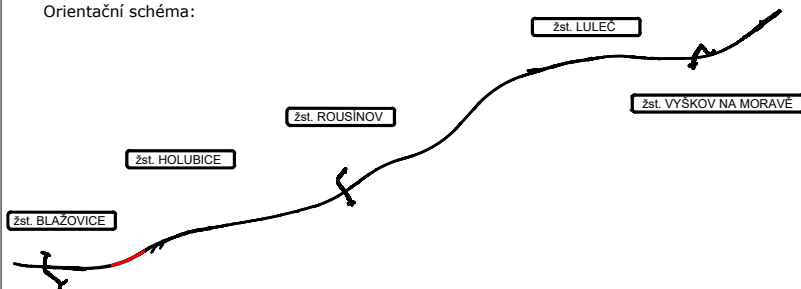




Jiná ověření:

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/dílní části:	t.ú. Blažovice - Holubice, Holubický tunel, geotechnický monitoring	Označení objektu/komplexu: SO 23-40-02
Název přílohy:	Technická zpráva	Číslo přílohy: 1.001
Název dílní 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:	Stupeň dokumentace:	Část:	Objekt:	Podobojekt:	Příloha:	Revize:
S 6 2 1 5 0 0 5 8 7	- D Ú R X	- D 2 1 0 7	- S O 2 3 4 0 0 2	- X X	- 1 - 0 0 1	- 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 23-40-02 T.Ú. BLAŽOVICE - HOLUBICE, HOLUBICKÝ TUNEL,
GEOTECHNICKÝ MONITORING

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	7
4	REFERENČNÍ DOKUMENTY	9
4.1	SEZNAM NOREM A PŘEDPISŮ POUŽITÝCH PŘI ZPRACOVÁNÍ PD	9
4.2	SEZNAM PODKLADŮ A DALŠÍCH REFERENČNÍCH DOKUMENTŮ	10
4.3	SEZNAM PŘÍLOH K TZ	10
4.4	SEZNAM PŘÍLOH PD ÚZCE SOUVISEJÍCÍCH SE SO TUNELU	10
4.5	SEZNAM SO ÚZCE SOUVISEJÍCÍCH SE SO TUNELU	10
5	UŽITÁ TERMINOLOGIE	12
6	STRUČNÝ PŘEHLED IG A HG POMĚRŮ	16
6.1	SPRAŠE	16
6.2	LITHOTHAMNIOVÉ VÁPENCE S PÍSKY HLINITÝMI	16
6.3	MIOCÉNNÍ JÍLY A HLÍNY	16
6.4	PODZEMNÍ VODA	16
7	STAVEBNÍ ŘEŠENÍ TUNELU	17
7.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE	17
7.2	SMĚROVÉ A VÝŠKOVÉ ŘEŠENÍ V TUNELU A PŘÍLEHLÝCH ÚSECÍCH	17
7.3	TECHNICKÉ ŘEŠENÍ	18
7.3.1	Ražené úseky	18
7.3.2	Hloubené úseky	18
7.3.3	Zásypy a trvalé portály	18
7.4	POSTUP VÝSTAVBY	19
7.4.1	Zjednodušená chronologie výstavby	19
7.4.2	Odhadovaná doba výstavby	19
8	ZÁSADY TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ POMOCÍ OBSERVAČNÍ METODY A POUŽITÍ GTM	20
9	VAROVNÉ STAVY	21
9.1	DEFINICE VAROVNÝCH STAVŮ	21
9.2	POSUZOVÁNÍ VAROVNÝCH STAVŮ	22
10	NAVRŽENÉ METODY MĚŘENÍ	23
10.1	SLEDOVÁNÍ PŘETVOŘENÍ HORNINOVÉHO MASIVU POMOCÍ SP	23
10.1.1	Měření vodorovných deformací metodou vertikální inklinometrie	23
10.1.2	Měření svislých deformací pomocí extenzometrů	23
10.1.3	Geodetické sledování deformací povrchu	23
10.2	MĚŘENÍ DEFORMACÍ SVAHŮ STAVEBNÍ JÁMY	23
10.3	MĚŘENÍ DEFORMACÍ VÝRUBU	24
10.3.1	Měřičské body	24
10.3.2	Okamžik osazení měřičského bodu	25

10.3.3	Četnost měření a nulové měření	25
10.3.4	Přesnost měření.....	25
10.3.5	Vyhodnocení výsledků	26
10.4	MĚŘENÍ TLAKU PŮSOBÍCÍHO NA TUNELOVÉ OSTĚNÍ	26
10.5	INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ SLEDOVÁNÍ VÝSTAVBY (STÁLÝ <i>GT</i> DOZOR)	26
10.6	MĚŘENÍ TRHLIN NA OBJEKTECH	27
10.7	SLEDOVÁNÍ INŽENÝRSKÝCH SÍTÍ	27
10.8	SLEDOVÁNÍ KVALITY DŮLNÍCH VOD A VOD ČERPANÝCH Z VÝKOPŮ	27
10.9	SLEDOVÁNÍ PROJEVŮ CHOVÁNÍ HORNINOVÉHO MASIVU	27
11	TRVALÝ MONITORING.....	28



SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Délka tunelu.....	17
Tabulka 2 – Přehled stavebního řešení tunelu	18

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Posloupnost varovných stavů	21
Obrázek 2 – Příklad rozmístění geodetických bodů na obvodu výrubu	25
Obrázek 3 – Příklad rozmístění geodetických bodů na ostění tunelu	28

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 23-40-02 t.ú. Blažovice - Holubice, Holubický tunel, geotechnický monitoring**
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 <i>PBŘ</i> :	Ing. Zdeňka Kubištová
Tunely <i>PBŘ</i> :	doc. Ing. Miloš Kvarčák
<i>GTP</i> a <i>STP</i> :	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. <i>DŘT</i> :	Ing. Jan Zářecký
Trafo stanice <i>VN / NN</i> :	Ing. Jan Zářecký
Rozvodna <i>NN</i> + náhr. zdroj:	Ing. Jan Zářecký
Rozvody <i>NN</i> a osvětlení:	Ing. Jan Zářecký
Specialista radiové spojení <i>GSM-R</i> :	Ing. Josef Naništa
Uzemnění <i>TTS</i> 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 GTM pro SO 23-40-02: „t.ú. Blažovice - Holubice, Holubický tunel“ navrženého v rámci 2. stavby Blažovice - Vyškov, Modernizace trati Brno-Přerov. GTM daného objektu sleduje dočasné stavební jámy hloubených úseků a raženou část tunelu. Svahy navazujících zářezů ani samotné těleso železničního spodku a svršku nejsou předmětem GTM SO 23-40-02.

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.

