



Spolufinancováno
Evropskou unií

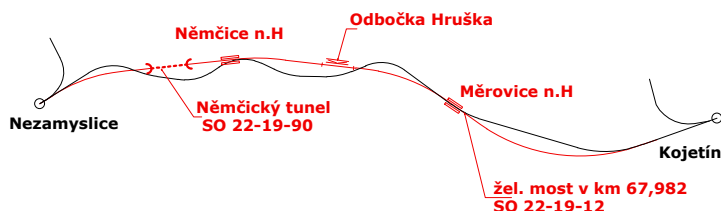
Ministerstvo dopravy
Státní fond dopravní
infrastruktury



Jiná ověření:

Paré:

Orientační schéma:







Razítko oprávněné osoby:

Podpis:

Datum:

| Revize: | Datum: | Popis: | Kontroloval: |
|---------|-----------|---------------------------------|------------------------|
| 000 | 1.5.2023 | Dokumentace PDPS | Ing. Tomáš Urbánek |
| 001 | 14.2.2025 | Zpracování připomínek investora | Ing. Pavlína Sehnalová |
| | | | |
| | | | |

| | | |
|---------------------|---|--|
| 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 Nej - Koj |  | METROPROJEKT Praha a.s. Argentinská 1621/36 Holešovice 170 00 Praha 7 T: +420 296154105 E: info@metroprojekt.cz |  |
| Adresa: | MORAVIA CONSULT Olomouc a.s. Legionářská 1085/8, 779 00 Olomouc T: +420 585 570 444 E: moravia@moravia.cz | | | |
| Kontakt: | | | | |
| Zhotovitel části/objektu: | METROPROJEKT Praha a.s. |  | | |
| Adresa: | Argentinská 1621/36 Holešovice 170 00 Praha 7 T: +420 296154105 E: info@metroprojekt.cz | | | |
| Kontakt: | | | | |
| Hlavní projektant (HIP): | Ing. Jiří Malina | Specialista: | Ing. Jiří Mára | |

| | | |
|----------------------------|---|--|
| Název stavby/akce: | Modernizace trati Brno-Přerov, 4. stavba Nezamyslice - Kojetín | Označení investora: S621500589 |
| | | Zakázka: 21-022-232-SR |
| Název části: | Železniční tunely | Označení části: D.2.1.7 |
| Název objektu/dílčí části: | Němčický tunel - Monitoring | Označení objektu/komplexu: SO 22-19-91 |
| Název přílohy: | Technická zpráva | Číslo přílohy (typ/pořadí): 1. 001 |
| Název dílčí části přílohy: | | |
| Odpovědný projektant: | Zpracovatel přílohy: | Měřítko: - Formáty: 18xA4 |
| Ing. Jiří Mára | | Stupeň dokumentace: PDPS |
| Kraj: Olomoucký | Katastrální území: Němčice nad Hanou 703044 | TUDU: 2101 Brno-hl.n. - Přerov |
| | | Smluvní datum zpracování: 01.05.2023 |

| | | | | | |
|---|---|---------------------------|------------------|----------------------|-----------------|
| Označení investora: S 6 2 1 5 0 0 5 8 9 | Stupeň dokumentace: Část: - P D P S - D 2 1 0 7 | Objekt: - S O 2 2 1 9 9 1 | Podoblast: - X X | Příloha: - 1 - 0 0 1 | Revize: - 0 0 0 |
|---|---|---------------------------|------------------|----------------------|-----------------|

Obsah:

| | |
|--|-----------|
| 1. VŠEOBECNÁ ČÁST | 2 |
| 1.1 Identifikační údaje stavby | 2 |
| 1.2 Použité podklady | 2 |
| 1.2.1 Dokumentace..... | 2 |
| 1.2.2 Související dokumentace | 2 |
| 1.2.3 Mapové podklady..... | 2 |
| 1.2.4 Stávající sítě | 3 |
| 1.2.5 Ostatní podklady..... | 3 |
| 1.2.6 Výchozí normy, předpisy, vyhlášky | 3 |
| 2. ÚVOD | 3 |
| 3. PŘEDPOKLÁDANÉ INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY | 4 |
| 4. GEOTECHNICKÝ MONITORING | 4 |
| 4.1 Kancelář geotechnického monitoringu | 4 |
| 5. VAROVNÉ STAVY | 5 |
| 6. ROZSAH GEOTECHNICKÉHO MONITORINGU | 5 |
| 6.1 Inženýrskogeologická dokumentace..... | 5 |
| 6.2 Geodetické měření deformací | 7 |
| 6.2.1 Geodetické měření deformací svahů předvýkopu | 7 |
| 6.2.2 Geodetické měření deformací podzemních stěn a stropu | 8 |
| 6.2.3 Geodetické měření deformací vnitřních stěn tunelu | 9 |
| 6.2.4 Geodetické měření deformací portálových stěn | 10 |
| 6.3 Tenzometrické měření | 11 |
| 6.4 Inklinometrické měření | 12 |
| 6.5 Dynamometrické měření na kotvách | 13 |
| 6.6 Hydrogeologické měření | 14 |
| 7. POŽADAVKY NA ZHOTOVITELE STAVBY | 15 |
| 8. ZÁVĚR | 16 |

1. VŠEOBECNÁ ČÁST

1.1 Identifikační údaje stavby

| | |
|--------------------------------|--|
| Název stavby: | "Modernizace trati Brno – Přerov, 4. stavba Nezamyslice - Kojetín" ISPROFIN 5003720017 |
| Stupeň dokumentace: | Projekt dokumentace provedení stavby |
| Dílčí část – objekt (PS/SO): | SO 22-19-91 Němčický tunel – Monitoring |
| Charakter dílčí části: | Novostavba, trvalá |
| Katastrální území, pozemky: | Němčice nad Hanou [703044] <i>Pozemky dotčené stavbou viz Dokladová část</i> |
| Místo stavby dílčí části: | km 63,287.750 – km 64,031.750 (kolej č.1) |
| Trať podle Prohlášení o dráze: | 752 00 |
| Traťový úsek TU: | 2101 Brno hl.n. (mimo) – Přerov (mimo) (přes Chrlice) |
| Definiční úsek DU: | 22 Nezamyslice – Kojetín |
| Kategorie dráhy: | celostátní |
| Kategorie trati podle TSI: | P3/F2 |
| Období realizace: | 10/2024 – 08/2027 v rámci SP1 a SP2 |

1.2 Použité podklady

Zadávací dokumentace investora zejména „Zvláštní technické podmínky (ZTP)“.

1.2.1 Dokumentace

- Projektová dokumentace stupně DUR Aktualizace – SO 22-19-90 Němčický tunel, METROPROJEKT Praha a.s., červenec 2020
- Projektová dokumentace stupně PDPS – SO 22-19-90 Němčický tunel, METROPROJEKT Praha a.s., 1.5. 2023

1.2.2 Související dokumentace

- Schvalovací protokol DUR Č. J. 78117/2020–SŽ–GŘ–O6–Hor, z 1. 12. 2020
- Schvalovací doložka k záměru projektu investiční akce „Modernizace trati Brno-Přerov, 4. stavba Nezamyslice - Kojetín“ č. j. 113/2020-910-IZD/2

1.2.3 Mapové podklady

- Mapové podklady JŽM
- Mapové podklady JŽM výškopis fotogrammetrie
- Dmr5g – Digitální model reliefu

- Doměřený polohopis DMR5G – Ing Smetana 2021

1.2.4 Stávající sítě

- Aktualizace ing. sítí Moravia Consult Olomouc 2021

1.2.5 Ostatní podklady

- Geotechnický průzkum pro objekt SO 22-19-90 Němčický tunel – GeoTec-GS, a.s. - únor 2022
- D.3.2. SO 22-19-90 – Němčický tunel - Požárně bezpečnostní řešení, IQservis, s.r.o. – leden 2022

1.2.6 Výchozí normy, předpisy, vyhlášky

- ČSN EN 1997, Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí
- ČSN EN ISO 18674-1 (721012), Geotechnický průzkum a zkoušení – Geotechnický Monitoring
- Technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb pozemních komunikací, Kapitola 7: Tunely, podzemní stavby a galerie (tunelové stavby)
- Technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb pozemních komunikací, Kapitola 18: Betonové konstrukce a mosty
- Technické podmínky 237: Geotechnický monitoring tunelů pozemních komunikací
- Technické podmínky 76: Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace
- ČSN 73 0405: Měření posunů stavebních objektů

2. ÚVOD

Předmětem geotechnického monitoringu je soubor operativních měření v průběhu výstavby Němčického tunelu. Němčický tunel je navržen jako hloubený, prováděný metodou čelního odtěžování. Tunel je veden v nezastavěném území pod vrchem Kozlov, v katastru obce Němčice nad Hanou. Podrobný popis parametrů konstrukce a postupu výstavby je prezentován v dokumentu D_2_01_07_SO221990_1.001_Technická zpráva.

Předkládaná **technická zpráva geotechnického monitoringu** obsahuje návrh geotechnického monitoringu (GTM), který je zaměřený na sledování a kontrolu reakce horninového prostředí při provádění vlastní realizace díla, tzn. při hloubení předvýkopu, ražby tunelu a sledování všech indukovaných účinků v oblasti dotčené stavbou.

Povinnost provádět GTM stanovuje ČSN EN 1997-1. Geotechnický monitoring bude prováděn v souladu s TKP 20 a ČSN EN 18674-1.

Doba výstavby objektu SO 22-19-91 Němčický tunel se předpokládá 26 měsíců. Po provedení stavby bude geotechnický monitoring realizován po dobu 3 let jako kontrolní monitoring v souvislosti se zkušebním provozem trati.

3. PŘEDPOKLÁDANÉ INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY

Popis geologických, hydrogeologických a geotechnických poměrů vychází z provedených průzkumných geotechnických prací provedených v letech 2017-2022 a z archivních zpráv uložených v archivu České geologické služby. V předkládané technické zprávě geotechnického monitoringu je neuvádíme a odkazujeme na dokument: D_2_01_07_SO221990_1.001_Technická zpráva, ve kterém jsou geotechnické parametry a geotechnické charakteristiky podrobně uvedeny.

4. GEOTECHNICKÝ MONITORING

Geotechnický monitoring (dále jen GTM) je soubor měření, pozorování a hodnocení zaměřený na sledování a kontrolu reakce horninového prostředí a dočasné výstroje a na sledování všech indukovaných účinků v oblasti dotčené stavbou. Vnější obálka těchto oblastí se nazývá zónou sledování. V této zóně je pak realizován GTM.

Základními součástmi GTM jsou jednak měření různého typu, účelně vybraná v přiměřené četnosti vzhledem k významu a podmínkám stavby a jednak výkon geologické služby při hloubení předvýkopu, hloubení podzemních stěn a razících prací pod ochrannou stropní konstrukce.

Prvky monitoringu jsou umístěny do 26 měřících profilů. Měřící profily jsou rozděleny na profil typu „A“ (pouze geodetické měření) a na sdružený profil typu „B“, ve kterých jsou sdruženy geodetické body, tenzometry a inklinometrické pažnice instalované v podzemních stěnách. Základní osnova měřících profilů je cca 30 metrů. Sdružené profily „B“ jsou po 90 metrech. Vzdálenost měřících profilů je volena tak, aby bylo možné spolehlivě zachytit chování, jak svahů předvýkopu, tak i samotné konstrukce tunelu. Vzdálenost profilů a sdružení měření do jednoho profilu typu „A“ nebo „B“ je důležité pro správné vyhodnocení chování konstrukce a pro stanovení případných preventivních opatření. Situace měřících profilů včetně řezů „A“ a „B“ je zobrazena v Koordinační situaci monitoringu v příloze č. 2.001.

Průběh prací geotechnického monitoringu, jejich komplexnost, správnou interpretaci výsledků měření a sledování bude projednáván na pravidelných schůzkách za účasti zástupců investora, projektanta, zhotovitele stavby a zhotovitele GTM.

Návrh monitoringu, postup osazování jednotlivých měřících prvků a četnost jejich odečítání bude upřesněn v navazujícím stupni dokumentace – RDS, kterou je před realizací nutno zpracovat. Počty měření uvedeny v této dokumentaci jsou stanoveny na základě předpokládaného postupu výstavby. Oproti skutečnému postupu se předpoklad může i významně lišit, a je proto třeba počítat, jak s doplněním monitorovacích prvků a zvýšením četnosti měření, tak i s jejich redukcí oproti stávajícímu předpokladu.

