

Číslo zakázky: 21020259000

Číslo dokumentu: 1

Číslo výtisku: 0

Most ev. č. 23515-1 pod obcí Ostrovec

Geotechnický průzkum



červen 2021

Číslo zakázky: 21020259000
Číslo dokumentu: 1

Zakázka: Most ev. č. 23515-1 pod obcí Ostrovec
Dokument: Geotechnický průzkum
Objednatel: HM PROJEKT, Plzeň
Zhotovitel: INSET s.r.o., Divize geologie a geofyziky
Lucemburská 1170/7, 130 00 Praha 3
Tel.: +420 221 489 103, e-mail: geofyzika@inset.com

Odpovědný řešitel: Mgr. Ladislav Šplíchal

Ředitel divize: RNDr. Oldřich Levý

Dokument vypracovali: Mgr. Ladislav Šplíchal

Ing. Ondřej Rybář

Výstupní kontrola: Lucie Pokorná

Rozdělovník: 1-6 HM PROJEKT, Plzeň
0 spisovna INSET s.r.o.

OBSAH:

| | |
|--|----|
| 1. ÚVOD..... | 4 |
| 1.1. Rozsah a metodika průzkumných prací | 4 |
| 2. GEOLOGICKÁ A HYDROGEOLOGICKÁ STAVBA LOKALITY | 5 |
| 2.1. Chemický rozbor vody z Vejvanovského potoka | 6 |
| 3. SONDY DYNAMICKÉ PENETRACE..... | 6 |
| 4. KOROZNÍ AGRESIVITA PROSTŘEDÍ..... | 9 |
| 5. DOKUMENTACE ODVRTŮ V OPĚRÁCH | 10 |
| 6. GEOTECHNICKÉ PARAMETRY | 12 |
| 7. ZÁVĚR | 13 |

PŘÍLOHY:

Příloha 1: Situace lokality

Příloha 2: Schématický geologický řez

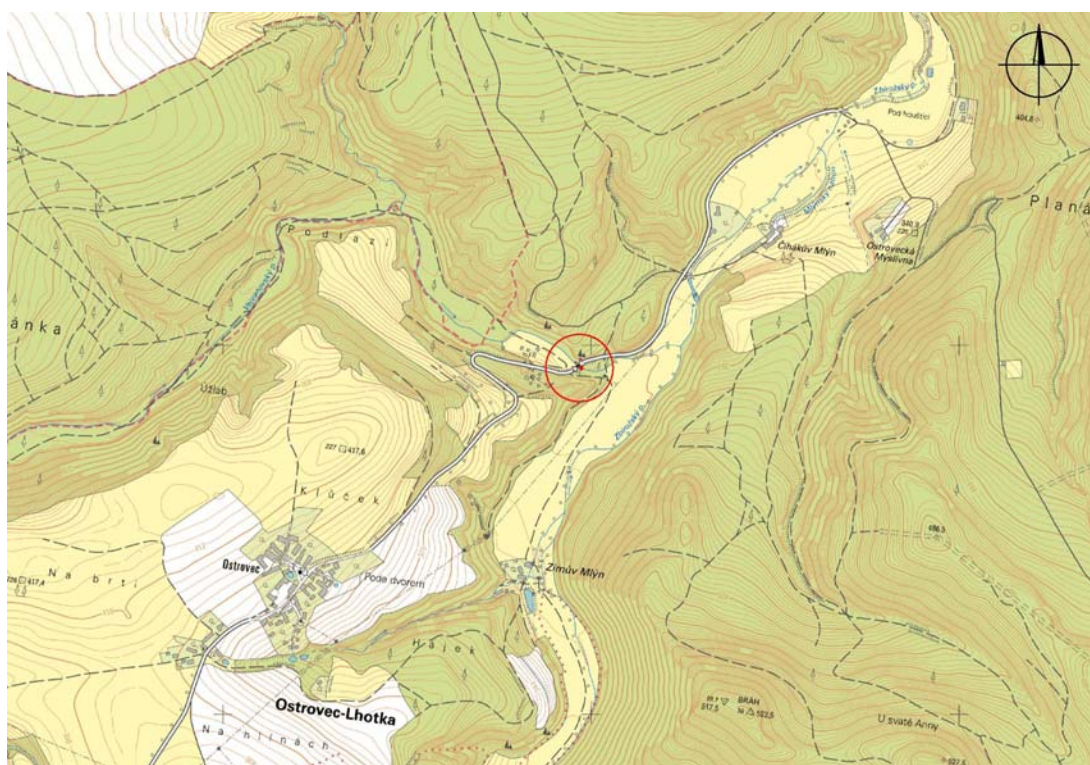
Příloha 3: Protokoly sond dynamické penetrace

Příloha 4: Laboratorní rozbor vody

1. ÚVOD

Na základě objednávky firmy HM PROJEKT - Plzeň, zastoupené M. Hejdkem, byl proveden geotechnický a korozní průzkum pro Most ev. č. 23515-1 pod obcí Ostrovec na Vejvanovském potoce, který je levostranným přítokem Zbirožského potoka (Obr. 1).

Most je tvořen ze dvou kamenných opěr (opěra 1 (OP1) je na pravé straně potoka a opěra 2 (OP2) je na levé straně potoka. Mostovka je provedena z železných profilů. Na této konstrukci je položena vrstva asfaltu.



Obr. 1: Situace lokality, most přes Vejvanovský potok u Ostrovice

1.1. Rozsah a metodika průzkumných prací

Průzkumné práce měly charakterizovat základové poměry mostu a kamenné opěry. Pro zjištění charakteru mostních opěr byly provedeny dva horizontální vrty (po jednom do každé mostní opěry). K posouzení hloubky skalního podloží byly provedeny tři sondy dynamické penetrace a geologická dokumentace okolí stávajícího mostu. Průzkum byl doplněn korozním posouzením agresivity vod a agresivity vlivem bludných proudů

Dále bylo provedeno měření korozní agresivity prostředí v okolí mostu. Korozní agresivita prostředí se skládala z měření zemních odporů a časového průběhu intenzity bludných proudů.

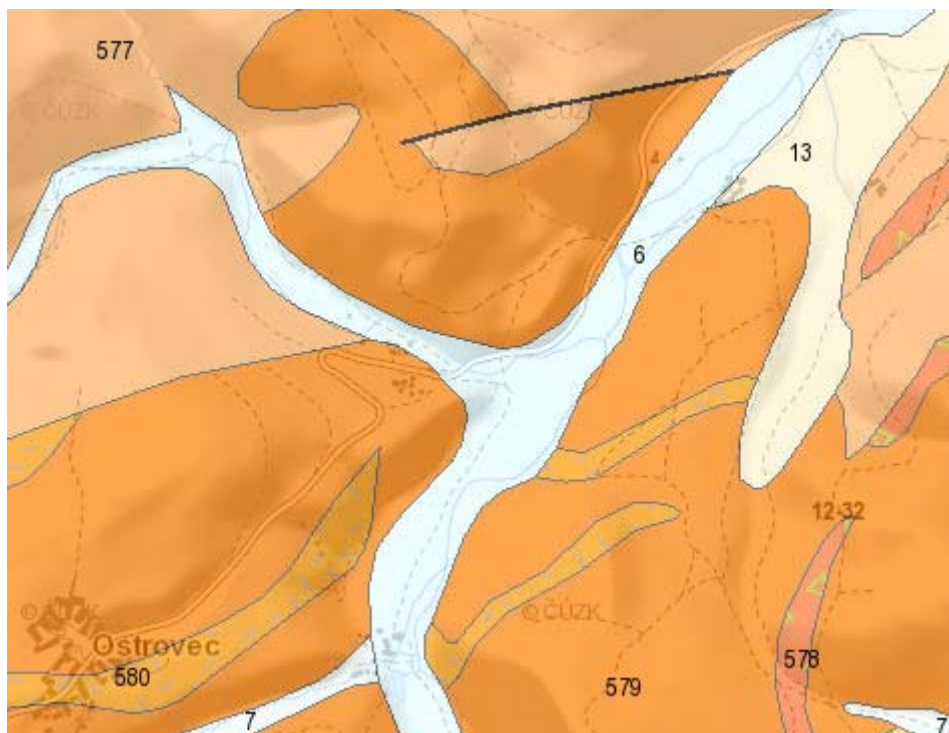
2. GEOLOGICKÁ A HYDROGEOLOGICKÁ STAVBA LOKALITY

Lokalita se nachází v geologickém prostředí vulkanických hornin křivoklátsko – rokycanského vulkanického komplexu, které překrývají kvarterní sedimenty (Obr. 2).

Křivoklátsko rokycanský vulkanický komplex tvoří výlevné magmatické horniny andezitového až ryodacitového složení. V okolí mostu jsou rozsáhlé výchozy andezitů. Tyto andezity jsou pevná a křehké. Z toho důvodu je svrchní vrstva hornin značně rozpukaná. Ve okolních výchozech této horniny bylo patrné sub vertikální rozpukání. Subvertikální pukliny se směrem k povrchu – nahoru rozvírají.

Kvarterní pokryv na lokalitě je tvořen fluviálními sedimenty Vejvanovského potoka. Fluviální sedimenty vyplňují nivu Vejvanovského potoka. Tyto fluviální sedimenty jsou nečleněné, převážně hlinité s vrstvami písku a štěrku. Štěrkovité polohy jsou především v bazálních částech fluviálního sledu, směrem nahoru fluviální sedimenty zjemňují. U paty svahu mohou být malé akumulace deluviálních sedimentů, které vznikají sucením horninového materiálu.

Na fluviální – nivní sedimenty je na lokalitě vázaná hladina podzemní vody, která koresponduje se stavem vody v potoce. V nivě se střídají více a méně propustné polohy. Podzemní voda se zde pohybuje v průlinovém prostředí.



Vulkanické horniny křivoklátsko – rokycanského vulkanického komplexu, sv. kambrium – sp. ordovik

580 - andezitové tufy

579 - andezit

578 - tufy dacitu

577 - dacit až ryodacit

Kvarterní sedimenty, holocén - pleistocén

13 - deluviální sedimenty, kamenitý až kamenito hlinitý sediment

6 - fluviální sedimenty, nečleněné, hlína, písek a štěrk

- zlom

Obr. 2: Výřez z geologické mapy lokality M 1:50 000, list 1232

2.1. Chemický rozbor vody z Vejvanovského potoka

Z vodoteče Vejvanovského potoka byl odebrán vzorek vody pro stanovení agresivity na beton. Chemický rozbor byl podle ČSN 73 1214 stanovena jako slabá, stupně la a podle ČSN EN 206 byl stanoven stupeň agresivity na XA1.

Rovněž byla stanovena agresivita vody na ocel podle ČSN 03 8375, která vzhledem k obsahu CO_2 agresivního Fe na ocel a podle sumy $\text{SO}_3 + \text{Cl}$ jako zvýšená, stupeň III.

3. SONDY DYNAMICKÉ PENETRACE

Celkem byly provedeny tři sondy dynamické penetrace. Sonda DP1 byla provedena na pravé straně potoka do hloubky 5,9 m. Sonda DP2 byla provedena do hloubky 1,0 m na levé straně potoka u skalního výchozu. Sonda DP3 byla provedena na levé straně potoka v potoční

nivě do hloubky 3,2 m. Souřadnice provedených sond dynamické penetrace jsou uvedeny v tabulce 1.

K dynamickým penetračním zkouškám byla použita střední dynamická penetrace. Beran o hmotnosti 30 kg padá volným pádem z výšky 50 cm na úderník a energie úderu se přes soutyčí přenáší na normový hrot (průřez 10 cm², vrcholový úhel 90°), který vniká do prostředí zemin a hornin. Měřenou veličinou je počet úderů potřebných k vniku hrotu o 10 cm (N₁₀), redukovaný měřením torzního momentu soutyčí každý celý metr. Údaj je dále přepočítán dle Bondarikova na měrný dynamický odpor q_{dyn} (MPa). Protokoly penetračních zkoušek jsou uvedeny v příloze 3.

Tabulka 1: Souřadnice nově provedené sondy dynamické penetrace

| Sonda | X (JTSK) | Y (JTSK) | Z (B.p.v.) | Hloubka (m) | V místě: |
|-------|--------------|------------|------------|-------------|------------------------------|
| DP1 | 1 054 067,03 | 794 042,71 | 315,2 | 5,9 | 8,5 m od OP1, směr po vodě |
| DP2 | 1 054 048,15 | 794 030,78 | 314,5 | 1,0 | 6,5 m od OP2, návodní strana |
| DP3 | 1 054 049,63 | 794 037,12 | 312,1 | 3,2 | v úrovni OP2, návodní strana |

- poloh sond byla zaměřena pomocí písma vzhledm k mostní konstrukci, následně byly sondy vyneseny do digitální mapy, z které byly odečteny souřadnice

Průběh sond je vyhodnocen v následujících tabulkách, kde jsou uvedeny geologický sled a interpretace geologických vrstev.

Tabulka 2: Geologické vyhodnocení sond DP1

| Hloubka (m) | Geologický popis sond DP1 | Zatřídění dle ČSN P 73 1005 | Těžitelnost dle ČSN 73 3050* / ČSN P 73 1005 |
|-------------|--|-----------------------------|--|
| 0,0 – 4,1 | Písek hlinitý se štěrkem, násypové těleso, místní komunikace, středně ulehlý konstrukce vozovky | SMY+G | 3 / I |
| 4,1 – 4,7 | Štěrka hlinitá, středně ulehlá | G4GM | 3 / I |
| 4,7 – 5,0 | Hlína písčitá, tuhá | F3MS | 2 / I |
| 5,0 – 5,3 | Písek hlinitý, středně ulehlý | S4SM | 3 / I |
| 5,3 – 5,7 | Hlína písčitá, tuhá fluviální sediment - kvartér | F3MS | 2 / I |
| 5,7 – 5,8 | Andezit, slabě zvětralý, silně rozpukaný, rozvolněný | R4 – R3 | 5 / I - II |
| >5,8 | Andezit, slabě zvětralý, silně rozpukaný, rozvolněný Křivoklátsko – rokycanský vulkanický komplex, sv – kambrium – sp. ordovik | R3 | 5 - 6 / II |

* - norma ČSN 73 3050 zrušena, ale stále využívaná k oceňování zemních prací

Sonda DP1 byla provedena skrz násypové těleso z úrovně komunikace. Mocnost násypového tělesa zde dosahovala cca 4 m. V podloží násypu byl dokumentován hlinitý štěrk.

Tabulka 3: Geologické vyhodnocení sond DP2

| Hloubka (m) | Geologický popis sond DP2 | Zatřídění dle ČSN P 73 1005 | Těžitelnost dle ČSN 73 3050* / ČSN P 73 1005 |
|-------------|--|-----------------------------|--|
| 0,0 – 0,8 | Hlína štěrkovitá Deluviální sediment - holocén | S3S-F +G | 3 / I |
| 0,8 – 0,9 | Andezit, slabě zvětralý, silně rozpukaný, rozvolněný | R4 – R3 | 5 / I - II |
| >0,9 | Andezit, slabě zvětralý, silně rozpukaný, rozvolněný Křivoklátsko – rokycanský vulkanický komplex, sv – kambrium – sp. ordovik | R3 | 5 - 6 / II |

Sonda DP2 byla provedena v blízkosti skalního výchozu a zachytila skalní podloží v malé hloubce.

Tabulka 3: Geologické vyhodnocení sond DP3

| Hloubka (m) | Geologický popis sond DP3 | Zatřídění dle ČSN P 73 1005 | Těžitelnost dle ČSN 73 3050* / ČSN P 73 1005 |
|-------------|--|-----------------------------|--|
| 0,0 – 0,4 | Hlína štěrkovitá, měkká Deluviální sediment - holocén | F1MG | 2 / I |
| 0,4 – 0,6 | Štěrk hlinitý, středně ulehlý | G4GM | 3 / I |
| 0,6 – 1,5 | Písek hlinitý, středně ulehlý | S4SM | 3 / I |
| 1,5 – 2,0 | Hlína písčítá, tuhá fluviální sediment - kvartér | F3MS | 2 / I |
| 2,0 – 3,2 | Andezit, slabě zvětralý, silně rozpukaný, rozvolněný | R4 – R3 | 5 / I - II |
| >3,2 | Andezit, slabě zvětralý, silně rozpukaný, rozvolněný Křivoklátsko – rokycanský vulkanický komplex, sv – kambrium – sp. ordovik | R3 | 5 - 6 / II |

Sonda DP3 byla provedena z dna údolní nivy a zachytila skalní podloží.

4. KOROZNÍ AGRESIVITA PROSTŘEDÍ

Významným korozním faktorem pro mostní objekty, je kromě chemické agresivity vod i vliv bludných proudů. Korozní měření bylo provedeno dne 16. 6. 2021. Teplota vzduchu se pohybovala kolem 27°C, zemní prostředí bylo vlhké. Měřicí místo bylo v terénu umístěno tak, že dipól ve severojižním směru měl umístěny elektrody na obou březích Zbirožského potoka. Díky tomu proběhlo měření bludných proudů pro oba břehy zároveň. Bod měření je vyznačen v

Měření zemních odporů

Pro měření zdánlivého měrného odporu zemního prostředí byla použita čtyřelektrodová metoda podle Wennera s použitím měřicího přístroje GEOHM C. Tato geoelektrická metoda umožňuje z poměru měřeného napětí a do země zaváděného proudu pomocí modifikovaného Ohmova zákona stanovit zdánlivé měrné odpory (Ωm), které jsou základním interpretačním parametrem odporových metod. Hloubkový dosah metody je úměrný rozestupu elektrod a v daných podmínkách odpovídá přibližně hodnotě příslušné použité vzdálenosti. Pro danou úlohu byly zvoleny rozestupy elektrod 3 a 5 metrů.

V následující tabulce jsou uvedeny výsledky měření zdánlivých zemních odporů včetně zařazení do stupňů korozní agresivity. Zjištěné hodnoty měrného elektrického odporu jsou ve vrstvách 0 – 3 m i 0 – 5 m vyšší než 100 Ωm agresivita velmi nízká (I. stupeň korozní agresivity). Tyto hodnoty odpovídají prostředí suťoviště.

Bludné proudy

K měření byla použita převodníková 8 kanálová 16 bitová deska USB 6210 - firmy National Instruments připojená k přenosnému terénnímu počítači Panasonic. Na měřicích bodech, identických s místy pro měření zemních odporů byly umístěny dvě dvojice nepolarizovatelných elektrod Cu/CuSO₄, tvořící dva dipóly. Potenciálové rozdíly byly registrovány frekvencí 131 Hz a každou sekundu byl uložen průměr z naměřených hodnot. Před a po měření byla zjišťována polarizace elektrod. Naměřené hodnoty byly při zpracování o tuto polarizaci opraveny. Průběhy jsou součástí grafické přílohy za zprávou.

Zjištěné proudové hustoty v bodech dosahují hodnot z **III. stupně korozní agresivity** (agresivita zvýšená).

Stupeň základních protikorozních opatření dle TP 124 MD

Pro stanovení stupně základních ochranných opatření (ZOOP) dle TP 124 MD je výpočtová proudová hustota (J) stanovená postupem v souladu s ČSN 03 8372 převedena na přepočtenou proudovou hustotu (J_v) s použitím celkového sacího koeficientu mostu (K_s) dle:

$$J_v = K_s * J \quad [A/m^2]$$

Dle výsledné přepočtené proudové hustoty je následně určen stupeň ZOOP. Hodnota celkového sacího koeficientu je dána součtem dílčích koeficientů: k_{sm} – vlastní sací koeficient mostu, k_k – koeficient konstrukce a k_p – koeficient prostředí. Vzhledem k velikosti nové konstrukce a s ohledem na možné zdroje bludných proudů v zemi byl zvolen $K_s = 2$.

Tabulka 4: Přepočtená proudová hustota a stupeň základních ochranných opatření ZOOP

| místo měření | Měrný odpor prostředí (Ωm) | J ($\mu A \cdot m^{-2}$) | J_v ($\mu A/m^2$) | Stupeň ZOOP |
|--------------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------|
| BP1 | 130 - 200 | 4,2 | 8,4 | č.3 |

Na základě geoelektrických veličin a rozptylu měřených hodnot hodnotíme zemní prostředí v místě mostu ev. č. 23515-1 pod obcí Ostrovec III. stupněm korozní agresivity (agresivita zvýšená).

Dle TP 124 MD ČR byla určena přepočtená proudová hustota J_v ($8,4 \mu A/m^2$), která pro posuzovaný objekt vyžaduje **3. stupeň základních ochranných opatření**.

Pro návrh protikorozních opatření doporučujeme použít TP 124 MD, která je platná pro stavby pozemních komunikace (http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_124.pdf).

5. DOKUMENTACE VRTŮ V OPĚRÁCH

V mostních opěrách byly provedeny dva vrt. V pravé opěře OP1 byl proveden jádrový vrt do hloubky 0,85 m. Vrt byl proveden ve výšce 1,25 m od hladiny vody v potoce. V levé opěře OP2 byl proveden bezjádrový vrt do hloubky 0,95 m. Tento vrt byl proveden ve výšce 1,0 m nad vodní hladinou.

Na jádře vrtu OP1 byla provedena dokumentace vývrtku, která se skládala se střídání větších a menších kamenů vulkanického původu. Menší kameny byly propojeny nekvalitní maltou s nízkou pevností. Pevnost horniny dosahovala až třídy R2, průměrně byla R3. Nekvalitní malta byla rozplavována vodou používanou pro výplach. Vrchní vrstva kamenů byla poloopracovaná.



Obr. 3: Jádrový vrt provedený do pravé opěry OP1

Rozvolnění vnitřní části opěr je patrné na obrázku 4.



Obr. 4: Fotografie vrtu, z konstrukce opěry

Jádrový vrt byl ukončen z důvodu vypadávání kamenů ze stěn vývrtu a zavalování vrtného nářadí.

V levé opěře OP2 byl proveden bezjádrový vrt do hloubky 0,95 m. Podle jeho průběhu a dokumentace byl identický jako v místě jádrového vrtu OP1.

6. GEOTECHNICKÉ PARAMETRY

Geotechnické charakteristiky zemin byly stanoveny na základě geologického popisu provedených penetračních sond a na základě archivních výsledky získaných při geotechnických zkouškách ve shodném či obdobném geologickém prostředí. Doporučené hmotnostní, pevnostní a přetvárné geotechnické parametry jednotlivých typů zemin/hornin jsou shrnuty v následující **tabulce č. 5**, která obsahuje:

- zařídění dle ČSN 73 1001 - „Základová půda pod plošnými základy“
- základní fyzikální charakteristiku (objemová tíha v přirozeném uložení γ [kN.m⁻³])
- přetvárné charakteristiky (modul přetvárnosti E_{def} [MPa], pevnost v prostém tlaku σ_c a Poissonovo číslo ν [1])
- parametry efektivní smykové pevnosti (soudržnost c_{ef} [kPa], úhel vnitřního tření ϕ_{ef} [°])

Při použití doporučených geotechnických charakteristik je nutno vzít v úvahu, že u hornin skalního podloží dochází za normálních podmínek (tj. bez rozpukání a dalších vlivů) k jejich plynulé změně směrem do hloubky (zvyšování objemové hmotnosti, snižování stupně rozpukání a tím nárůst smykové pevnosti, snižování stlačitelnosti). Pro všechny horizonty hornin jsou proto udány přibližně jejich průměrné hodnoty.

Tabulka 5: Geotechnické charakteristiky zemin a hornin

| Označení geotypu / strukturní složení zemin a stupeň zvětrání a rozpukání hornin f – fluviální sediment d – deluviální sediment k – konstrukce vozovky | zařídění dle ČSN 73 1001 | objemová tíha γ [kN.m ⁻³] | přetvárné charakteristiky | | | efektivní smyk. pevnost | | těžitelnost podle ČSN 73 6133 / 73 3050 |
|--|--------------------------|---|---------------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|---|--|
| | | | modul přetvárnosti E_{def} [MPa] | pevnost v prostém tlaku σ_c [MPa] | Poissonovo číslo ν [1] | Soudržnost c_{ef} [kPa] | úhel vnitřního tření ϕ_{ef} [°] | |
| Q1f / hlína písčité | F3CS | 18,0 18,5 | 5 8 | 0,5 1,0 | 0,35 | 10 18 | 22 27 | I / 2 |
| Q2f, k / písek hlinitý | S4SM | 18,0 18,5 | 5 15 | 0,5 1,5 | 0,30 | 0 8 | 28 30 | I / 2 |
| Q3f, d / šterky hlinité, písčité | G4GM | 19,0 19,5 | 60 80 | 1,0 1,5 | 0,30 0,25 | 0 8 | 30 35 | I / 3 |
| V1 / andezity mírně až slabě zvětralé - značně rozpukané | R4 R3 | 24,5 25,5 | 300 1200 | 10,0 30,0 | 0,25 0,20 | 50 150 | 30 44 | I-II / 5 |
| V2 / andezity slabě zvětralé - středně rozpukaný | R3 R2 | 25,5 26,5 | 1500 5000 | 30,0 60,0 | 0,20 0,15 | 400 1200 | 39 50 | II / 5-6 |

7. ZÁVĚR

Provedeným geotechnickým průzkumem byly zjištěny následující vlastnosti horninového prostředí a stávajících mostních opěr:

Mostní pilíře mají půdorysný rozměr cca 4 x 4 m a jsou vetknuty do hloubky 6,0 m od úrovně vozovky na mostě. To odpovídá úrovni cca 309,3 m n.m. Základová spára mostu by měla být horninovém prostředí geotypu V1. To jsou značně rozpukané andezity mírně až slabě zvětralé třídy R4/R3. Podle průběhu skalního nadloží předpokládáme, že základová spára opěry OP2 (levé) je zazubená a pod hladinou podzemní vody.

Opěry jsou obloženy částečně opracovanými kameny, které jsou skládány jako cihly. Mocnost spárované konstrukce je cca 25 cm. Ve vnitřní části opěry je volně ložené kamenivo prolité řídkým betonem.

Korozní agresivita vody na beton je nízká XA1, agresivita na ocel je stupně III. Agresivita vlivem bludných proudů je zvýšená, stupně III s požadovanými protikorozními opatřeními stupně 3 dle TP 124 MD.

Vzhledem k místním geologickým podmínkám a charakteru mostu doporučujeme založení mostního objektu plošně na geotypu V1.

V Praze 13.7.2021

Mgr. Ladislav Šplíchal