Normy, předpisy a další referenční dokumenty, které byly brány v úvahu při návrhu technického řešení jsou uvedeny v *kap. 4.1 na str. 9* a v *kap. 4.2 na str. 10*. Zkratky použité v textu jsou vysvětleny v *kap. 3 na str. 7*. Užší význam obecných technických termínů, platný pro tuto TZ je popsán v *kap. 4.1 na str. 9*.

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
- **CC** – Třída následků (Consequences classes – CC1, CC2, CC3)
- **CKT** – Celozávitové kotevní tyče
- **čl.** – článek
- **č.z.** – číslo zakázky
- **BP** – Bodové pole
- **BZS** – Báňská záchranná služba
- **DOs** – Definitivní ostění
- **DSP** – Projektová dokumentace pro vydání stavební povolení
- **DUPS** – Dokumentace pro vydání společného povolení
- **DUR** – Dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby
- **DZS** – Zadávací dokumentace stavby
- **EX** – Extenzometrické měření
- **GB** – Geodetický bod
- **GP** – Generální projektant
- **GPK** – Geometrická poloha koleje
- **GSM** – Mobilní telefonní systém (Global System for Mobile Communications)
- **GT** – Geotechnický
- **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
- **kce** – konstrukce
- **KD** – Kombinovaná doprava
- **KHU** – Kvazihomogenní úsek
- **LTT** – Levá tunelová trouba
- **MKP** – Metoda konečných prvků
- **MP** – Mikropilota / mikropiloty / mikropilotový
- **NN** – Nízké napětí
- **NRTM** – Nová rakouská tunelovací metoda
- **nžkm** – nový železniční kilometr
- **odst.** – odstavec
- **OP** – Obchodní podmínky
- **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
- **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
- **SŽDC** – Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
- **TB** – Trigonometrický bod / Trigonometrické body
- **TEN-T** – Transevropská dopravní síť (Trans-European Transport Networks)
- **TDS** – Technický dozor stavitele
- **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
- **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)
- **UT** – Upravený terén
- **VN** – Vysoké napětí
- **VSMP** – Volný schůdný a manipulační prostor
- **Z-GC** – Průjezdny průřez základní (dle [10], *kap. 5.1*)
- **ZS** – Zařízení staveniště
- **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] **ČSN EN 14487-1** (732431): Stříkaný beton - Část 1: Definice, specifikace a shoda; Český normalizační institut; 8/2006
- [3] **ČSN EN 1990** (73 0002); Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí; Český normalizační institut; Praha; 2/2011
- [4] **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
- [5] **ČSN EN 1997-1** (731000); Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla; Český normalizační institut; 9/2006
- [6] **ČSN EN 206+A2** (732403): Beton: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda; Český normalizační institut; Svaz výrobců betonu ČR/TNK 36 Betonové konstrukce; 10/2021
- [7] **ČSN 03 8375** (038375): Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi; Federální úřad pro normalizaci a měření; Schválena 12/1986
- [8] **ČSN 73 3050** (733050): Zemné práce. Všeobecné ustanovenia; účinnost 09/1987 – 02/2010 (nahrazena normou ČSN 73 6133)
- [9] **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
- [10] **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
- [11] **ČSN 73 7508** (737508): Železniční tunely, Český normalizační institut, 2002
- [12] **ČSN P 73 1005** (731005); Inženýrskogeologický průzkum; Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví; 11/2016
- [13] **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;
- [14] **ÖGG**: Richtlinie für die Kostenermittlung Projekte der Verkehrsinfrastruktur; Österreichische Gesellschaft für Geomechanik; Austria; 2005
- [15] **Prohlášení o dráze celostátní a regionální**; SŽDC; č.j. S 45850/2015-SŽDC-O12; Účinnost od 12/2015
- [16] **TKP 3**: Technické kvalitativní podmínky staveb českých drah, Kapitola 3 – Zemní práce; třetí aktualizované vydání, změna č. 6; SŽDC; Praha, schváleno 4/2008 (účinnost od 1.7.2008)
- [17] **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)
- [18] **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)



- [19] **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)
- [20] **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)
- [21] **TP-237:** Technické podmínky – Geotechnický monitoring tunelů pozemních komunikací; Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací a územního plánu; Praha; Květen 2011
- [22] **TP 124:** Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací; Technické podmínky; Ministerstvo dopravy, odbor infrastruktury; schváleno dne 17.12. 2008 (MD – OI čj. 1092/08-910-IPK/1); Praha, 1/2009
- [23] **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
- [24] **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
- [25] **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
- [26] **Vzorový list – světlý tunelový průřez jednokolejného tunelu;** SŽDC s.o.; Účinnost od 03/2010

4.2 SEZNAM PODKLADŮ A DALŠÍCH REFERENČNÍCH DOKUMENTŮ

- [27] **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

4.4 SEZNAM PŘÍLOH PD ÚZCE SOUVISEJÍCÍCH SE SO TUNELU

- [28] **B.1: Souhrnná technická zpráva;** Ing. Radoslav Molák
- [29] **B.3.2: Dendrologický průzkum;** Ing. Jana Jánská
- [30] **B.5: Odpadové hospodářství;** Mgr. Gabriela Růžičkov
- [31] **B.8.1: Stavební postupy výstavby;** Ing. Josef Ferenc
- [32] **G.1: Náklady a ekonomické hodnocení;** Ing. Renata Stará, Ing. Martin Večera
- [33] **J.1.5: Geotechnický a stavebnětechnický průzkum;** RNDr. Petr Vitásek

4.5 SEZNAM SO ÚZCE SOUVISEJÍCÍCH SE SO TUNELU

- [34] **SO 23-40-01: t.ú. Blažovice - Holubice, Holubický tunel;** část PD: D.2.1.7; zpracovatel: Ing. Josef Rychtecký, AFRY CZ, s.r.o.
- [35] **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.
- [36] **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.

[37] **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.

[38] **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.

5 UŽITÁ TERMINOLOGIE

- 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 zemin;
 - 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”.
- 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.
- 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).
- GTM
 - soubor měření a pozorování zaměřený na sledování a kontrolu reakce horninového prostředí včetně podzemní vody na stavbu podzemního díla a jeho vlivu na stávající objekty;
 - součástí GTM je geotechnická interpretace jeho výsledků v závislosti na čase;
 - cílem GTM je získání podkladů pro optimalizaci technického řešení s ohledem na skutečně zastižené geotechnické podmínky (dle pravidel observační metody).
- 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).

- inventarizace objektů
 - základní soupis pozemních objektů, který obsahuje zejména evidenční údaje a základní technickou charakteristiku stavby (počet podlaží, konstrukční uspořádání, stavební materiály hlavních konstrukčních prvků, rok stavby, datum kolaudace);
 - obdobné údaje se zjistí i u inženýrských sítí a vodohospodářských objektů (prameny, studny, jímací objekty);
 - součástí je zpravidla i základní fotodokumentace.
- 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.
- pasportizace
 - pasportizace je jedním z výchozích údajů pro stanovení rozsahu měření GTM;
 - slouží jako základní podklad pro řešení sporů ohledně poškození objektů během stavby v zóně ovlivnění;
 - odpovědnost za pasportizaci má objednatel.
- 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 výrubu 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.

- přípustná mezní odchylka
 - hodnota určená v *DSP*, o kterou je možno zvětšit nebo zmenšit geometrický rozměr konstrukce tunelu;
 - součet absolutních hodnot odchylky tvoří toleranci.
- 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.
- RAMO
 - je pomocným orgánem objednatele pro doporučení technických řešení vyplývajících z výsledků GTM;
 - řídí realizaci souboru měření a pozorování prováděných měření v rámci GTM a koordinuje jejich vyhodnocení.
- repasportizace
 - provádí se (stejným způsobem jako podrobná pasportizace) po skončení výstavby a odezdění indukovaných účinků;
 - v rámci repasportizace se provede srovnání s původní pasportizací – podklad pro řešení odškodnění, které provede nezávislý soudní znalec.
- SP
 - soubor rozsáhlé instrumentace GTM soustředěná do jednoho příčného řezu
 - slouží pro komplexní vyhodnocení interakce konstrukce-masiv
- STP
 - podrobné zjištění konstrukčního uspořádání, použitých stavebních materiálů, opotřebení objektu, a to zpravidla na základě archivní dokumentace a jejího ověření na místě; v případě, že není k dispozici archivní dokumentace, vypracuje se zjednodušená dokumentace stávajícího stavu;
 - výsledkem STP je statické zhodnocení objektu; pro vybrané objekty, ve kterých bylo zjištěno, že nelze vyloučit vznik nepřipustných škod na objektu při tunelování bez předchozího zajištění, se zpracuje dokumentace zajištění objektu.
- 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 trvalý portál podstatně strmější, než jsou boční svahy předportálových zářezů.
 - má trvalou funkci.
- zhotovitel GTM
 - právnická nebo fyzická osoba, oprávněná k činnosti geotechnického průzkumu a geotechnického plánování při přípravě i realizaci tunelové stavby, která se SoD s objednatelem vypracovanou v souladu s OP zavazuje k provádění geotechnického monitoringu podle zadávací dokumentace GTM;

- na požádání objednatele může koordinovat nebo provádět komplexní GTM včetně supervizí, poradenské a konzultační činnosti tak, aby se při výstavbě tunelu dosáhlo co nejlepších kvalitativních a ekonomických parametrů při minimálních negativních dopadech na ŽP a dotčené objekty.
- zóna ovlivnění
 - oblast, ve které existuje riziko uplatňování nároků na náhradu škod na majetku, vzniklých stavbou tunelu;
 - v případě SO Holubického tunelu se jedná o oblast vymezenou předpokládaným dosahem poklesové kotliny;
 - její definování nařizuje vyhláška ČBÚ 55/1996 [21], §16a (4).

6 STRUČNÝ PŘEHLED IG A HG POMĚRŮ

Geologii v zájmovém území popisuje *Závěrečná zpráva z Předběžného geotechnického průzkumu [27]*. V roce 2018 byl proveden doplňkový IG průzkum, který původní předpoklady potvrdil.

Zájmové území Holubického tunelu se z hlediska geomorfologických jednotek nachází v celku Dyjsko-svratecký úval a Vyškovská brána, která je tektonického původu a tvořena neogenními uloženinami (svrchní stupeň miocénu).

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.

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

6.1 SPRAŠE

- jíly se střední až nízkou plasticitou, tuhé až pevné konzistence
- tmavě žluté až žlutohnědé barvy, s bílými povlaky uhličitane
- při kontaktu s vodou náchylné k prosedání
- 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.
- těžitelnost - 2. až 3. třída (dle [7]) nebo třída I dle [16], kap. 3.3.2 nebo revidované [9].

6.2 LITHOTHAMNIOVÉ VÁPENCE S PÍSKY HLINITÝMI

- neogenní hlinité písky s valouny lithothamniových vápenců
- navětralé až mírně zvětralé, které můžeme klasifikovat pevnostní třídou R3.
- těžitelnost - 4. třída (dle [7]) nebo třída I dle [16], kap. 3.3.2 nebo revidované [9].

6.3 MIOCÉNNÍ JÍLY A HLÍNY

- jíly a hlíny s vysokou až velmi vysokou plasticitou, pevné konzistence,
- shora šedožluté, níže pak tmavě šedé
- místy výskyt vložek nezvodnělých písků o mocnosti do 5 cm
- od rozhraní kvartéru a miocénu se hodnota modulu deformace miocénních jílu a hlín s rostoucí hloubkou zvětšuje, naopak parametry smykové pevnosti miocénních jílu a hlín se výrazně nemění ($\varphi_{ef} = 20 - 30^\circ$; u hodnot efektivní soudržnosti (c_{ef}) dochází k jejich výraznému kolísání)
- miocénní jíly a hlíny jsou objemově nestálé a při kontaktu s vodou bobtnají
- miocénní jíly a hlíny jsou prekonsolidované, což dokládá i skutečnost, že jejich povrchová vrstva byla vystavena erozním procesům
- miocénní jíly jsou bez úpravy nevhodné pro použití v zemních konstrukcích.
- koeficient propustnosti miocénních jílu dosahuje hodnot $k_f = 5,8 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ až $3,7 \times 10^{-12} \text{ m/s}$
- těžitelnost - 3. třída (dle [7]) nebo třída I dle [16], kap. 3.3.2 nebo revidované [9]

6.4 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. Návrhová rychlost trati je 200 km/hod.

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.

Tunel je umístěn v extravilánu. V nadloží se nachází zpevněná účelová komunikace (přibližně ve staničení k.č.1 km 26,859; k.č.2 km 26,862) a železniční vlečka cementárny Mokrý (přibližně ve staničení k.č.1 km 27,234; k.č.2 km 27,254). Oba tyto objekty budou předmětem GTM a po ukončení výstavby tunelu proběhne jejich sanace (dosypání účelové komunikace, podbití železniční trati).

Z hlediska poklesů nadloží v ražené části tunelu bude nutné sledovat převážně objekt železniční vlečky, jehož výškové změny by mohly představovat značné provozní komplikace a ohrožení bezpečnosti. Tomuto úseku proto bude 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.).

7.2 SMĚROVÉ A VÝŠKOVÉ 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.

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).

7.3 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

- tunelové ostění je navrženo jako dvouplášťové s mezilehlou izolací (uzavřený *HI* systém).
- příčný řez tunelových tubusů vychází ze vzorového listu *SŽDC* pro jednokolejné tunely [26] – příloha 11 (mechanizovaná ražba, rychlost od 161 do 230 km/h, kolejové lože, převýšení 0 – 160 mm).
- v souladu s [11], odst. 6.3.8.1 je v tunelu uvažováno s bezpečnostními výklenky, umístěnými vstřícně po obou stranách v osových vzdálenostech do 25 m.

7.3.1 Ražené úseky

- Ražba tunelu bude prováděna konvenčním způsobem výstavby metodou *SCL*.
- Samotné ražbě tunelů na navržený průřez bude předcházet ražba *pilotních tunelů*.

7.3.2 Hloubené úseky

- Rozměry stavební jámy (vjezdový portál – délka cca 128 m, šířka ve dně cca 44 - 46 m a hloubka 11 - 16 m; výjezdový portál – délka cca 153 m, šířka ve dně cca 38 - 52 m a hloubka přibližně 11 - 18 m).
- Boční stěny stavebních jam – svažované ve sklonu 3:1 s lavičkami po max. 6 m zajištěné ocelovými hřebíky a stříkaným betonem s výztužnou sítí. Na lavičky šířky 2,5 m je vybetonována ŽB převážka zakotvená do zeminy pomocí pramencových kotev.
- Stěny dočasných portálů – zajištěné vrtanými ŽB pilotami o průměru 1,2 m a osové 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.

Přehled základních informací o Holubickém tunelu je uveden v Tabulka 2

Tabulka 2 – Přehled stavebního řešení tunelu

	Profil	Výrub		Primární ostění		Definitivní ostění	
	Tvar/ Průměr [m]	Plocha [m ²]	Zabírka [m]	Typ a vyztužení	Tloušťka [mm]	Typ a vyztužení	Tloušťka [mm]
Pilotní tunel	kruhový 2,75	23,8	Plný profil 0,8–1,5	SB (rozptýlená výztuž)	300	-	-
Tunel – ražená část	kruhový 5,25	86,6	Kalota 0,8-1,0 Dno 0,8-2,0	SB (příhradové rámy a svažované sítě)	400	ŽB	350-750
Tunel hloubená část	kruhová klenba na deskovém základu	-	-	-	-	ŽB	400-750

7.3.3 Zásypy a trvalé portály

Po dokončení betonáže tunelového ostění bude stavební jáma zasypána vhodným materiálem, (pravděpodobně nakupovaným v Habrovanském lomu). Vytěžené jíly nesmí být do zpětných zásypů použity. Spráše z přilehlých úseků stavby mohou být použity pouze za předpokladu dodržení podmínek stanovených geologem stavby (jedná se zejména o požadavky na zajištění optimální vlhkosti zemin) a specifikací stanovenou v DSP.

Portálové stěny budou navrženy jako svahované ve sklonu 1:1,5 a předpokládá se jejich vyztužení geosyntetiky. Svahy budou opatřeny kamenným záhozem, který zajistí maximální bezúdržbovost.

7.4 POSTUP VÝSTAVBY

7.4.1 Zjednodušená chronologie výstavby

- zahájení *GTM* min. jeden rok pře započítím stavebních prací (SO 12-29-01 [34]); 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 předštitků na dočasném portálu ražených tunelů;
- dovrchní ražba pilotních tunelů; hloubení stavební jámy na výjezdovém portálu, zajištění bočních svahů stavebních jam a vytvoření předštitků na dočasném portálu ražených tunelů;
- dovrchní ražba finálních tunelových trub (nebo-li reprofilace pilotních tunelů na finální profil);
- 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 portále;
- 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; železniční spodek před a za tunelem, odvodnění, zemní pláne před a za tunelem, apod.);
- instalace technologického vybavení tunelu (železniční svršek v tunelu i mimo něj, elektroinstalace, apod.), rekultivace území (vytvoření trvalých zemních valů proti srážkovým vodám, rozproštění ornice, hydroosev), provedení potřebných zkoušek.

7.4.2 Odhadovaná doba výstavby

Předběžný odhad doby výstavby Holubického tunelu je přibližně **1260 dní = 3,45 roku**. HMG uvažuje s ražbami pouze od výjezdového portálu (oba tunely současně; ražba na dvě čelby; min. odstup čelb $2 \times D$, tzn. u pilotního tunelu min. 11 m, v případě finálního tunelu 21 m).



8 ZÁSADY TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ POMOCÍ OBSERVAČNÍ METODY A POUŽITÍ *GTM*

Při návrhu geotechnických konstrukcí se vychází z ČSN EN 1997-1 [4]. Samotný návrh s sebou nese obecné riziko, které závisí na složitosti geologických podmínek, náročnosti konstrukce a možných následcích jejího selhání. Proto jsou zavedeny tzv. třídy následků CC1 až CC3 ve smyslu ČSN EN 1990 [3], kap. B.3.1., tab. B.1. Dle této normy spadá SO do třídy CC3 (odpovídá 3. geotechnické kategorii ve smyslu ČSN P 73 1005 [8], Přílohy E), která zahrnuje „velké následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo velmi významné následky ekonomické, sociální nebo pro prostředí“, u nichž lze s výhodou využít *observační metodu*. Zejména v případech, kdy předpověď chování navržené konstrukce je velmi obtížná, lze použít tuto metodu, spočívající v průběžném posuzování správnosti návrhu, sledování chování okolního horninového masivu, včetně vlastního díla a případných korekcí vlastního návrhu během výstavby.

Nedílnou součástí výstavby pak musí být řádný *GTM*, pomocí kterého se pravidelně sleduje okolní horninové prostředí a konstrukce s úkolem odhalit případné anomálie v chování sledovaných prvků. Vyhodnocení výsledků měření a pozorování musí být prováděno okamžitě tak, aby bylo možné reagovat na nastalou situaci a včas provést stabilizační opatření. Proto je třeba v předstihu ustanovit pracovní komisi *RAMO*, která zajistí pravidelné vyhodnocování výsledků sledování a měření. Pro objednatele je to poradní orgán doporučující objednateli v průběhu výstavby úpravy rozsahu četnosti měření a sledování prováděných v rámci *GTM*, úpravy daného technického řešení apod.

Při realizaci objektu za pomoci observační metody je potřeba připravit dopředu plán možných stabilizačních opatření, která je nutné okamžitě přijmout, pokud *GTM* odhalí chování konstrukce mimo přijatelné meze. Tato opatření musí být součástí *DSP* nebo *RDS*.

9 VAROVNÉ STAVY

9.1 DEFINICE VAROVNÝCH STAVŮ

Varovné stavy vychází z [17], kap.4.3 a musí být stanoveny v DSP nebo RDS.

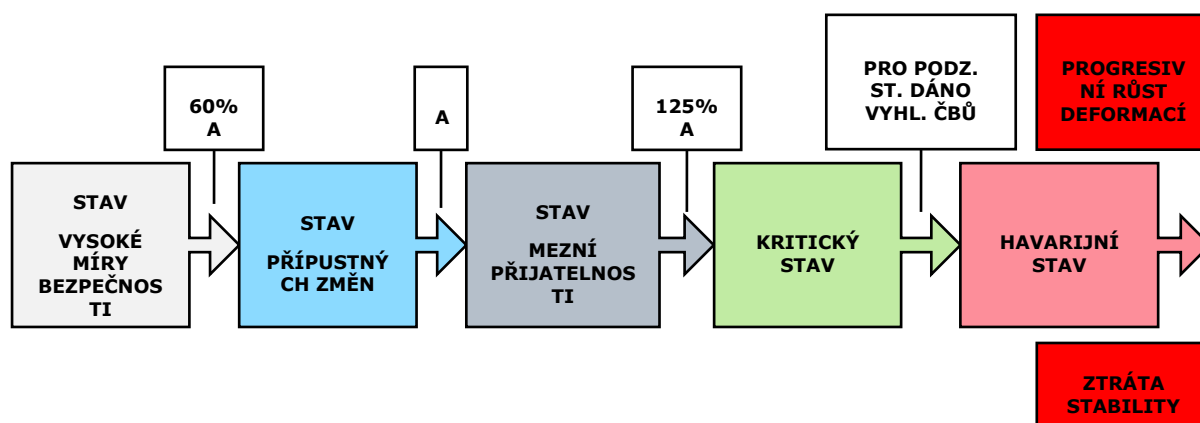
Kritéria varovných stavů se odvíjí od hodnoty stanovené statickým výpočtem v RDS, a to pro vybrané veličiny a měřená místa. Kritéria pro varovné stavy se během stavby upřesňují na pravidelných týdenních hodnoceníh výsledků měření, a to v závislosti na růstu poznatků o chování konstrukce v daných geologických podmínkách.

Ve smyslu TP-237 [17], kap.4.3 jsou definovány následující varovné stavy:

- stav vysoké míry bezpečnosti
- stav přípustných změn
- stav mezní přijatelnosti
- stav kritický
- stav havarijní

Vhodný počet varovných stavů pro konkrétní stavbu stanovuje báňský projektant. Přitom bere v potaz očekávaný vývoj sledovaných veličin (očekávané koncové hodnoty sledovaných veličin, rychlosti jejich změn) v různých dobách a místech stavby a výsledek rizikové analýzy. Nejmenší doporučený počet varovných stavů je dva: stav mezní přijatelnosti a kritický stav.

Obrázek 1 – Posloupnost varovných stavů



Klíčovým varovným stavem je varovný stav mezní přijatelnosti. V [17], kap.4.3.3 se doporučuje, aby se kritérium tohoto varovného stavu odvíjelo od určité hodnoty sledované veličiny stanovené statickým výpočtem, provedeným v projektové dokumentaci (mezní hodnota A – Obrázek 1).

V případě dosažení tohoto stavu je nutno neprodleně začít se stabilizačními opatřeními (dokotvení postiženého úseku, uzavření profilu protiklenbou, snížení sklonu svahu, realizace odvodňovacích žebířů či přísypů, apod.). Rozsah stabilizačních opatření a způsob jejich nasazení stanoví báňský projektant v DSP nebo RDS.

Hodnota „A“ by měla vystihovat stav odpovídající očekávanému žádoucímu chování sledovaného systému (očekávané hodnoty deformací na měřících bodech) v daném okamžiku postupu (fáze hloubení, fáze kotvení).

Není-li možné hodnotu A jednoznačně určit výpočtem anebo později v průběhu výstavby zpětnými výpočty, stanovuje se odborným odhadem. Ostatní varovné stavy a jejich kritéria se pak vymezují ve vztahu k hodnotě A. V odůvodněných případech může projektant zvolit i jiné vymezení kritérií varovných stavů k hodnotě A.

9.2 POSUZOVÁNÍ VAROVNÝCH STAVŮ

Při rozhodování, zda je nebo není dosaženo určitých varovných stavů, se bude vždy vycházet z komplexního hodnocení všech měření na sledované stavební konstrukci a činitelů, které deformační chování ovlivňují (technologie výstavby, klimatické vlivy apod.). Dosažení hodnoty kritéria varovného stavu je signálem pro toto hodnocení. Při posuzování se sleduje zejména:

- absolutní hodnoty sledované veličiny;
- rychlost růstu hodnot sledované veličiny;
- zrychlení, s jakým rostou hodnoty sledované veličiny;
- trend (konvergence / divergence).

10 NAVRŽENÉ METODY MĚŘENÍ

10.1 SLEDOVÁNÍ PŘETVOŘENÍ HORNINOVÉHO MASIVU POMOCÍ SP

V rámci sdružených profilů u ražených portálů je navrženo extenzometrické a inklinometrické měření a geodetické sledování deformací na povrchu.

SP jsou navrženy v blízkosti otevřených stavebních jam. Minimálně 14 dní před začátkem zemních prací je nutné provést instrumentaci, po které se provede první nulté čtení a po 14 dnech cementačního klidu druhé nulté čtení.

Pravidelné měření je nutné zahájit nejpozději 20 m před příchodem ražby do sledovaného profilu. Před příchodem ražby do sledovaného profilu postačí četnost měření 3× týdně. V okamžiku průchodu čelby je nutné měřit 1× za 24 hodin. Po průchodu čelby se interval měření sladí s intervalem geodetického měření deformací výrubu a může se podle vývoje změřených hodnot prodloužit postupně na 1× týdně až 1× za 14 dní až do ustálení deformací. Pokud po uzavření celého výrubu 2 po sobě jdoucí měření vykazují menší deformaci než 1 mm, měření se ukončí.

10.1.1 Měření vodorovných deformací metodou vertikální inklinometrie

Přesná inklinometrie umožňuje sledování vodorovných pohybů osy vrtu procházejícím zájmovým prostředím. Metoda spolehlivě určí hloubku, rychlost a směr pohybu počínající horizontální deformace svahu a s její pomocí lze usuzovat i na jiné deformace masivu, např. naklánění a sedání. Standardně se používají vrty průměru 76 mm (při současném osazení inklinometru a extenzometru pak min. 105 mm). Vrt by měl zasahovat min. 5 m pod počvu tunelu. Inklinometry je výhodné osazovat do zabetonovaných chrániček v portálových stěnách.

10.1.2 Měření svislých deformací pomocí extenzometrů

Navržené vícenásobné tyčové extenzometry se osadí z povrchu a budou sloužit ke zjištění velikosti a průběhu svislých přetvoření v nadloží tunelu vyvolané jednak hloubením stavební jámy, ale hlavně postupující ražbou tunelu.

10.1.3 Geodetické sledování deformací povrchu

Kromě přetváření horniny v okolí výrubu může nastat vlivem ražby i sedání povrchu. Průběh poklesové kotliny, která tak vznikne, má zásadní vliv na přetváření či stabilitu tunelové stavby. Na tvar poklesové kotliny má, kromě celé řady neovlivnitelných faktorů, také vliv navržená technologie a skutečný způsob provádění ražení a vyztužování.

Pro zjištění průběhu poklesové kotliny a vyčíslení tzv. objemové ztráty zeminy (Loss of Ground) je extenzometrický profil na povrchu doplněn (ve směru „kolmém“ na osu tunelu) body přesné nivelace.

Pro toto měření postačí ocelové tyče ze žebírkové ocele o délce cca 2,0 m, zaražené do zeminy a opatřené na konci barevným zvýrazněním. Pohyb těchto konců je pak geodeticky sledován.

Osazení profilu proběhne ve stejné době, jako osazení vícestupňových extenzometrů, včetně provedení nultého čtení.

10.2 MĚŘENÍ DEFORMACÍ SVAHŮ STAVEBNÍ JÁMY

Jedná se o metodu 3D měření absolutních změn (zaznamenání absolutního posunu trigonometrických bodů vyjádřeného ve vztahném souřadnicovém systému, ze kterého se tyto posuny přepočítávají na složku podélnou, vertikální a horizontální). Jedná se o měření trigonometrických bodů osazených na portálovém svahu a v dalších profilech ve svazích stavební jámy. Trigonometrické body jsou osazeny v době zajišťování svahů stavební jámy stříkaným betonem se sítí do vrtů hloubky min. 0,5 m a musí umožňovat libovolný počet bezchybně opakovatelných měření. Trigonometrický bod musí být osazen tak, aby bylo zajištěno pevné spojení mezi horninou a konstrukcí měřického



bodu (např. zalití cementovou zálivkou). K tomu je možno použít osazované hřebíky. Bod bude navařen na část hřebíku vyčnívajícího z terénu. Prováděná měření pak budou vystihovat skutečnou deformaci horninového masivu a ne pouze povrchové deformace ochranné vrstvy stříkaného betonu.

Požadavky na přesnost měření jsou ± 2 mm v poloze a ± 1 mm ve výšce.

Účelem měření je získání informací o deformačním chování svahu stavební jámy po dobu výstavby tunelu s cílem včasné identifikace nepředpokládaného vývoje deformace v čase (trend k ustálení deformace v čase). Zvýšené množství srážek spojené s deštivým obdobím či táním sněhu může totiž nepříznivě ovlivnit parametry horninového masivu a tím i stabilitu svahu stavební jámy. Četnost měření je tedy závislá jednak na vývoji deformace v čase, ale taky na klimatických podmínkách. Měření deformací svahů stavební jámy je koordinováno s měřením deformací výrubu. Pokud dojde k výše popsaným klimatickým změnám, je měření operativně doplněno a přizpůsobeno vzniklé situaci.

Nulté měření se provádí po osazení všech bodů příslušné etáže odtěžování stavební jámy. Po provedení nultého měření jsou měření opakována v cyklech s intervalem měření 14 dní až do odtěžení stavební jámy do pracovní úrovně pro ražbu tunelu. Profily osazené na bocích stavební jámy jsou dále měřeny v cyklech s intervalem 7 dní. V případě tendence k ustálení je možno interval prodloužit zpět na interval 14 dní a při pokračujícím trendu dále až na 30 dní. Při zahájení ražby se četnost měření portálového svahu zvýší na třídní cyklus. Tento cyklus trvá až do vyražení 30 m tunelu v kalotě. Pokud deformace vykazují tendenci k ustálení, je možno cyklus měření prodloužit na interval 7, 14 a dále až na 30 dní. V případě, kdy se čelba kaloty přiblíží do vzdálenosti 30 m od druhého portálu, je situace obdobná situaci při zahájení ražby a četnost měření se zvýší na interval 3 dny. Tento stav trvá až do prorážky tunelu. Prodloužení intervalu měření je opět závislé na průběhu deformace v čase a jejím trendu k ustálení. Prodloužení intervalu měření je možno provést v případě, kdy tři po sobě následující měření vykazují výrazné snížení rychlosti nárůstu deformací (tendence k ustálení deformací).

10.3 MĚŘENÍ DEFORMACÍ VÝRUBU

Pro měření deformací výrubu bude použita geodetická metoda. Jedná se o měření absolutních změn (zaznamenání pohybu bodů vyjádřených dvěma složkami – x a y). Posuny ve směru „ x “ představují horizontální složku deformace a posuny ve směru „ y “ její vertikální složku. Vyhodnocení naměřených veličin je možné v různých formách. Výsledkem měření je stanovení změny polohy jednotlivých bodů v rovině příčného řezu tunelu v závislosti na čase a postupu ražby (polohy čelby dílčích výrubů vzhledem k poloze měřičského profilu).

I přes nižší míru přesnosti je vhodné také měřit posuny ve směru „ z “ (podélné deformace).

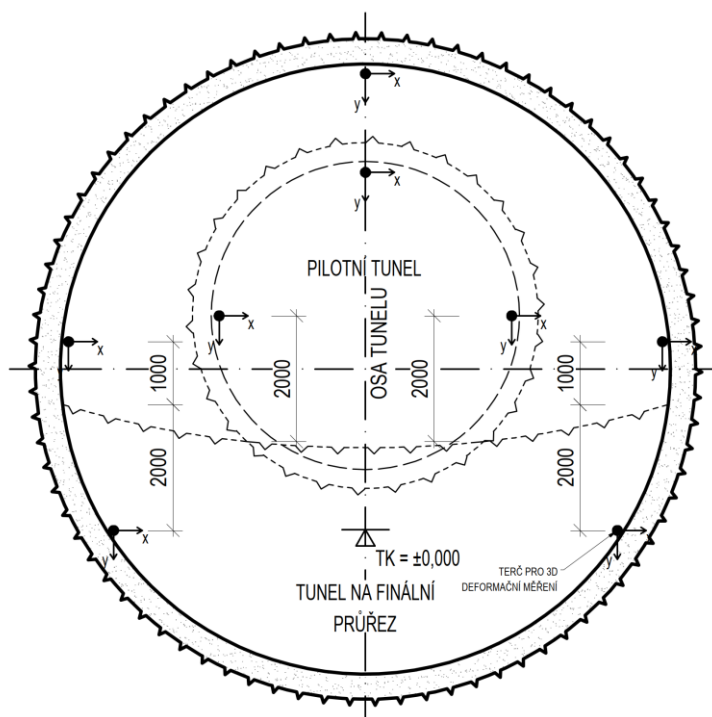
Systém měření spočívá ve vytvoření měřicího profilu z pevných bodů, jejichž posun v čase se sleduje a vyhodnocuje. Rozmístění bodů v profilu je navrženo s ohledem na členění výrubu.