4.1 Kancelář geotechnického monitoringu

Pro účely sběru naměřených hodnot, jejich centrální evidence, archivace a pro přípravu podkladů pro vyhodnocování a tvorbu výstupních dat bude zřízena kancelář GTM. Kancelář řídí vedoucí kanceláře GTM. Pracoviště bude vybaveno centrálním archivačním počítačem s přístupem do informačního systému monitoringu.

K povinnostem vedoucího kanceláře GTM bude patřit:

- vypracování návrhu týdenního aktuálního plánu měření,
- koordinace všech měření tak, aby tato byla prováděna v souladu se schváleným týdenním aktuálním plánem měření a dle postupu stavebních prací,
- zpracování výstupů jednotlivých měření dle požadavku projektu GTM,
- pravidelná příprava podkladů pro hodnocení výsledků měření na kontrolních dnech,
- souvislé vyhodnocování výsledků měření s ohledem na jejich vztah k varovným stavům,

- předávání informací o dosažení varovného stavu zodpovědným osobám.

Veškerá změřená data, včetně dalších informací (geologická dokumentace čeleb) a poznatků o faktorech, které by mohly ovlivnit změřené výsledky, budou ukládána do jednotné databáze výsledků měření.

Archivace výsledků měření umožní zhodnocení interakce horninového masívu a podzemního díla v každém okamžiku ražby, zpětnou analýzu jejich chování a predikci dalšího vývoje měřených hodnot.

Primární data (přímé výstupy z měřících zařízení) budou ukládána zpracovatelem měření neprodleně po provedení na serveru kanceláře GTM bez možnosti jejich další editace do zvláštního adresáře. Kromě využití pro zpracování protokolů budou využita při řešení sporných případů vyhodnocení, ztrátě protokolů, apod.

Výstupy z geologické dokumentace (předvýkop, podzemní stěny, tunel) zpracováváné v rámci inženýrsko-geologického sledování budou archivovány ve formě písemné, ve formě naskenovaných kopií a dále v podobě digitálních fotografií v databázi monitoringu.

Výsledky jednotlivých měření geotechnického monitoringu budou ukládány neprodleně po změření a návratu do kanceláře GTM do primární databáze. Zhodnocení do formy grafických výstupů včetně ukládání do výstupní databáze budou provedena v závislosti na náročnosti zpracování měření, zpravidla do 2 hodin po provedení měření, nejpozději však do 6 hodin po každém měření, za což odpovídá vedoucí kanceláře GTM.

Výstupy geologické dokumentace budou předávány bez prodlení odpovědnému zástupci zhotovitele stavby přímo na stavbě, v digitální podobě do připravených adresářů výstupní databáze v co možná nejkratší době po návratu do kanceláře GTM.

Zhotovitel GTM vypracovává měsíční periodické zprávy monitoringu.

Po skončení stavebních prací vypracuje zhotovitel GTM Závěrečnou zprávu o GTM, ve které budou shrnuty a vyhodnoceny všechny výsledky provedeného geotechnického monitoringu.

5. VAROVNÉ STAVY

Výsledky měření GTM se budou srovnávat s tzv. varovnými stavy. Tyto varovné stavy jsou odvozeny z hodnoty A, která je odvozena ze statických výpočtů.

Přehled varovných stavů:

1. varovný stav – stav přípustných změn (75% hodnoty A),
2. varovný stav – stav mezní přijatelnosti (hodnota A),
3. varovný stav – kritický stav (125% hodnoty A).

Hodnoty varovných stavů stanoví projektant realizační dokumentace. Opatření při nestandardním vývoji výsledků měření a deformací budou obsaženy v technické zprávě dokumentace stupně RDS.

Při dosažení, resp. překročení některého z varovných stavů bude vedoucí kanceláře GTM neprodleně informovat odpovědné zástupce jednotlivých účastníků výstavby.

6. ROZSAH GEOTECHNICKÉHO MONITORINGU

6.1 Inženýrskogeologická dokumentace

Geologická dokumentace bude prováděna v souladu s §11 vyhlášky Ministerstva životního prostředí č. 368/2004 Sb. o geologické dokumentaci. Těžištěm geologické činnosti bude zpracování dokumentace při odtěžování předvýkopu a při odtěžování horniny z tunelu, které bude prováděno pod

ochranou železobetonového stropu. Základním prvkem inženýrskogeologické dokumentace bude geologická dokumentace čelby ve 27 řezech, které jsou znázorněny v Koordinační situaci monitoringu v příloze č.2.001. V geologickém pasportu čelby budou ve vhodném měřítku graficky znázorněny následující geologické údaje:

- geotechnické typy hornin
- litologická a stratigrafická rozhraní
- přítoky podzemní vody
- místa odběru vzorků hornin nebo podzemní vod

Obsahem textové části geologické dokumentace čeleb budou následující údaje:

- základní popis hornin/zemin (litologie, geneze, stratigrafie, stupeň zvětrání, třída pevnosti, barva, zrnitost apod.), dále procentuální zastoupení popisovaného geotypu, těžitelnost horniny/zeminy dle **ČSN 73 6133 a ČSN 73 3050**

V případě zastižení skalních hornin:

- hustota diskontinuit, stupeň rozpukání nebo tektonického porušení horniny, blokovitost
- orientace (směr a sklon) hlavních systémů diskontinuit
- popis jednotlivých systémů diskontinuit dle doporučení ISRM (rozteč, průběžnost, drsnost a tvar povrchu, rozevření, výplň, zvodnění apod.)
- přítoky podzemní vody (soustředěnost, vydatnost apod.)

V případě průchodu skalním masivem bude směr a sklon hlavních systémů diskontinuit měřen geologickým kompasem. Podle technických možností bude pořizována fotografická dokumentace geologického profilu.

Výkon služby inženýrského geologa bude při odtěžování předvýkopu a odtěžování horniny z tunelu prováděna průběžně se zakreslováním geologických profilů po cca 30 m (v případě potřeby i v menších intervalech). Pro kontrolu hloubení podzemních stěn navrhujeme přítomnost inženýrského geologa a geotechnika v základním intervalu 1x za 14 dní.

