

Prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy, podrobný geotechnický průzkum pro trasu a tunel

Geochemie



2023

Projekce iGEO s.r.o.

Nám. 28. října 1899/11, 602 00 Brno Černá Pole

IČ: 061 90 499, DIČ: CZ061 90 499

tel.: 608022443

web: www.igeo.cz

e-mail: ivan.poul@igeo.cz

Geotechnika, statika, inženýrská a stavební geologie, hydrogeologie

Název zakázky: Prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy,
podrobný geotechnický průzkum pro trasu a tunel

Číslo zakázky: 039-2023

Objednatel: Dopravní podnik města Brna a.s.

Prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy, podrobný geotechnický průzkum pro trasu a tunel

Geochemie



Zodpovědný řešitel: **RNDr. Mgr. Ivan Poul, Ph.D.**

Brno, listopad 2023

Obsah

1. Úvod	4
1.1 Použité podklady a literatura	4
2. Geochemie, odpadové hospodářství.....	4
2.1 Míra znečištění zemin	4
2.2 Podzemní voda	5
3. Závěr	8

Přílohy:

1. Laboratorní analýzy

Rozdělovník:

1 -3 a digitálně	Dopravní podnik města Brna a.s.
Digitálně	Projekce iGEO s.r.o.

1. Úvod

Na základě objednávky od společnosti Dopravní podnik města Brna a.s. byl mimo jiné proveden hydrogeologický a podrobné chemické testování složení zemin a vod. Průzkum navazuje na předběžný, který v roce 2016 realizovala společnost GEOTest a.s. (Novotný a kol.). Průzkum je realizován v k.ú. Brno – Bystrc a Žebětín. Účelem je doplnění informací pro zmapování stavu znečištění zemin a jejich využitelnosti v budoucích stavebních pracích v zájmové oblasti, která je z více než 50 % pokryta zástavbou, pro projektování prodloužení tramvajové trati (etapa PDPS) dlouhé přibližně 1,75 km. Dále bylo stanoveno složení podzemní vody a kvalita vody v blízké zahradnické kolonii u ulice Vejrostova. Tyto výsledky jsou stěžejní pro předpověď vlivu prostředí na budoucí stavební objekty a pro monitoring vlivu stavebních prací na kvalitu místní pitné vody. Průzkum probíhal podle projektu geologických prací, který zpracovala společnost AMBERG Engineering Brno a.s.

1.1 Použité podklady a literatura

ČSN 03 8375 – Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi
ČSN EN 206-1+A2: Beton – část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. ČSN 75 9010
Vyhláška č. 273/2021 Sb. Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady
Vyhláška č. 70/2018 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb
Vyhláška č. 252/2004 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

Horák, V., Kočíčková, V. aj. (2022): Prodloužení TT Bystrc-Kamechy - projekt podrobného geotechnického průzkumu. – MS AMBERG ENGINEERING Brno, a.s., Brno.

Charvát, J. a kol. (2022): Prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy. – MS, Projekční kancelář OSSENDORF, s.r.o., Brno.

2. Geochemie, odpadové hospodářství

V rámci průzkumných prací byly analyzovány vzorky podzemní vody a zemin.

2.1 Míra znečištění zemin

Z provedených vrtaných a kopaných sond bylo odebráno a posléze analyzováno 15 vzorků zemin za účelem posouzení míry kontaminace zemin a porovnání s vyhl. č. 273/2021 Sb. Výsledky uvedené v tabulce 1 poukazují na splnění všech limitů na přítomnost těžkých kovů. Připravené výluhy z uvedených vzorků splňují limity vyhlášky č. 273/2021 Sb. všechny vzorky mimo **vzorek z vrtu J142. Tento vzorek přesahuje několik limitů** - nejvíce limit na obsah rozpustných látek $RL=7490$ (limit 400) mg/l. Podle přílohy č. 10 vyhlášky 273/2021 není vhodné použití tohoto materiálu k zasypávání. Je možné jej uložit na skládku **typu S-inertní**.