Měření deformací výrubu se provádí nejen při ražbě finálního tunelu, ale i při ražbě pilotního tunelu.

10.3.1 Měřičské body

V *pilotním tunelu* jsou umístěny tři body – jeden v koruně a dva na opěří. V profilu *finálního tunelu* je umístěno pět bodů – jeden v koruně, dva na opěří kaloty a dva na opěří dna (viz Obrázek 2).

Obrázek 2 – Příklad rozmístění geodetických bodů na obvodu výrubu



10.3.2 Okamžik osazení měřičského bodu

Měřičský bod je osazen vždy v posledním provedeném záběru před provedením dalšího záběru. Bod je osazen co nejbližší k čelbě, ale zároveň dostatečně daleko, aby nebyl při dalším postupu poškozen stavební mechanizací. Pro výsledky měření deformací je významná rychlá instalace měřených bodů do profilu a jejich dokonalá fixace. Body musí umožňovat libovolný počet bezchybně opakovatelných měření i při měnící se geometrii výrubu.

10.3.3 Četnost měření a nulové měření

Nulové měření je provedeno bezprostředně po instalaci měřičských bodů do ostění (nejpozději před provedením dalšího záběru). Četnost měření je závislá na průběhu deformací v čase, resp. na jejich tendenci k ustálení. Měření následující po nulovém měření probíhají ve 24 hodinových cyklech. V případě rychlého nárůstu deformace je možno tento interval zkrátit. Prodloužení intervalu měření je možno provést v případě, kdy tři po sobě následující měření vykazují výrazné snížení rychlosti nárůstu deformací (tendence k ustálení deformací). V tomto případě se doporučuje prodloužení intervalu měření na tři dny. Obnovení 24 hodinového cyklu měření je cca 30 m před průchodem čelby příslušným měřičským profilem. Prodloužení cyklu z 24 hodin na tři dny je opět v případě, kdy tři po sobě následující měření vykazují výrazné snížení rychlosti nárůstu deformací. Stejný postup platí i v případě dobrání dna tunelu. Prodloužení intervalu z třídenního na týdenní, resp. měsíční je opět závislé na vývoji nárůstu deformací v čase. Měření se provádějí až do okamžiku zabudování definitivního ostění. Betonáž definitivního ostění smí být zahájena, pokud rychlost přírůstku deformací nepřesáhne 4 mm / měsíc.

10.3.4 Přesnost měření

Při tomto geodetickém měření deformací je požadovaná přesnost absolutní polohy měřičských bodů: ± 2 mm v poloze a ± 1 mm ve výšce.

10.3.5 Vyhodnocení výsledků

Měření jsou obvykle vyhodnocována v kanceláři přímo na stavbě okamžitě po zaměření. Výsledkem je grafické znázornění časové závislosti deformací pro jednotlivé měřičské profily a body, které je předáno do 1 hodiny po ukončení měření na vedení stavby. Zpracovateli projektové dokumentace objektu jsou výsledky zasílány prostřednictvím e-mail nejpozději do 24 hodin od provedení měření, aby mohl v případě nutnosti zaujmout k nastalé situaci stanovisko. Každý z bodů měřičského profilu je v grafu označen vlastní křivkou, která znázorňuje jeho příslušnou složku deformace v čase. Současně je nutno v grafu zaznamenat časový průběh jednotlivých fází výrubu vzhledem k měřičskému profilu (vzdálenost čelby dílčího výrubu od měřičského profilu v čase). Tak je možno určit vliv ražby na vývoj deformací a společně s dalšími geotechnickými měřeními a dokumentací čelby tunelu v každém záběru provést správnou interpretaci výsledků a prognózu dalšího postupu.

Všechny výsledky deformačních měření musí být interpretovány ihned (v tomtéž dni, kdy byla měření provedena), nejpozději však do 24 hodin. Jestliže jsou při měření zjištěny okolnosti vyžadující rychlou změnu prvků primárního ostění tunelu (kotvy, sítě atd.), tak opatření musí proběhnout co nejdříve. Kromě sledování absolutní hodnoty deformace je nutno velmi pečlivě sledovat a vyhodnocovat časový průběh deformace, zejména rychlost přírůstků.

V případě poškození bodu je nutno v co nejkratší době osadit a zafixovat náhradní bod a provést nulté měření. Informace o nultém měření jsou uvedeny přímo na formuláři grafického znázornění průběhu deformací.

10.4 MĚŘENÍ TLAKU PŮSOBÍCÍHO NA TUNELOVÉ OSTĚNÍ

Výsledky matematického modelování jsou vždy zatížené určitou nepřesností, proto se při realizaci díla návrh optimalizuje na základě dat získaných z *GTM (observační metoda)*. Pro ověření správného návrhu dimenzí tunelového ostění se provádí měření deformací výrubu, ale zároveň je velmi vhodné provádět přímé měření totálního napětí působícího na tunelové ostění.

Měření totálního napětí působícího na ostění se provede pomocí vhodného typu tlakových buněk a/nebo strunových tenzometrů osazených na stěny výrubu (přímo na rozhraní zemina-konstrukce) nebo na vnější líc *POs* (na první nástřik betonu tloušťky cca 50 mm). Volbu konkrétního typu měřidla provádí zhotovitel monitoringu na základě technicko-kvalitativních podmínek uvedených v zadávací dokumentaci monitoringu, resp. na základě skutečně zastižených geotechnických podmínek při výstavbě. Buňky se umístí (v počtu 4 ks u *pilotního tunelu* a v počtu 8 ks u *finálního tunelu*) rovnoměrně po obvodu výrubu do oblasti *II. sdruženého profilu*. Naměřená data budou bez zbytečné prodlevy vyhodnocována a prezentována na pravidelných setkání *RAMO*.

10.5 INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ SLEDOVÁNÍ VÝSTAVBY (STÁLÝ *GT DOZOR*)

Celý průběh výstavby (realizace podzemních staveb, odtěžování stavebních jam pro vlastní zářezy,...) musí být průběžně zaznamenáván v rámci inženýrskogeologické dokumentace v souladu s vyhláškou [24], §17. Jedná se zejména o:

- geologický popis těžených zemin a hornin (klasifikace dle ČSN P 73 1005 [8], Příloha A);
zatřídění zemin a hornin dle:
 - vhodnosti pro pozemní komunikace (dle ČSN 73 6133 [9], kap. 4; případně [9], tab. A.1)
 - těžitelnosti zemin a hornin (dle ČSN P 73 1005 [8], Příloha B)
 - vrtatelnosti zemin a hornin (dle ČSN P 73 1005 [8], Příloha C);
- tektonická měření - vrstevnatost, puklinatost, další plochy foliace;
- hydrogeologická měření - výskyt zvodnění;
- další jevy mající vztah k postupu výstavby.

V rámci IG sledování výstavby je potřeba analyzovat mimořádné stavy, vytipovat kritická (nepříznivá) místa a dle zásad *observační metody* navrhnout konkrétní stabilizační nebo preventivní podpůrná opatření (např. jehlové deštníky, vyšší mocnost POs, více armatury v DOs apod.), která budou součástí RDS.

Geologická dokumentace bude zpracovávána písemně i graficky. Grafická dokumentace bude ukládána do databázového systému firmy provádějící monitoring.

10.6 MĚŘENÍ TRHLIN NA OBJEKTECH

Sledování vývoje trhlin na objektech se provádí měřením změn vzdálenosti dvou pevných bodů, fixovaných ke sledované konstrukci.

Rozsah měření: +20 mm; rozlišení 0,5 mm; přesnost ± 1 mm.

Měření je možné provádět měřidly různého typu:

- sádrové pásy;
- pásková měřidla;
- příložné hrotové deformetry;
- automatické dilatometry.

Vlastní měření je pak prováděno buď ručními měřidly, anebo automaticky stanicí pro měření rozvírání trhlin s nepřetržitým záznamem. Současně s měřením posunů v trhlinách je změřena i povrchová teplota pro eliminaci vlivů teplotní roztažnosti.

Umístění měřících zařízení a výběr sledovaných trhlin na pozemních objektech se provádí až po provedení podrobné pasportizace objektů těsně před zahájením stavby (v současnosti nejsou známy žádné stávající objekty vyžadující měření z titulu realizace SO tunelu).

Měření trhlin na budované konstrukci (v případě SO tunelu by se teoreticky mohlo jednat o trhliny v řádech 0,1 mm na DOs eventuálně o trhliny v řádech jednotek mm na POs) se provádí při její zastižení.

10.7 SLEDOVÁNÍ INŽENÝRSKÝCH SÍTÍ

Monitoring inženýrských sítí v *zóně ovlivnění*:

- vodovod – sluchem, geodeticky na armaturách, příp. přímým měřením (tlak, průtok,...);
- plyn – čichem na uzávěrech, měřením pomocí přenosných detektorů plynu in-situ nad plynovým vedením;
- kanalizace – kamerou, prosvětlováním.

10.8 SLEDOVÁNÍ KVALITY DŮLNÍCH VOD A VOD ČERPANÝCH Z VÝKOPŮ

Tyto vody budou vypouštěny po úpravě do kanalizace nebo do blízkých vodních recipientů. Je třeba sledovat kvalitu vypouštěné vody (zejména ropné látky, pH, nerozpustné látky). Kvalita pH vody se zpravidla upravuje pomocí automatické mobilní jednotky umístěné v klasickém kontejneru, pevné nerozpustné látky se likvidují usazováním v usazovacích (sedimentačních) nádržích, ropné látky v lapolech.

10.9 SLEDOVÁNÍ PROJEVŮ CHOVÁNÍ HORNINOVÉHO MASIVU

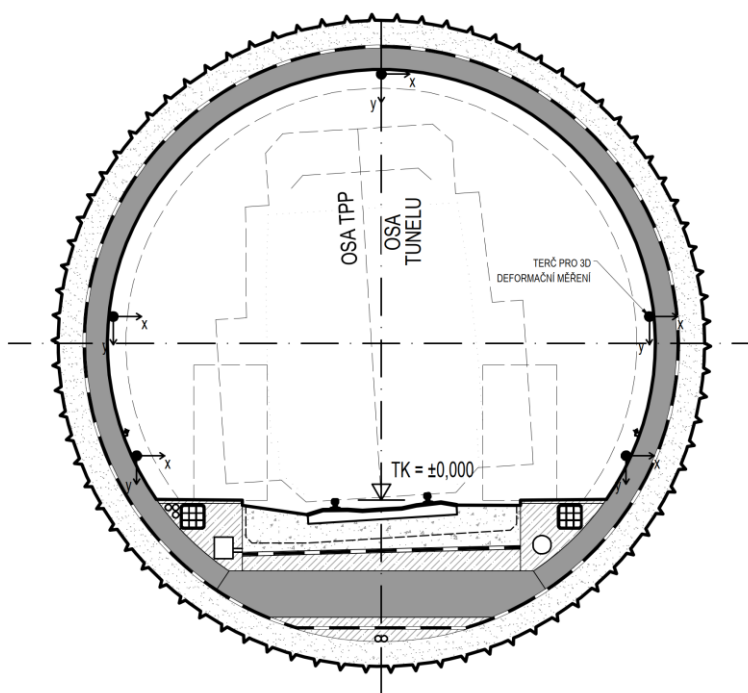
Mimo výše popsaných a různě složitých systémů měření je také nutno sledovat projevy chování horninového masivu běžnou obhlídkou. Jedná se o sledování případných poruch primárního ostění (trhlin), které mohou být způsobeny např. technologickou nekázní nebo projevem horninových tlaků. V případě vzniku trhliny v primárním ostění je zakázáno tuto trhlinu přestříkat betonem či jinak zacelit, pokud se nejedná o opatření ke zvýšení únosnosti ostění. Je nutno sledovat vývoj trhliny, zejména směr, rozevření, délku a polohu v trhlíně v ostění a o sledování pořídit záznam. Jedním

z nástrojů ke sledování vývoje rozevření trhliny jsou např. sádrové pásy. Alternativně lze v místě poruchy osadit další měřičský profil. V případě, že dochází k nárůstu projevů horninového tlaku je nutno podle charakteru projevů provést příslušná stabilizační opatření (např. instalovat horninové svorníky).

11 TRVALÝ MONITORING

Cílem dlouhodobého *GTM* je odhalit jakékoliv anomálie ohrožující dlouhodobou životnost díla. Je tedy důležitým bezpečnostním prvkem.

Obrázek 3 – Příklad rozmístění geodetických bodů na ostění tunelu



Jako součást trvalého *GTM* bude nutné zejména geodeticky sledovat deformace definitivního ostění (osazení geodetických bodů přibližně každých 100 m, plus jeden profil v každé tunelové propojce), stav hladiny podzemní vody v hydrologických vrtech a studnách, případně deformace připortálové oblasti (osazení geodetických bodů do portálové stěny a přilehlých svahů).

Tento monitoring by měl probíhat minimálně po dobu držení záruky za provedené dílo. V době provádění trvalých zásypů se měří řádově v týdenních intervalech, po dokončení díla se měření provádí řádově v měsíčních intervalech.

Vypracoval:

V Brně dne 11.05. 2022

.....
Ing. Josef Rychtecký