6.2 Geodetické měření deformací

Geodetické měření deformací je prováděno za účelem včasného odhalení negativního vývoje deformací svahů předvýkopu, resp. konstrukce tunelu. V případě měření deformací svahů předvýkopu je možné včas odhalit postupnou ztrátu stability svahu způsobenou například odlišnými geologickými a hydrogeologickými podmínkami oproti předpokladu, dešťovými srážkami, nesprávně provedeným zajištěním svahu, atd. Včasné odhalení tohoto trendu umožňuje provést opatření vedoucí k opětovnému zlepšení stability svahu a vyvarování se tak kompletnímu sesuvu svahu, který může mít v extrémním případě vliv, jak na dobu výstavby, tak i vliv na finanční náročnost stavby. V případě geodetického měření deformací samotné konstrukce tunelu podává informace o reakci konstrukce na vnější zatížení od okolního prostředí (geologické a hydrogeologické podmínky, bobtnací tlaky, atd.), prováděnou ražbu, zpětný zásyp konstrukce tunelu a provozní a užitné zatížení tunelu. Měření deformací umožňuje kontrolu provádění stavby a porovnání odezvy konstrukce i z pohledu předpokladu projektové dokumentace a statického výpočtu. Včasné odhalení negativního vývoje deformací konstrukce umožní předejít nepředpokládanému zatížení konstrukce, a tedy jejímu poškození, a v krajním případě vyhnout se jejímu kolapsu.

Geodetické měření deformací bude prováděno trigonometricky za použití totální stanice. Opakovaným měřením se zjišťují absolutní změny polohy (posuny) měřicích bodů, vyjádřené v souřadnicovém systému, ze kterého se přepočtou složky vertikální a horizontální. Výsledkem měření jsou grafy vývoje svislé a vodorovné složky deformace ve stanovených profilech v závislosti na čase a postupu prací.

Měření se provádí optickou totální stanicí s přesností měření směru minimálně 0,3 mgon a s přesností měření délky $\pm 1 \text{ mm} + 1,5 \text{ ppm}$.

Geodetické měření deformací je navrženo provádět ve 26 profilech (viz Koordinační situace monitoringu, příloha č. 1) a to z povrchu na svazích předvýkopu a v podzemí na podzemních stěnách, na stropě a na vnitřních stěnách tunelu. kromě toho budou geodeticky sledovány oba tunelové portály.

6.2.1 Geodetické měření deformací svahů předvýkopu

Pro kontrolu stability svahů předvýkopu je navrženo trigonometrické měření v 26 profilech, a to od třech do sedmi bodů v 1 profilu podle výšky svahu po odtěžení. Přehled bodů v jednotlivých profilech je uveden v následující tabulce 1. Situace profilů je znázorněna v koordinační situaci monitoringu v příloze č.2.001.

Geodetické body budou osazovány do navržených profilů, ihned po odtěžení příslušné etáže. Body budou instalovány do předvrtaných otvorů, do nezámrzné hloubky pomocí roxorů se speciálně upravenou hlavou pro nasazení reflektorů. Následně budou osazené body polohopisně a výškopisně zaměřeny a provedeno nulové měření.

Měření bude probíhat první 3 měsíce po osazení v intervalu 14 dní, poté bude interval měření upraven na 1x za měsíc. Celkem se předpokládá 25 etap měření. Celkový počet měření se předpokládá 3 400 (136 bodů x 25 etap měření).

Měření během provozu se nepředpokládá.

Tabulka 1 Přehled bodů na svazích předvýkopu

| Číslo profilu | Typ profilu | Počet bodů |
|--------------------|-------------|------------|
| 1 | B | 3 |
| 2 | A | 3 |
| 3 | A | 5 |
| 4 | A | 5 |
| 5 | B | 5 |
| 6 | A | 5 |
| 7 | A | 5 |
| 8 | B | 5 |
| 9 | A | 5 |
| 10 | A | 5 |
| 11 | B | 5 |
| 12 | A | 5 |
| 13 | A | 6 |
| 14 | B | 7 |
| 15 | A | 7 |
| 16 | A | 7 |
| 17 | B | 7 |
| 18 | A | 6 |
| 19 | A | 6 |
| 20 | B | 6 |
| 21 | A | 6 |
| 22 | A | 6 |
| 23 | B | 4 |
| 24 | A | 4 |
| 25 | A | 4 |
| 26 | B | 4 |
| Celkový počet bodů | | 136 |

6.2.2 Geodetické měření deformací podzemních stěn a stropu

Po odtěžení horniny z tunelu a obnažení podzemních stěn a stropu budou ve 25 profilech osazeny trigonometrické body pro měření případných deformací těchto konstrukcí. Přehled bodů v jednotlivých profilech je uveden v následující tabulce 2. Situace profilů je znázorněna v koordinační situaci monitoringu v příloze č.2.001.

Geodetické body budou osazovány do navržených profilů ihned po zpřístupnění betonové konstrukce po odtěžení. Body budou instalovány do předvrtaných otvorů, do betonové konstrukce pomocí trnů se speciálně upravenou hlavou pro nasazení reflektorů.

Bezprostředně po osazení bodů v profilu bude provedeno nulové měření a dále měření v intervalech 1 den, 1 den a 7 dní. Další měření bude probíhat v intervalu 14 dní po dobu 3 měsíců od osazení, poté bude interval měření upraven na 1x za měsíc. Celkem se předpokládá 20 etap měření. Celkový počet měření se předpokládá 3 500 (175 bodů x 20 etap měření).

Měření za provozu bude probíhat na 26 bodech ve stropě. Během prvních 3 let provozu bude měření probíhat v intervalu 1x za půl roku. Celkem se předpokládá 6 etap měření. Celkový počet měření se předpokládá 150 (25 bodů x 6 etap měření).

Tabulka 2 Přehled bodů v podzemních stěnách a stropu tunelu

| Číslo profilu | Typ profilu | Počet bodů |
|--------------------|-------------|------------|
| 1 | B | 7 |
| 2 | A | - |
| 3 | A | 7 |
| 4 | A | 7 |
| 5 | B | 7 |
| 6 | A | 7 |
| 7 | A | 7 |
| 8 | B | 7 |
| 9 | A | 7 |
| 10 | A | 7 |
| 11 | B | 7 |
| 12 | A | 7 |
| 13 | A | 7 |
| 14 | B | 7 |
| 15 | A | 7 |
| 16 | A | 7 |
| 17 | B | 7 |
| 18 | A | 7 |
| 19 | A | 7 |
| 20 | B | 7 |
| 21 | A | 7 |
| 22 | A | 7 |
| 23 | B | 7 |
| 24 | A | 7 |
| 25 | A | 7 |
| 26 | B | 7 |
| Celkový počet bodů | | 175 |

6.2.3 Geodetické měření deformací vnitřních stěn tunelu

Po betonáži vnitřních stěn, resp. po jejich odbednění se provede osazení trigonometrických bodů ve 25 profilech pro měření případných deformací těchto konstrukcí. Přehled bodů v jednotlivých profilech je uveden v následující tabulce 3. Situace profilů je znázorněna v koordinační situaci monitoringu v příloze č.2.001.

Geodetické body budou osazovány do navržených profilů ihned po zpřístupnění betonové konstrukce po odbednění. Body budou instalovány do předvrtaných otvorů, do betonové konstrukce pomocí trnů se speciálně upravenou hlavou pro nasazení reflektorů.

Bezprostředně po osazení bodů v profilu bude provedeno nulové měření a dále měření v intervalech 1 den, 1 den a 7 dní. Další měření bude probíhat v intervalu 14 dní po dobu 3 měsíců od osazení, poté bude interval měření upraven na 1x za měsíc. Celkem se předpokládá 20 etap měření. Celkový počet měření se předpokládá 1 000 (50 bodů x 20 etap měření).

Měření za provozu bude probíhat na 50 bodech ve stropě. Během prvních 3 let provozu bude měření probíhat v intervalu 1x za půl roku. Celkem se předpokládá 6 etap měření. Celkový počet měření se předpokládá 300 (50 bodů x 6 etap měření).

Tabulka 3 Přehled bodů na vnitřních stěnách tunelu

| Číslo profilu | Typ profilu | Počet bodů |
|--------------------|-------------|------------|
| 1 | B | 2 |
| 2 | A | - |
| 3 | A | 2 |
| 4 | A | 2 |
| 5 | B | 2 |
| 6 | A | 2 |
| 7 | A | 2 |
| 8 | B | 2 |
| 9 | A | 2 |
| 10 | A | 2 |
| 11 | B | 2 |
| 12 | A | 2 |
| 13 | A | 2 |
| 14 | B | 2 |
| 15 | A | 2 |
| 16 | A | 2 |
| 17 | B | 2 |
| 18 | A | 2 |
| 19 | A | 2 |
| 20 | B | 2 |
| 21 | A | 2 |
| 22 | A | 2 |
| 23 | B | 2 |
| 24 | A | 2 |
| 25 | A | 2 |
| 26 | B | 2 |
| Celkový počet bodů | | 50 |

6.2.4 Geodetické měření deformací portálových stěn

Geodetické body budou osazeny také na oba portály. Po obnažení podzemních stěn bude na každém portálu osazeno po 6 bodech. Na hlavový trám bude na každém portálu osazeno po 3 bodech. Celkem se jedná o 18 trigonometrických bodů. Situace trigonometrických bodů je znázorněna v koordinační situaci monitoringu v příloze č.2.001, včetně pohledů na portály.

Geodetické body budou osazovány ihned po zpřístupnění betonové konstrukce po odtěžení, respektive po betonáži hlavového trámu. Body budou instalovány do předvrtaných otvorů, do betonové konstrukce pomocí trnů se speciálně upravenou hlavou pro nasazení reflektorů.

Bezprostředně po osazení bodů v profilu bude provedeno nulové měření a dále měření v intervalech 7 dní a 7 dní. Další měření bude probíhat v intervalu 14 dní po dobu 3 měsíců od osazení, poté bude interval měření upraven na 1x za měsíc. Celkem se předpokládá 25 etap měření na bodech osazených na portálových stěnách a 20 etap měření na bodech osazených na hlavovém trámu. Celkový počet měření se předpokládá 420 (12 bodů x 25 etap měření + 6 bodů x 20 etap měření).

Měření za provozu bude probíhat na 6 bodech osazených na hlavových trámech. Během prvních 3 let provozu bude měření probíhat v intervalu 1x za půl roku. Celkem se předpokládá 6 etap měření. Celkový počet měření se předpokládá 36 (6 bodů x 6 etap měření).

Tabulka 4 Přehled geodetických bodů na portálech

| Bod | Portál | Výškové umístění bodu | Umístění vzhledem ke kotvám | Poznámka |
|-----|--------|-----------------------|-----------------------------|------------|
| 1 | Brno | 1. kotevní úroveň | KB-10a | |
| 2 | | 2. kotevní úroveň | KB-10b | |
| 3 | | 1. kotevní úroveň | KB-11a | |
| 4 | | 2. kotevní úroveň | KB-11b | |
| 5 | | 1. kotevní úroveň | KB-12a | dynamometr |
| 6 | | 2. kotevní úroveň | KB-12b | dynamometr |
| 7 | | hlavový trám | průmět KB-10a | |
| 8 | | hlavový trám | průmět KB-11a | |
| 9 | | hlavový trám | průmět KB-12a | |
| 10 | Přerov | 1. kotevní úroveň | KP-8a | |
| 11 | | 2. kotevní úroveň | KP-8b | |
| 12 | | 1. kotevní úroveň | KP-9a | |
| 13 | | 2. kotevní úroveň | KP-9b | |
| 14 | | 1. kotevní úroveň | KP-10a | dynamometr |
| 15 | | 2. kotevní úroveň | KP-10b | dynamometr |
| 16 | | hlavový trám | průmět KB-8a | |
| 17 | | hlavový trám | průmět KB-9a | |
| 18 | | hlavový trám | průmět KB-10a | |

6.3 Tenzometrické měření

Tenzometrická měření podávají informaci a vývoji napětí v konstrukci. Tenzometrická měření jsou umístěna do profilů společně s geodetickým měřením deformací a podávají tak kompletní informaci o chování konstrukce a jejím odezvám na vnější zatížení od okolního prostředí (geologické a hydrogeologické podmínky, bobtnací tlaky, atd.), prováděnou ražbu, zpětný zásyp konstrukce tunelu a provozní a užité zatížení tunelu. Stejně jako měření deformací konstrukce umožňují kontrolu provádění stavby a porovnání odezvy konstrukce i z pohledu předpokladu projektové dokumentace a statického výpočtu. Včasné odhalení negativního vývoje napětí v konstrukci umožní předejít nepředpokládanému zatížení konstrukce, a tedy jejímu poškození, a v krajním případě se vyhnout jejímu kolapsu.

K měření napětí jednotlivých částí železobetonové konstrukce tunelu budou použity vibrační strunové tenzometry se zabudovaným teplotním čidlem pro příp. teplotní korekci. Od tenzometrů budou svedeny kabely v chráničkách do svorkovnice v místě, kde bude prováděn ruční odečet.

Přesnost měření požadujeme $1 \mu\epsilon \pm 0,5 \%$ měřeného rozsahu, rozsah měření je $3000 \mu\epsilon$ ($\pm 1500 \mu\epsilon$) a maximální nelinearita než $0,5 \%$ z měřeného rozsahu. Vliv teplotních změn lze kompenzovat korekcí – měřením teploty v místě tenzometru a příslušným výpočtem. Každý tenzometr je standardně vybaven čidlem teploty.

Zjištěné hodnoty přetvoření budou vyhodnocovány ve formě grafů časového vývoje přetvoření v primárním ostění. Takto zhodnocené výsledky měření budou k dispozici v příslušném adresáři výstupní databáze do 24 hodin po provedení souboru měření.

Tenzometrické profily jsou navrženy v definitivních konstrukcích tunelu. Jedná se o strop, základovou desku a konstrukce vnitřních stěn, které dohromady tvoří uzavřený rám konstrukce. Tenzometrické profily jsou situovány do 9 sdužených profilů typu „B“ situovaných po cca 90 metrech.

Přehled dvojic tenzometrů v jednotlivých profilech je uveden v následující tabulce 4. Situace profilů je znázorněna v koordinační situaci monitoringu v příloze č.2.001, včetně vzorových příčných řezů.

Tenzometry osazené ve stropní desce budou osazeny tak, aby bylo měření možno provádět z tunelu. Měření ve stropě tunelu bude zahájeno po odtěžení tunelu v příslušném měřicím profilu. Měření ve vnitřních stěnách a ve dně tunelu bude zahájeno po osazení a betonáži vnitřních stěn, resp. dna tunelu.

Měření ve stropě bude zahájeno bezprostředně po odtěžení v místě profilu v intervalech 1 den, 1 den a 7 dní. Další měření bude probíhat v intervalu 14 dní po dobu 3 měsíců od osazení, poté bude interval měření upraven na 1x za měsíc. Měření ve vnitřních stěnách a ve dně tunelu bude zahájeno bezprostředně po betonáži vnitřních stěn, resp. dna tunelu v intervalech 1 den, 1 den a 7 dní. Další měření bude probíhat v intervalu 14 dní po dobu 3 měsíců od osazení, poté bude interval měření upraven na 1x za měsíc. Celkem se předpokládá 20 etap měření. Celkový počet měření se předpokládá 2 880 (144 bodů x 20 etap měření).

Měření za provozu bude probíhat na 144 tenzometrech. Během prvních 3 let provozu bude měření probíhat v intervalu 1x za půl roku. Celkem se předpokládá 6 etap měření. Celkový počet měření se předpokládá 864 (144 bodů x 6 etap měření).

Tabulka 5 Přehled tenzometrů

| Číslo profilu | Typ profilu | Počet tenzometrů | | | Počet tenzometrů celkem |
|--------------------------|-------------|------------------|------------|-------------|-------------------------|
| | | strop | dno | stěny | |
| 1 | B | 6 (3 x 2) | 2 (1 x 2) | 8 (4 x 2) | 16 |
| 5 | B | 6 (3 x 2) | 2 (1 x 2) | 8 (4 x 2) | 16 |
| 8 | B | 6 (3 x 2) | 2 (1 x 2) | 8 (4 x 2) | 16 |
| 11 | B | 6 (3 x 2) | 2 (1 x 2) | 8 (4 x 2) | 16 |
| 14 | B | 6 (3 x 2) | 2 (1 x 2) | 8 (4 x 2) | 16 |
| 17 | B | 6 (3 x 2) | 2 (1 x 2) | 8 (4 x 2) | 16 |
| 20 | B | 6 (3 x 2) | 2 (1 x 2) | 8 (4 x 2) | 16 |
| 23 | B | 6 (3 x 2) | 2 (1 x 2) | 8 (4 x 2) | 16 |
| 26 | B | 6 (3 x 2) | 2 (1 x 2) | 8 (4 x 2) | 16 |
| Celkový počet tenzometrů | | 54 (27 x 2) | 18 (9 x 2) | 72 (36 x 2) | 144 |

6.4 Inklinometrické měření

Inklinometrická měření jsou prováděna za účelem měření deformací – horizontálních posunů. V případě této stavby jsou navrženy pro měření deformací konstrukce nebo svahu za hranou předvýkopu. Měření inklinometrická doplňují měření geodetická a dohromady podávají ucelenou informaci o deformačním chování konstrukce a předvýkopu. V případě inklinometrických měření je výsledek měření násobně přesnější a jeho vyhotovení je možné provádět v kratším časovém intervalu s ohledem na jejich menší časovou náročnost oproti trigonometrickému měření. Inklinometry za hranou předvýkopu umožní predikci nepříznivého vývoje stability svahu ještě před tím, než se deformace projeví na samotném předvýkopu. V případě inklinometrických měření v podzemních stěnách je možné obdržet kompletní odezvu podzemních stěn na prováděnou ražbu a narůstající zatížení. Inklinometrická měření stejně jako geodetická a tenzometrická měření umožňují předejít negativnímu vývoji deformace konstrukce a zabránit tak jejímu poškození nebo kolapsu.

Inklinometry jsou zařízení k měření horizontálních posunů. Základním principem je měření náklonu pažnice vrtu citlivým náklonoměrem. Měření se provádí ve dvou na sebe kolmých směrech vytahováním inklinometrické sondy od spodu nahoru v intervalu 0,5 m.

Měření musí umožnit maximální měřitelný posun 10 cm na každých 0,5 m hloubky vrtu. Přesnost odečtu náklonoměrné sondy je 0,0001 sinu měřeného úhlu. Přesnost metody při určování náklonu je 1 mm na každých 10 m vrtu, resp. pažnice.

Výsledky měření budou interpretovány jako grafy časového vývoje horizontální deformace v jednotlivých sledovaných hloubkách a měření budou k dispozici v příslušném adresáři databáze ISM do 24 hodin po provedení souboru měření.

Inklinometrické pažnice budou převážně instalovány do lamel podzemních stěn, a to ve sdružených profilech typu „B“ a v obou portálových podzemních stěnách. Kromě toho budou vybudovány 2 inklinometrické vrty nad horní hranou svahu předvýkopu.

Inklinometrické pažnice v konstrukci jsou ocelové profily 50/50/3, které se instalují do armokoše lamely podzemní stěny. Alternativně je možno osadit inklinometrickou výpažnici z ABS průměru 71 mm do armokoše lamel, kde bude zajištěna na patě tak, aby se nemohla uvolnit během betonáže.

Pro inklinometry nad horní hranou předvýkopu budou vyhloubeny dva bezjádrové vrty ve sdružených profilech 5 a 14. Hloubka vrtů bude ukončena v úrovni dna tunelu. Vrty budou situovány cca 1 m severně od horní hrany budoucího předvýkopu v záboru stavby. Vrty budou realizovány před zahájením hloubení předvýkopu. Pažnice mají vnější průměr 77 mm.

Přehled inklinometrů v jednotlivých profilech je uveden v následující tabulce 5. Situace profilů je znázorněna v koordinační situaci monitoringu v příloze č.2.001, včetně vzorových příčných řezů a pohledů na portály.

Po zatuhnutí betonu podzemních stěn, respektive po zatuhnutí injektáže vrtů bude provedeno nulové měření a dále měření v intervalech 7 dní a 7 dní. Další měření bude probíhat v intervalu 14 dní po dobu 3 měsíců od osazení, poté bude interval měření upraven na 1x za měsíc. Celkem se předpokládá 15 etap měření. Celkový počet měření se předpokládá 330 (2 vrty + 22 pažnic v podzemních stěnách x 15 etap měření).

Inklinometrické měření za provozu se nepředpokládá.

Tabulka 6 Přehled inklinometrických pažnic v podzemních stěnách a vrtů nad svahem předvýkopu

| Číslo profilu | Typ profilu | Inklinometrické pažnice v podzemních stěnách | Délka pažnice (m) | Inklinometrické vrty nad svahem předvýkopu | Hloubka vrtu (m) |
|----------------------------|-------------|--|-------------------|--|------------------|
| 1 | B | 2 | 20 m | | |
| 5 | B | 2 | 20 m | 1 | 22 m |
| 8 | B | 2 | 20 m | | |
| 11 | B | 2 | 20 m | | |
| 14 | B | 2 | 20 m | 1 | 22 m |
| 17 | B | 2 | 20 m | | |
| 20 | B | 2 | 20 m | | |
| 23 | B | 2 | 20 m | | |
| 26 | B | 2 | 20 m | | |
| Brněnský portál | | 2 | 20 m | | |
| Přerovský portál | | 2 | 20 m | | |
| Celkový počet inklinometrů | | 22 | 440 m | 2 | 44 m |

6.5 Dynamometrické měření na kotvách

Dynamometrická měření na kotvách sledují průběh předpětí kotev v čase, během výstavby i za provozu tunelu. Dynamometry jsou osazeny na trvalých kotvách obou portálů tunelu. Měřením síly v kotvách se dá odhalit poškození kotvy, nadměrné deformace kotvené konstrukce, atd.

Pro ověření stálosti předpětí kotevního systému lamel portálových podzemních stěn se budou provádět dynamometrická měření na předpjatých kotvách. Kotevní síly budou snímány dynamometry. Zároveň s měřením tahu pod hlavou kotvy proběhne geodetické měření polohového bodu na hlavě

kotvy. Budou použity dynamometry s měřícím rozsahem 0 až 1000 kN, s možností přetížení do 1500 kN. Kotevní síly jsou snímány elektrickými snímači tlaku, odečet měřených hodnot se provádí manuálně přenosnou měřicí aparaturou. Výstup ze snímače je hodnota měřená v [mV], ke každému dynamometru je výrobcem dodána kalibrační křivka pro přepočet této měřené hodnoty na velikost síly v [kN].

Dynamometry jsou osazovány v průběhu předpínání kotev pod roznášecí desku hlavy kotvy. Od dynamometru je vyveden kabel pro přenos elektrického signálu. Kabel je ukončen ve svorkovnici sběrné skříňky, kde se provádí odečet měřených hodnot. Přesnost měření změny kotevní síly je udávána výrobcem: $< \pm 0.5 \%$ z měřícího rozsahu dynamometru.

Zjištěné hodnoty budou vyhodnocovány ve formě grafů časového vývoje změny napětí. Takto zhodnocené výsledky měření budou k dispozici v příslušném adresáři výstupní databáze do 24 hodin po provedení souboru měření.

Umístění dynamometrů na Brněnském a Přerovském portálu je zobrazeno v situaci monitoringu v příloze č.2.001 a přiřazení k jednotlivým kotvám je uvedeno v následující tabulce 6. Celkem budou osazeny 4 dynamometry.

Bezprostředně po osazení dynamometrů bude provedeno nulové měření a dále měření v intervalech 7 dní a 7 dní. Další měření bude probíhat v intervalu 14 dní po dobu 3 měsíců od osazení, poté bude interval měření upraven na 1x za měsíc. Celkem se předpokládá 30 etap měření. Celkový počet měření se předpokládá 120 (4 dynamometry x 30 etap měření).

Měření za provozu bude probíhat na 4 dynamometrech. Během prvních 3 let provozu bude měření probíhat v intervalu 1x za půl roku. Celkem se předpokládá 6 etap měření. Celkový počet měření se předpokládá 24 (4 dynamometry x 6 etap měření).

Tabulka 7 Přehled dynamometrů

| Dynamometr | Portál | Kotevní úroveň | Trvalá kotva | Délka kotvy | Sklon | Kotevní síla | Zkušební síla |
|------------|--------|----------------|--------------|-------------|-------|--------------|---------------|
| 1 | Brno | 1.KÚ | KB-12a | 19,0 m | 25° | 400 kN | 480 kN |
| 2 | Brno | 2.KÚ | KB-12b | 17,0 m | 25° | 400 kN | 480 kN |
| 3 | Přerov | 1.KÚ | KP-10a | 19,0 m | 25° | 400 kN | 480 kN |
| 4 | Přerov | 2.KÚ | KP-10b | 17,0 m | 25° | 400 kN | 480 kN |

6.6 Hydrogeologické měření

Měření hladiny podzemní vody je prováděno za účelem stanovení míry ovlivnění úrovně hladiny podzemní vody prováděnými výkopovými a razicími pracemi. S ohledem na hloubku podzemních stěn se nepředpokládá výrazné ovlivnění hladiny podzemní vody v trase tunelu. K ovlivnění hladiny podzemní vody může dojít na portálech vlivem hlubokých předvýkopů pro navazující opěrné zdi. Do prostoru obou portálů jsou proto umístěny vždy dva monitorovací hydrogeologické vrty.

Měření úrovně hladiny podzemní vody bude prováděno manuálně elektrokontaktním hladinoměrem. Přesnost odečtu úrovně hladiny podzemní vody ve vrtech bude minimálně 10 mm.

Výsledky měření hladin podzemní vody budou interpretovány jako grafy časového vývoje pohybů hladiny podzemní vody.

Měření bude probíhat ve stávajících hydrogeologických vrtech HJ630, HJ631 u přerovského portálu a HJ623, HJ624 u brněnského portálu. Situace hydrogeologických vrtů je znázorněna v koordinační situaci monitoringu v příloze č.1.

Měření bude probíhat v intervalu 1x za měsíc. Celkem se předpokládá 15 etap měření. Celkový počet měření se předpokládá 60 (4 vrty x 15 etap měření).

Hydrogeologické měření během provozu se nepředpokládá.

7. POŽADAVKY NA ZHOTOVITELE STAVBY

Práce související s prováděním GTM a stavební práce se časově a prostorově navzájem překrývají. Proto bude potřebné tyto práce koordinovat. Zhotovitel stavby na nezbytně dlouhou dobu své práce upraví tak, aby zhotovitel GTM mohl bezproblémově provést potřebné činnosti související s plněním úkolů geotechnického monitoringu.

Zhotovitel stavby umožní geologickou dokumentaci předvýkopu, lamel podzemních stěn a čela výrubu tunelu. Zhotovitel stavby umožní přístup k místům, kde budou osazovány jednotlivé prvky monitoringu. Zhotovitel stavby poskytne potřebnou součinnost jak při osazování, tak při měření.

Zhotovitel stavby pro pracovníky GTM dále zajistí:

- školení bezpečnosti práce
- zapůjčení důlních lamp a sebezáchranných přístrojů ve shodě s provozní dokumentací

8. ZÁVĚR

Přehled všech navržených prací geotechnického monitoringu je uveden v Tabulce 8 a 9.

Tabulka 8 Přehled monitorovacích prvků

| Číslo profilu | Typ profilu | Geodetické body | | | Tenzo metry | Inklinometry | | Dynamo metry |
|----------------------|-------------|-----------------|------------------------|---------------|-------------|-------------------|----------|--------------|
| | | svahy | podzemní stěny a strop | vnitřní stěny | | podzemní stěny | vrty | |
| 1 | B | 3 | 7 | 2 | 16 | 2 x 20 m | | |
| 2 | A | 3 | | | | | | |
| 3 | A | 5 | 7 | 2 | | | | |
| 4 | A | 5 | 7 | 2 | | | | |
| 5 | B | 5 | 7 | 2 | 16 | 2 x 20 m | 1 x 22 m | |
| 6 | A | 5 | 7 | 2 | | | | |
| 7 | A | 5 | 7 | 2 | | | | |
| 8 | B | 5 | 7 | 2 | 16 | 2 x 20 m | | |
| 9 | A | 5 | 7 | 2 | | | | |
| 10 | A | 5 | 7 | 2 | | | | |
| 11 | B | 5 | 7 | 2 | 16 | 2 x 20 m | | |
| 12 | A | 5 | 7 | 2 | | | | |
| 13 | A | 6 | 7 | 2 | | | | |
| 14 | B | 7 | 7 | 2 | 16 | 2 x 20 m | 1 x 22 m | |
| 15 | A | 7 | 7 | 2 | | | | |
| 16 | A | 7 | 7 | 2 | | | | |
| 17 | B | 7 | 7 | 2 | 16 | 2 x 20 m | | |
| 18 | A | 6 | 7 | 2 | | | | |
| 19 | A | 6 | 7 | 2 | | | | |
| 20 | B | 6 | 7 | 2 | 16 | 2 x 20 m | | |
| 21 | A | 6 | 7 | 2 | | | | |
| 22 | A | 6 | 7 | 2 | | | | |
| 23 | B | 4 | 7 | 2 | 16 | 2 x 20 m | | |
| 24 | A | 4 | 7 | 2 | | | | |
| 25 | A | 4 | 7 | 2 | | | | |
| 26 | B | 4 | 7 | 2 | 16 | 2 x 20 m | | |
| 27 | A | | | | | | | |
| Brněnský portál | | | 9 | | | 2 x 20 m | | 2 |
| Přerovský portál | | | 9 | | | 2 x 20 m | | 2 |
| Mezisoučet | | 136 | 193 | 50 | 144 | 22 (440 m) | 2 (44 m) | 4 |
| Celkový počet | | 379 | | | 144 | 24 (484 m) | | 4 |

Tabulka 9 Přehled měření

| Metoda / rozsah měření | | během výstavby | | | během provozu | | | měření celkem |
|-----------------------------|-----------------------|----------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| | | měřené prvky | etapy měření | měření celkem | měřené prvky | etapy měření | měření celkem | |
| Geodetické body | svahy | 136 | 25 | 3 400 | | | | 3 400 |
| | podzemní stěny | 150 | 20 | 3 000 | | | | 3 000 |
| | strop | 25 | 20 | 500 | 25 | 6 | 150 | 650 |
| | vnitřní stěny | 50 | 20 | 1 000 | 50 | 6 | 300 | 1 300 |
| | kotvy | 12 | 25 | 300 | | | | 300 |
| | hlavový trám | 6 | 20 | 120 | 6 | 6 | 36 | 156 |
| Tenzometry | | 144 | 20 | 2 880 | 144 | 6 | 864 | 3 744 |
| Inklino metry | podzemní stěny | 22 | 15 | 330 | | | | 330 |
| | vrty | 2 | 30 | 60 | | | | 60 |
| Dynamometry | | 4 | 30 | 120 | 4 | 6 | 24 | 144 |
| Hydrogeologické vrty | | 4 | 15 | 60 | | | | 60 |