Nadlimitní obsah organických polutantů byl nalezen **u vzorku z vrtu J148 a sondy S102** (vzorek materiálu kolejového lože). Obsah uhlovodíků C10-C40 v hloubce 0,4 m vrtu J148 dosahoval 1050 mg/kg sušiny. Podle přílohy č. 10 vyhlášky 273/2021 není vhodné použití této zeminy k zasypávání. Podle přílohy č. 10 tabulky 10.2 **překračuje limit pro uložení na skládce S-003** (750 mg/kg sušiny). Materiál kolejového lože u konečné Ečerova přesahuje v jednom místě (kopaná sonda S102) limity na přítomnost polyaromatických uhlovodíků (PAU) a to 15,1 mg/kg sušiny. Podle přílohy č. 10 vyhlášky 273/2021 je uvedeno, že není

vhodné použít tento materiál k zasypávání. **Materiál je možné uložit na skládku typu S-inertní. Odstranění organických polutantů je možné dosáhnout pyrolýzou tohoto materiálu.**

Tab. 1: Výsledky analýz kontaminace odebraných vzorků zemin dle vyhl. č. 273/2021

Č.vzorku	Vrt	Hloubka (m)	Vyhodnocení kontaminace těžkými kovy vyhláška č. 273/2021 Tab. 5.1	Vyhodnocení kontaminace výluhu vyhláška č. 273/2021 Tab. 5.2	Vyhodnocení kontaminace org. látkami vyhláška č. 273/2021 Tab. 5.1
96-08	HV110	0,4	Negativní	Negativní	Negativní
96-09	HV110	4,8-5,0	Negativní	Negativní	Negativní
96-32	HV117	2,0-2,2	Negativní	Negativní	Negativní
96-53	HV121	0,1-0,4	Negativní	Negativní	Negativní
96-07	HV133	0,3	Negativní	Negativní	Negativní
96-92	INK116	0,2-0,3	Negativní	Negativní	Negativní
96-82	INK118	0,2-0,4	Negativní	Negativní	Negativní
96-76	INK119	0,0-0,2	Negativní	Negativní	Negativní
96-71	J115	0,4-0,6	Negativní	Negativní	Negativní
96-106	J139	0,3-0,5	Negativní	Negativní	Negativní
96-72	J142	0,4-0,5	Negativní	Nevyhovuje	Negativní
96-52	J148	0,4	Negativní	Negativní	C10-C40
96-106	J149	0,8-1,0	Negativní	Negativní	Negativní
96-77	S101	0,5	Negativní	Negativní	Negativní
96-80	S102	0,5	Negativní	Negativní	Nadlimit PAU

Z pohledu ekotoxicity výluhů odebraných zemin nebyl zjištěn žádný negativní vliv na chování modelových organismů, které by odporovalo požadavkům uvedených ve vyhlášce 273/2021 tabulce č. 5.3 jak je možné vidět v tabulce 2.

2.2 Podzemní voda

V rámci objasnění charakteru podzemních vod ve sledované lokalitě byl proveden odběr 4 vzorků vod z monitorovacích vrtů a 6 vzorků vody ze studní v blízké zahrádkářské kolonii. Zároveň byla provedena přímá měření pH, vodivosti a teploty při odběru. Tyto výsledky je možné brát jako výchozí stav před zahájením stavebních prací. Detailní výsledky jednotlivých analýz jsou uvedeny v příloze 1.

Podzemní voda byla testována ve vrtech i studních. Testy probíhaly také za účelem stanovení agresivity na beton (ČSN EN 206+A2), na ocel (ČSN 03 8375) a možnost využití vody jako pitné (Vyhláška č. 252/2004 Sb). V následující tabulce 3 jsou uvedeny výsledky hodnocení vody ve sledovaných vrtech. Podzemní voda z vrtů **HV110 nadlimitní množství vícero sledovaných složek**. Hladina podzemní vody byla v době odběru ve vrtu HV110 v hloubce 11,8 m ve vrstvě deluvio-fluviálních svahovin (šterk prachovitý). V důsledku přesáhnutí 9 ze sledovaných limitů není možné vyhodnotit vodu jako pitnou.

Hladina podzemní vody vrtu HV117 byla zastižena v 14,7 m v hornině granodioritu. Vzorek vody z tohoto vrtu splňoval limity všech sledovaných parametrů.

Tab. 2: Výsledky analýz ekotoxicity výluhů odebraných vzorků dle vyhl. č. 273/2021 tabulky č. 5.3

Vrt	Hloubka odběru (m)	bakterie <i>Alivibrio fischeri</i>	Perloočka <i>Daphnia magna Straus</i>	Řasa <i>Desmodesmus subspicatus</i>	Salát <i>Lactuca sativa</i>
HV110	0,4	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní
HV110	4,8-5,0	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní
HV117	2,0-2,2	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní
HV121	0,1-0,4	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní
HV133	0,3	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní
INK116	0,2-0,3	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní
INK118	0,2-0,4	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní
INK119	0,0-0,2	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní
J115	0,4-0,6	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní
J139	0,3-0,5	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní
J142b	0,4-0,5	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní
J148	0,4	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní
J149	0,8-1,0	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní
S101	0,5	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní
S102	0,5	Negativní	Negativní	Negativní	Negativní

Podzemní voda ve **vrtu HV121** byla ustálena v hloubce 14,6 m ve vrstvě granodioritových hornin. Z výsledků analýzy vzorku vody tohoto vrtu je viditelné, že obsahuje mírně **vyšší množství amonných kationtů a to 1,35 mg/l**, zatímco limit pro obsah NH_4^+ činí 0,5 mg/l.

Podzemní **voda z vrtu HV8 byla** ustálena v hloubce 5,4 m ve vrstvě neogenního jílu. Z výsledků analýzy této vody prokazatelně obsahuje nadlimitní množství vícero sledovaných složek a tak ji **není možné vyhodnotit jako pitnou**.

Tab. 3: Výsledky hodnocení kvality vody v sledovaných vrtech dle vyhl. č. 252/2004 a vyhl. č. 70/2018

VRT	Hodnocení	Nevyhovující parametr
HV110	Nevyhovuje	9 parametrů
HV117	Vyhovuje	
HV121	Částečně nevyhovuje	1,35 mg/l (0,5) NH_4^+
HV8*	Nevyhovuje	7 Parametrů

*archivní sonda, odběr a analýza z roku 2023

Tab. 4: Hodnocení pitné vody v studnách zahradnické kolonie blízké zájmové oblasti dle vyhl. č. 252/2004 a vyhl. č. 70/2018

Vzorek	Označení v situaci	Hodnocení	Nevyhovující parametr
ST1	ST 521	Částečně nevyhovuje	58,4 mg/l (max 50) NO ₃ ⁻
ST2	ST 1503	Částečně nevyhovuje	202 mg/l (max 100) Cl ⁻ , 172,9 mS/m (max 125) konduktivita
ST3	ST 2786	Částečně nevyhovuje	68,5 mg/l (max 50) NO ₃ ⁻ , 170 mg/l (max 100) Cl ⁻ , 153,5 mS/m (max 125) konduktivita
ST4	ST 536	Částečně nevyhovuje	220 mg/l (max 100) Cl ⁻ , 162,8 mS/m (max 125) konduktivita
ST6	ST 1354	Částečně nevyhovuje	60,8 mg/l (max 50) NO ₃ ⁻
ST7	ST 2378	Částečně nevyhovuje	76,1 mg/l (max 50) NO ₃ ⁻

Agresivita podzemní vody na ocel byla vyhodnocena pro vrty HV8, HV117 a HV121 dle ČSN 03 8375 tab. 13.2, jak je možné vidět v tabulce 4, jako střední II. Agresivita prostředí na ocel ve vrtu HV110 byla vyhodnocena jako velmi vysoká IV. a to zejména z důvodu několikanásobnému obsahu chloridů než byl stanoven u ostatních vrtů. Agresivita podzemní vody na ocel ve vrtu HV133 nebyla vyhodnocena, protože v této vodě nebyl stanoven obsah chloridů.

Útočnost podzemní vody na beton v tabulce 5 byla vyhodnocena dle ČSN EN 206+A2 tab. 13.4 **jako slabá XA1 v případě vrtu HV121 v důsledku obsahu agresivního CO₂**. Sledované koncentrace složek dle ČSN EN 206+A2 pro vrty HV8, HV110 HV117 a HV133 se pohybovaly pod spodním limitem kategorie XA1 slabě agresivní. Je nutné brát v potaz vysoký obsah chloridů v podzemní vodě vrtu HV110. Podobné závěry byly dosaženy v analýzách provedených v archivních vrtech v předchozím HG průzkumu shrnutých v tabulce 6.

Tab. 4 Vyhodnocení agresivity podzemní vody na ocel dle ČSN 03 8375

VRT	pH	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ +Cl ⁻ (mg/l)	vodivost (mS/m)	Agresivita prostředí z hlediska působení vody na ocel
HV110	7,41	135,0	427,0	562,0	201,0	velmi vysoká IV.
HV117	7,23	71,4	53,0	124,4	69,2	Střední II.
HV121	7,19	56,3	44,7	101,0	46,1	Střední II.
HV8*	7,14	46,7	104,0	150,7	70,5	Střední II.

*archivní sonda, odběr a analýza 2023

Tab. 5 Vyhodnocení agresivity podzemní vody na beton ČSN EN 206-1 Beton - Část 1

VRT	pH	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Agresivní CO ₂ (mg/l)	Agresivita prostředí z hlediska působení vody na beton
HV110	7,41	135,0	1,2			Pod nejnižší limit XA0
HV117	7,23	71,4	0,091			Pod nejnižší limit XA0
HV121	6,57	56,3	1,75	15,6	20,1	Slabě agresivní XA1
HV133	7,18	55,6	1,9	48	4,78	Pod nejnižší limit XA0
HV8	7,14	46,7	1,7			Pod nejnižší limit XA0

*archivní sonda, odběr a analýza 2023

Tab. 6 Vyhodnocení agresivity podzemní vody na beton a ocel archivních vrtů dle ČSN 03 8375 a ČSN EN 206+A2 Beton - Část 1

Archivní sondy	Agresivita prostředí z hlediska působení vody na beton	Agresivita prostředí z hlediska působení vody na ocel
J2, J4, J10, J14, J15, J17, J17A, HV18, J19, J20, J21, J22	Slabě agresivní chemické prostředí (XA1)	Velmi vysoká (IV.)

Kvalita vody obsažené ve studních zahrádkářské kolonie v blízkosti budoucí tratě, je vyhodnocena v tabulce 7, kdy je zřejmé, že jsou mírně překročeny limity na přítomnost chloridů anebo dusičnanů. Zhoršená kvalita vody byla pravděpodobně způsobena používáním hnojit v zahrádkářské kolonii a posypem cest v jejím okolí.

3. Závěr

V rámci podrobného IG a HG průzkumu v zájmové oblasti Brno – Bystrc, Kamechy byly odebrány vzorky zemin pro stanovení kontaminace těžkými kovy a organickými polutanty, vzorky vody z hydrogeologických vrtů pro stanovení agresivity prostředí na beton a ocel a vzorky vody ze studen zahrádkářské kolonie (ulice Vejrostova) pro monitoring potenciálních změn kvality pitné vody během stavebních prací.

