

GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM SILNICE I/23 PO HRÁZI VODNATÉHO RYBNÍKA

GEOTECHNICAL SURVEY OF ROAD I/23 ALONG THE DAM OF THE VODNATÝ POND

Jakub Ondráček

SG Geotechnika a.s., Mlýnská 425/70, 602 00 Brno, e-mail: jakub.ondracek@geotechnika.cz

Abstrakt: V období října roku 2025 byl proveden předběžný geotechnický průzkum pro rekonstrukci a rozšíření silnice I/23 na hrázi Vodnatého rybníka mezi obcemi Olšany a Ořechov. Cílem předběžného průzkumu bylo zjištění inženýrsko-geologických, hydrogeologických a geotechnických poměrů zemin v oblasti aktivní zóny a tělesa násypu hráze stávající komunikace včetně stanovení případné sanace při rozšíření hráze. Ve dvou profilech tělesa hráze byl proveden výpočet stability stávajícího násypu i při rozšíření hráze. Geofyzikální průzkum hráze metodou ERT a MRS. V rámci hydrogeologických prací byl zkoumán kal ze dna Vodnatého rybníka podél stávajícího tělesa hráze pro stanovení kontaminace. V rámci vrtných prací byla změřena hladina podzemní vody, podzemní a rybníčné vody byly hodnoceny na agresivní chemické působení na betonové a ocelové konstrukce. Závěrem došlo ke zhodnocení problémových míst zájmového území s ohledem na plánovanou stavbu, přičemž zjištěné poznatky budou sloužit jako podklady pro projekční stupeň TES.

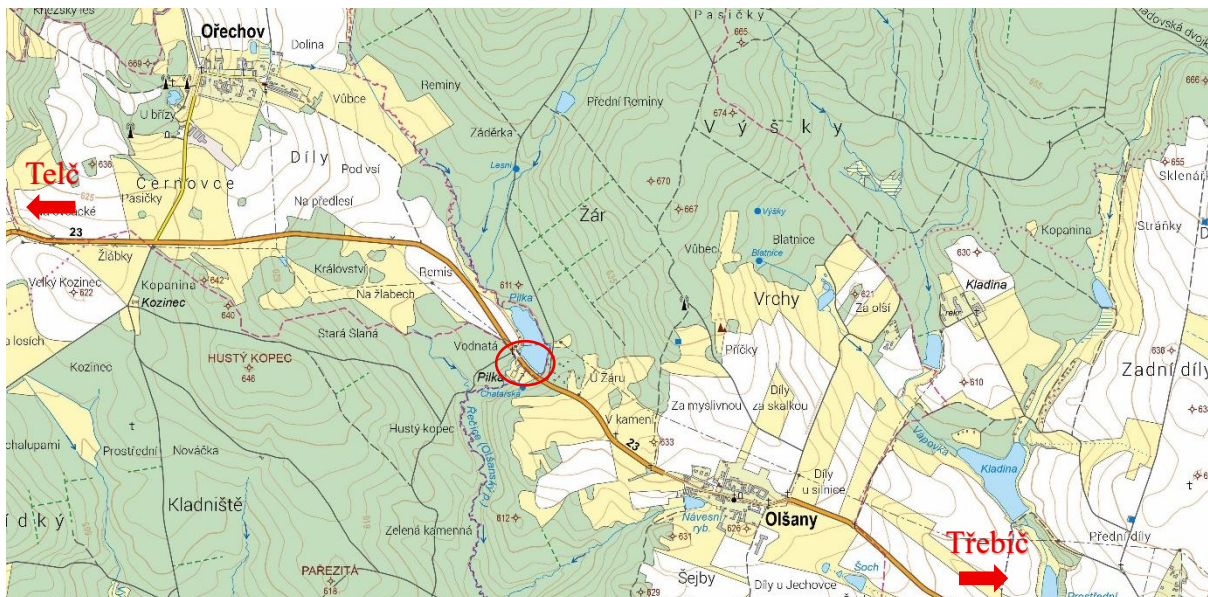
Abstract: In October 2025, a preliminary geotechnical survey was conducted for the reconstruction and widening of State Road I/23 on the Vodnatý Pond dam between the villages of Olšany and Ořechov. The objective of the preliminary survey was to determine the engineering-geological, hydrogeological, and geotechnical conditions of the soil in the active zone and the embankment body of the existing road, including the assessment of any necessary remediation during the dam's expansion. Stability calculations for the existing embankment, both in its current state and following dam widening, were performed at two cross-sections of the dam body. Geophysical surveys of the dam were conducted using the ERT and MRS methods. Sediment from the bottom of Vodnatý Pond along the existing dam body was examined to determine contamination levels. As part of the drilling work, the groundwater level was measured, and the groundwater and pond water were evaluated for aggressive chemical effects on concrete and steel structures. In conclusion, problem areas within the study area were assessed with regard to the planned construction, and the findings will serve as the basis for the TES design phase.

Klíčová slova: geotechnický průzkum, stabilita svahu, kontaminace, hráz rybníka

Key words: geotechnical prospecting, slope stability, contamination, dam of pond

1. Úvod

Na podzim roku 2025 prováděla firma SG geotechnika a.s. předběžný geotechnický průzkum silnice I/23, která protíná hráz Vodnatého rybníka (též Pilka) mezi obcemi Olšany a Ořechov v kraji Vysočina (obr. 1). Cílem prací bylo zjištění inženýrsko-geologických, hydrogeologických a geotechnických poměrů a zhodnocení problémových míst zájmového území s ohledem na plánovanou stavbu. V rámci průzkumných prací bylo zhotoveno celkem 6 průzkumných vrtů, dále byl proveden geofyzikální průzkum, výpočet stability svahu, zjišťována kontaminace sedimentu z rybníka a chemické působení vod na betonové a ocelové konstrukce. Výsledky průzkumu budou sloužit jako podklady pro projekční stupeň TES. S cílem definovat nutné kroky k převedení silnice I/23 po hrázi Vodnatého rybníka v šířkové kategorii S7,5.



Obr. 1 Přehledná situace území
Fig. 1 Overview of the Area

2. Geologické poměry

Z regionálně geologického hlediska náleží zájmové území do Českého masivu budovaného horninami svrchního proterozoika a spodního paleozoika spadající do moldanubické oblasti. Předkvartérní podloží je tvořeno migmatity a silimaniticko-biotitickými pararulami svrchního proterozoika více či méně migmatizovanými. Tyto pararuly se vyznačují v čerstvém stavu svojí pevností a obtížnou rozpojitelností, ale na vzduchu mohou velmi rychle zvětvávat. Zóna zvětrání dosahuje někdy do značné hloubky a mění se na krátké vzdálenosti. Směrem k povrchu přechází zvětralé pararuly do eluvií, které mají již charakter písčité až hlinité zeminy se zachovalou strukturou horniny, jejich hranice je postupná a těžko ji přesně stanovit. Migmatit je hornina složená ze dvou složek granitové (světlá složka) a rulové (tmavá složka), nejčastěji má podobu páskované ruly, kde se tyto složky střídají v polohách po mm až několika cm. Vyskytují se při okraji granitových intruzí, kde již začíná částečné natavení horniny. V širším okolí lze najít menší tělesa drobnozrnných až střednězrnných granitů, které jsou součástí moldanubického plutonu. Jde o magmatické horniny, které intrudovaly do proterozoických hornin během spodního paleozoika.

Kvartérní pokryvné útvary jsou tvořeny písčitymi, jílovitými i hlinitými až šterkovitými fluvialními sedimenty Olšanského potoka

3. Hydrogeologické poměry

Studovaná lokalita náleží do hydrogeologického rajonu 6540 Krystalinikum v povodí Dyje – západní část. Metamorfity moldanubika, které vytvářejí hydrogeologický masiv, mají intenzivní oběh podzemní vody v přípovrchové zóně rozvolnění a rozpukání hornin zahrnující zvětralinový plášť. Tato zóna dosahuje zpravidla do hloubek prvních desítek metrů. Hladina podzemní vody v krystaliniku bývá volná a probíhá víceméně konformně s povrchem terénu. Krystalinické horniny jsou charakteristické puklinovou pórovitostí, která je pouze v pásmu zvětralin kombinovaná s pórovitostí průlinovou. S hloubkou klesá propustnost horninového prostředí. Obecně závisí zvodnění přípovrchové zóny na charakteru zvětralin a jejich tloušťce, morfologii a množství srážek. Zvodnění hlubší rozpukané zóny závisí především na intenzitě rozpukání a rozevření puklin a charakteru jejich výplně.

4. Průzkumné práce

Ověření inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrů zájmového území bylo provedeno s využitím přímých metod, tedy průzkumných vrtů. Počet vrtů a sond a jejich rozmístění bylo navrženo tak, aby bylo možné jejich prostřednictvím získat znalosti o inženýrskogeologických poměrech v zájmové oblasti. V rámci předběžného průzkumu byl v místě stavby proveden také geofyzikální průzkum. Rovněž byl odebrán vzorek typické horniny z odvrtných sond pro petrografické rozbor, kal z rybníka pro stanovení kontaminace, podzemní a rybníčné vody pro chemické působení na betonové a ocelové konstrukce.

4.1 Jádrové vrtý

V rámci vrtných prací bylo provedeno v zájmovém území 6 ks průzkumných jádrových vrtů o celkové metráži 57 bm. Čtyři vrtý byly umístěny podél návodní strany hráze přímo v silnici I/23, zbylé dva vrtý byly situovány pod hrází rybníka. Průzkumné vrtý byly hloubeny soupravami na kolových podvozcích. Hloubení vrtů bylo provedeno technologií nárazovo-točivého vrtání jednoduchou jádrovou TK korunkou o průměru 195, 175 a 156 mm. Pažení ve vrtech bylo prováděno ocelovou pažnicí o průměrech 178 mm.

4.2 Geofyzikální měření

Cílem geofyzikálního průzkumu bylo zpřesnit informace o geologické stavbě dané lokality a identifikovat výrazné tektonické linie či jiné geologické anomálie. Měření bylo provedeno podle požadavků zadávací dokumentace, a to ve třech profilech. Měření proběhlo metodami MRS (mělká refrakční seismika) a ERT (multielektrodová metoda). Profil GF3 byl vedený po návodní straně (podél) hráze rybníka metodami MRS P-vln (celková délka 295 m) a MER/ERT (celkem 375 m). Metodou MRS P-vln byly poté proměřeny i příčné profily GF1 a GF2 (každý profil po 73,5 m). Hloubkový dosah těchto GF metod je cca do 40 m pod terén.

4.3 Geotechnické výpočty

Stabilitní řešení bylo provedeno ve dvou profilech (obr. 2). Stabilita svahu hráze rybníka byla hodnocena dle ČSN 75 2410 „Malé vodní nádrže“ a dle ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“. Při posouzení dle ČSN 75 2410 je pro plnou a částečně naplněnou nádrž požadován stupeň stability $F_{s,min} \geq 1,5$. V případě, že smykové plochy nezasahují do podloží a prochází pouze kamenitou sypaninou je možné stupeň bezpečnosti snížit $F_{s,min} \geq 1,2$. Při posouzení dle ČSN 73 6133 je pro násyp z hrubozrnných zemin požadován $F_{s,min} \geq 1,2$ při použití efektivních vrcholových parametrů ve výpočtu. K posouzení stability bylo použito modulu Slope/W a to Morgenstern-Priceovy proužkové metody mezní rovnováhy sil (MMRS), která zohledňuje normálové i smykové meziproužkové síly a výsledný stupeň stability vychází ze silové i momentové rovnováhy. Modelovány byly kruhové smykové plochy s užitím optimalizace tvaru smykové plochy. Výpočet byl proveden v efektivních vrcholových parametrech smykové pevnosti.

První profil vedený vrtý JV3 a JV5 splňuje normové požadavky na dlouhodobou stabilitu. Výška svahů hráze se pohybuje okolo 4 m při sklonu horní části 1:1,5. Na vzdušní straně hráze je stabilita se stávající hladinou vody v rybníce rovna hodnotě $FS = 2,003$ stejně jako s maximální hladinou. U návodního svahu je stabilita se stávající hladinou vody v rybníce $FS = 1,727$, s maximální hladinou je to $FS = 1,728$.

Druhý profil vedený vrtý JV2 a JV6 JV5 splňuje též normové požadavky na dlouhodobou stabilitu. Výška svahů hráze se pohybuje okolo 5 m při sklonu 1:1,5. Na vzdušní straně hráze je stabilita se stávající hladinou vody v rybníce rovna hodnotě $FS = 1,562$, s maximální hladinou je to $FS = 1,517$. U návodního svahu je stabilita se stávající hladinou vody v rybníce $FS = 1,756$, s maximální hladinou je to $FS = 1,819$.

Výpočty byly provedeny v efektivních vrcholových parametrech, na koruně hráze bylo aplikováno dopravní zatížení hodnotou 15 kPa. Na základě provedených výpočtů lze uvést, že všechny posuzované stavy u obou profilů vyhoví kritériím daným normami.

4.4 Laboratorní rozborý a zkoušky

V průběhu vrtných prací se odebíraly z vrtů vzorky zemin a hornin. Celkem bylo odebráno 5 ks vzorků podzemních vod, 2 ks vzorků vod z rybníka a 27 ks vzorků zemin a hornin. Z toho bylo provedeno 15 zkoušek pro klasifikační rozborý, 5 zkoušek pro stanovení pevnosti v prostém tlaku, 4 zkoušky v krabicovém smykacím přístroji pro stanovení vrcholové smykové pevnosti, 4 zkoušky pro stanovení stlačitelnosti v edometru. Dále byl proveden petrografický rozbor na jednom vzorku horniny a 2 zkoušky na stanovení kalifornského poměru únosnosti (IBI, CBR).

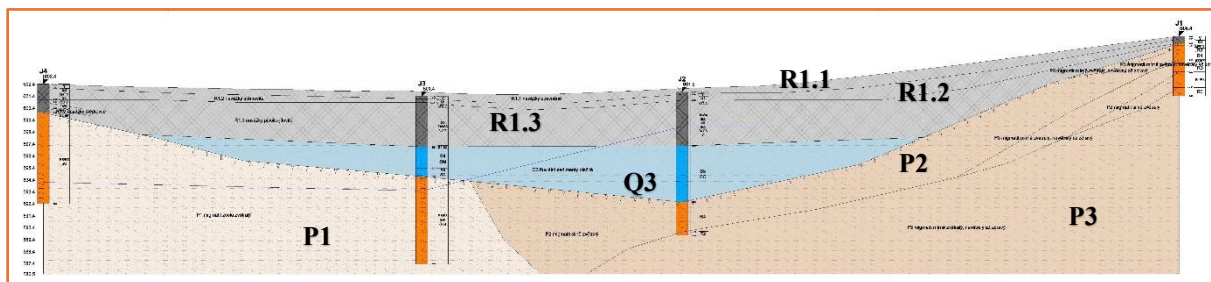
Petrograficky byly horniny popsány jako kataklasticky deformované středně zrnité až hrubozrnné biotit–cordieritické granity, v rámci geologické dokumentace byly horniny souhrnně označeny jako migmatity, což odpovídá i regionální geologické mapě.

Odebrané vody byly hodnoceny na agresivní chemické působení na betonové a ocelové konstrukce dle ČSN EN 206 + A2 a ČSN 03 8375. Odebrané vzorky vod z rybníka spadají do slabě agresivního chemického prostředí na beton a z hlediska agresivity na ocel do stupně IV (velmi vysoká agresivita vody). Odebrané podzemní vody spadají do slabě až středně agresivního chemického prostředí na beton a z hlediska agresivity na ocel do stupně IV (velmi vysoká agresivita vody).

V rámci průzkumu byly odebrány 2 ks kalů ze dna Vodnatého rybníka podél stávajícího tělesa hráze pro stanovení kontaminace pro posouzení možnosti uložení na skládku v rozsahu dle vyhlášky č. 273/2021 Sb. a metodického pokynu ŘSD věci řešení způsobu nakládání s odpady v rámci investiční přípravy staveb (09/2021). Lze konstatovat, že v rámci prací předběžného GTP nebyly zjištěny žádné výrazně kontaminované polohy.

5. Zastižené geologické poměry

Zeminy a skalní horniny, které se vyskytují v trase, byly rozčleněny do 9 geotechnických typů, které zahrnují materiály obdobné geneze a s přibližně stejnými geotechnickými charakteristikami, v zásadě se opírají o stratigrafické a genetické hledisko. Z hlediska účelu průzkumu byly zeminy a horniny, zastižené průzkumnými sondami, rozděleny podle stratigrafie: R – navážky, Q – kvartérní zeminy, P – metamorfované horniny proterozoika (migmatity, ruly). V rámci každé skupiny bylo provedeno rozdělení podle jejich vlastností s přihlédnutím na genezi, zrnitostní složení, u hornin podle stáří a geneze a podle stupně zvětrání. Zastižené geotypy jsou zobrazeny v podélném geologickém řezu (obr. 2).



Obr. 2 Podélný geologický řez hráze v měřítku 1:200/100
Fig. 2 Geological longitudinal section of the dam, scale 1:200/100

Navážky R1.1 a R1.2 jsou tvořeny asfaltovými štěrkovými konstrukčními vrstvy silnice I/23. Navážky R1.3 tvoří samotné těleso hráze rybníka, které je tvořeno eluvii podložních hornin charakteru hlinitých až jílovitých písků až písčitých jílu se štěrkem (R6/S5 SC, S4 SM, F4 CS; S2 SP; R6-R5). Pod hrázi jsou uloženy zvodnělé fluvialní sedimenty charakteru jílovitých až hlinitých písků (Q3 zeminy S4 SM a S5 SC). Podloží západní části hráze je tvořeno zcela zvětralým migmatitem (P1) charakteru jílovitých písků až štěrků, písku s příměsí jemnozrnné zeminy, písčitých jílu až písčitých hlín; podružně až horniny s velmi nízkou pevností (R6/S5 SC, S4 SM, F4 CS; S2 SP; R6-R5). Podloží východní části hráze je budováno silně zvětralými migmatity (P2, horniny pevnosti R4) a mírně zvětralými až navětralými migmatity pevnosti R3 až R2 (P3).

6. Závěr

Na základě provedeného předběžného geotechnického průzkumu lze konstatovat, že geologické, hydrogeologické a geotechnické poměry v prostoru hráze Vodnatého rybníka byly dostatečně ověřeny pro potřeby další projektové přípravy. Průzkum potvrdil geologickou stavbu území tvořenou především migmatity a jejich zvětralinami, překrytými kvartérními sedimenty a navážkami tvořícími vlastní těleso hráze. Stabilitní výpočty realizované ve dvou reprezentativních profilech prokázaly, že stávající těleso hráze vyhovuje požadavkům příslušných norem na dlouhodobou stabilitu, a to jak při současném, tak i maximálním uvažovaném zatížení hladinou vody. Zjištěné hodnoty stupně stability potvrzují dostatečnou bezpečnost konstrukce i při uvažovaném dopravním zatížení. Laboratorní rozbory a geotechnické zkoušky charakterizovaly vlastnosti zemín i hornin a umožnily jejich zařazení do geotechnických typů. Chemické rozbory vod prokázaly slabě až středně agresivní prostředí vůči betonu a vysokou agresivitu vůči oceli, což je nutné zohlednit při návrhu konstrukčních prvků. Současně nebyla zjištěna významná kontaminace sedimentů ze dna rybníka, což příznivě ovlivňuje možnosti nakládání s materiálem při realizaci stavby. Geofyzikální měření doplnila informace o geologické stavbě a pomohla identifikovat případné anomálie v podloží. Vrtné práce spolu s hydrogeologickým hodnocením poskytly přehled o režimu podzemní vody, který je typický pro puklinové prostředí krystalinika.

Seznam literatury

- ČSN 73 6133 (736133), 2010: *Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*. – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha.
- ČSN EN 206+A2 (732403), 2021. *Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha.
- ČSN 03 8375 (038375), 1987. *Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi*. – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha.
- MÍSAŘ, Z., 1983: *Geologie ČSSR I. Český masív*. – Státní pedagogické nakladatelství. Praha.
- ČSN 75 2410 (752410), 2011: *Malé vodní nádrže*. – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha.