....	47
12.1.7	Zkoušky stlačitelnosti	47
12.1.8	Zkoušky efektivní smykové pevnosti	47
12.1.9	Speciální zkoušky	47



SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Délka tunelu.....	22
Tabulka 2 – Odhad délky výstavby Holubického tunelu.....	36
Tabulka 3 – Předpokládané členění profilu a délky záběrů ve standardních podmínkách	39
Tabulka 4 – Závažnost dopadu rizik „S“	42
Tabulka 5 – Pravděpodobnost výskytu rizikových událostí „V“	43
Tabulka 6 – Matice míry rizika.....	43
Tabulka 7 – Míra rizika	43
Tabulka 8 – Tabulka hodnocení rizik spojených s výstavbou SO	44

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Situace s vyznačením vrtných prací	19
Obrázek 2 – Koordinační schéma POV	35

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Stavba: **Modernizace trati Brno-Přerov, 2.stavba Blažovice-Vyškov**
 Stupeň dokumentace: Dokumentace pro územní rozhodnutí (DUR)
 Část: Železniční tunely
 Číslo části: D.2.1.7
 Objednatel: **Správa železnic, státní organizace**
 Stavební správa východ
 Nerudova 773/1, 779 00 Olomouc
 Zástupce objednatele: Ing. Martin Morávek (MoravekMa@spravazeleznic.cz, tel. 720 965 395)
 Zhotovitel (GP): **AFRY CZ s.r.o.**
 Magistrů 1275/13, 140 00 Praha 4
 IČO: 45306605
 DIČ: CZ45306605
 Zapsaný v OR vedeném u Městského soudu v Praze, spisová značka C 8073
 Hl. inž. projektu (HIP): Ing. Radoslav Molák,
 č. autorizace 1004749, obor IT00 (technologická zařízení staveb)
 Stavební objekty: **SO 23-40-01 t.ú. Blažovice - Holubice, Holubický tunel**
 Projektant SO: **AFRY CZ s.r.o.**

1.1 HLAVNÍ SPECIALISTÉ ZPRACOVÁVAJÍCÍ SO

Garant, specialista profese tunely:	Ing. Josef Rychtecký
Odpovědný projektant SO:	Ing. Tomáš Chytil
Projektant SO:	Ing. Michal Steiner
	Ing. Eliška Pilařová
	Bc. Filip Rozmánek
Specialista PBŘ:	Ing. Zdeňka Kubištová
Tunely PBŘ:	doc. Ing. Miloš Kvarčák
GTP a STP:	Mgr. Vladislava Matoušová
Garant, specialista profese koleje:	Ing. Petr Rotschein
Garant prof. trakční vedení:	Radim Cíkl
Garant sdělovací a inf. zařízení:	Ing. Jindřich Kintř
Garant, specialista silnoproudá tech. vč. DŘT:	Ing. Jan Zářecký
Trafo stanice VN / NN:	Ing. Jan Zářecký
Rozvodna NN + náhr. zdroj:	Ing. Jan Zářecký
Rozvody NN a osvětlení:	Ing. Jan Zářecký
Specialista radiové spojení GSM-R:	Ing. Josef Naništa
Uzemnění TTS 22/0,4 kV:	Ing. Jan Zářecký
Garant pozemní komunikace:	Ing. Petr Pištek
Garant potrubní ved. (plynovod)	Ing. Daniela Šimkovičová
Garant potrubní ved. (kan., voda)	Ing. Daniela Šimkovičová
Garant, specialista pozemní stavební objekty:	Ing. Stanislav Kašpárek



2 PŘEDMĚT DOKUMENTACE

2.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ

Modernizace trati Brno-Přerov, 2. stavba Blažovice-Vyškov, bude řešit zdvoukolejnění stávající jednokolejné (elektrizované) železniční tratě s její výraznou modernizací na $v_{\max} = 200$ km/h. Bude dosažena třída zatížitelnosti D4 a prostorová průchodnost tratě podle ložné míry UIC GC. Všechny železniční přejezdy budou zrušeny a nahrazeny mimoúrovňovými kříženími. Ostrovní nástupiště budou spojena s výpravní budovou podchody s umožněním přístupu osobám se sníženou pohyblivostí a orientací. Bude zaveden systém ERTMS (tj. ETCS L2 vč. GSM-R).

Železniční spojení Brno – Přerov (jehož součástí je i úsek Blažovice – Vyškov) je uvedeno v „Rozhodnutí č.884/2004/EC, příloha III“ Evropské unie a patří k přednostním projektům v rámci železniční osy č. 23 „Gdaňsk – Varšava – Brno/Bratislava – Vídeň“.

Trať Blažovice – Vyškov je částí celostátní dráhy Brno – Veselí č. 340 a Brno – Přerov č. 300. Trakce je zde závislá systému TT 25 kV 50 Hz. Traťová třída zatížení je D4. Zároveň se jedná o součást sítě TEN-T (osobní doprava – hlavní, nákladní doprava – globální).

Správcem infrastruktury je Správa železnic, OŘ Brno. Stavba obsahuje tyto dopravní: žst. Blažovice, žst. Holubice, žst. Rousínov, žst. Luleč a žst. Vyškov na Moravě.

Rozsah stavby je dán schválenou variantou M2 Studie proveditelnosti Modernizace trati Brno-Přerov. Začátek 2. stavby je situován v t.ú. Šlapanice - Blažovice v cca km 23,900 a konec v žst. Vyškov na Moravě v cca km 45,952.

2.2 ROZSAH A PODMÍNKY PLATNOSTI

Cílem této TZ je návrh a technický popis SO 23-40-01: „t.ú. Blažovice - Holubice, Holubický tunel“ navrženého v rámci 2. stavby Blažovice - Vyškov, Modernizace trati Brno-Přerov. Projekt je zpracován v souladu se stupněm projektové dokumentace DUR a v příslušném rozsahu. Veškeré materiálové specifikace, dimenze a technické údaje budou dále upřesňovány a optimalizovány v rámci navazujících stupňů projektové dokumentace.

Začátek SO 23-40-01 je stanoven na vjezdovém portálu tunelu v km 26,487, kde je ohraničen vnějšími hranami ŽB portálových bloků, a konec objektu odpovídá vnějším hranám ŽB bloků v oblasti výjezdového portálu v km cca 27,462. Součástí SO 23-40-01 jsou rovněž stavební jámy hloubených úseků včetně zpětných zásypů a čelní portálový svah ze kterého ústí tunelové trouby. Boční svahy předportálových zářezů pod stavební objekt Holubického tunelu nespádají. Před portálovým blokem je umístěna také první kanalizační a kabelová šachta, do které jsou zaústěny kabelové chráničky nebo kanalizační/drenážní potrubí jdoucí přímo z tunelu. Tato šachta je součástí stavebního objektu tunelu, další kabelové/kanalizační šachty v trase směřující od tunelu součástí objektu nejsou, ale spadají pod příslušné SO v širé trati.

Odvoz vytěžené spraše pro uložení do zemních těles sousedních staveb (zářezy a násypy) je součástí SO tunelu, ale dovoz spraše určené pro zpětné zásypy SO tunelu jeho součástí není, ale odpovídá jednotlivým SO, ze kterých je materiál odvážen. Přemístění jílovitého materiálu z překladiště v Blažovicích a jeho likvidace jsou součástí SO 00-94-02 [82].

Na základě příčného řezu spadají do SO 23-40-01 pouze stavební konstrukce, nikoli technologické vybavení. Součástí SO tunelu rovněž není železniční svršek, který je označen samostatným SO [68], a pod který spadá i štěrkové lože (součástí SO tunelu je spádová vrstva pod štěrkovým ložem, postranní tunelové stoky a betonové chodníky).

Seznam všech příloh dokumentace SO je uveden v *kap. 4.4* a seznam příloh k této TZ v *kap. 4.3*. Podklady a další referenční dokumenty, které byly použity pro zpracování dokumentace jsou uvedeny v *kap. 4.2*. Normy a předpisy, které byly využity při návrhu technického řešení, jsou uvedeny

v *kap. 4.1*. Zkratky použité v textu jsou uvedeny a vysvětleny v *kap. 3* na *str. 8*. Užší význam obecných technických termínů, platný pro tuto TZ je popsán v *kap. 5* na *str. 16*.

Tato PD je zpracována na základě obdržených podkladů (viz *kap. 4.2*), a je podmíněna dodržením navržených pracovních postupů a splněním požadavků na navržené konstrukce a použité materiály uvedených v této dokumentaci, referenčních dokumentech (viz *kap. 4.1*), příp. dalších platných normách, předpisech a vyhláškách. Pokud dojde k technickým úpravám souvisejících SO (např. změna návrhové rychlosti, železničního svršku apod.) nebo k zjištění nyní neznámých skutečností upravujících okrajové podmínky návrhu (např. detekce významné pískové čočky v prostoru budoucích ražeb), je nutno provést kontrolu a opravu technického řešení SO.

Při realizaci díla je nutno dodržovat veškeré požadavky na ochranu ŽP a požadavky na BOZP stanovené v této PD nebo v jiných platných normách, předpisech a vyhláškách.



3 SEZNAM ZKRATEK

- **BOZP** – Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
- **BTS** – Základová převodní stanice (Base Transceiver Station) na šíření mobilního signálu
- **CKT** – Celozávitové kotevní tyče
- **čl.** – článek
- **č.z.** – číslo zakázky
- **BP** – Bodové pole
- **BZS** – Báňská záchranná služba
- **D** – Průměr výrubu tunelu (Diameter)
- **DDTS** – Dálková diagnostika technologických systémů
- **DŘT** – Dispečerská řídicí technika
- **DSP** – Projektová dokumentace pro vydání stavební povolení
- **DOs** – Definitivní ostění
- **DOÚO** – Dálkové ovládání úsekových odpojovačů
- **DOZ** – Dálkové ovládání zabezpečovacího zařízení
- **DUPS** – Dokumentace pro vydání společného povolení
- **DUR** – Dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby
- **ED** – Elektrodispečer / Elektrodispečink
- **EX** – Extenzometrické měření
- **EZS** – Elektronická zabezpečovací signalizace
- **GB** – Geodetický bod
- **GP** – Generální projektant
- **GPK** – Geometrická poloha koleje
- **GSM** – Mobilní telefonní systém (Global System for Mobile Communications)
- **GTM** – Geotechnický monitoring
- **GTP** – Geotechnický průzkum
- **HG** – Hydrogeologický
- **HPV** – Hladina podzemní vody
- **HI** – Hydroizolace / Hydroizolační
- **HMG** – Harmonogram
- **HTV** – Hydrostatický tlak vody
- **HV** – Hydrogeologický vrt
- **HZS** – Hasičský záchranný sbor
- **IG** – Inženýrsko-geologický
- **IGP** – Inženýrsko-geologický průzkum
- **IN** – Investiční náklady
- **IS** – Inženýrské sítě
- **ISO** – Systém řízení dle předpisů Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization)
- **IKM** – Inklinometrické měření
- **IZS** – Integrovaný záchranný systém
- **kap.** – kapitola
- **KČ** – kolej číslo
- **KD** – Kombinovaná doprava
- **KHU** – Kvazihomogenní úsek
- **KTPO** – Klíčový trezor požární ochrany
- **LDSŽ** – lokální distribuční soustava železnice
- **LTT** – Levá tunelová trouba
- **MP** – Mikropilota / mikropiloty / mikropilotový
- **NN** – Nízké napětí
- **NRTM** – Nová rakouská tunelovací metoda

- **nžkm** – nový železniční kilometr
- **odst.** – odstavec
- **OŘ** – Oblastní ředitelství
- **PB** – Prostý beton (beton nevyztužený, příp. beton s rozptýlenou výztuží)
- **PBŘ** – Požárně bezpečnostní řešení
- **PD** – Projektová dokumentace / Dokumentace
- **PDPS** – Projektová dokumentace pro provádění stavby
- **PHM** – Pohonné hmoty
- **pís.** – písmeno
- **PK** – Pozemní komunikace
- **PO** – Požární ochrana
- **POs** – Primární ostění
- **POV** – Projekt organizace výstavby
- **PP** – Polypropylen
- **PS** – Provozní soubor
- **PTT** – Prává tunelová trouba
- **RA** – Riziková analýza
- **RAMO** – Rada monitoringu
- **RDS** – Realizační dokumentace stavby
- **RP** – Rychlostní pásma
- **RS** – Rozvodná síť
- **RZS** – Rozvaděč zajištěné sítě
- **SCL** – Ostění ze stříkaného betonu (Sprayed Concrete Lining)
- **SB** – Stříkaný beton
- **S-JTSK** – Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
- **SO** – Stavební objekt
- **s.o.** – státní organizace
- **SoD** – Smlouva o dílo
- **SOK** – Svislá osa koleje
- **SP** – Sdružený profil (I.SP, II.SP, III.SP)
- **STP** – Stavebně-technický průzkum
- **SZZ** – Staniční zabezpečovací zařízení
- **TB** – Trigonometrický bod / Trigonometrické body
- **TDS** – Technický dozor stavitele
- **TEN-T** – Transevropská dopravní síť (Trans-European Transport Networks)
- **TK** – Temeno kolejnice
- **tl.** – tloušťka / tloušťky
- **tm** – tunel-metr
- **TNK** – Technická normalizační komise
- **TO** – Technologický objekt
- **TP** – Technické podmínky
- **TS** – Trakční sloup
- **TT** – Tunelová trouba
- **TTS** – Traťová transformační stanice
- **t.ú.** – traťový úsek
- **TV** – Trakční vedení
- **TZ** – Technická zpráva
- **TZZ** – Traťové zabezpečovací zařízení
- **UIC GC** – Prostorová průchodnost „C“ definována Mezinárodní železniční unií pro střední Evropu (Union Internationale des Chemins de Fer, Loading Gauge C)
- **UKK** – Ukolejnění kovových konstrukcí
- **UT** – Upravený terén



- **VKV** – Velmi krátké vlny
- **VN** – Vysoké napětí
- **VSMP** – Volný schůdný a manipulační prostor
- **Z-GC** – Průjezdny průřez základní (dle [17], kap. 5.1)
- **ZS** – Zařízení staveniště
- **ZZEE** – Záložní zdroje elektrické energie
- **ŽB** – Železobeton / Železobetonový
- **ŽP** – Životní prostředí
- **žst.** – železniční stanice

4 REFERENČNÍ DOKUMENTY

4.1 SEZNAM NOREM A PŘEDPISŮ POUŽITÝCH PŘI ZPRACOVÁNÍ PD

- [1] **ČD S 5/4**: Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí; České dráhy; Schváleno rozhodnutím GŘ Českých drah dne 4.7.2001 (č.j.: 57909/2001-O13); účinnost od 11/2001
- [2] **ČD Ž1**: Železniční spodek, Vzorový list železničního spodku, Základní rozměry pláň tělesa železničního spodku; České dráhy, schváleno dne 29.8.2001 (č.j.: 58.986/2001-O13); Účinnost od 4/2002
- [3] **ČD Ž2**: Železniční spodek, Vzorový list železničního spodku, Zemní těleso; České dráhy, schváleno dne 27.12.2001 (č.j.: 58.986/2001-O13); účinnost od 1.4.2002
- [4] **ČD Ž3**: Železniční spodek, Vzorový list železničního spodku, Odvodňovací zařízení; České dráhy, schváleno dne 29.8.2001 (č.j.: 58.986/2001-O13); účinnost od 4/2002
- [5] **ČSN EN 10080** (421039): Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel – Všeobecně; Český normalizační institut; Praha; 8/2006
- [6] **ČSN EN 14487-1** (732431): Stříkaný beton – Část 1: Definice, specifikace a shoda; Český normalizační institut; 8/2006
- [7] **ČSN EN 1990** (73 0002); Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí; Český normalizační institut; Praha; 2/2011
- [8] **ČSN EN 1992-1-1 ed.2** (731201); Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby; Český normalizační institut; 11/2019
- [9] **ČSN EN 1997-1** (731000); Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla; Český normalizační institut; 9/2006
- [10] **ČSN EN 1998-1** (73 0036); Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby; Český normalizační institut; 09/2006
- [11] **ČSN EN 206+A2** (732403): Beton: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda; Český normalizační institut; Svaz výrobců betonu ČR/TNK 36 Betonové konstrukce; 10/2021
- [12] **ČSN 42 0139**: Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel žebříková a hladká; Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví; 06/2011
- [13] **ČSN 03 8375** (038375): Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi; Federální úřad pro normalizaci a měření; Schválena 12/1986
- [14] **ČSN P 73 2404** (732404): Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda – Doplnující informace; Svaz výrobců betonu ČR/TNK 36 Betonové konstrukce/SK 1 Technologie betonu; 12/2021
- [15] **ČSN 73 3050** (733050): Zemné práce. Všeobecné ustanovenia; účinnost 09/1987 – 02/2010 (nahrazena normou ČSN 73 6133)
- [16] **ČSN 73 6133** (7336133): Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací; TNK 41 Geotechnika, TNK 147 Navrhování a provádění vozovek a zemních těles; Ing. Vladimír Kuchta, CSc., Ing. Dana Bedřichová; Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví; 02/2010
- [17] **ČSN 73 6320** (736320): Prostorová průchodnost na dráze celostátní, dráhách regionálních a místních a vlečkách normálního rozchodu - Národní požadavky; SŽDC s.o./TNK141 Železnice; 2/2019
- [18] **ČSN 73 7508** (737508): Železniční tunely, Český normalizační institut, 2002



- [19] **ÖNORM B 2203-1:** Práce v podzemí – smlouva o provedení díla; Část 1: Cyklické ražby (konvenční tunelování), český překlad anglické verze 2001-12-01 – edice: Dokumenty české tunelářské asociace ITA-AITES; Česká tunelářská asociace ITA-AITES; 10/2011;
- [20] **ÖGG:** Richtlinie für die Kostenermittlung Projekte der Verkehrsinfrastruktur; Österreichische Gesellschaft für Geomechanik; Austria; 2005
- [21] **Prohlášení o dráze celostátní a regionální;** SŽ; č.j. S 45850/2015-SŽ-O12; Účinnost od 12/2015
- [22] **TKP 3:** Technické kvalitativní podmínky staveb českých drah, Kapitola 3 – Zemní práce; třetí aktualizované vydání, změna č. 6; SŽDC, s.o., Technická ústředna dopravní cesty; Praha, schváleno 4/2008 (účinnost od 1.7.2008)
- [23] **TKP 17:** Technické kvalitativní podmínky staveb českých drah, Kapitola 17 - Beton pro konstrukce; ; třetí aktualizované vydání, změna č. 8; SŽDC, s.o., Technická ústředna dopravní cesty; Praha, schváleno 3/2013 (účinnost od 1.5.2013)
- [24] **TKP 18:** Technické kvalitativní podmínky staveb českých drah, Kapitola 18 – Betonové mosty a konstrukce; třetí aktualizované vydání, změna č. 8; SŽDC, s.o., Technická ústředna dopravní cesty; Praha, schváleno 3/2013 (účinnost od 1.5.2013)
- [25] **TKP 20:** Technické kvalitativní podmínky staveb českých drah, Kapitola 20 – Tunely; třetí aktualizované vydání, změna č.2; České dráhy, s.o., divize Dopravní cesty, o.z.; Praha; 2001 (účinnost od 01/2002)
- [26] **TKP 24:** Technické kvalitativní podmínky staveb českých drah, Kapitola 24 – Zvláštní zakládání; třetí aktualizované vydání, změna č.4; České dráhy, a.s., Technická ústředna dopravní cesty; Praha; 2003 (účinnost od 12/2003)
- [27] **TP ČBS 04:** Technická pravidla České betonářské společnosti č. 04 – Vodonepropustné betonové konstrukce; 2015
- [28] **TP 124:** Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikace; Technické podmínky; Ministerstvo dopravy, odbor infrastruktury; schváleno dne 17.12. 2008 (MD – OI čj. 1092/08-910-IPK/1); Praha, 1/2009
- [29] **TSI 1303/2014:** 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; Úřední věstník Evropské unie; 12/2014
- [30] **Vyhláška č. 55/1996 Sb.:** Vyhláška Českého báňského úřadu o požadavcích k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí; Únor 1996
- [31] **Vyhláška č. 265/2012 Sb.:** Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 55/1996 Sb., o požadavcích k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bez provozu při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí; 07/2012
- [32] **Vzorový list – světlý tunelový průřez jednokolejného tunelu;** SŽDC s.o.; Účinnost od 03/2010

4.2 SEZNAM PODKLADŮ A DALŠÍCH REFERENČNÍCH DOKUMENTŮ

- [33] **Studie proveditelnosti;** Modernizace trati Brno-Přerov, verze 06/2015; zpracovatel SUDOP BRNO, spol. s r.o.; 06/2015
- [34] **Přípravná dokumentace;** Modernizace trati Brno-Přerov, I. etapa Blažovice-Nezamyslice; SUDOP BRNO, spol. s r.o.; 11/2009
- [35] **Návrh na revizi konceptu technického řešení ražených tunelů;** Brno – Přerov, 2. a 3. stavba; SUDOP PRAHA a.s., Ing. Michal Uhrin, Ing. Tomáš Zítka, Praha 11/2017

[36] **Porovnání variant železničních tunelů**; Modernizace trati Brno-Přerov, 2. stavba Blažovice – Vyškov, Modernizace trati Brno-Přerov, 3. stavba Vyškov-Nezamyslice; SUDOP BRNO, spol. s r.o. & SUDOP PRAHA a.s.; Ing. Radoslav Molák, Ing. Tomáš Zítka, Ing. Petr Rotschein; Praha 06/2018

[37] **Předběžný geotechnický průzkum**; Modernizace trati Brno-Přerov, I. Etapa Blažovice –Nezamyslice, SO 12-20-01, Holubický tunel, Ostrava, 03/2009

4.3 SEZNAM PŘÍLOH K TZ

[38] **Příloha 1:** Zásady požárně bezpečnostního řešení stavby

[39] **Příloha 2:** Zjednodušené statické výpočty

[40] **Příloha 3:** Záznamy z porad

[41] **Příloha 4:** Konferenční projednání

4.4 SEZNAM PŘÍLOH SO

[42] **001:** Technická zpráva

[43] **101:** Situace

[44] **102:** Situace staveniště u vjezdového portálu

[45] **103:** Situace staveniště u výjezdového portálu

[46] **201:** Podélný řez - kolej č.1

[47] **202:** Podélný řez - kolej č.2

[48] **301:** Vzorový příčný řez – ražený tunel, primární ostění

[49] **302:** Vzorový příčný řez – ražený tunel kč.1, definitivní ostění

[50] **303:** Vzorový příčný řez – ražený tunel kč.2, definitivní ostění

[51] **304:** Vzorový příčný řez – hloubený tunel kč.1

[52] **305:** Vzorový příčný řez – hloubený tunel kč.2

[53] **306:** Vzorový příčný řez – tunelová propojka

[54] **401:** Charakteristický příčný řez – hloubený tunel, vjezdový portál

[55] **402:** Charakteristický příčný řez – ražený tunel

[56] **403:** Charakteristický příčný řez – hloubený tunel, výjezdový portál

[57] **501:** Architektonický návrh vjezdového portálu

[58] **502:** Architektonický návrh výjezdového portálu

[59] **503:** Výkres portálového bloku

[60] **504:** Schéma technologie výstavby

4.5 SEZNAM PŘÍLOH PD ÚZCE SOUVISEJÍCÍCH SE SO TUNELU

[61] **B.1: Souhrnná technická zpráva**; Ing. Radoslav Molák

[62] **B.3.2: Dendrologický průzkum**; Ing. Jana Janská

[63] **B.5: Odpadové hospodářství**; Mgr. Gabriela Růžičkov

[64] **B.8.1: Stavební postupy výstavby**; Ing. Josef Ferenc

[65] **G.1: Náklady a ekonomické hodnocení**; Ing. Renata Stará, Ing. Martin Večera

[66] **J.1.5: Geotechnický a stavebnětechnický průzkum**; RNDr. Petr Vitásek

4.6 SEZNAM SO ÚZCE SOUVISEJÍCÍCH SE SO TUNELU

- [67] **SO 23-11-01: Blažovice - Holubice, železniční spodek**; část PD: D.2.1.1; zpracovatel: Ing. Petr Rotschein, SUDOP BRNO, spol. s r.o.
- [68] **SO 23-10-01: Blažovice - Holubice, železniční svršek**; část PD: D.2.1.1; zpracovatel: Ing. Petr Rotschein, SUDOP BRNO, spol. s r.o.
- [69] **SO 23-30-04: t.ú. Blažovice - Holubice, přeložka NN a VN E.ON**; část PD: D.2.1.5.2; zpracovatel: Ing. Vojtěch Popelář, SUDOP BRNO, spol. s r.o.
- [70] **SO 23-40-02: t.ú. Blažovice - Holubice, Holubický tunel, geotechnický monitoring**; část PD: D.2.1.7; zpracovatel: Ing. Josef Rychtecký, AFRY CZ, s.r.o.
- [71] **SO 22-50-05: žst. Blažovice, Přístup k portálu Holubického tunelu od Blažovic**; část PD: D.2.1.8.1; zpracovatel: Jan Orel, Dopravní projektování, spol. s r.o.
- [72] **SO 23-50-01: t.ú. Blažovice - Holubice, Přístup k portálu Holubického tunelu od Holubic**; část PD: D.2.1.8.1; zpracovatel: Jan Orel, Dopravní projektování, spol. s r.o.
- [73] **SO 23-50-03: t.ú. Blažovice - Holubice, úpravy polních cest**; část PD: D.2.1.8.1; zpracovatel: Jan Orel, Dopravní projektování, spol. s r.o.
- [74] **SO 23-32-01: t.ú. Blažovice - Holubice, vodovody pro drážní objekty**; část PD: D.2.1.6.2; zpracovatel: Ing. Daniela Šimkovičová, SUDOP BRNO, spol. s r.o.
- [75] **SO 23-31-01: t.ú. Blažovice - Holubice, kanalizace pro drážní objekty**; část PD: D.2.1.6.2; zpracovatel: Ing. Daniela Šimkovičová, SUDOP BRNO, spol. s r.o.
- [76] **SO 23-72-01: t.ú. Blažovice - Holubice, Holubický tunel, technologický domek**; část PD: D.2.2.1; zpracovatel: Ing. arch. Robert Rosecký, SUDOP BRNO, spol.s r.o.
- [77] **SO 23-24-01: t.ú. Blažovice - Holubice, zárubní zeď vlevo**; část PD: D.2.1.4.3; zpracovatel: Ing. Branislav Kvašňovský, Dopravní projektování, spol. s r.o.
- [78] **SO 23-86-01: Holubický tunel, rozvody NN a osvětlení**; část PD: D.2.3.6; zpracovatel: Ing. Jan Zářecký, SUDOP BRNO, spol. s r.o.
- [79] **SO 23-86-02: t.ú. Blažovice - Holubice, kabel 22 kV**; část PD: D.2.3.6; zpracovatel: Ing. Jan Zářecký, SUDOP BRNO, spol. s r.o.
- [80] **SO 23-87-01: t.ú. Blažovice - Holubice, UKK**; část PD: D.2.3.7; zpracovatel: Radim Cíkl, SUDOP BRNO, spol. s.r.o.
- [81] **SO 23-88-01: Holubický tunel, uzemnění technologické budovy**; část PD: D.2.3.8; zpracovatel: Ing. Jan Zářecký, SUDOP BRNO, spol. s r.o.
- [82] **SO 00-94-02: Likvidace přebytečného štěrku a zeminy**; část PD: D.2.4.1; zpracovatel: Ing. Petr Rotschein, Ing. Josef Ferenc, SUDOP BRNO, spol. s r.o.

4.7 SEZNAM PS ÚZCE SOUVISEJÍCÍCH SE SO TUNELU

- [83] **PS 23-02-41: Holubický tunel, PZTS**; část PD: D.1.2.4; zpracovatel: Ing. Lukáš Bari, SUDOP BRNO, spol. s.r.o.
- [84] **PS 23-02-71: Holubický tunel, sdělovací zařízení**; část PD: D.1.2.7; zpracovatel: Bc. Petr Tomášek, SUDOP BRNO, spol. s.r.o.
- [85] **PS 23-02-72: Holubický tunel, kamerový systém**; část PD: D.1.2.7; zpracovatel: Ing. Tomáš Matula, SUDOP BRNO, spol. s.r.o.
- [86] **PS 23-03-11: Holubický tunel, DŘT**; část PD: D.1.3.1; zpracovatel: -, AFRY CZ, s.r.o.
- [87] **PS 23-03-51: Holubický tunel, TTS 22/0,4kV**; část PD: D.1.3.5; zpracovatel: Ing. Vítězslav Šimáček, SUDOP BRNO, spol. s r.o.

- [88] **PS 23-03-71: Holubický tunel, rozvodna NN;** část *PD*: D.1.3.7; zpracovatel: Ing. Vítězslav Šimáček, SUDOP BRNO, spol. s r.o.
- [89] **PS 23-03-72: Holubický tunel, náhradní zdroj;** část *PD*: D.1.3.7; zpracovatel: Ing. Vítězslav Šimáček, SUDOP BRNO, spol. s r.o.
- [90] **PS 23-02-92: Holubický tunel, vyzařovací kabel GSM-R;** část *PD*: D.1.2.9; zpracovatel: Ing. Zdeněk Španěl, SUDOP BRNO, spol. s r.o.
- [91] **PS 23-02-93: Holubický tunel, zajištění rádiového signálu pro integrovaný záchranný systém;** část *PD*: D.1.2.9; zpracovatel: Ing. Zdeněk Španěl, SUDOP BRNO, spol. s r.o.

5 UŽITÁ TERMINOLOGIE

- dočasný portál
 - portál ražené části tunelu vytvořený na rozhraní hloubené a ražené části;
 - musí zajistit přenos zemního a hydrostatického tlaku na přední stěně stavební jámy a zároveň musí být konstrukčně navržen tak, aby skrz něj šla realizovat ražba tunelu (zpravidla se skrz něj realizují předstihová opatření jako např. jehlový nebo MP deštník a montuje se na něj předštitěk);
 - má pouze dočasnou funkci; po vyražení tunelu a zhotovení hloubeného úseku se stavební jáma zasype a portál tak zanikne.
- DOs
 - ostění z monolitického ŽB (příp. PB) s trvalou nosnou funkcí (návrhová životnost zpravidla 100 let);
 - ostění se instaluje až po odeznění deformací POs.
 - trvalý portál
 - portál hloubené části tunelu vytvořený při zasypávání hloubených částí;
 - ze statického hlediska se jedná o návrh náspu; lze využít zásypového materiálu podstatně vyšší kvality, než je rostlá zemina na okolních svazích a navíc lze zemní těleso vyztuzit geosyntetiky, díky tomu může být trvalých portál podstatně strmější, než jsou boční svahy předportálových zářezů.
 - má trvalou funkci.
- finální tunel, finální profil
 - konečná velikost železničního tunelu (tunelový profil v požadované velikosti pro betonáž DOs);
 - tento termín pro účely TZ označuje finální podobu tunelu po jeho „přeražení“ z menšího pilotního tunelu, provedeného v předstihu (finální tunel je ražen s horizontálním členěním a ostění pilotního tunelu je při tomto přerážení demolováno po jednotlivých záběrech spolu s postupující ražbou).
- horizontální členění
 - způsob ražby tunelu, při kterém je čelba tunelu rozdělena „vodorovně“ na dílčí výrub (výrub kaloty je prováděn v předstihu o jeden až dva záběry před výrubem dna);
 - hlavními důvody tohoto členění jsou:
 - snížení doby, po kterou je výrub nezajištěný (výrub na plný profil by z důvodů času nutného pro odtěžení rubaniny musel zůstat nezajištěný po příliš dlouhou dobu).
 - zvýšení stability čelby tunelu (horizontální členění v čelbě vytváří schod, který přispívá k její globální stabilitě).
- observační metoda
 - způsob návrhu a nebo řízení výstavby, kdy jsou výsledky systematického sledování GTM používány přímo jako podklad pro rozhodnutí o dalším postupu výstavby nebo pro úpravu projektu (je definována v Eurocodu 7);

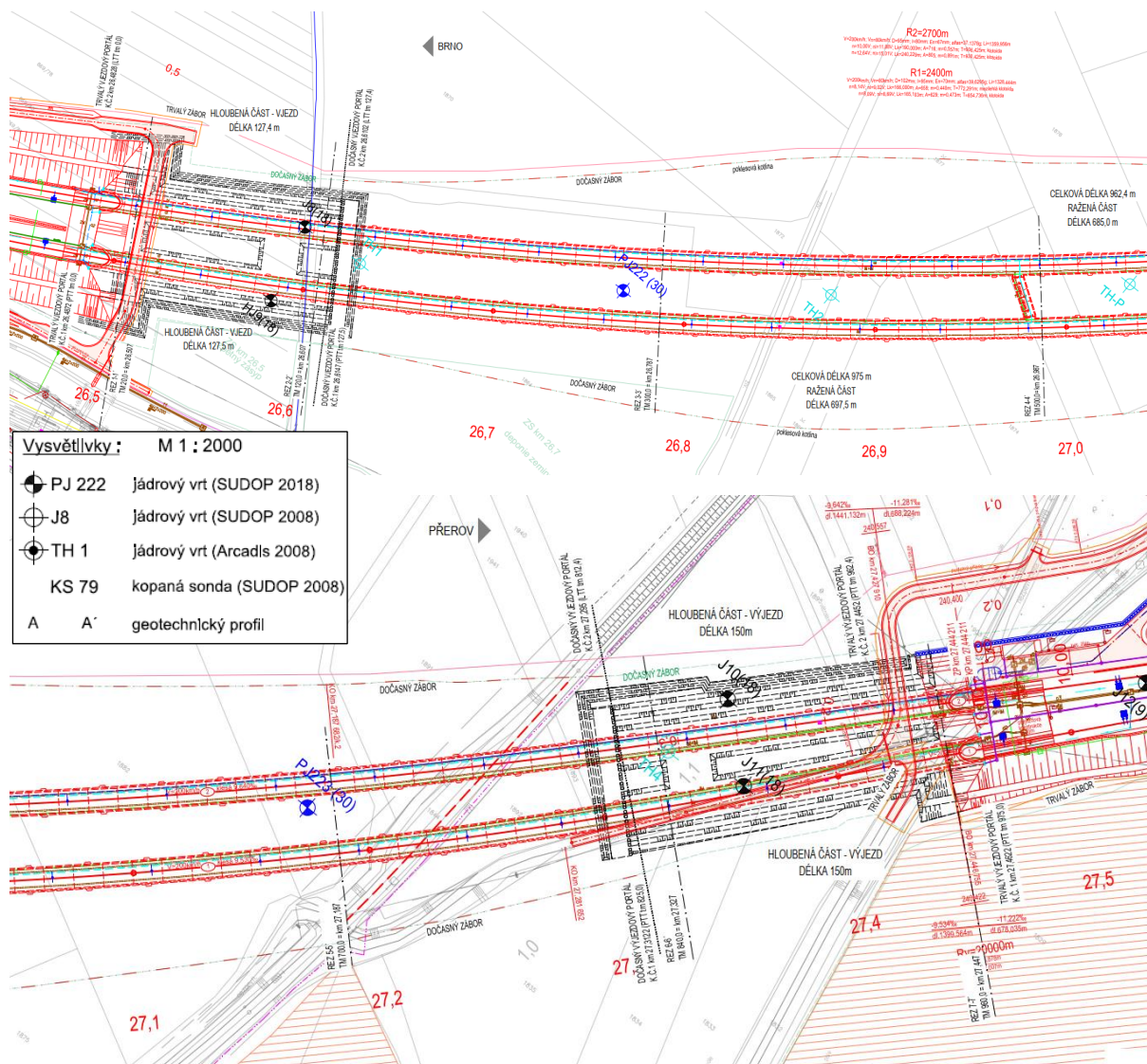
- jedná se o proces, který uznává a akceptuje přirozená omezení dostupných informací a řídí rizika s tím související; všechny odchylky od očekávaného chování jsou pečlivě sledovány a vyhodnocovány; to v praxi znamená, že během výstavby jsou prováděna různá měření geotechnického monitoringu (jedná se především o měření deformací výrubu resp. deformací POs a dokumentaci jednotlivých čeleb); zastižené a dokumentované geologické a geotechnické podmínky jsou porovnávány s předpoklady zavedenými v návrhu ražby tunelu; v případě změny geotechnických a geologických podmínek nebo odlišné odezvy horninového masivu na ražbu tunelu je postup ražby upraven;
 - tento přístup umožňuje volit vhodné postupy a v souvislosti s tím optimalizovat i investiční náročnost ražby, ale stejně tak zajistit větší bezpečnost prováděných ražeb;
 - právě pružnost použití a možnost přizpůsobení postupu ražby skutečně zastiženým podmínkám lze považovat za největší výhodu této metody.
- pilotní tunel
 - tunel menšího průměru než je požadovaný průměr finální tunelu;
 - je umístěn v prostoru finálního profilu a razí se v předstihu;
 - mezi hlavní účely pilotního tunelu patří:
 - rozčlenit výrub a zajistit tak instalaci dočasného pažení v požadovaném čase (menší výrub lze rychleji odtěžit a tím pádem i rychleji zajistit dočasným pažením);
 - stabilizovat čelbu (pilotní tunel působí na čelbě jako tuhý výztužný prvek při přerážení na finální profil).
 - další výhody pilotního tunelu:
 - lze využít jako průzkumná štola (mohou z něho být vrtány průzkumné vrty pro detekci pískových čoček);
 - může být využit jako ventilační štola v době přerážení na finální profil (není nutné osazovat ventilační lutny);
 - v případě mimořádné události může sloužit jako úniková štola;
 - při nutnosti zahájení betonáže DOs před dokončením ražeb může sloužit k dopravě materiálu a odvozu rubaniny.
 - vzhledem k tomu, že má pouze dočasný účel, je výhodné ho navrhovat z PB tak, aby se dal snadno rabovat.
 - POs
 - ostění ze SB (příp. dalších výztužných prvků) sloužící k zajištění výrubu během ražby;
 - má pouze dočasnou funkci (návrhová životnost je zpravidla dva roky);
 - součástí POs je i ostění dočasného pilotního tunelu a SB sloužící k zajištění čelby výrubu aplikovaný v rámci jednotlivých záběrů.
 - SCL
 - ostění ze stříkaného betonu (z angl. „Sprayed Concrete Lining“); obecně se takto označuje metodika ražby a zhotovení ostění ze stříkaného betonu pro tunely v jílech; do češtiny by bylo možné termín převést např. jako „metoda stříkaného betonu“;
 - metoda vychází z principů NRTM adaptovaných do prostředí měkkých tlačivých zemín;
 - některé země NRTM a SCL nerozlišují a pokládají je za identickou technologii provádění; některé země termín NRTM neuznávají a pro tento typ ražby používají termíny podobné výše uvedenému českému sousloví „metoda stříkaného betonu“.

- trvalý portál
 - portál hloubené části tunelu vytvořený při zasypávání hloubených částí;
 - ze statického hlediska se jedná o návrh náspu; lze využít zásypového materiálu podstatně vyšší kvality, než je rostlá zemina na okolních svazích a navíc lze zemní těleso vyztužit geosyntetiky, díky tomu může být trvalých portál podstatně strmější, než jsou boční svahy předportálových zářezů.
 - má trvalou funkci.

6 IG A HG POMĚRY

Geologii v zájmovém území popisuje *Závěrečná zpráva z Předběžného geotechnického průzkumu* [37]. V roce 2018 byl proveden doplňkový IG průzkum, který původní předpoklady potvrdil. V této kapitole jsou stručně shrnuty důležité informace z realizovaných průzkumů.

Obrázek 1 – Situace s vyznačením vrtných prací



6.1 GEOGRAFICKÉ POMĚRY

Holubický tunel se nachází západně od obce Holubice v katastrálním území Holubice a Blažovice, okres Vyškov a Brno-venkov. Zájmové území se z hlediska geomorfologických jednotek nachází v celku Dyjsko-svratecký úval a Vyškovská brána, která představuje poměrně úzkou, JZ-SV směrem protáhlou sníženinu, spojující Dyjsko-svratecký úval s úvalem Hornomoravským. Terén v navrhované trase tunelu je zvlněný s nadmořskou výškou v rozsahu 248 až 274 m.n.m.

Lokalita náleží hydrologicky dílčímu povodí III. řádu 4-15-03 (Svratka od Svitavy po Jihlavu), v němž přirozenou hydrografickou osou území je říčka Rakovec. Zájmové území je odvodňováno Holubickým potokem, jakožto pravostranným přítokem Rakovce.



6.2 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Vyškovská brána je tektonického původu. Její neogenní uloženiny jsou součástí sedimentární výplně karpatské předhlubně, tvořící mohutnou asymetrickou pánev vzniklou na styku Českého masívu a Karpatské soustavy.

Neogén je ve Vyškovské bráně zastoupen svrchním stupněm miocénu (tortonem), jehož mocnost je závislá na členitosti předneogenního podloží a směrem k JV dosahuje až několik set metrů.

Okolí zájmového prostoru je tvořeno neogenními vápnitými sedimenty, které jsou zde reprezentovány jíly, popř. hlínami s vysokou až velmi vysokou plasticitou, pevné konzistence. Jíly a hlíny jsou charakterizovány proměnlivým obsahem písčité frakce, často obsahují zvodnělé písčité vložky a laminy.

6.3 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Z hydrogeologického hlediska je pro Vyškovskou brázu typický značně členitý reliéf předneogenního podloží, tektonika a z toho vyplývající rychlé a časté změny v mocnostech i litologii miocenních hornin. Nejdůležitější kolektorská souvrství zde představují badenská klastika při severním a jižním okraji Vyškovské brány, jejichž zvodně jsou charakterizovány volným i napjatým režimem proudění, artéska zvedně bazálních klastik centrální vyškovské deprese a zvodnělé písčité polohy v badenských jílech.

Funkce soudržných neogenních jílu je z hlediska hydrogeologie především izolační (izolátory počevní nebo stropní). Jíly podmiňují artéské napětí zvodní ve svém podloží a pro pohyb podzemní vody jsou prakticky nepropustné.

V oblastech, kde psamitické a psefitické neogenní sedimentace vycházejí až na povrch nebo leží přímo pod kvartérními uloženinami, je hlavním zdrojem dotace přímý vsak atmosférických srážek, případně infiltrace povrchových vod. Mnohdy se tak vytvářejí spojené zvodně kvartérních a neogenních kolektorů. Hlubší zvodněné polohy, překryté nepropustnými pelity, pak jsou doplňovány po tektonických liniích, jimiž je voda po vsaku v okolních kulmských horninách z okrajové části Českého masívu drenována do spodnobadenských kolektorů. Komunikace zvodní, uzavřených v nepropustných jílových souvrstvích, bývá značně problematická a podzemní vody zde získávají charakter vod stagnujících.

6.4 GEOTECHNICKÉ POMĚRY

6.4.1 Fyzikálně-mechanické vlastnosti zemín

Na základě průzkumných prací byly v prostoru projektovaného tunelu vyčleněny následující geotypy:

- **spraše** charakterizované jíly se střední plasticitou, tuhé až pevné konzistence
- lithothamniové **vápence** navětralé až mírně zvětralé s písiky hlinitými
- miocenní **jíly** s vysokou až velmi vysokou plasticitou, pevné konzistence

6.4.1.1 Spraše

Spraše byly ověřeny pouze ve vrtech umístěných v oblastech portálů a jejich mocnost se pohybuje v rozmezí 2,1 až 9,0 m. Jsou zde reprezentovány jíly se střední až nízkou plasticitou, tuhé až pevné konzistence, tmavě žluté až žlutohnědé barvy, s bílými povlaky uhličitane vápenatého. Spraše jsou při kontaktu s vodou náchylné k prosedání.

Z hlediska těžitelnosti spadají uvedené zeminy do 2. až 3. třídy (dle [14]) nebo do třídy I dle [19], kap. 3.3.2 nebo revidované [16].

Spraše jsou za sucha vhodné do násypových těles bez úpravy za předpokladu, že jejich přirozená vlhkost nepřekračuje vlhkost optimální o +2 %. V opačném případě je bude nutné přivlhčit.

V případě, že jsou převlhčené, lze je pro použití do násypových těles dobře upravit vápnem, což je proces časově výhodnější než přivlhčení, kde je nutné zeminy dobře promísit frérou z důvodu rovnoměrného rozdělení vlhkosti.

6.4.1.2 Lithothamniové vápence s písky hlinitými

Z realizovaných vrtů byly v úrovni 7,0-8,1 m p.t. (262,8-261,7 m n.m.), resp. v úrovni 2,1-6,1 m p.t. (271,7-267,7 m n.m.) ověřeny neogenní hlinité písky s valouny lithothamniových vápenců navětralých až mírně zvětralých, které můžeme klasifikovat pevnostní třídou R3.

Z hlediska těžitelnosti spadají uvedené zeminy do 4. třídy (dle [14]) nebo do třídy I dle [19], kap. 3.3.2 nebo revidované [16].

6.4.1.3 Miocénní jíly a hlíny

Miocénní jíly byly v zájmové lokalitě ověřeny pod vrstvou kvartérních sedimentů (spraše), resp. miocénních písků s vápenci od úrovně 6,1 – 9,1 m p.t.

Miocénní sedimenty jsou reprezentovány jíly a hlínami s vysokou až velmi vysokou plasticitou, pevné konzistence, charakterizované shora šedožlutou, níže pak tmavě šedou barvou. V těchto zeminách byly průzkumnými vrty ověřeny vložky místy nezvodnělých písků o mocnosti do 5 cm.

Od rozhraní kvartéru a miocénu se hodnota modulu deformace miocénních jíků a hlín s rostoucí hloubkou zvětšuje. V doporučených hodnotách je proto patrné zonální rozdělení modulu deformace v závislosti na rostoucí hloubce.

Výsledky edometrických zkoušek nás nepřímo informují o deformačním modulu zemin ve vertikálním směru. Výsledky zkoušek presiometrických nám pak dávají podklady o vývoji modulu deformace ve směru horizontálním.

Miocénní jíly a hlíny jsou objemově nestálé a při kontaktu s vodou bobtnají. Z tohoto důvodu je při stavebních pracích nutné odkryté části miocénních jíků neprodleně ochránit před účinky klimatickým vlivů (především srážek), což by se negativně projevilo na vlastnostech těchto zemin.

Parametry smykové pevnosti miocénních jíků a hlín se s hloubkou výrazně nemění. V případě vrcholového úhlu vnitřního tření se hodnoty pohybují v rozmezí $\varphi_{ef} = 20 - 30^\circ$. U hodnot efektivní soudržnosti (c_{ef}) dochází k jejich výraznému kolísání, což je nejspíše dáno rozdílnou strukturní pevností jíků.

Miocénní jíly a hlíny jsou prekonsolidované, což dokládá i skutečnost, že jejich povrchová vrstva byla vystavena erozním procesům. Tato vrstva je součástí tzv. zvětralinového pláště a u sond umístěných v oblasti Holubického tunelu se pohybuje v rozmezí 7,2 – 8,9 m. Miocénní jíly jsou zde zbarveny do žluta, což je zapříčiněno kontaktem s kvartérními sedimenty (rozložené Fe-oxidy a hydroxidy).

Koeficient propustnosti miocénních jíků dosahuje hodnot $k_f = 5,8 \times 10^{-8}$ m/s až $3,7 \times 10^{-12}$ m/s. Rozdíly jsou dány podílem písčité frakce ve vzorku.

Z hlediska těžitelnosti spadají uvedené zeminy do 3. třídy (dle [14]) nebo do třídy I dle [19], kap. 3.3.2 nebo revidované [16].

Miocénní jíly jsou bez úpravy nevhodné pro použití v zemních konstrukcích. Jejich úprava pojivy je rovněž velmi obtížná a před rozhodnutím o jejich použitelnosti je nutno provést rozsáhlý komplex průkazných zkoušek doplněný o terénní zkoušku zhužnatelnosti dle ČSN 72 1006.

6.4.2 Podzemní voda

Hladina podzemní vody nebyla v průzkumných sondách navržených pro Holubický tunel vrtnými pracemi ověřena.

7 STAVEBNÍ ŘEŠENÍ TUNELU

7.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE

Holubický tunel je situován mezi obcemi Blažovice a Holubice v okrese Brno-venkov a Vyškov. Je navržen dvěma jednokolejnými tubusy, kde je tubus pro kolej č.1 dlouhý cca 975 m (staničení km 26,4872 – 27,4622) a tubus pro kolej č.2 962,4 m (staničení km cca 26,4828 – 27,4452). Návrhová rychlost trati je 200 km/hod.

Geologické prostředí navržených tunelových trub je charakterizováno neogenními jíly, kde maximální výška nadloží dosahuje cca 21 m. Způsob výstavby je s ohledem na relativně krátkou délku tunelu uvažován konvenční.

Tabulka 1 – Délka tunelu

Úsek	Délka k.č.1	Staničení k.č.1	Délka k.č.2	Staničení k.č.2
Hloubený, vjezdový portál	127,5 m	km 26,4872	127,4 m	km 26,4828
Ražený	697,5 m	km 26,6147	685,0 m	km 26,6102
		km 27,3122		km 27,2952
Hloubený, výjezdový portál	150,0 m	km 27,4622	150,0 m	km 27,4452
Celkem	975,0 m	-	962,4 m	-

Předportálové úseky budou realizovány jako svahované – dolní etáž ve sklonu 1:2 a horní etáž ve sklonu 1:2,5 s mezilehlou lavicí šířky 3 m umístěnou ve výšce do 6 m. Portálové stěny jsou navrženy ve sklonu 1:1,5.

Předpokládaný dosah poklesové kotliny je znázorněn ve výkresové dokumentaci (Situace [43] a charakteristické řezy [54], [55], [56]) a vychází z Limanovy teorie, která uvažuje s rozsahem deformací na povrchu báze hodnotou 2 a, odvozenou ze zkušenosti a četné řady měření pro budapeštské jíly ($a = (h_0^2 - r_0^2)^{1/2}$, kde h_0 je mocnost vrstvy a r_0 je poloměr výrubu). V Příloze 2, kap. 4.6.1 [39] je navíc stanovena typická maximální poklesová kotlina. Podrobněji se bude nutně zabýrat touto problematikou v dalším stupni projektové dokumentace.

Poklesová kotlina vzniká v důsledku ztráty objemu horniny v okolí výrubu extruzí v čelbě a konvergencí na plášti a vymezuje oblast, tzv. zónu ovlivnění, ve které teoreticky existuje riziko vzniku škod na majetku třetích osob a s tím spjaté uplatňování nároků na náhradu.

Tunel je umístěn v extravilánu. V nadloží se nachází zpevněná účelová komunikace (přibližně ve staničení k.č.1 km 26,847; k.č.2 km 26,850) a železniční vlečka cementárny Mokrý (přibližně ve staničení k.č.1 km 27,222; k.č.2 km 27,242). Oba tyto objekty budou předmětem GTM a po ukončení výstavby tunelu proběhne jejich sanace (dosypání účelové komunikace, podbití železniční trati). Z hlediska poklesů nadloží tunelu bude nutné sledovat převážně objekt železniční vlečky, jehož výškové změny by mohly představovat značné provozní komplikace a ohrožení bezpečnosti. Tomuto úseku bude proto v DSP věnována zvýšená pozornost (návrh preventivních opatření – např. instalace mikropilotových deštníků finálního tunelu, zkrácení záběru, zesílení POs, omezení rychlosti na provozované trati a zvýšení četnosti měření GTM po dobu podcházení ražeb pod tratí, apod.).

Stávající inženýrské sítě

Nad výjezdovým portálem v hloubené části tunelu (mezi tunelovými tubusy přibližně ve staničení km 27,438) se nachází uzel nadzemního vedení vysokého napětí E.ON. Z tohoto důvodu je pro toto vedení navržena přeložka podzemním kabelem [69] (viz [43]), která je vedena severním směrem podél tunelu mimo předpokládaný dosah poklesové kotliny.

7.2 SMĚROVÉ ŘEŠENÍ V TUNELU A PŘÍLEHLÝCH ÚSECÍCH

Tunel je navržen v levotočivém směrovém oblouku (k.č. 1: poloměr $R = 2400$ m; max. převýšení koleje $D = 102$ mm a k.č. 2: poloměr $R = 2700$ m; max. převýšení koleje $D = 95$ mm) se vzájemnou osovou vzdáleností kolejí od 23 do 34 m (osová vzdálenost kolejí ve stanicích Blažovice a Holubice je 5 m). Ve staničení cca 27,447 km (oblast výjezdového portálu) se nachází bod obratu, kdy přechodnice levotočivého oblouku (viz výše) přechází do přechodnice pravotočivého oblouku.

7.3 VÝŠKOVÉ ŘEŠENÍ V TUNELU A PŘÍLEHLÝCH ÚSECÍCH

Tubusy jsou navrženy v konstantním podélném klesání 9,53 ‰ (kolej č.1) a 9,64 ‰ (kolej č.2), od bodu obratu (km 27,447) v konstantním podélném klesání 11,22 ‰ (kolej č.1) a 11,28 ‰ (kolej č.2).

7.4 PŘÍČNÝ ŘEZ

7.4.1 Základní informace

Tunelové ostění je navrženo jako dvouplášťové s mezilehlou izolací (uzavřený *HI* systém). Příčný řez tunelových tubusů vychází ze vzorového listu *SŽDC* pro jednokolejné tunely [32] – příloha 11 (mechanizovaná ražba, rychlost od 161 do 230 km/h, kolejové lože, převýšení 0 – 160 mm). Hlavním důvodem volby příčného řezu pro mechanizovanou ražbu před příčným řezem určeným pro konvenční způsob výstavby je nepříznivá geologie (při návrhu tunelů v plastických jílech je doporučeno použití kruhového příčného řezu nebo alespoň příčného řezu blížící se kruhovému tvaru).

Tunel vyhovuje prostorové průchodnosti *Z-GC* (dle [17], příloha A, obr. A.1) včetně zohlednění pruhu pojistného prostoru o šířce 300 mm (dle [18], kap. 6.3.4.3.3). V případě, že je trakční vedení uchyceno v koruně tunelu, je dle vzorových listů *SŽDC* požadována pro návrhovou rychlost 200 km/hod světlost tunelu min. do výšky 6,8 m nad *TK* v šířce min. 350 mm od osy na obě strany. Železniční svršek je navržen formou šterkového lože.

7.4.2 Primární ostění

Ražba tunelu bude prováděna konvenčním způsobem výstavby metodou *SCL*. Samotné ražbě tunelů na navržený průřez bude vzhledem k nízkému nadloží a přítomnosti vysoce plastických jílu v daném území předcházet ražba tzv. *pilotních tunelů*. Tím bude dosaženo výrazného zvýšení bezpečnosti při provádění ražeb a snížení rizik spojených s výstavbou (viz přílohy [49] a [60]).

Profil pilotních tunelů je navržen jako kruhový o průměru cca 2,75 m (plocha teoretického výrubu 23,8 m²). Technologie provádění bude za standardních podmínek na plný profil s délkou záběru 1 m. Pro primární ostění těchto pilotních tunelů bude použit SB tloušťky 300 mm s rozptýlenou výztuží (použití betonářské výztuže není vhodné z důvodu následného vybourávání dočasného ostění).

Po vyražení pilotního tunelu bude prováděno přerážení tunelu na finální profil kruhového tvaru o průměru cca 5,25 m (plocha teoretického výrubu 86,6 m²). POs je navrženo ze SB tl. cca 400 mm vyztuženého pomocí příhradových rámců a svařovaných sítí z betonářské výztuže po obou lících ostění. Alternativou betonářské výztuže je obdobně jako u pilotních tunelů stříkaný drátkobeton.



7.4.3 Definitivní ostění

Definitivní ostění tunelů je navrženo jako ŽB (eventuálně z PB) s mezilehlou izolací. Vnitřní líc základního profilu tunelového ostění je v hloubených i ražených částech totožný (viz přílohy [49] a [51]).

V souladu s [18] odst. 6.3.8.1 je v tunelu uvažováno s bezpečnostními výklenky, umístěnými vstřícně po obou stranách v osových vzdálenostech do 25 m.

DOs tvoří ŽB nosná konstrukce (eventuálně kce z PB) kruhového profilu (světlá plocha přibližně 53,3 m²) předpokládané tl. 350 mm v koruně a 750 mm ve dně. Ostění je konstrukčně tvořeno ze dvou částí kloubově připojených, tj. ŽB desky ve dně tunelu a kruhové klenby.

7.4.4 Tunelová propojka

V tunelu je navržena jedna tunelová propojka délky cca 23 m s průměrem výrubu 6,4 m a tl. POs 350 mm (viz příloha [53]). Propojka bude ražena s horizontálním členěním na kalotu a dno. Kalota bude oproti dnu ražena v předstihu o dva až tři jedno-metrové záběry. Dobírka dna bude prováděna v 2 m záběru (dvojnásobná délka oproti záběru kaloty). Ražení propojky může být zahájeno ve chvíli, kdy bude bližší čelba tunelu vzdálená alespoň 21 m (2×D).

Materiál použitý do DOs tunelové propojky bude tvořen ŽB (eventuálně PB) předpokládané tl. 250 mm (tl. dna 600 mm + cca 950 mm výplňového betonu). Součástí propojky je také úniková cesta o rozměrech min. 1,5 × 2,25 m (dle [29], kap. 4.2.1.5.2, písm. d) a technologické místnosti pro VN a NN s půdorysnými rozměry cca 2,6 × 7,0 m. V podlaze této místnosti jsou umístěny kabelové chráničky a na stěně nezavodněné požární potrubí. Odvodnění je řešeno liniovým žlabem podélně vyspádovaným a zaústěným do postranní tunelové stoky.

V případě požáru slouží propojka a jednotlivé technologické místnosti jako samostatné požární úseky oddělené požárními dveřmi šířky min. 1,4 m (dle [29], kap. 4.2.1.5.2, písm. c). V obou příčkách nad požárními dveřmi je navržen ventilátor a ventilační klapka pro vytvoření přetlaku působícího proti vniknutí kouře (viz kap. 7.7.2.1 a příloha [38]).

7.5 HLOUBENÉ ÚSEKY

Hloubené části tunelu byly navrženy jako monolitické ŽB konstrukce zhotovené v pažených stavebních jámách.

7.5.1 Stavební jámy hloubených úseků

V oblasti vjezdového portálu má stavební jáma rozměry: délka cca 128 m, šířka ve dně cca 44 - 46 m a hloubka 11 - 16 m (viz příloha [44]). V oblasti výjezdového portálu má stavební jáma rozměry: délka cca 153 m, šířka ve dně cca 38 - 52 m a hloubka přibližně 11 - 18 m (viz příloha [45]).

Boční stěny stavebních jam jsou navrženy jako svahované ve sklonu 3:1 s lavičkami po max. 6 m. Stabilita je zajištěna pomocí ocelových hřebíků a stříkaného betonu s výztužnou sítí. Na lavičky šířky 2,5 m je vybetonována ŽB převážka zakotvená do zeminy pomocí pramencových kotev (viz přílohy [54] a [56]). Tam, kde je předpoklad působení podzemní vody na konstrukci (typicky na rozhraní geologických vrstev a v místech s příměsí hrubozrnné zeminy) může být uvažováno s perforací stříkaných svahů.

Stěny dočasných portálů jsou zajištěny vrtanými ŽB pilotami o průměru 1,2 m a osově vzdálenosti 2,0 m. Piloty jsou v hlavě ukončeny železobetonovou převázkou, skrz kterou se provede první kotevní etáž z dlouhých pramencových kotev. S horizontálním odstupem cca 4,2 a 3,8 m jsou provedeny další dvě kotevní úrovně. Mezery mezi pilotami budou vyplněny klenbičkami ze SB, ve kterých budou navrženy průvrty sloužící k odvodu vody z masívu za stěnou.

7.5.2 Tunel v hloubených úsecích

Ostění hloubených úseků je tvořeno kruhovou klenbou na deskovém základu [51]. Vnitřní líc základního profilu hloubeného úseku tunelu plynule navazuje na úsek ražený. Kruhová klenba tloušťky 400 mm je konstrukčně napojena na základovou desku tloušťky 750 mm a na rozdíl od ražené části je tato pracovní spára řešena jako vetknutí (výztuž z ŽB desky prochází skrz spáru do klenby).

7.6 HYDROIZOLACE

V celé délce tunelu byla jako hydroizolace použita fólie proti tlakové vodě připevněná spolu s ochrannou geotextilií po celém obvodu k POs a tvoří tak uzavřený HI systém. Vyšší IN tohoto systému (HI fólie ve dně tunelu, návrh tunelu na HPV) se vykompenzují nižšími provozními náklady (odpadá nutnost instalace a pravidelného čištění rubové drenáže).

Prostor mezi DOs a HI fólií (mezi jednotlivými betonážními bloky a mezi klenbou a dnem) je rozdělen pomocí vnějších těsnících pásů na sektory. Napojení těsnících pásů k HI fólii je vodotěsné. Toto opatření přinese výrazné usnadnění sanačních prací případných průsaků.

7.7 VNITŘNÍ VYBAVENÍ TUNELU

7.7.1 Stavební vybavení tunelu

7.7.1.1 Chodníky

V tunelu jsou navrženy betonové únikové chodníky (min. šířky 800 mm dle [29], kap. 4.2.1.6, písm. a, bod 1), pod kterými jsou umístěny kabelové chráničky a postranní tunelová stoka pro odvodnění železničního svršku (300 x 350 mm) ze šterkového lože. V chodníku koleje č.1 bude navíc vedeno drážní kanalizační potrubí DN 300 mm.

7.7.1.2 Kabelové chráničky

Kabelové chráničky jsou navrženy jako šestičetvorové a devítičetvorové HDPE multikanály. Každých 50 m prochází skrz obdélníkové kabelové šachty o rozměrech lišících se v závislosti na typu multikanálu. Tyto šachty jsou vytvořeny přímo v betonu chodníku v prostoru bezpečnostního výklenku a střídají se se šachtami pro odvodnění a kanalizaci. Z důvodu nedostatečného prostoru pod chodníky je nutné multikanály těsně před šachtou a za šachtou zalomit. Kabelové chráničky jsou vyvedeny v oblastech před tunelovými portály do kabelových šachet, odkud kabelové vedení pokračuje v širé trati.

7.7.1.3 Tunelová odvodňovací stoka

Tunelová odvodňovací stoka je navržena u jednotlivých tubusů tunelu jako levostranná o rozměrech 0,30 x 0,35 m s minimálním podélným sklonem 3 ‰. Je k ní vyspádovaná betonová podkladní vrstva šterkového lože ve sklonu cca 2,5 ‰ opatřená hydroizolací. Voda je odváděna do tunelové stoky pomocí prostupů DN 60 umístěných vždy po 0,5 m. Tunelová stoka prochází každých 50 m plastovou revizní šachtou o min. průměru 400 mm umístěnou v chodníku. U výjezdového portálu jsou tunelové odvodňovací stoky jednotlivých tubusů zaústěny do kanalizačních šachet, kde je drenážní voda napojena do dešťové drážní kanalizace (SO 23-31-01 [75]).

7.7.1.4 Kanalizace

V chodníku k.č.1 je vedeno kanalizační potrubí DN 300 mm, do kterého je v oblasti před vjezdovým portálem svedena trativodní kanalizace (SO 23-11-01 [67]). Kanalizační potrubí prochází každých 50 m plastovou revizní šachtou min. průměru 400 mm umožňující jeho čištění (kanalizační šachta je umístěna v bezpečnostním výklenku zároveň se šachtou tunelové stoky). Kanalizační potrubí v rámci



SO tunelu končí v kanalizační šachtě před portály, kde kanalizační potrubí navazuje v profilu DN 400 v rámci SO drážní dešťové kanalizace (SO 23-31-01 [75]).

7.7.1.5 Nezavodněné požární potrubí

Dalším vybavením tunelu je nezavodněné požární potrubí s osazenými výtakovými ventily s tlakovými hrdlovými spojkami opatřenými tlakovými víčky. U každého výtoku je osazen rychlouzavírací ventil a na obou koncích potrubí je osazena tlaková hrdlová spojka.

7.7.1.6 Bezpečnostní značení

Veškeré záchranné výklenky a únikové cesty budou v tunelu označeny v souladu se zásadami požárně bezpečnostních řešení [38]). Směr úniku osob v obou tunelových troubách bude zřetelně označen jednak na ostění provedenými orientačními pásy (šikmé bílé pruhy z trvanlivého nátěru propojující vzájemně záchranné výklenky) a také pomocí informačních tabulek rozmístěných max. po 50 m na stěnách tunelu (v souladu s [29], kap. 4.2.1.5.5), s vyznačením směru úniku (značky šipka vlevo/vpravo doplněny o vzdálenost k portálu uvedenou v metrech). Dále bude provedeno značení tunelových pasů (na levé opěře ve výšce 1,5 m nad niveletou ve vzdálenosti 0,5 m od začátku tunelového pasu pomocí negativní – výtlačné šablony osazené na bednění DOs).

7.7.1.7 Další stavební vybavení

Na stěnách DOs musí být dle [29], kap. 4.2.1.6, písm. b umístěno nepřetržité zábradlí a to ve výšce 0,8 až 1,1 m.

V koruně tunelu budou instalovány kotevní prvky pro upevnění závěsů trakčního vedení, kotvení trakčního vedení a ukolejňovací lana.

V každém tunelovém pásu je osazena dvojice zajišťovacích bodů pro měření prostorové průchodnosti trati. Tyto prvky jsou navrženy z nerezové oceli jako konzolové (váleček průměru 15 mm, dlouhý 60 mm, z čehož je 40 mm zakotveno do betonu a 20 mm vyčnívá) a jsou umístěny od spáry mezi tunelovými pásy ve vzdálenosti 250 mm a ve výšce 500 mm nad úrovní TK.

7.7.2 Technologické vybavení tunelu

7.7.2.1 Větrání

Tunelové trouby

Větrání v tunelu bude během jeho provozu zajištěno přirozenou cestou využívající pístového efektu od provozované dopravy a komínového efektu. S ohledem na délku tunelu, se s nuceným větráním neuvažuje.

Úniková cesta v tunelové propojce

Větrání únikové cesty v tunelové propojce bude nucené a bude zajištěno pomocí axiálních středotlakých ventilátorů D 315, 0,61 m³/s, 300 Pa, el.m. 0,55 kW, 400 V a požárních uzavíracích klapek. Ventilátory obstarají přívod vzduchu z nezasažené tunelové trouby $V = 2200 \text{ m}^3/\text{hod}$ (výměna vzduchu v propojce min. 15 × za hodinu). V propojkách je udržován přetlak pomocí vzduchotechnického zařízení v rozsahu min. 20-30 Pa oproti zasaženému tunelu při uzavřených požárních dveřích, což zabrání průniku kouře do druhého tunelu v případě požáru a následném úniku osob přes požární dveře v propojce. Proudění vzduchu v propojkách je zajišťováno obousměrně, podle lokalizace požáru vždy proti směru úniku cestujících (více informací viz [38]).

Za normálního dopravního režimu bude vzduch v propojce vyměňován vlivem tlakových změn od průjezdu rychlovlaků (požární dveře jsou bez prahu se zpěňujícím těsnícím páskem vlivem teploty).

Technologické místnosti

V navržené propojce je umístěna rozvodna VN/NN a místnost slaboproudu (zabezpečovací a sdělovací zařízení). Větrání místností je zajištěno pomocí 2 ks větrací podstropní jednotky s filtrací vzduchu bez tepelné úpravy vzduchu, $V = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, 300 Pa, el.m. 0,45 kW, 400 V. Na prostupech přes požárně dělící konstrukci jsou osazeny požární klapky. Je uvažováno s maximální teplotou v tunelu 25 °C a max. teplotou v místnostech 35 °C. Navržené množství větracího vzduchu pro odvod tepelné zátěže je 1000 m³/h pro každou místnost. Zařízení vzduchotechniky bylo nutné dimenzovat s ohledem na tlakové změny v tunelu při průjezdu vlaků maximální rychlostí 200 km/h, tzn. že v přívodním a odvodním potrubí je instalována ruční regulační klapka zajišťující nastavení tlakových poměrů s ohledem na vliv projíždějících rychlovlaků (více informací viz [38]).

7.7.2.2 Trakční vedení, ukolejnění a ukotvení nosičů napájecího vedení (SO 23-87-01 [80])

Trakční vedení je navrženo v souladu s platnými předpisy a normami tak, aby v tunelu nedocházelo k mechanickému či elektrickému dělení. V tunelu tedy nebudou žádné výklenky pro kotvení trakčního vedení.

Trakční vedení je v tunelu navrženo na trubkových konzolách uchycených chemickými kotvami do stropu tunelu, otočně upevněných na kozlících. V celé délce tunelu je navržena snížená výška trolejového drátu 5,30 m a snížená výška sestavy.

Ukolejnění (ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí) bude zajištěno pomocí lana 2 × 70 Bz uchyceném do stropu tunelu, které spojuje neživé konstrukce TV upevněné v klenbě tunelu.

Tunel není opatřen odpojovači se zkratováním.

7.7.2.3 Ochrana proti bludným proudům

Ochrana proti účinkům bludných proudů bude provedena v souladu s předpisy SŽDC SR 5/7 (S) [1] a TP 124 [28].

Součástí průzkumných prací pro daný objekt nebyl korozní průzkum, který by stanovil míru ohrožení objektu účinky bludných proudů. Vzhledem k elektrifikaci trati je pro tento objekt navržen stupeň opatření 4, který se dle předpisu SŽDC SR 5/7 (S) [1] stanovuje ve všech případech, kde se jedná o elektrizované tratě SŽ. Stupeň 4 je charakterizován kombinací primární ochrany dle TP 124 [28], kap. 5.2, definitivní ochrany dle TP 124 [28], kap. 5.3 a konstrukčních opatření dle TP 124 [28], kap. 5.4 včetně propojení výztuže a jejího vyvedení měřících bodů na povrch konstrukce. Na závěr stavby bude provedeno základní měření bludných proudů.

7.7.2.4 Elektrické rozvody VN v tunelu (SO 23-86-02 [79])

V tunelu podél koleje č. 2 bude veden kabel 22 kV, který slouží pro napájení jednotlivých zařízení SŽ na trati Brno-Přerov. Kabel bude v tunelu uložen v připraveném multikanálu.

7.7.2.5 Provozní a nouzové osvětlení v tunelu (SO 23-86-01 [78])

Systém provozního a nouzového osvětlení bude v tunelu vybudován v souladu s nařízením komise (EU) č.1303/2014 čl. 4.2.1.5.4 a dále v souladu s požadavky ČSN 73 7508 čl. 6.3.9.2.1. Ovládání osvětlení bude zajištěno pomocí ovladačů umístěných v samostatných skříních z každé strany tunelu a dále každých 250 m. Navíc bude rovněž zařazeno do systému DD TSŽ, což umožní jeho dálkovou diagnostiku a případné ovládání. Kabely osvětlení budou vedeny v chráničkách umístěných v ostěních tunelu. Osvětlení bude napájeno pomocí rozvaděče RZS.

7.7.2.6 Zásuvky, uzemnění a rozvody NN v tunelu (PS 23-03-71 [88])

Zásuvkové skříně 230V / 400 V budou umístěny na každé straně tunelu a budou napájeny z rozvaděče RZS. Skříně budou uzamykatelné. Kable budou vedeny v připravených chráničcích.

Dále budou provedeny rozvody NN pro napájení sdělovacího zařízení a vzduchotechniky ve spojovacím krčku. Napájení bude provedeno z rozvaděče zajištěné sítě RZS, tedy ze dvou nezávislých zdrojů, trafostanice 22 / 0,4 kV a záložního zdroje elektrické energie s automatickým startem.

7.7.2.7 Dorozumívací zařízení GSM-R (PS 23-02-92 [90])

Pokrytí rádiovým signálem GSM-R bude v Holubickém tunelu zajištěno vyzařovacím kabelem umístěným na ostění ve výšce cca 5 m po celé délce jednotlivých tunelových tubusů. Pro uchycení vyzařovacího kabelu budou sloužit systémové úchytky. Technologické zařízení vyzařovacího kabelu bude umístěno ve sdělovací místnosti v tunelové propojce.

Propojení vyzařovacího kabelu se sdělovací místností bude provedeno pomocí koaxiálních kabelů, které budou umístěny v nehořlavých chráničcích na drátěných roštích a budou ukončeny ve sdělovací místnosti. Průchody mezi tunely tubusu, tunelovou propojkou a sdělovací místností budou utěsněny protipožárními ucpávkami o minimální dimenzi EL90.

Požadované technické parametry vyzařovacího kabelu:

- průměr kabelu min. 5/4"
- úroveň požární odolnosti aspoň „Cca“, dle evropské vyhlášky 305/2011 (CPR) – DoP
- frekvenční rozsah 698 – 960 MHz, rezonanční špičky mimo požadované pásmo
- vyzařovací paprsek kolmý na osu vyzařovacího kabelu
- bezhalogenové opláštění, nízká kouřivost, nulové droplety (min. 20 minut)
- ochranná křemíková bariéra proti odkapávání hořícího dielektrika
- bezhalogenové a protipožární úchyty kabelu k ostění
- zajištěná správná funkce v teplotním rozsahu -35°C – 80°C

Zdrojem signálu do vyzařovacího kabelu bude BTS454 Holubický tunel. Samotné zařízení a vybavení BTS454 je součástí „PS 04-14-05 t.ú. Holubice - Rousínov, GSM-R“. Zařízení bude uzemněno na zemnicí systém sdělovací místnosti. Pro navržený vyzařovací kabel je nutné splnění veškerých parametrů pro dostatečné pokrytí tunelových tubusů signálem rádiové sítě GSM-R. Při realizaci tohoto PS je nutná koordinace především s PS 23-02-93, PS 04-14-05 a SO 23-40-01.

7.7.2.8 Dorozumívací zařízení IZS (PS 23-02-93 [91])

Pokrytí rádiovým signálem pro IZS bude v Holubickém tunelu realizováno vyzařovacím kabelem. Rádiový systém bude rozdělený do dvou částí, do dvou základnových stanic IZS:

- přijímací a vysílací antény pro spojení s dispečinkem
- vysílací a přijímací antény v tunelu

Přijímací antény sloužící ke spojení s dispečinkem a související zařízení budou umístěny na stožáru pro BTS 453 žst. Blažovice v žkm 26,035 (PS 02-14-07). Přijímací a přenosová část bude umístěna ve sdělovací místnosti v technologické budově v žst. Blažovice. Pro napájení přijímací části a přenos dat k vysílací části se využije sdělovací zařízení, které se buduje v jiných PS – optický kabel a přenosové zařízení TechLan. Alternativou pro umístění přijímací části rádiového systému pro IZS může být i jiný stožár BTS realizovaný v rámci stavby.

Základnová stanice IZS pro tunelový objekt bude umístěna v tunelu a bude realizována vyzařovacím kabelem. V každém tunelovém tubusu bude umístěn jeden vyzařovací kabel a to po celé délce ostění ve výšce cca 5,5 m. Kabel bude uchycen originálními úchytkami. Propojení se sdělovací místností umístěnou v tunelové propojce bude zajištěno splitterem a koaxiálními kabely, které budou umístěny v nehořlavých trubních chráničcích na drátěných roštích a budou ukončeny ve sdělovací místnosti ve skříně se zařízením pro rádiový systém pro IZS a HZS. Průchody mezi tunely tubusu, tunelovou

propojkou a sdělovací místností budou utěsněny protipožárními ucpávkami o minimální dimenzi EL90. Jeden vyzařovací kabel bude na obou koncích ukončený koncovými anténami, které se vyvedou na portály tunelů tak, aby zajistily pokrytí prostoru před tunely.

Rádiový systém *IZS* bude napájen ze zálohovaného zdroje 48 V. Napájení bude realizováno z rozvaděče ve sdělovací místnosti. Přívod bude v rozvaděči osazen jističem a v rackovém skříní zakončen na modulárním rackovém panelu. Zařízení bude uzemněno na zemnicí systém sdělovací místnosti.

Do tunelových tubusů budou opakovány signály digitálního rádiového signálu MVČR MATRA (TETRAPOL) v pásmu 400 MHz a analogového rádiového signálu pro *HZS* v pásmu 160 MHz. Navržený vyzařovací kabel pro potřeby *HZS* a *IZS* bude kompatibilní i s nově připravovaným celoevropským rádiovým systémem pro potřeby *IZS*, který umožní rádiové spojení i v kmitočtovém pásmu 700 MHz s jehož zaváděním se počítá do roku 2025 v rámci evropské legislativy.

Požadované technické parametry vyzařovacího kabelu:

- průměr kabelu min. 7/8"
- úroveň požární odolnosti aspoň „Cca“, dle evropské vyhlášky 305/2011 (CPR) – DoP
- frekvenční rozsah 50 – 800 MHz, rezonanční špičky mimo požadované pásmo
- vyzařovací paprsek kolmý na osu vyzařovacího kabelu
- bezhalogenové opláštění, nízká kouřivost, nulové droplety (min. 20 minut)
- ochranná křemíková bariéra proti odkapávání hořícího dielektrika
- bezhalogenové a protipožární úchyty kabelu k ostění
- zajištěná správná funkce v teplotním rozsahu -35°C – 80°C

Při realizaci tohoto PS je nutná koordinace především s PS 23-02-92, PS 04-14-05, PS 02-14-07, PS 92-14-02, PS 52-14-02 a SO 23-40-01.

7.8 ZÁSYPY A TRVALÉ PORTÁLY

Po dokončení betonáže tunelového ostění bude stavební jáma zasypána vhodným materiálem, pravděpodobně vytěženými vápenci ze zářezu u obce Blažovice v km 24,430 – 25,280 a recyklátem stříkaného drátkobetonu pilotního tunelu (úprava mobilní drtičkou).

Vytěžené jíly nejsou vhodné pro zpětné použití do násypů. Výjimku může tvořit izolační jílová vrstva u dna tunelu (za jeho rubem), která bude mít proměnou tloušťku a která se bude svažovat směrem k trvalému portálu. Tato vrstva bude opatřena separační geotextílií na kterou bude navázán násyp z propustného materiálu. Za účelem zamezení pronikání srážkových vod do propustného materiálu násypu bude nad tunelem realizována nepropustná těsnicí vrstva. Průsaky povrchové vody za rub konstrukce tunelu budou plynule odváděny na povrch propustnou ukloněnou vrstvou před trvalý portál, na který jsou navázány horské vpusti.

Jemnozrnné zeminy charakteru spraší jsou vhodné pro zpětné použití do násypů / zářezů pouze za předpokladu dodržení podmínek stanovených geologem stavby. Jedná se zejména o požadavky na zajištění optimální vlhkosti zemin a specifikací stanovenou v *RDS* na základě technologických zkoušek (receptura pro zlepšení materiálu – např. zlepšení přidáním 1 – 3 % vápna nebo přidáním 2 % směsi vápna a cementu v poměru 50 : 50). Protože je použití spraše podmíněno zajištěním její optimální vlhkosti, je uvažováno s odvozem výkopku na sousední *SO* a pozdějším dovozem spraše pro zpětné násypy z jiných okolních *SO*. Přesuny hmot (konkrétně spraší) musí být co nejefektivnější, je nutné vše koordinovat tak, aby nemuselo docházet k dočasnému deponování zeminy a aby byly zeminy odtěženy v jedné části stavby ihned použity na jiné části stavby (přesuny v rámci různých *SO*). V případě, že zhotovitel není schopen zajistit potřebnou koordinaci a spraše bude nutné dočasně deponovat, musí zaručit jejich ochranu proti srážkovým vodám (např. zaplachtováním nebo překrytím vrstvou zhuštěného nepropustného materiálu).



Portálové stěny budou navrženy jako svahované ve sklonu 1:1,5 a budou tvořeny z nakupovaného materiálu (např. z Habrovanského lomu). Předpokládá se jejich vyztužení geosyntetiky a opatření kamenným záhozem, který zajistí maximální bezúdržbovost.

Portálové bloky tunelů jsou rovněž ukloněny v poměru 1:1,5 a ukončeny ŽB římsami, které zamezí vnikání srážkových vod stékajících po svahu. Okolo těchto říms je vydlážděn žlab, kterým bude dešťová voda v případě vjezdového portálu (společně se žlabovkami u paty svahu) vedena do horských vpustí a následně sváděna systémem trativodní kanalizace (SO 23-11-01 [67]) do kanalizačního potrubí procházejícího tunelem (viz *kap. 7.7.1.4 na str. 25*). V případě výjezdového portálu budou žlaby svedeny do horských vpustí, odkud bude voda dále vedena systémem drážní dešťové kanalizace (SO 23-31-01 [75]). Do říms portálových bloků jsou nad trolejovým vedením namontovány ocelové ochranné konstrukce plnící funkci protidotykových zábran.

U horní hrany portálových zářezů bude v případě nutnosti vybudován zemní val výšky cca 1 m, který bude bránit vnikání srážkových vod do portálové oblasti (snahou je nesbírat srážkové vody do kanalizace, ale odklánět je na přilehlé pozemky).

7.9 PŘIDRUŽENÉ STAVEBNÍ OBJEKTY

7.9.1 Technologický objekt u výjezdového portálu [76]

Pro účely umístění technologie silnoproudu a sdělovacího zařízení tunelu bude přibližně 16 m od výjezdového portálu navržen pozemní objekt SO 23-72-01. Je podstatné, aby technické a dispoziční řešení vycházelo z rozsahu instalovaného zařízení a jejich nároků na provoz, a aby byly dodrženy veškeré platné bezpečnostní předpisy.

Technologický objekt bude vybudován z betonových šestiprostorových prefabrikátů, které budou uloženy na betonové základové desce. Půdorysné rozměry objektu budou 16,25 × 5,5 m a světlá výška místností 2,4 m. Pod celým půdorysem bude kabelový prostor o hloubce 0,8 m. Zemní tlaky od náspu za objektem budou zachyceny navrženou zárubní stěnou (není součástí SO). Střecha budovy bude plochá, odvedení dešťové vody bude řešeno pomocí žlabů ústících na zpevněnou plochu před objektem a dále do příkopu. Přístup k objektu bude po nové komunikaci budované v rámci stavby. Budova bude vybavena el. instalací a klimatizací.

7.9.2 Dispečerská řídicí technika (PS 23-03-11 [86])

V rámci tohoto provozního souboru se navrhuje vybudovat novou podřízenou stanici dispečerské řídicí techniky v novém technologickém objektu. Hlavní telemetrická jednotka bude umístěna v rozvodně NN ve 19" skříni (600 × 600 × 2000 mm). K této jednotce bude připojena rozvodna 22 kV, rozvaděč RVS, rozvodna NN a dieselagregát. Z rozvaděče NN (RH) budou připojeny do DŘT pouze vybrané signály, ostatní signály budou připojeny do systému DDTS. Prostřednictvím jedné optické kabelizace tvořené dvěma vlákny v provedení SM a průmyslových switchů s rozhraním optika / etherne budou k hlavní telemetrické jednotce připojeny jednotlivé terminály a PLC automaty z rozvodny 22 kV. Komunikační protokol mezi jednotlivými rozvodnami v daném objektu a hlavní telemetrickou jednotkou bude IEC 61850. Rozvodna NN bude připojena přes binární vstupy / výstupy přes přechodové členy. Dieselagregát bude připojen s hlavní telemetrickou jednotkou datovými metalickými kabely prostřednictvím rozhraní ethernet popř. RS485.

Hlavní telemetrická jednotka bude přes přenosový kanál Ethernet 10 Mbit/s přenosového zařízení (budovaného v rámci sdělovacího zařízení stavby) komunikovat protokolem IEC 60870-5-104 s časovou značkou s řídicí jednotkou v ED Brno.

7.9.2.1 Záložní zdroj elektrické energie (PS 23-03-72 [89])

U Holubického tunelu bude vybudována nová trafostanice 22 / 0,4 kV napájená z LDSŽ 22 kV obsahující rozvodnu NN a náhradní zdroj elektrické energie.

V místnosti rozvodny *NN* bude v rámci tohoto objektu umístěn hlavní rozvaděč *NN* *RH*, kompenzační rozvaděč *RK*, rozvaděč osvětlení *RO*, rozvaděč zajištěné sítě *RZS*, zdroj záložního napájení *UPS* 10 kVA a rozvaděč velmi důležitých odběrů *RVDO*.

Hlavní rozvaděč *RH* je napájen z transformátoru 22 / 0,4 kV, 100 kVA. Vývodové pole je osazeno jističi pro napájení odběrů v tunelu. Z hlavního rozvaděče *RH* je napojen náhradní zdroj s automatickým startem, který zajišťuje napájení potřebných odběrů při výpadku napájecí sítě. Motorgenerátor bude dodán s výkonem nejméně 68 kVA (PRP) s kmitočtem 50Hz a bude v provedení bez kapotáže. Motorgenerátor bude provozován v automatickém režimu a bude trvale připojen do rozvaděče *RZS* a do *UPS* v rozvodně *NN*. Automatické přepínání napájení sítě/generátor je provedeno v rozvaděči *ATS*.

7.9.2.2 EZS a LDP PS (PS 12-14-02 [83])

V rámci tohoto *PS* bude plášťová a prostorová ochrana, tj. dveřní kontakty, prostorová čidla a detektory tříštění skla, zajišťovat ochranu prostor v technologické místnosti ve spojovacím krčku Holubického tunelu a prostor v novém technologickém domku u Holubického tunelu. V rámci tohoto *PS* budou technologické prostory vybaveny i hlásiči požárů, které se připojí do ústředny *EZS*.

Ústředna *EZS* bude umístěna ve sdělovací místnosti, v technologické místnosti a v technologickém domku. U všech vstupů do technologického domku a u vstupů do spojovacího krčku uvnitř tunelu se budou nacházet ovládací klávesnice. U systému *EZS* bude použita poplachová ústředna s rozhraním *IP*, která je zavedena u *SŽ* a funguje na bázi sběrnice s připojitelnými koncentrátory pro připojení smyček a která umožňuje dálkový dohled. Ústředna bude zálohovaná na dobu 24 hodin. Celý systém bude sloužit pouze pro vnitřní potřebu *SŽ*.

Kabely ukládané do tunelu budou mít nízkou hořlavost, nízký index šíření požáru, nízkou toxicitu a nízkou hustotu kouře. Tyto požadavky jsou splněny, pokud kabely splňují alespoň požadavky klasifikace *B2CA*, *s1a*, *a1*, podle rozhodnutí 2006/751/ES.

Elektrické rozvody důležité musí být z hlediska bezpečnosti (systém elektrické požární signalizace, systém nouzového osvětlení, komunikace v případě mimořádné události a jakýkoli jiný systém určený provozovatelem infrastruktury nebo zadavatelem jako naprosto nutný pro bezpečnost cestujících v tunelu) chráněny proti poškození v důsledku mechanického nárazu, tepla nebo ohně.

Poplach bude signalizován na objektech sirénami a dále budou signály z ústředny *EZS* přenášeny v rámci *DDTS* pomocí ethernetové sítě do dohledového pracoviště *CDP* Přerov, odkud bude možné ústřednu dálkově monitorovat a kde bude zaručena nepřetržitá 24 hodinová služba.

7.9.2.3 Sdělovací zařízení (PS 23-02-71 [84])

PS 23-02-71 zahrnuje vybavení rozvody strukturované kabeláže v technologické místnosti ve spojovací chodbě tunelu a v technologickém objektu tunelu (v žkm 27,5). Ve spojovací chodbě tunelu bude osazen patchpanel 24p. Bude zde také instalován 1ks *IP* telefonu.

V technologickém objektu tunelu bude strukturovaná kabeláž zavedena do rozvodny *NN*. Ukončena bude na patchpanelu 24 p., který je umístěn v racku ve sdělovací místnosti. Budou zde instalovány 2ks telefonu v *IP* provedení.

Oba výše zmíněné objekty jsou také vybaveny racky 47U 800 × 800 mm – celkem 10 ks. Součástí tohoto *PS* jsou i kabelové rošty s veškerým příslušenstvím a hlavní uzemňovací sběrnice s příslušenstvím v počtu 2 ks

V rámci tohoto *PS* bude dále zajištěna komunikace z bezpečných oblastí tunelu se střediskem řízení provozovatele infrastruktury pomocí pevného spojení.

Kabely ukládané do tunelu budou mít nízkou hořlavost, nízký index šíření požáru, nízkou toxicitu a nízkou hustotu kouře. Tyto požadavky jsou splněny, pokud kabely splňují alespoň požadavky klasifikace *B2CA*, *s1a*, *a1*, podle rozhodnutí 2006/751/ES.



Elektrické rozvody důležité musí být z hlediska bezpečnosti (systém elektrické požární signalizace, systém nouzového osvětlení, komunikace v případě mimořádné události a jakýkoli jiný systém určený provozovatelem infrastruktury nebo zadavatelem jako naprosto nutný pro bezpečnost cestujících v tunelu) chráněny proti poškození v důsledku mechanického nárazu, tepla nebo ohně.

7.9.2.4 Kamerový systém (PS 23-02-72 [85])

V rámci tohoto PS se v technologickém objektu TTS 22/0,4 kV u Holubického tunelu v žkm 27,50 vybuduje kamerový systém v IP provedení s možností dálkového dohledu. Kamerový systém bude obsahovat jednu panoramatickou kameru pro monitorování místnosti rozvodny VN a bude zapisovat data, která budou ukládána ve sdělovací místnosti. Rozvod bude realizovaný pomocí FTP kabelu umístěného v elektroinstalační liště. Videosignál bude přenášen pomocí TechLan na klientské pracoviště v žst. Vyškova na Moravě, výhledově na CDP Přerov a rovněž na dispečerské pracoviště ED Brno Maloměřice.

7.9.3 Místo pro hašení požáru

7.9.3.1 Zpevněná plocha

Před výjezdovým portálem je navržena zpevněná plocha o min. velikosti 500 m² (dle [29], kap. 4.2.1.7, písm. d) pro hašení požáru. Železniční svršek přiléhající ke zpevněné ploše je navržen s přejezdovou úpravou.

7.9.3.2 Požární nádrž

Pod zpevněnou plochou je umístěna ŽB požární nádrž o objemu cca 100 m³ (musí zaručit zásobování vodou v intenzitě 800 l/min po dobu 2 hodin – dle [29], kap. 4.2.1.7, písm. c, bod 1).

K požární nádrži je přivedena vodovodní přípojka SO 23-32-01 [74] o kapacitě 1 l/s (potrubí PE32).

7.9.3.3 Přístupová komunikace

Pro příjezd jednotek IZS k místu pro hašení požáru v tunelu nebo v technologickém objektu SO 23-72-01 [76] je navržena účelová komunikace SO 23-50-01 [72] (viz příloha [45]). Tato účelová komunikace může být rovněž využívána správcem SO pro zajištění obsluhy a údržby.

7.9.4 Účelové komunikace

Okolo horní hrany zářezu nad vjezdovým portálem je vedena účelová komunikace SO 22-50-05 [71] (viz příloha [44]), primárně sloužící pro obsluhu okolních pozemků zemědělskou technikou. Tato komunikace je napojena na místní komunikaci v obci Blažovice a následně na pozemní komunikaci III. třídy č. 4179.

Nad výjezdovým portálem leží v současnosti účelová komunikace sloužící zemědělské technice obsluhující okolní plochy. Tato komunikace se v obci Holubice napojuje na PK III. třídy č. 4161, která bude dočasně uzavřena. Po zhotovení zásypů stavební jámy výjezdového portálu bude obnovena a vedena v nové stopě nad horní hranou trvalého portálu (SO 23-50-03 [73]).

V době výstavby budou v trasách budoucích účelových komunikací [71] a [72] vytvořeny staveništní komunikace zabezpečující přístup na ZS staveniště u obou portálů.

8 MATERIÁLOVÁ SPECIFIKACE

Tato kapitola uvádí základní požadavky na použité stavební materiály. Přesná technická specifikace a požadavky pro konkrétní konstrukce a případy použití bude řešena v následujících stupních projektové dokumentace.

8.1 STŘÍKANÝ BETON

SB musí být u všech nosných konstrukcí aplikován mokřým způsobem (suchý způsob je možný pouze v odůvodněných případech a to se souhlasem báňského projektanta). Pevnostní třída nanášeného SB musí být minimálně C20/25 X0 dle ČSN EN 206 [11] (pozn.: jedná se o dočasnou konstrukci). Nárůst pevnosti v čase musí spadat do třídy rané pevnosti J2 dle ČSN EN 14487-1 [6], kap. 4.3.

SB musí splňovat požadavky předepsané v TKP SŽDC kap. 20 [25], kap. 20.2.3.

8.2 PODKLADNÍ A VÝPLŇOVÝ BETON

Podkladní a výplňové betony pod nosnými konstrukcemi musí splňovat podmínku pro třídu pevnosti i odolnosti vůči prostředí, která musí být min. stejná jako je třída nosných konstrukcí na nich budovaných. V ostatních případech by neměla být používána třída nižší než C16/20 X0 (dle ČSN EN 206 [11], kap. 4.1, ve znění ČSN P 73 2404 [13], kap. 4.1, Tab. 1).

8.3 ŽB PRO TRVALÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

Minimální třída betonu pro DOs je C25/30 XC3 XF1 (dle ČSN EN 206 [11], kap. 4.1, ve znění ČSN P 73 2404 [13], kap. 4.1 Tab. 1, a dle TKP SŽDC kap. 20 [25], kap. 20.2.2.4). Portálové pasy a první a poslední typický tunelový pás jsou více vystaveny nepříznivým klimatickým účinkům a vlivu prostředí, proto bude beton těchto pasů min. třídy C25/30 XC4 XA1 XF3 (dle ČSN EN 206 [11], kap. 4.1 ve znění ČSN P 73 2404 [13], kap. 4.1 Tab. 1, a dle TKP SŽDC kap. 20 [25], kap. 20.2.2.4).

Dle TKP SŽDC kap. 20 [25], kap. 20.2.2.5, musí být beton definitivního ostění v každém případě odolný proti průsakům vody.

Beton musí splňovat požadavky předepsané v TKP SŽDC kap. 20 [25] a případě kap. 17.

8.4 BETONÁŘSKÁ OCEL

Výztuž do betonu je třídy B 500B (dle ČSN EN 10080 [1] a ČSN 42 0139 [5], kap. 8.3.2, tab. 4). Pro svařování výztuže je nutné znát technologický postup, který dodá zhotovitel.

8.5 HI FÓLIE A OCHRANNÁ VRSTVA

Celý tunel je řešen v uzavřeném HI systému. Bude použita HI fólie proti tlakové vodě se signální vrstvou umožňující vizuální kontrolu. HI fólie musí splňovat požadavky předepsané v TKP SŽDC kap. 20 [25], kap. 20.2.8.

HI fólie bude v rámci jednotlivých betonážních bloků rozdělena do sektorů těsnících pasů. Materiál těchto těsnících pasů musí být kompatibilní s použitou HI fólií tak, aby s ní šel spojovat a negativně neovlivňoval její životnost.

Ochranná vrstva je z netkané geotextilie o gramáži: v ražených úsecích min. 500 g/m², v hloubených min. 800 g/m².



9 POSTUP VÝSTAVBY

9.1 ZÁKLADNÍ PRINCIPY POV

9.1.1 Přístupové cesty k ZS

K realizaci všech SO a PS nového železničního tělesa včetně samotného tunelu bude nutné vybudovat přístupovou trasu pro veškerou techniku, materiál, návoz a odvoz vytěžené zeminy a ornice tak, aby se ve stavební jámě, nebo na budovaném násypu pohybovala technika pouze nezbytně nutná pro pracovní a technologické činnosti. Dopravní funkci musí plnit koridory mimo nově budované železniční těleso.

Součástí stavby *Modernizace Brno-Přerov* jsou stavební objekty účelových komunikací (viz SO [71] a [72]), které jsou realizovány pro možnost dopravního přístupu na pozemky přiléhající k nově budovanému železničnímu tělesu a také pro zajištění přístupu pracovníků a techniky SŽ pro kontrolní a údržbové činnosti po zprovoznění trati.

Ihned po zahájení stavby je z tohoto důvodu nutné počítat s realizací provizorních staveništních komunikací v trase zmíněných účelových komunikací.

Pro příjezd k výjezdovému portálu bude zhotovena staveništní komunikace, navržená v trase budoucí účelové komunikace SO 23-50-01 [72] (viz příloha [45]). Ta bude po dokončení tunelu sloužit pro příjezd jednotek IZS k místu pro hašení požáru (dle [29], kap. 4.2.1.7, písm. c,d).

V současné době je v místě výjezdového portálu účelová pozemní komunikace pro zemědělskou techniku; v obci Holubice se napojuje na PK III. třídy č. 4161). Ta bude během výstavby stavební jámy výjezdového portálu dočasně uzavřena a po jejím zasypaní bude obnovena v nové stopě (SO 23-50-03 [73]).

Pro příjezd k výjezdovému portálu bude sloužit nezpevněná komunikace vybudovaná v trase budoucí účelové komunikace SO 22-50-05 [71] (viz příloha [44]), která se napojuje na místní komunikaci v obci Blažovice a následně na pozemní komunikaci III. třídy č. 4179.

Pro využívání veškerých stávajících nezpevněných komunikací během výstavby objektu je nutné před samotným započítím provést jejich zpevnění.

Zemina charakteru jílu získaná z výkopů, zářezů a výrubu bude odvážena nákladními automobily na překladiště v Blažovicích, kde bude nakládána na železniční kontejnery a odvážena po železnici – prvních 18 měsíců výstavby (viz Obrázek 2). Vytěžené spraše budou použity do násypů / zasypaní u sousedních SO.

Jako komunikační tepnu je rovněž možné použít stávající železniční trať po jejím odstrojení a snesení železničního svršku.

Obrázek 2 – Koordinační schéma POV



9.1.2 Popis staveniště

V první fázi budou u horní hrany zářezů a dolní hrany náspů projektované trasy železnice vybudovány zpevněné staveništní komunikace určené pro příjezd na staveniště z nejbližších vhodných cest (viz SO [71] a [72]). Následně dojde k sejmutí ornice a hrubému zarovnání terénu v prostoru budoucích stavebních jam. Těmito stavebními úpravami vznikne plocha, která může být využita (při dodržení určitých podmínek pro ochranu pláně) pro ZS inženýrských staveb prováděných v předstihu (mosty, tunely, apod.).

Zájmová lokalita se nachází v extravilánu na zemědělsky obdělávaných plochách bez bezprostřední přítomnosti pozemních objektů. Od navržené železnice je ve vzdálenosti necelých 200 m vedeno stávající železniční spojení Brno-Přerov a přibližně 150 m jižně prochází PK, která ponad výjezdový portál kříží novou trasu propojující obce Blažovice a Holubice. Jižněji od této PK je vedena silnice II. třídy č. 417 spojující obce Prace a Křenovice. Východně protéká řeka Romza, křížící stávající stanici Blažovice. Severně od SO vedou dálnice D1 a cesta II. třídy 430.

V projektu SO je uvažováno s dovrchní ražbou tunelu, tzn. s ražbou probíhající směrem od výjezdového portálu ležícího u obce Holubice (Jihomoravský kraj) směrem k výjezdovému portálu situovanému u obce Blažovice (Jihomoravský kraj). O skutečném postupu ražeb (dovrchní / úpadní / ražba od obou portálů zároveň) rozhodne zhotovitel a své záměry promítne do RDS.

U obou tunelových portálů je počítáno s dočasnými zábory pro dostatečně velké ZS (viz příloha [44] a [45]), skládající se z plochy pro špinavé zázemí (cca 1 500 m²) bezprostředně před stavební jamou hloubených úseků (jedná se o plochu pro umístění haly údržby důlních strojů, myčky strojů, EKO skladu maziv a olejů, zásobník PHM, čistící zařízení důlních vod, odlučovač ropných látek a kontejnerovou sestavu pro sklady, dílny, lampovnu,...); dále pak z plochy pro mezideponii (cca 5 000 m²) a z plochy pro čisté zázemí (cca 1 500 m²; jedná se o plochu pro umístění kontejnerové sestavy kanceláří a šaten, trafostanic, myčky vozidel, jímky pro ČOV, parkoviště, kontejneru pro ostrahu,...). U výjezdového portálu je brána v úvahu plocha pro staveništní betonárku o celkové rozloze cca 5 000 m².

Minimálně jeden rok před započátkem stavebních prací musí být zahájen GTM (SO 02-29-02 [70]), který je důležitý zejména v průběhu ražeb (ražby jsou prováděny observační metodou). Nicméně se provádí i po jejich skončení min. do doby, než je stavba uvedena do provozu.

9.1.3 Zjednodušená chronologie výstavby

- zahájení GTM min. jeden rok pře započítím stavebních prací (SO 02-29-02 [70]); případně provedení pasportizace (bude-li opodstatněná);
- provedení skrývek ornice, prvotních terénních úprav a příjezdových cest (staveništní komunikace);
- vybudování ZS (nejprve u výjezdového, poté u vjezdového portálu) – navedení objektů ZS, provedení přípojky VN a vodovodní přípojky (bude-li to možné), zbudování provizorní čistící stanice důlních vod, vytvoření oplocení a dočasných zemních valů proti přívalovým srážkovým vodám, atd. ;
- vrtání a betonáž pilotové stěny dočasného portálu raženého tunelu (nejprve na výjezdovém portále, poté na vjezdovém)
- hloubení stavební jámy na výjezdovém portálu, zajištění bočních svahů stavebních jam a vytvoření předstítků na dočasném portálu ražených tunelů;
- dovrchní ražba pilotních tunelů; hloubení stavební jámy na výjezdovém portálu, zajištění bočních svahů stavebních jam a vytvoření předstítků na dočasném portálu ražených tunelů;
- dovrchní ražba finálních tunelových trub;
- betonáž ŽB ostění hloubeného úseku na vjezdovém portále;
- betonáž DOs tunelu a provádění zpětných zásypů vjezdové stavební jámy vč. trvalého vjezdového portálu;
- betonáž ŽB ostění hloubeného úseku na výjezdovém portálu;
- instalace vnitřního vybavení tunelu a technologie; provedení zpětných zásypů výjezdové stavební jámy a trvalého výjezdového portálu, výstavba přidružených SO (např. technologický objekt u výjezdového portálu [76]; železniční spodek před [67] a za tunelem, odvodnění, zemní pláne před a za tunelem, apod.);
- instalace technologického vybavení tunelu (železniční svršek v tunelu i mimo něj [68], elektroinstalace, apod.), rekultivace území (vytvoření trvalých zemních valů proti srážkovým vodám, rozproštění ornice, hydroosev), provedení potřebných zkoušek.

9.1.4 Odhadovaná doba výstavby

Předběžný odhad doby výstavby Holubického tunelu je uveden v Tabulka 2 níže. HMG uvažuje s ražbami pouze od výjezdového portálu (oba tunely současně; ražba na dvě čelby; min. odstup čeleb $2 \times D$, tzn. u pilotního tunelu min. 11 m, v případě finálního tunelu 21 m).

Tabulka 2 – Odhad délky výstavby Holubického tunelu

	Prováděná činnost	Souběh činností	Celkový čas výstavby se zohledněním souběhu činností
1	Zařízení staveniště, skrývky, příjezdové cesty,...	0 %	60 dní
2	Stavební jáma na výjezdovém portále (125 m)	0 %	153 dní
3	Ražby pilotních tunelů (700 m)	0 %	244 dní
4	Stavební jáma na vjezdovém portále (150 m)	100 %	0 dní
5	Ražby tunelů (700 m)	0 %	380 dní
6	Ražba tunelové propojky	25 %	8 dní
7	Definitivní kce tunelu na vjezdovém portálu (125 m)	80 %	12 dní
8	Zásypy na vjezdovém portálu (125 m)	100 %	0 dní
9	Definitivní ostění tunelu (700 m)	0 %	194 dní
10	Definitivní ostění propojky	100 %	0 dní

11	Definitivní kce tunelu na výjezdovém portálu (150 m)	40 %	41 dní
12	Technologické vybavení (975 m)	5 %	122 dní
13	Zásypy na výjezdovém portálu (150 m)	0 %	60 dní
14	Rekultivace a provedení zkoušek	50 %	30 dní
	Celkem		1260 dní = 3,45 roku

9.2 VÝSTAVBA HLOUBENÝCH ČÁSTÍ

Před zahájením samotných stavebních prací je nutné detektorem ověřit průběh neznámých inženýrských sítí v místě stavby. Směrová a výšková poloha inženýrských sítí musí být jednotlivými správci závazně potvrzena. Zhotovitel je povinen zajistit vytyčení všech dotčených podzemních inženýrských sítí, ochranu proti poškození a v případě potřeby také jejich přeložení. Je nutné vždy přijmout vhodná opatření pro zajištění BOZP.

Před započítáním výkopových a vrtných prací bude v celém prostoru stavby sejmuta ornice, vytvořeny zemní valy proti přívalovým vodám.

Následně bude provedena pilotová stěna sloužící jako dočasný portál. Piloty jsou vrtány z předvýkopu o hloubce odpovídající úrovni hlav pilot. Stavební jáma předvýkopu bude svahovaná bez pažení a bude provedena pouze pro potřebu výstavby dočasného portálu. Pilotová stěna je zajištěna ŽB převážkami kotvenými do zeminy ve třech úrovních pomocí dlouhých pramencových kotev. Jakmile bude při zahloubení dosaženo požadované úrovně, bude vybetonována příslušná převážka skrz kterou se navrtají a osadí pramencové kotvy. Po zatvrdnutí betonu převážky a kořenů kotev dojde k napínání kotev na požadovanou hodnotu. Poté se přistoupí k hloubení další etáže.

Stabilita bočních svahů stavební jámy je zajištěna pomocí hřebíků a SB s výztužnou sítí. V takto upravených svazích bude vertikálně každých 6 m provedena lavička min. šířky 2,5 m, na které se vybetonuje a dlouhými pramencovými kotvami zakotví ŽB převážka.

V rámci zajištění dočasného portálu budou provedena i případná opatření pro zahájení ražby tunelů (např. jehlový nebo MP deštník).

Stavební jáma bude vyhloubena vždy na úroveň cca 900 mm nad definitivní dno, kde bude následně vytvořena zpevněná pracovní plošina dostatečné únosnosti. Ta bude sloužit pro pojížděné mechanismy tak, aby byla ochráněna základová spára konstrukce hloubeného tunelu. Plošina může být vybudována např. z betonu nebo z 350 mm hutněného recyklátu, který se bude obnovovat (bude definováno v RDS na základě preferencí zhotovitele). Dno stavební jámy se na konečnou niveletu bude odebírat po částech a to bezprostředně před betonáží podkladní betonové desky a definitivního ostění hloubených tunelů, aby se předešlo poškození základové spáry pojezdy stavební mechanizace nebo saturací vody.

Na podkladní betonovou desku ve dně stavební jámy bude položena ochranná vrstva z netkané geotextilie a HI fólie s těsnícími pasy v místech budoucích pracovních a dilatačních spár. HI fólie se překryje 150 mm ochrannou pochozí vrstvou z betonu (viz přílohy [51], [50], [54] a [56]). Následně se smontuje výztuž základové desky tunelu a deska se vybetonuje. Poté se na hotové desce smontuje a zabetonuje výztuž klenby. Betonáž tunelu probíhá po jednotlivých blocích (horní klenba s využitím bedničního vozu s kontrabedněním).

Po ukončení betonáže bude na vnější líc tunelového ostění instalována HI fólie, která bude napojena na fólii ze spodní desky. Takto uzavřený HI systém bude opatřen ochrannou vrstvou z netkané geotextilie (min. 800 g/m²) a následně bude celá konstrukce postupně zasypávána s průběžným hutněním po jednotlivých vrstvách. Okolo ochranné vrstvy se v průběhu zasypávání vytvoří pískový obsyp o min. mocnosti 500 mm (prevence proti poškození HI fólie hutněním okolního náspu). Trvalý portálový svah bude vyztužen pomocí geosyntetik.

9.3 VÝSTAVBA RAŽENÝCH ÚSEKŮ

Ražba tunelu bude probíhat konvenčním způsobem výstavby tzv. metodou *SCL*. Jedná se o *observační metodu* a tak je její použití podmíněno prováděním řádného *GTM*.

Některé ze základních zásad *SCL*:

- POs funguje v interakci s okolním masivem. Vzhledem k použití prostředí jílu je tuhost (tloušťka) ostění vyšší, než bývá zvykem u NRTM v prostředí hornin.
- POs by mělo být kruhové nebo tvaru blízkému kruhu a mělo by se uzavírat v nejkratším možném čase (tj. v krátké vzdálenosti od čelby). Pakliže nelze ostění uzavřít v dostatečně krátkém čase, je třeba čelbu rozdělit na dílčí výrubu a ty uzavírat samostatně.
- Vyztužováním (zajišťováním) výrubu se má zabránit rozvolňování masívu a omezit tak i snižování jeho pevnosti a vzniku nových diskontinuit. POs má celoplošně přiléhat k líci výrubu a být tak v aktivním kontaktu s okolním prostředím a minimalizovat možnost migrace podzemní vody za ostěním.
- Primární výztuž (tj. primární ostění tunelu) musí být zabudována v optimálním čase vzhledem ke stabilitě výrubu. Deformace horninového výrubu je připuštěna pouze v takovém rozsahu, aby se docílilo optimálního stavu definitivní napjatosti v obklopujícím prostředí. V prostředí jílu je cílem minimalizovat deformace, protože horninová klenba se aktivuje už při malých deformacích.
- Dostatečnou tuhost POs je nutné kontrolovat a to především geodetickým měřením deformací výrubu (měření konvergencí POs patří mezi základní činnosti *GTM* – viz [70]). Na základě dat naměřených in-situ je následně kalibrován návrh jak POs tak i DOs (observační metoda).
- DOs má být také kruhové nebo tvaru blízkému kruhu. Musí být zajištěn jeho dobrý kontakt s POs tak, aby byl mezi nimi přímý přenos tlakových sil. Definitivní ostění je zabudováno až po doznění deformačních projevů horninového masívu, tzn. po obnovení rovnovážného stavu v horninovém prostředí.

U cyklického, konvenčního ražení je velmi důležitá volba optimální organizace prací a prostředků pro zajištění výrubu. Konvenční ražba probíhá v jednotlivých pracovních cyklech, jedná se tedy o tzv. cyklickou ražbu. Délka pracovního cyklu je závislá na kvalitě geologického prostředí, od kterého je přímo odvozena délka záběru a velikost raženého profilu. Z hlediska organizace práce je výhodné, aby délka pracovního cyklu odpovídala organizaci pracovní směny, tzn. aby jedna směna provedla všechny operace v daném cyklu. Ražba tunelu postupuje po jednotlivých záběrech, kde provedení jednoho záběru odpovídá jednomu cyklu.

Pracovní cyklus u metody *SCL* používané v měkkých zeminách se od typického pracovního cyklu liší v tom, že operaci rozpojení horniny lze spojit s operací naložení a odvozu rubaniny (k rozpojování se nepoužívají trhací práce). Výsledkem je tedy pracovní cyklus:

- 1) Rozpojení, naložení a odvoz rubaniny z tunelu
- 2) Vyztužení otevřeného výrubu

Jednotlivé operace v rámci jednoho cyklu trvají různě dlouho v závislosti na zastižených geotechnických podmínkách. Typicky se jedná o:

- odtěžování čelby vč. profilování a začišťování výrubu (provádí se tunelbagrem) + nakládka rubaniny (u tunelů menších profilů se provádí speciálním tunelbagrem s integrovaným hřeblovým dopravníkem a podavači – tzv. kudlanka; u větších profilů se využívá lopatových nakladačů) + odvoz rubaniny na mezideponii;
- v případě přerážení pilotního tunelu na finální profil, následuje stříhání ostění pilotního tunelu pomocí tunelbagru s nůžkami na beton + nakládka + odvoz;
- vyčištění dna hadicí se stlačeným vzduchem;
- aplikace první vrstvy SB na stěny i čelbu (stěny se vždy stříkají od spodu aby nedocházelo k zastříkání spadu);

- větrání;
- instalace výztužných rámců a první vrstvy svařovaných sítí, případně vylamovací výztuže (u ražby pilotního tunelu z drátkobetonu je tato fáze vynechána);
- aplikace druhé vrstvy SB;
- větrání;
- instalace druhé vrstvy svařovaných sítí (u ražby pilotního tunelu z drátkobetonu je tato fáze vynechána);
- aplikace SB do finální tloušťky (stěny se vždy stříkají od spodu aby nedocházelo k zastříkání spadu);
- větrání;
- nový cyklus...

S ohledem na geologickou skladbu v zájmové oblasti a na nízké nadloží tunelu, je navržena ražba nejprve *pilotního tunelu*, která bude předcházet ražbě *finálního profilu* (viz příloha [60]). *Finální tunel* bude ražen s horizontálním členěním na kalotu a lávku. Z pohledu bezpečnosti práce a efektivity výstavby je nutné zvolit optimální délku záběru. Příliš krátké záběry dělají ražbu neefektivní (růst *IN*), příliš dlouhé záběry snižují bezpečnost výstavby. Objem zeminy těžené v jednom záběru kaloty (platí jak pro finální tunel, tak i pro pilotní tunel) by neměl významně převyšovat 35 m², jinak nelze zaručit včasné zabudování POs. Délka záběru pilotního tunelu se bude pohybovat od 0,8 m do 1,5 m (délka 1,5 m je možná pouze za předpokladu použití stříkaného drátkobetonu bez použití betonářské výztuže tak, aby mohl být vyloučen pohyb osob v prostoru nezajištěného výrubu). Délka záběru kaloty finálního profilu bude od 0,8 m do 1,0 m, délka záběru dna 0,8 m až 2,0 m.

Tabulka 3 – Předpokládané členění profilu a délky záběrů ve standardních podmínkách

Výrub	Plocha teor. výrubu [m ²]	Délka záběru [m]	Objem zeminy v jednom záběru [m ³]
Pilotní tunel (ražba na plný profil)	23,76	0,8	19,00
		1	23,76
		1,5	35,64
Kalota finálního profilu	31,96	0,8	25,57
		1	31,96
Dno finálního profilu	30,87	0,8	24,70
		1,0	30,87
		2	61,74

Po vyražení tunelu se provede profilování výrubu a instalace *HI* fólie. Na vnější líc *POs* bude instalována ochranná vrstva z netkané geotextilie (min. 500 g/m²) a *HI* fólie proti tlakové vodě.

Ve dně tunelu musí být před pokládkou *HI* souvrství proveden dočasný drenážní systém umožňující odvedení vody do doby vytvrdnutí *DOs*. Jedná se o perforované drenážní potrubí podélně uložené ve dně tunelové trouby pod *HI* fólií, napojené na dočasnou ocelovou jímku, která je po obvodu mechanicky připevněna k *HI* fólii. Po zhotovení *DOs* se jímka společně s dočasným drenážním potrubím zabetonuje, čímž se prostup skrz *HI* souvrství utěsní a aktivuje se uzavřený *HI* systém.

Prostor mezi *DOs* a *HI* fólií (mezi jednotlivými betonážními bloky a mezi klenbou a dnem) bude rozdělen na sektory těsnícími pasy, které budou vodotěsně připevněny k *HI* fólii a následně přibetonovány k vnějšímu líci *DOs* po obvodě jednotlivých betonážních bloků.

Před zahájením armování dna *DOs* musí být ve dně provedena ochranná pochozí vrstva ze 150 mm betonu (viz příloha [49], [50] a [55]). Následně může dojít k sestavení armatury a betonáži ostění. Stejně jako u hloubeného tunelu, betonáž definitivního ostění probíhá ve dvou krocích. Nejdříve je betonováno dno tunelu (protiklenba) a následně horní klenba. Montáž výztuže i následná betonáž



probíhá po jednotlivých blocích betonáže. Betonáž horní klenby se provádí za pomoci posuvného ocelového bednění, tzv. bednicího vozu.

Po dokončení DOs bude provedeno stavební vybavení a následně instalováno technologické vybavení tunelu.

10 BILANCE ZEMNÍCH PRACÍ

V rozsahu SO (tzn. bez předportálových úseků) budou provedeny následující přesuny hmot:

- **NAKLÁDÁNÍ S ORNICÍ:**
 - Skrytá ornice (dočasně deponovaná v blízkosti stavby): 4 275 m³
 - Ornice pro zpětné využití: 4 275 m³
- **VÝKOPY:**
 - Odtěžené jíly (odvoz na překladiště vzdálené 2 km): 228 706 m³
 - Odtěžené spraše (odvoz na jiné SO vzdálené 8 km): 74 162 m³
 - Odtěžená zemina celkem (bez ornice): **302 868 m³**
- **ZÁSYPY:**
 - Vápenec (ze zářezu u obce Blažovice km 24,55 – 25,40) 116 990 m³
 - Recyklát drátkobetonu z pilotního tunelu pro zpětný zásyp za tun. ostěním 6 800 m³
 - Nakupovaný materiál (např. z Habrovanského lomu) 25 998 m³
 - **Materiál potřebný pro zpětné zásypy celkem: 149 788 m³**

Problematicke zpětných zásypů se věnuje kap. 7.8 na str. 29.



11 KVALITATIVNÍ VYHODNOCENÍ RIZIK SPOJENÝCH S VÝSTAVBOU

Při posuzování výstavby dle vyhlášky [30] po novelizaci vyhláškou [31] je součástí dokumentace SO ražených tunelů RA. Výsledky RA jsou přehledně znázorněny v Tabulka 8 na str 44. Základním vodítkem pro vypracování RA je rakouská směrnice [20].

11.1 POSOUZENÍ RIZIKA PŘI VÝSTAVBĚ TUNELU

Riziková analýza vyhodnocuje **závažnost dopadu** a **pravděpodobnost výskytu**, které patří do obecné definice rizika. Nutno je zohlednit systémovou interakci, tzn. celý systém „geologické prostředí – ražba – vystrojení výrubu“, kde jsou komplexně propojeny jednotlivé parametry, které nelze hodnotit odděleně. Jako základ strukturované diskuze o parametrech rizika je použit souhrn relevantních rizikových faktorů, které jsou uspořádány podle klíčových reprezentativních parametrů. Z tohoto souboru pak byly odvozeny rizikové scénáře, kterým je přiřazena míra rizika závislá na specifických podmínkách tohoto projektu. Scénáře byly přiřazeny k souboru získaných klíčových rizikových parametrů, čímž je vytvořen úplný strukturovaný seznam relevantních rizikových parametrů pro připravovanou metodu ražení tunelu a všeobecná rizika výstavby.

Na tomto základě byly rozpracovány následující případy:

- **Standardní situace** – popis očekávaných situací. Tato situace je časově i nákladově zahrnuta v projektu a pouze jevy odchylující se od ní jsou součástí posouzení rizika.
- **Standardní opatření** – popis standardních opatření, pomocí nichž se zvládá standardní situace. Tato opatření odpovídají očekávanému stavu a jsou zahrnuta v projektu.
- **Dodatečná opatření** – popis opatření, pomocí nichž se usměrňují rizika a která nejsou uplatňována systematicky, ale jen v případě potřeby. Pro dodatečná opatření by v soupisu prací DSP měly být k dispozici příslušné položky.

11.2 METODIKA HODNOCENÍ RIZIK

Metodika hodnocení byla převzata z [20], Anhang 4 a zjednodušena tak, aby hodnocení všech rizikových parametrů bylo srozumitelné.

Hodnocením rizik se zjišťuje míra rizika „ $R = S \times V$ “, která je definována jako součin závažnosti dopadu „ S “ (výše škod; viz Tabulka 4) a pravděpodobnosti výskytu „ V “ daného rizikového parametru (viz Tabulka 5).

Při analýze je uvažováno vždy s nejnepříznivějším dopadem na cenu nebo dobu výstavby, což vyjadřuje index výše škod.

Tabulka 4 – Závažnost dopadu rizik „ S “

Výše škod	Index výše škod
Žádný dopad	0
Bezvýznamný dopad	1
Malý dopad	2
Střední dopad	3
Významný dopad	4
Katastrofický dopad	5

Tabulka 5 – Pravděpodobnost výskytu rizikových událostí „V“

Pravděpodobnost výskytu	Index pravděpodobnosti výskytu
Nenastane	0
Velmi nepravděpodobné	1
Nepravděpodobné	2
Možné	3
Pravděpodobné	4
Velmi pravděpodobné	5

Z kombinace závažnosti dopadu a pravděpodobnosti výskytu rizikových událostí (viz Tabulka 6) pak pro každou událost vychází míra rizika (Tabulka 7).

Tabulka 6 – Matice míry rizika

Míra rizika		Pravděpodobnost výskytu					
		0	1	2	3	4	5
Závažnost dopadu	0	Z	Z	Z	Z	Z	Z
	1	Z	Z	Z	A	A	A
	2	Z	Z	A	A	V	V
	3	Z	A	A	V	V	E
	4	Z	A	V	V	E	E
	5	Z	A	V	E	E	E

Tabulka 7 – Míra rizika

Míra rizika	Definice	R	Nutná opatření
Z	Zanedbatelné	0-2	Nejsou nutná žádná opatření.
A	Akceptovatelné	3-6	Provedou se běžná opatření. Nutno přezkoumat, zda mohou po zapracování doporučených opatření do projektu nastat další rizikové události.
V	Vysoké	8-12	Zvážení alternativního řešení, pokud není žádné jiné k dispozici je nutno přijmout dodatečná opatření (značný vliv na cenu).
E	Extrémní	15-25	Události vyžadující mnohočetná dodatečná opatření, ke snížení úrovně rizika. Pokud je není možné provést a pokud není možné událost vyloučit (nesplněná kritéria), je nutno hledat alternativní řešení ke snížení rizika.

Pro zmírnění následků výstavby podzemního díla jsou v rámci projektu navržena následující **standardní opatření**:

- návrh příčného řezu s protiklenbou (včasné uzavírání tunelového profilu);
- ražba pilotního tunelu;
- zajišťování čelby každého záběru vrstvou SB;
- provádění GTM před, během i po skončení výstavby;
- provádění kontrolních předvrtů pro detekci pískových čoček z čelby a z pilotního tunelu (v případě zastižení pískové čočky se vždy provede odčerpání „tlakové“ vody);
- vytvoření havarijní skládky obsahující pohotovostní konstrukce a materiály (např. dřevěné kuláče či hranoly, písek pro hašení, inertní materiál pro likvidaci úniku ropných látek a olejů atd.) k okamžitému použití pro případ havarijních situací;

V případě potřeby budou prováděna **dodatečná opatření**, jako např.:

- zkrácení délky záběru;
- zahuštění příhradových rámců z betonářské výztuže;
- zvýšení mocnosti vrstvy SB na čelbě a rychlejší uzavírání profilu;
- vytvoření opěrného klínu na čelbě;
- zvýšení mocnosti POs;
- injektáž pískových čoček;
- instalace mikropilotových deštníků;
- zintenzivnění GTM (více měřících bodů, větší četnost měření).

Zhodnocení rizik souvisejících s výstavbou je uvedeno v Tabulka 8. Tabulka obsahuje vyhodnocení nejruznějších typů rizikových případů a to jak pro variantu bez nasazení dodatečných opatření, tak s jejich nasazením.

Tabulka 8 – Tabulka hodnocení rizik spojených s výstavbou SO

#	Hodnocená rizika	Standardní opatření	Dodatečná opatření	Poznámka, navržená dodatečná opatření
1	Stabilita prostředí			
1.1	borcení profilu před zabudováním POs	4×2=8	4×1=4	zkrácení záběru
1.2	vyjždění horninových bloků	4×1=4	-	u jílu nenastává (homogenní materiál)
1.3	tlak plného nadloží	3×3=9	2×3=6	úprava dimenzí a zahuštění výzt. rámců
1.4	projevy nestability čelby	4×2=8	4×1=4	zvýšení SB na čelbě, vytvoř. opěr. kl.
2	Ražba a zajištění výrubu			
2.1	selhání zajišťovacích mechanismů	4×2=8	4×1=4	zvýšení dimenzí nebo zajišťovacích prvků
2.2	nadměrné deformace ostění	2×3=6	2×2=4	zmáhání profilu a zvýšení dimenzí
2.3	nadměrné deformace na povrchu	2×2=4	1×2=2	sanace (dosypání)
2.4	poškození / výpadky strojů	3×3=9	2×3=6	záložní stroje, servis v pohotovost. rež.
2.5	selhání konceptu / metody výstavby	4×1=4	-	
3	Ztížení podmínek výstavby			
3.1	vodní přítoky < 10 l/s	2×2=4	-	

3.2	vodní přítoky > 10 l/s	4×3=12	4×1=4	detekce pískových čoček s tl. vodou
3.3	výskyt nehomogenního geol. prostředí	4×3=12	4×1=4	detekce pískových čoček s tl. vodou
4	Vlivy na konstrukci			
4.1	přetížení primárního ostění	4×2=8	4×1=4	úprava dimenzí a zahuštění výztužných rámu
4.2	přetížení DOs geostatickým napětím	5×1=5	–	
4.3	přetížení DOs hydrostatickým tlakem	5×1=5	–	
4.4	agresivita podzemní vody	2×1=2	–	
5	Vlivy na okolní prostředí			
5.1	otřesy během výstavby	1×1=1	–	
5.2	prašnost a hluk	1×3=3	–	
5.3	narušení krajiny	2×2=4	–	
5.4	povrchové sedání	3×5=15	3×3=15	pod žel.vlečkou MP dešt., tl. POs,...
5.5	trvalý pokles HPV	2×1=2	–	
5.6	znečištění povrchových a podzem.	3×1=3	–	vhodný technolog. postup,
6	Všeobecná rizika při výstavbě			
6.1	nedodržení stav. tolerancí nosných kcí	3×2=6	–	výběr dodavatele, kontrola kv. (TDS)
6.3	nedodržení kvality prací	3×2=6	3×1=4	výběr dodavatele, kontrola kv. (TDS)
6.4	nedodržení plánu organizace	3×2=6	–	
6.5	průsaky podzemních vod do	2×2=4	–	
6.6	vyčerpání kapacity deponie	2×2=4	–	
6.7	riziko úrazů na pracovišti	4×2=8	4×1=4	školení, kontrola BOZP (koord. BOZP)
6.8	požární ochrana	4×1=4	–	kontrola (koord. BOZP, BZS)
6.9	výpadek dodávky energie	3×2=6	–	záložní elektrogenerátor
6.10	porucha větrání	2×2=4	–	

11.3 ZÁVĚRY PLYNOUCÍ Z RA

Z výsledků RA uvedených v Tabulka 8 je patrné, že se jedná o náročné podzemní dílo, nicméně **rizika spojená s výstavbou jsou hodnocena jako akceptovatelná**, což odpovídá typu a významu stavby.



12 DOPORUČENÍ PRO NAVAZUJÍCÍ STUPEŇ PD

12.1 POŽADAVKY NA IGP

12.1.1 Obecné požadavky

IG průzkum, který bude proveden pro stupeň *DSP*, musí zajistit dostatečně podrobné podklady pro projekt *SO* v podrobnosti požadované pro daný stupeň projektové dokumentace. Je třeba zajistit dostatečný počet měření z polních a laboratorních zkoušek, aby pověřená osoba provádějící statické výpočty tunelu mohla na jejich základě stanovit charakteristické hodnoty mechanických parametrů masívu vstupujících do výpočtových modelů raženého tunelu. Dostatečný počet a hustota sond omezí rizika ražby a sníží pravděpodobnost výskytu neočekávaných geologických podmínek. Z tohoto pohledu je třeba zaměřit se na rizika spjatá s daným prostředím ražby. V případě Holubického tunelu se jedná o geologické prostředí tvořené brněnskými neogenními jíly charakterizované např. častým výskytem „potrhaných“ zón nebo výskytem zvodnělých hrubozrnných vrstev. Podrobnost *IGP* musí také odpovídat zařazení *SO* do 3. geotechnické kategorie ve smyslu *Eurokódu 7*.

Návrh *IGP* je nezbytné před zahájením průzkumných prací konzultovat s báňským projektantem tunelu a plán polních zkoušek, odběru vzorků a laboratorních zkoušek s projektantem zodpovědným za výpočtové modely tunelu.

Dále v textu jsou vyjmenovány specifické požadavky projektanta na *IGP* pro návrh tunelu v prostředí brněnských neogenních jílu.

12.1.2 Hustota sond

Hustota průzkumných prací musí být dostatečná pro interpretaci výsledků průzkumů inženýrským geologem, který musí být schopen jako podklad pro projekt sestavit:

- *IG* příčné řezy tunelovými troubami minimálně každých 100 m;
- Podélný *IG* profil každou tunelovou troubou;

12.1.3 Indexové zkoušky

V místě každého *IG* příčného řezu je třeba mít k dispozici data pro stanovení průběhu indexu konzistence s hloubkou.

12.1.4 Neodvodněná smyková pevnost

Neodvodněná smyková pevnost je základním parametrem jílového prostředí. Tento parametr je nutný stanovit pomocí variantních metod na celkově velmi velkém množství vzorků z důvodu, že výsledky mohou vykazovat vyšší rozptyl. Množství dat musí umožnit interpretaci průběhu neodvodněné smykové pevnosti v závislosti na rostoucí hloubce. Sestaví se buď jedna, nebo více křivek na *SO* na základě proměnlivosti výsledků po délce tunelu. Metody stanovení neodvodněné smykové pevnosti mohou zahrnovat např.:

- Rychlé triaxiální zkoušky
- Polní zkoušky (penetrace ve vrtu nebo smyková vrtulka)
- Orientační korelaci s průběhem indexu konzistence s hloubkou

12.1.5 Presiometrické zkoušky

Presiometrické zkoušky budou provedeny v počtu alespoň 1 ks na každý sestavený *IG* příčný řez. Zkoušky budou probíhat ve více úrovních a pomohou nám stanovit vliv rostoucí hloubky na naměřené hodnoty modulů:

- Ménardův presiometrický modul;
- Presiometrický modul při přetížení;

Také je doporučeno použít presiometrický přístroj umožňující in-situ měření hodnoty koeficientu zemního tlaku v klidu a vynést tuto hodnotu jako průběh s hloubkou. (Poznámka: Měření koeficientu zemního tlaku v klidu nelze spolehlivě provádět presiometry vkládanými do předem zhotovených vrtů.)

12.1.6 Piezometrický profil

Pro stanovení piezometrického profilu je třeba provést piezometrické vrtý a v nich v dostatečném předstihu nainstalovat víceúrovňové piezometry pro sledování pórových tlaků, které je třeba v úvodu sledovat do ustálení. Dále je možné ve sledování pokračovat při ražbě jako součást *GTM*. Projektant doporučuje provedení alespoň tří vrtů na daný tunel a možnosti z hlediska počtu úrovní měření konzultovat s dodavatelem techniky.

12.1.7 Zkoušky stlačitelnosti

V rozsahu napětí odpovídajícím hloubce tunelu je nutné provést zkoušky stlačitelnosti pomocí edometrického přístroje, triaxiálního přístroje (preferováno) nebo obou přístrojů s následujícími cíli:

- Stanovení logaritmických parametrů stlačitelnosti c_c a c_s (v edometrickém přístroji) resp. λ a κ (v triaxiálním přístroji). Je doporučeno provést zkoušky ve vyšším počtu kroků v širokém oboru napětí a se dvěma odlehčovacími větvemi a výsledky graficky zobrazit jako závislost čísla pórovitosti na logaritmu působícího efektivního napětí.
- Na neporušených vzorcích odhadnout minulé maximální působící napětí pro stanovení (odhad) míry překonsolidace.

Počet vzorků bude odpovídat požadavkům vyhodnocení pro 3. geotechnickou kategorii.

12.1.8 Zkoušky efektivní smykové pevnosti

Zkoušky efektivní smykové pevnosti budou provedeny v triaxiálním přístroji s řízenou deformací smykové fáze o dostatečně nízké rychlosti (0,002 – 0,003 mm/min.). Je nutné provést dostatečný počet zkoušek s ohledem na 3. geotechnickou kategorii. Nižší počet triaxiálních zkoušek je možné doplnit smykovými krabicovými zkouškami, pokud se na jednom vzorku ověří rozdílnost výsledků obou metod. (Poznámka: Očekává se, že ve smykových krabicových zkouškách bude naměřena nižší smyková pevnost než v triaxiálních zkouškách na stejném vzorku.) Hodnoty pevnosti budou rozlišeny na vrcholové a hodnoty pevnosti při smyku za konstantního objemu.

12.1.9 Speciální zkoušky

Projektant doporučuje provedení speciálních zkoušek na pracovišti, které má s těmito zkouškami zkušenosti a které má pro tyto zkoušky vhodné technické vybavení (např. Přírodovědná fakulta Karlovy univerzity). Detaily těchto zkoušek je třeba předem konzultovat s projektantem zodpovědným za výpočtové modely tunelu a pracovištěm provádějícím zkoušky. Je doporučeno zvážit možnost provedení zkoušek na větším počtu rekonstituovaných vzorků jako alternativou k malému počtu neporušených vzorků. V úvahu přichází například následující možnosti:

- Stanovení parametrů pro materiálový model Cam Clay;
- Stanovení parametrů pro hypoplastický materiálový model;
- Stanovení parametrů tuhosti při velmi malých přetvořeních;

Vypracoval:

V Brně dne 11.05. 2022

.....

Ing. Josef Rychtecký