Ze všech vzorků zemin testovaných pro jejich potenciální kontaminaci překračují povolené limity vzorky z vrtů J142, J148 a S102. Vzorek vrtu **J142** přesahuje několik limitů, ale **nejvíce přesahuje limit na obsah rozpustných látek** RL=7490 (400) mg/l. Podle přílohy č. 10 vyhlášky 273/2021 **není vhodné použití tohoto materiálu k zasypávání. Je možné jej uložit na skládku typu S-inertní**. V případě zemin obsahující větší množství PAU (šterk kolejového lože) je doporučena pyrolýza.

Nadlimitní obsah organických polutantů byl nalezen u vzorků vrtu J148 a S102 (vzorek materiálu kolejového lože). Materiál v hloubce 0,4 m vrtu **J148** podle přílohy č. 10 vyhlášky 273/2021 **není vhodné použití této zeminy k zasypávání**. Podle přílohy č. 10 tabulky 10.2 **překračuje limit pro uložení na skládce S-003** (750 mg/kg sušiny). **Odstranění organických polutantů** je možné dosáhnout **kalcinací** tohoto materiálu v rámci povolených úprav před uložením na skládku D9 dle příloha č. 8 k vyhlášce č. 273/2021 Sb.

Materiál kolejového lože u konečné Ečerova přesahuje v jednom místě (**vrt S102**) limity na přítomnost polyaromatických uhlovodíků (**PAU**) a to **15,1 (6) mg/kg sušiny**. Podle přílohy č. 10 vyhlášky 273/2021 **není vhodné použít tento materiál k zasypávání. Možné uložit na skládku typu S-inertní**. **Odstranění organických polutantů** je možné dosáhnout **kalcinací** tohoto materiálu v rámci povolených úprav před uložením na skládku D9 dle příloha č. 8 k vyhlášce č. 273/2021 Sb.

Ostatní Zeminy splňují limity pro jejich využití k zasypávání popř. uložení na skládce odpadu S-inertní. Ekotoxikita výluhů všech zkoumaných zemin je v souladu s požadavky vyhlášky 273/2021.

Kvalita vody ve vrtech **HV110 a arch. HV8** přesahuje několik povolených limitů a tak ji **není možné klasifikovat jako pitnou**. Podzemní voda ve vrtu HV121

mírně přesahuje limit na obsah amonných iontů, zatímco voda ve vrtu HV117 splňuje limity na všechny sledované parametry.

Agresivita podzemní vody na ocel byla dle ČSN 03 8375 vyhodnocena jako **Střední II. Pro vrty HV117, HV121 a HV8 a velmi vysoká IV. pro vrt HV110** zejména z důvodu vysokému obsahu chloridů.

Agresivita podzemní vody na beton byla ve vrtech HV110, HV117, HV133, arch. HV8 obsahuje podlimitní hodnoty pro kategorii Slabě agresivní chemické prostředí (XA1). Ve vrtu HV121 byla podzemní voda klasifikována jako **Slabě agresivní XA1** z důvodu obsahu agresivního CO₂. Výsledky jsou konzistentní s výsledky předchozího IG a HG průzkumu realizovaného v roce 2016 společností GEOTest a.s. (Novotný a kol.).

Složení pitné vody ve studnách zahradnické kolonie poblíž ulice Vejrostova **mírně překračuje limity dané dle vyhl. č. 252/2004 a vyhl. č. 70/2018** a to v koncentraci **chloridů anebo dusičnanů**. Pravděpodobně dochází ke splavení hnojiv používaných v zahrádkářské kolonii a posypů cest.

Brně dne 16. 11. 2023

Zpracovali: Ing. Lukáš Matějka and RNDr. Mgr. Ivan Poul, Ph.D.

Zodpovědná osoba : RNDr. Mgr. Ivan Poul, Ph.D.
(jednatel Projekce iGEO, s.r.o.)

odborná způsobilost v sanační geologii, geochemii 2561/2021

PŘÍLOHY: