

Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum
Cyklostezka Zámíš - Račerovice
(podklad pro projekt stavby)



Zpracovatel posudku:
Mgr. Antonín Kopřiva
Zahradní 591/36
674 01 Třebíč
tel. 723274130

Objednatel:
Městský úřad Třebíč
Odbor správy majetku a investic města
Oddělení investic
Karlovo nám. 104/55
674 01 Třebíč

Třebíč, říjen 2019

Výtisk č. digit

1. Úvod – geologický úkol a údaje o území

Předkládaný průzkum byl vypracován na základě objednávky pana Mgr. Pavla Krause, vedoucího Odboru správy majetku a investic města, Městský úřad Třebíč, Karlovo nám. 104/55, 674 01 Třebíč, ve věcech technických zastoupeného paní Lenkou Eliášovou.

Záměrem objednatele je zjistit inženýrskogeologické a hydrogeologické podmínky pro návrh konstrukce vozovky – plánované cyklostezky v lokalitě Zámíř – Račovice. Investorem akce je Město Třebíč, zodpovědným projektantem – zpracovatelem DSP je Ing. Pavel Vidlák, VIPA project, s.r.o., Cyrilometodějská 43/20, 674 01 Třebíč, zpracovatelem projektové dokumentace DÚR byla společnost VIA ALTA, a.s., Okružní 963, 674 01 Třebíč (zodpovědný projektant Jiří Mezera).

Cílem předkládaného posudku je získat informace o geologických poměrech a geotechnických vlastnostech zemin a hornin v trase plánované cyklostezky a navrhnout opatření pro volbu konstrukčního řešení vozovky.

a) Název geologického úkolu, cíl geologických prací, lokalizace prostoru průzkumu

Geologický úkol byl zpracován pod názvem „Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum – cyklostezka Zámíř - Račovice“. Účelem geologických prací bylo zjištění geologických, inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrů lokality (geologický profil, rozlišení jednotlivých typů základových půd, laboratorní zkoušky zemin, zjištění úrovně hladiny podzemní vody apod.) s cílem zjištění veškerých geologických faktorů pro konstrukční návrh vozovky. Geologický úkol byl zpracován na úrovni podrobného geologického průzkumu.

Lokalizace prostoru průzkumu:

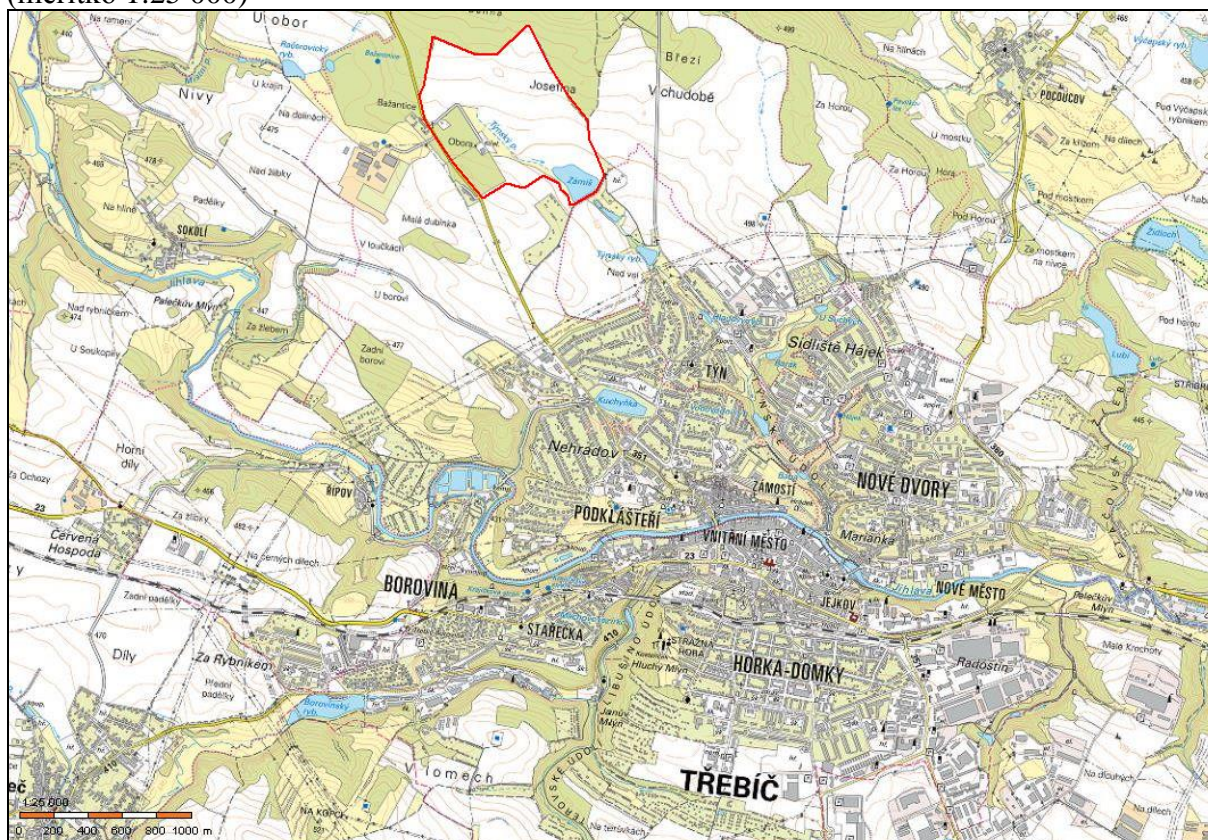
Kraj: Vysočina

Okres: Třebíč

Katastrální území: Podklášteří (769916)

Topografickou pozici lokality vyjadřuje obrázek č. 1.

Obr. 1 Vyznačení trasy cyklostezky v k.ú. Podklášterí v topografické mapě (měřítko 1:25 000)



b) Objednatel, organizace, odpovědný řešitel geologických prací

Objednatel geologického úkolu je Odbor správy majetku a investic města, Městský úřad Třebíč, Karlovo nám. 104/55, 674 01 Třebíč; odpovědným řešitelem Mgr. Antonín Kopřiva, Zahradní 591/36, 674 01 Třebíč. Technické terénní práce byly realizovány mechanismy zajištěnými odpovědným řešitelem.

c) Charakteristika projektované stavby

Podle informací investora a projektanta se ve specifikovaném prostoru uvažuje s vybudováním cyklostezky – inlinové stezky pro cyklisty, inline bruslaře a běžkaře v okolí Račerovic, Bažantnice a rybníka Zámiš nedaleko Třebíče. Trasa cyklostezky je plánována od rybníka Zámiš severozápadním směrem podél hranice lesních pozemků směrem k Račerovicím a dále podél silnice II/351 Třebíč – Račerovice kolem Bažantnice zpět k rybníku Zámiš. Původně plánovaná trasa v délce cca 3 km byla navýšena na 3,58 km z důvodu přeložení trasy kvůli bezpečnostnímu odstupu – ochrannému perimetru 280 m od objektu střelnice na Bažantnici. Vozovka o šířce 3 m je plánována s krytem z asfaltové vrstvy.

2. Podklady pro zpracování posudku

Zhotovitel vycházel při zpracování posudku z následující dokumentace a podkladů poskytnutých projektantem, dále z podkladů z archivu zpracovatele a v rovněž z archivu ČGS Geofond:

- Celkový situační výkres 1:2000 (DÚR, VIA ALTA, 2016)
- Situace 1:500 (DSP, VIPA project, 2019)
- Závěrečná zpráva inženýrsko-geologického průzkumu v lokalitě Vídeňský rybník a za poliklinikou, Třebíč (Kopřiva A., 2017)
- základní mapa ČR 1 : 10 000, list 23-42-18, 23-42-19
- geologická mapa 1 : 50 000, list 23-42 Třebíč
- geologická mapa 1 : 25 000, list 23-424 Třebíč
- hydrogeologická mapa 1 : 50 000, 23-42 Třebíč
- vodohospodářská mapa 1 : 50 000, 23-42 Třebíč
- ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
- ČSN EN ISO 14688 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin
- TP 179 Navrhování komunikací pro cyklisty
- TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací
- Výsledky laboratorních zkoušek konstrukčních vrstev vozovky

3. Přírodní poměry zájmového území

3.1 Topografické a geomorfologické poměry

Dle geomorfologického členění spadá zájmové území do oblasti Českomoravské vrchoviny, na rozhraní celků Jevišovické pahorkatiny a Křižanovské vrchoviny, podcelku Brtnické vrchoviny a okrsku Čechtínský hřbet.

Cyklostezka bude situována cca 3 km severozápadně od Města Třebíče a bude tvořit uzavřený okruh, jehož trasa povede od rybníka Záměš směrem k severozápadu podél stávající polní cesty, kde bude převážně kopírovat hranici lesních a zemědělsky obdělávaných pozemků. Při západním okraji plánovaného okruhu povede trasa podél silnice II. třídy (II/351) přes zalesněný úsek obory u Bažantnice směrem k jihovýchodu, na hranici lesa se pak odkloní k severovýchodu přes zemědělsky obdělávané pozemky směrem k pramenné oblasti rybníka Záměš (pramenná oblast Týnského potoka) a podél jeho břehu bude směřovat zpět ke hrázi, kde se napojí na stávající místní asfaltovou komunikaci. Nadmořská výška se pohybuje od 472 m v nejnižším bodě u hráze rybníka Záměš po 501 m v nejsevernějším bodě plánované trasy.

3.2 Geologické poměry zájmového území

Z regionálně geologického hlediska spadá celá severní a východní oblast Třebíčska do prostoru trebičského masívu, tvořeného usměrněnými porfyrickými melanokratními amfibolicko-biotitickými syenity, které přibýváním křemene přecházejí až do melanokratních amfibolicko-biotitických žul. Tyto horniny, často označované jako tzv. durbachity, jsou tmavě šedé až černošedé barvy, středně zrnité, porfyrické (s vyrostlicemi draselného živce). Jsou masivní, někdy se znaky proudové textury. Žilný doprovod durbachitů tvoří hojné žíly aplitů, pegmatitů, křemene, místy i granitových porfyrů a amfibolických aplosyenitů, které jsou vázány na tektonicky predisponované struktury. Tělesa žilných hornin jsou v prostoru trebičského masívu orientována převážně ve směru ZSZ - VJV až SZ – JV, částečně pak také SV-JZ (viz geologické mapy 23-42 a 23-424 Třebíč). Metamorfované horniny pláště trebičského masívu se nacházejí až ve vzdálenosti cca 700 m západně od posuzované lokality (přibližně v linii Račerovice-Sokolí). Přibližně 4,5 km jižně od lokality probíhá velmi významný tzv. trebičský zlom v.-z. směru, které rozděluje těleso trebičského masívu na dvě poloviny. V severní polovině (kde se nachází rovněž plánovaný okruh cyklostezky) vystupují skalní horniny výrazně blíže k povrchu, což dokládá celá řada skalních výchozů v blízkém okolí. V jižní polovině dosahují obvykle vrstvy kvartérních zemin větších mocností a skalní podloží je uloženo hlouběji pod povrchem.

Horniny skalního podloží jsou směrem k povrchu rozpukané a rozložené v charakteristická balvanitá, šterkovitá a hrubě písčítá eluvia, přecházející v písčito-hlinitá deluvia, jež jsou kryta svrchními hlinitými horizonty.

V pramenné oblasti rybníka Zámíř (resp. Týnského potoka) a v jeho okolí se mohou nacházet vrstvy fluviálních a aluviálních jemnozrnných sedimentů (rybniční sedimenty, povodňové jíly apod), dosahující obvykle mocnosti nižších metrů.

3.3 Hydrologické a hydrogeologické poměry zájmového území

Území v okolí posuzované lokality je generelně odvodňováno k jihovýchodu Týnským potokem, náležejícím do povodí řeky Jihlavy č. hydr. poř. 04-16-01-090 (levostranný přítok Jihlavy). Plocha povodí dosahuje 5,7 km². Pouze nejzápadnější část okruhu v blízkosti silnice II/351 je odvodňována západním až jihozápadním směrem do povodí Račerovického potoka (č. hydr. poř. 04-16-01-084). Na Týnském potoce je vybudována řada rybníků; kromě rybníka Zámíř v pramenné oblasti toku jsou to dále rybníky Týnský, Vodovodní a některé další. Vody z rybníka Zámíř jsou rovněž uměle svedeny do rybníka Kuchyňka, náležejícímu k sousednímu povodí řeky Jihlavy č. hydr. poř. 4-16-01-087. Místní hydrologické i hydrogeologické poměry jsou částečně ovlivněny melioračními drenážemi, které svádějí povrchové, pramenné i mělké podzemní vody z okolních zemědělsky obdělávaných pozemků zejména ze severního předpolí směrem k rybníku Zámíř.

Z hydrogeologického hlediska je území řazeno do hydrogeologického rajónu 6550 – Krystalinikum v povodí Jihlavy. V rámci hydrogeologického rajónu lze vymezit svrchní zvrstvení s kombinovanou průlinovo-puklinovou propustností, vázanou především na kvartérní

pokryv, zónu zvětvování a zónu podpovrchového rozpojení hornin a spodní puklinově zvodnělé struktury, vázané na propustné tektonické zóny v hlubších částech horninového masívu. Průlinovo-puklinový oběh podzemních vod je silně rozkolísaný a nepravidelný, s lokální závislostí na petrografickém složení, tektonice a charakteru kvartérních pokryvných útvarů. Svrchní zvodeň rychle reaguje na atmosférické podmínky. Atmosférické srážky spadlé na povrch terénu se z větší části odpaří nebo odtékají jako povrchový odtok, jen malá část srážek infiltruje do hlubších vrstev zvětralin a následně až do puklinového systému horninového masívu, kde po dosažení hladiny podzemní vody přispěje k doplnění jejích zásob.

Transmisivita metamorfovaných hornin tvořících podklad kvartérních sedimentů na lokalitě je relativně nízká. Cirkulace vody v deluviálních a eluviálních sedimentech je omezená. Hloubka oběhu svrchní zvodně je dána úrovní místní erozivní báze, kterou v daném prostoru tvoří Týnský potok, resp. rybník Záměš. Hladina podzemní vody mělké zvodně je převážně volná a sleduje konformně terén, v blízkosti Týnského potoka může být i lokálně napjatá.

V severní části zájmového území na hranici zemědělsky obdělávaných pozemků a rozsáhlého lesního komplexu se objevuje řada pramenných vývěřů, které jsou buď meliorací svedeny směrem k rybníku Záměš nebo vytékají volně na povrch terénu. Pramenné vývěře jsou patrně zejména v jarních měsících, během léta obvykle vysychají.

V blízkosti trasy cyklostezky na pravém břehu Týnského potoka, respektive u břehu rybníka Záměš byla v průběhu terénního průzkumu zjištěna kopaná studna hluboká 1,7 m s hladinou podzemní vody v úrovni 1,3 m pod terénem (viz. níže). Žádné další vodní zdroje se v blízkém okolí plánované trasy nenacházejí.

4. Terénní práce a posouzení lokality

4.1 Inženýrsko-geologická a hydrogeologická charakteristika zájmové lokality

Po orientační terénní rekognoskaci byly terénní práce na lokalitě zahájeny 26. 9. 2019. Na základě požadavků objednatele a po konzultaci s odpovědným projektantem bylo na lokalitě vyhloubeno celkem 10 kopaných sond v trase cyklostezky a to ve staničeních 0,18 km, 0,53 km, 0,75 km, 0,90 km, 1,10 km, 1,29 km, 1,95 km, 2,50 km, 3,08 km a 3,46 km dle kilometráže cyklostezky definované projektovou dokumentací (vzorky označené C a číslem příslušné kilometráže). Byla zpracována a vyhodnocena prvotní dokumentace sond ve formě kolonek s popisem jednotlivých vrstev zemin a hornin, včetně jejich zařazení podle ČSN 73 6133 a ČSN 73 3050. Místa hloubení kopaných sond jsou přehledně znázorněna v příloze 1, geologická dokumentace kopaných sond je součástí přílohy 2, fotodokumentace součástí přílohy 3. Ze všech kopaných sond byly odebrány z podorniční vrstvy vzorky zemin na provedení indexových zkoušek na zjištění základních geotechnických parametrů (stanovení zrnitosti, klasifikace a zařazení zemin, stanovení vlhkosti, konzistenčních mezí, vyhodnocení namrzavosti). Vzorky byly analyzovány v geotechnické laboratoři Ing. Karel Zábranský.

Z kopaných sond C-0,18 a C-2,50, kde byly dle indexových zkoušek zastiženy nejméně příznivé zeminy bez úpravy nevhodné pro použití do aktivní zóny vozovky, byly následně odebrány dva 50 kg technologické vzorky zeminy. Tyto vzorky byly následně analyzovány v akreditované laboratoři mechaniky zemin (Geostar spol. s.r.o.) na stanovení zhutnitelnosti a únosnosti. Na vzorku zeminy byly provedeny následující zkoušky:

- Stanovení vlhkosti zeminy
- Stanovení zdánlivé hustoty pevných částic
- Laboratorní stanovení zhutnitelnosti zemin (zkouška Proctor standard)
- Laboratorní stanovení poměru únosnosti (zkouška CBR)

Poté, co bylo laboratorními zkouškami prokázáno, že hodnota CBR není pro použití do aktivní zóny vozovky bez úpravy vyhovující, bylo na těchto vzorcích provedeno tzv. stanovení receptur - stanovení vhodného pojiva a jeho dávkování při úpravě zemin v aktivní zóně pozemních komunikací. Protokoly laboratorních zkoušek jsou uvedeny v příloze 4.

Dále byly pro zprávu zpracovány přírodní poměry širšího okolí. Následně byly vyhodnoceny a popsány stavebně geologické poměry zkoumané trasy s popisem a charakterem základových půd, s posouzením podmínek založení konstrukce vozovky, úprav terénu a vyhodnocení rizikových faktorů.

Na základě klasifikace zastižených zemin a zobrazení jejich úložných poměrů bylo zpracováno inženýrskogeologické posouzení pro návrh konstrukce vozovky v dílčích částech trasy cyklostezky.

Geologická stavba území a popis hornin skalního podloží, včetně charakteristiky zvětralinového pláště a pokryvných útvarů, byly v obecné úrovni popsány v kapitole 3.2 předkládaného posudku. Zjištěné geologické profily zastižené kopanými sondami potvrdily obecnou platnost regionálního schématu. V trase plánované cyklostezky byly zastiženy jak jednoduché, tak složité geologické podmínky.

Jednoduché geologické podmínky z hlediska založení konstrukce vozovky se vyskytují zejména v celé severní části okruhu cyklostezky v kilometrāži 1,0-2,12 km (v kilometrāži 2,12-2,40 na hrāzi rybníka Zāmíř se již asfaltová vozovka nachāží). V těchto místech vystupuje skalní podloží velmi blízko k povrchu a v řadě míst dokonce do úrovně terénu či nad ní. Výchozy skalních hornin byly zastiženy v místě průběhu stávající polní cesty na řadě míst, například v kilometrāži 1,19 km, 1,25 a 1,27 km, 1,39 km, 1,62 km, 1,68 km, 1,74 km, 1,81 až 1,86 km a 2,10 km. Jsou tvořeny převážně durbachity, tedy horninami v širším okolí zcela převládajícími, časté však jsou rovněž aplity, které tvoří strmě ukloněné žíly protínající durbachitový masiv převážně v ssz.-jjv. směru. Do míst, kde se skalní výchozy nenachāzely, byly situovány kopané sondy C-1,10, C-1,29 a C-1,95 (kilometrāž 1,10 km, 1,29 km a 1,95 km). I ty však potvrdily blízkost skalního podloží, např. v kopaných sondách C-1,29 a C-1,95 byly zcela zvětrāl durbachity zastiženy v hloubce 0,6 m, respektive 0,7 m. Nadložní vrstvy zemin jsou v naprosté většině tvořeny ulehlým hrubým pískem až štěrkem, který je dle obsahu jemnozrnné frakce (jílovité a prachovité částice < 0,063 mm) možné

označovat jako písek/štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy (třída S3S-F/G3G-F dle ČSN 73 6133 - obsah jemnozrnné frakce <15%) či písek/štěrk hlinitý (třída S4SM/G4GM dle ČSN 73 6133 - obsah jemnozrnné frakce 15-35%). Tyto zeminy, tvořící zvětralínový pokryv podložních durbachitů, jsou na ploše třebíčského masivu zcela typické. K dispozici je celá řada dat a geotechnických parametrů za analýz zemin. Prakticky zcela shodný vzorek označený jako KS-2 byl analyzován v rámci akce „Závěrečná zpráva inženýrskogeologického průzkumu v lokalitě Vídeňský rybník a za poliklinikou, Třebíč“ (Kopřiva A., 2017), jejíž objednatelem bylo rovněž Město Třebíč. Na tomto vzorku byla provedena rovněž zkouška Proctor standard a stanovení CBR (kalifornského poměru únosnosti). Jejichž protokoly jsou uvedeny v závěru přílohy 4. Zkouškou Proctor standard bylo zjištěno, že maximální objemové hmotnosti vysušené zeminy $\rho_{dmax} = 2037 \text{ kg/m}^3$ (a tedy maximálního zhutnění) bylo dosaženo při optimální vlhkosti $w_{opt} = 10,0\%$. Hodnota CBR dosahovala 17% při penetraci 2,5 mm a 20% při penetraci 5,0 mm, je tedy splněna podmínka minimálně 15% pro podloží PIII.

Zeminy je dle provedených indexových zkoušek na vzorcích C-1,10, C-1,29 a C-1,95 možné charakterizovat jako pouze mírně namrzavé až namrzavé. V nadloží eluviálních zemin se ojediněle objevuje vrstva deluvií – svahovin, obvykle shodného charakteru jako podložní eluviální vrstva. Přestože geneticky odlišným způsobem než zvětralínová vrstva skalních hornin (erozí, přemístěním a svahovými pohyby z vyšších nadmořských výšek), díky tomu že předpolí tvoří rovněž durbachity třebíčského masivu, jsou její geotechnické parametry obvykle obdobné. Deluviální vrstva dosahuje maximální mocnosti do 15 cm. Nad ní již se nachází vrstva ornice, obvykle o mocnosti do 25 m, v místech nakypření orbou (značná část cyklostezky povede po stávajících zemědělsky obdělávaných pozemcích) až 30-35 cm.

Obdobně jako v kilometráži 1,1-2,12 km byly jednoduché geologické podmínky zastiženy v úseku 2,70-3,58 km trasy, která zahrnuje strmý úsek svahu od rybníka Záměš jižním směrem nedaleko kóty 487,9 m směrem k silnici II/351 Třebíč – Račerovice a dále podél silnice až po odbočku k Bažantnici. Zde se trasa relativně prudce zdvihá z nadmořských výšek cca 478 m na 486 m a dále pokračuje podél silnice v nadmořských výškách cca 480-484 m. Morfologie terénu je výrazně podmíněná geologií, neboť kolem kóty 487,9 m se opět durbachity třebíčského masivu dostávají téměř k povrchu. V kopané sondě C-3,08 bylo pod 25 cm mocnou vrstvou ornice zastiženo eluvium durbachitů charakteru hrubého písku s příměsí jemnozrnné zeminy (S3S-F), od hloubky 40 cm však již bylo zastiženo skalní podloží zcela zvětralých durbachitů.

Jak zastižené skalní horniny, tak nadložní zeminy ve výše zmíněném trasování 1,00-2,12 km a 2,70-3,58 km tak doporučuji použít jako podloží pro aktivní tónu vozovky bez úpravy (zlepšení) zemin. Nerovnosti povrchu skalního podloží je třeba před pokládkou první vrstvy vozovky vhodným způsobem upravit, a to zejména s ohledem na nerovnoměrný průběh skalního podloží typický pro durbachity (vyvětrávání jednotlivých bloků podél puklin). Zde je lokálně třeba počítat s těžitelností až na rozhraní II. a III. třídy dle ČSN 73 6133 (6. třídy dle starší ČSN 73 3050).

Únosnost podloží je možné posuzovat podle směrných normových charakteristik zemin a hornin. Směrné normové charakteristiky (fyzikálně mechanické parametry) zemin a podložních skalních hornin, zastižených kopanými sondami na lokalitě, jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 1: Směrné normové charakteristiky hlavních typů zemin a hornin

symbol	popis	ν	β	γ	E_{def}	ϕ_{ef}	σ_c
S4SM	Písek hlinitý	0,30	0,74	18,0	10-15	28-30	
G4GM	Štěrk hlinitý	0,30	0,74	19,0	70-80	30-35	
S3SF	Písek s příměsí jemnozrn. zeminy	0,30	0,74	17,5	17-25	30-33	
G3GF	Štěrk s příměsí jemnozrn. zeminy	0,25	0,83	19,0	90-100	33-38	
R-5	Zcela zvětralý durbachit	0,20			350		5
R-4	Silně zvětralý durbachit	0,20			1000		15
R-3	Mírně zvětralý durbachit	0,15			3000		50

ν [kN.m⁻³] Poissonovo číslo

β [kN.m⁻³] převodní součinitel

γ [kN.m⁻³] objemová tíha

E_{def} [MPa] deformační modul

ϕ_{ef} [°] efektivní úhel vnitřního tření

σ_c [MPa] pevnost v prostém tlaku

Směrné hodnoty přetvárných charakteristik jsou platné pro křehký typ přetváření skalního masívu (typický pro durbachity), kvaziizotropní skalní masív a pro masív, kde se v dosahu přetížení nevyskytuje oblast snížených technických vlastností (výrazná dislokace, poruchové pásmo). Tuto skutečnost doporučuji ověřit při zakládání objektu převzetím základové spáry geologem. Hodnoty deformačního modulu E_{def} (modulu přetvárnosti) platí pro střední hustotu diskontinuit zcela zvětralého durbachitu (R5) a rovněž střední hustotu diskontinuit u silně a mírně zvětralého durbachitu (R4-R3). Podzemní vody nebudou hodnoty přetvárných charakteristik ovlivňovat.

Zhutnitelnost lze posoudit dle místních charakteristik obdobných zemin (viz. Závěrečná zpráva inženýrsko-geologického průzkumu v lokalitě Vídeňský rybník a za poliklinikou, Třebíč (Kopřiva A., 2017). Hodnoty maximální objemové hmotnosti vysušené zeminy $\rho_{\text{dmax}} = 2037 \text{ kg/m}^3$ (a tedy maximálního zhutnění) bylo dosaženo při optimální vlhkosti $w_{\text{opt}} = 10,0\%$. Hodnota CBR dosahovala 17% při penetraci 2,5 mm a 20% při penetraci 5,0 mm, je tedy splněna podmínka minimálně 15% pro podloží PIII.

Výpočtová únosnost R_d skalních hornin tříd R-5, R-4 a R-3 – zcela, silně a mírně
zvětralých durbachitů podle vztahu

$$R_d = \frac{\sigma_c}{r \cdot p}$$

kde

σ_c = pevnost v prostém tlaku

r = součinitel kvality skalní horniny

p = součinitel hustoty diskontinuit

dosahuje hodnot minimálně **463 kPa** (při $\sigma_c = 5$ MPa, $r=6$ MPa, $p=1,8$).

Složité geologické podmínky z hlediska založení konstrukce vozovky se pak vyskytují ve zbývajících částech okruhu cyklostezky v kilometrážích 0,00-1,00 km a 2,40-2,70 km. Zde byla laboratorními analýzami odebraných vzorků zemin potvrzena přítomnost zemin nevhodných pro zakládání bez úpravy. Jednalo se zejména o vzorek C-0,18, kdy byl zjištěn jíl se střední plasticitou (třída F6CI dle ČSN 73 6133) pevné konzistence, vzorek C-0,53 – jíl písčítý pevné konzistence (třída F4CS dle ČSN 73 6133), C-0,90 – ulehlý písek jílovitý (třída S5SC dle ČSN 73 6133) a C-2,50 – jíl písčítý pevné konzistence (třída F4CS dle ČSN 73 6133). Všechny tyto zeminy jsou řazeny mezi namrzavé a náchylné k objemovým změnám a vykazují obdobné geotechnické vlastnosti, jakkoliv jejich genetický vznik je značně odlišný. V metráži 0,18 km (vzorek C-0,18) je to zejména tím, že podloží není tvořeno zcela převládajícími okolními durbachity, ale světlými leukokratickými žulami, které byly geologickým mapováním zjištěny v pruhu sz.-jv. směru širokém cca 200 m, dlouhém 1,5 km a probíhajícími jižně od Račovic. Velmi pravděpodobně se tak jedná o pokračování zmíněných hornin do zájmového prostoru. Pro chemické zvětrávání žul je pak v závislosti na okolních podmínkách běžný vznik jílových minerálů, a tedy i nadložních zemin jílovitého charakteru. Oproti tomu se v metrážích 0,53 a 0,90 km, kde byly zjištěny jíl písčítý až písek jílovitý se v podloží stále nacházejí kompaktní durbachity jako na naprosté většině zájmové plochy. Jílovité zvětrávání je pak částečně způsobeno jak splachy jemnozrnných zemin z vyšších poloh, tak nepříznivým vodním režimem, kdy pramenné vývěry dlouhodobě ovlivňovaly zvětrávání podložních hornin. Aktuálně jsou pramenné vývěry a povrchové srážkové vody sváděny příkopy z jihozápadu (z kilometráže cca 0,53-0,75) a severu (z kilometráže cca 0,8-1,1) do meliorace v úrovni 0,76 km (částečně rovněž 0,90 km), odkud jsou odváděny směrem k jihozápadu k Bažantnici. Ačkoliv ve zmiňovaném úseku se lokálně mohou vyskytovat zeminy vhodné pro založení cyklostezky bez úpravy (např. vzorek C-0,75 – písek s příměsí jemnozrnné zeminy), vzhledem k dlouhodobým účinkům vody doporučuji celý úsek 0,00-1,00 m posuzovat jako trasu se složitými geologickými podmínkami. V kilometráži 2,40-2,70 vedoucí podél rybníka Záměš pak byly složité geologické podmínky ověřeny vzorkem C-2,50, kdy byl zjištěn jíl písčítý, zejména díky splachům jemnozrnných zemin a přítomnosti trasy v nejnižše položeném a historicky zřejmě podmačeném terénu. To dokládá relativně mělce uložená hladina podzemní vody, která byla zjištěna v nedaleké

kopané studni (6 m západně od sondy C-2,50) v úrovni 1,3 m pod terénem. Problematika odvádění podzemních a povrchových vod je dále diskutována v kapitole 4.2 Rizikové faktory.

Nevhodnost výše uvedených zemin pro zakládání bez úpravy byla dále ověřena na technologických vzorcích C-0,18 a C-2,50, kdy byly zkouškami Proctor standard a zejména pak stanovením poměru únosnosti CBR zjištěny neměřitelné hodnoty CBR. To znamená, že po minimální 96 hodinové saturaci vzorků vodou byla jejich konzistence natolik měkká, že nebylo možné měřit odpor vtláčeného hrotu. Na obou vzorcích pak bylo provedeno stanovení receptur, resp. vhodné úpravy zemin přidáním hydraulického pojiva. Po přidání 1% hydraulického pojiva VIACALCO C-50 oba vzorky zemin stále ještě nedosahovaly požadované hodnoty CBR 15%, až po přidání 2% hydraulického pojiva byla s velkou rezervou požadovaná hodnota splněna (hodnota $CBR_{2,5 \text{ mm}}$ = 55%, hodnota $CBR_{5,0 \text{ mm}}$ = 60,0% u vzorku C-0,18, hodnota $CBR_{2,5 \text{ mm}}$ = 50,0%, hodnota $CBR_{5,0 \text{ mm}}$ = 35,0% u vzorku C-2,50). Protokoly laboratorních analýz jsou uvedeny v příloze 4.

Z provedených laboratorních analýz je tak zřejmé, že v trasování 0,0-1,0 km a 2,4-2,7 km je vhodné zastižené jílovité zeminy podloží upravit přidáním 2% hydraulického pojiva VIACALCO C-50 (hydraulické silniční pojivo se středně velkým obsahem vápna, s celkovým obsahem $CaO+MgO >50 \%$, obsahující cement pro rychlé zvýšení únosnosti pro méně soudržné jílovité, prachové a písčité zeminy, kde optimalizuje a neutralizuje obsah jílu a urychluje postup prací). Smísení zeminy ve vrstvě 50 cm s hydraulickým pojivem zajistí dlouhodobě funkční a únosný materiál do náspu cyklostezky.

Zeminy, respektive úseky cyklostezky vyžadující úpravu hydraulickým pojivem jsou v příloze 1 vyznačeny červenou linií, zeminy použitelné bez úpravy zelenou linií.

Únosnost zemin upravených hydraulickým pojivem při dávkování 2% bude pro potřeby cyklostezky s rezervou dodržena (je třeba splnit poměr únosnosti $CBR_{\min} = 15\%$)

4.2 Rizikové faktory

V trase cyklostezky byla inženýrskogeologickým a hydrogeologickým průzkumem zjištěna řada geologických faktorů, které mohou negativně ovlivňovat stavební práce či vyžadují řešení pro nápravu stávajícího stavu (kromě již zmíněné úpravy zemin). Ty jsou přehledně shrnuty v následujících odstavcích.

4.2.1 Vodní režim, řešení odvádění pramenných a povrchových vod

V kilometrůžce 1,77 se nachází pramenný vývěr, který se projevuje drobným, ale stálým vývěrem pramenných vod zejména v jarních a počátku letních měsíců. Jedná se o suťový pramen, který vzniká při dlouhotrvajících deštích a zejména jarním tání sněhu, kdy se mělké podzemní vody dostávají na nepropustné skalní podloží, které ve zmíněném úseku na řadě míst vystupuje až na povrch terénu (zejména v kilometrůžce 1,6-1,9 km). Aktuálně pramenné vody volně vytékají na povrch stávající polní cesty a proudí směrem k rybníku Zámiš. Vydatnost dosahuje v jarních měsících až cca 0,5 l/s, během léta pak pramenný vývěr postupně vysychá. Zvláště silný byl pramenný vývěr sledován v posledních letech 2018 a 2019, kdy došlo v důsledku kůrovcové kalamity k odlesnění severního předpolí a byla tak

podstatně omezena zadržovací schopnost lesa pro povrchové a mělké podzemní vody. Podzemní vody nemají vzhledem k přítomnosti kompaktního skalního podloží negativní vliv na únosnost podloží, mohou však negativně ovlivňovat promrzání aktivní zóny vozovky a způsobovat erozi konstrukčních vrstev. Zde je třeba zabránit pronikání pramenné vody do konstrukční vrstvy vozovky (např. příkopem, propustkem pod cyklostezkou apod.).

Odvádění pramenných a srážkových vod je třeba vyřešit rovněž v severozápadní části okruhu v kilometráži cca 0,54-1,14 km. Zde jsou rovněž mělké pramenné a srážkové (splachové) vody odváděny gravitačně příkopem podél stávající polní cesty směrem k centrální části úseku v kilometráži 0,76 a 0,90 (ze severu od staničení 1,14 km a z jihozápadu od staničení 0,54). Zde jsou zaústěny do meliorace, respektive příkopů směřujících dále k jihozápadu směrem k Bažantnici. Historicky (před odváděním vod příkopy) zřejmě docházelo k volnému výtoku vod na terén a jeho podmáčení, což má mimo jiné nepříznivý vliv na stávající geotechnické vlastnosti zemin. Rovněž v těchto místech je třeba vyřešit odvádění vod propustkem pod trasou cyklostezky.

V kilometráži 2,4-2,7 km v místě nejnižšího uložení cyklostezky podél rybníka Záměš je možné očekávat nepříznivý kapilární režim mělkých podzemních vod, zejména s ohledem na mělce uloženou hladinou podzemní vody (cca 1,3 m pod terénem) a přítomnost jemnozrnných zemin s vysokou kapilaritou. Tomu je třeba přizpůsobit konstrukční návrh vozovky. V tomto úseku je také značné riziko vodní eroze – splachů orníční půdy od jižně položených zemědělských pozemků do prostoru cyklostezky. Tomu doporučuji předcházet vhodným opatřením (záchytný příkop, ochranný val, zatravnění, osázení stromy apod.).

V kilometráži 2,56 byla rovněž v trase cyklostezky či v její těsné blízkosti zjištěna přítomnost výše zmíněné kopané studny. Po dohodě se zodpovědným projektantem bylo v tomto úseku doporučeno mírné přeložení navržené trasy, které by obcházelo kopanou studnu z jihu.

4.2.2 Náročnost zemních prací v prostředí skalních hornin

Jak bylo uvedeno výše, zejména v severní části trasy cyklostezky se nachází celá řada skalních výchozů vystupujících až na povrch terénu. Z charakteru skalních hornin (velmi malý stupeň rozpukání, vysoká pevnost v prostém tlaku) vyplývá, že při úpravě povrchu skalních hornin může jejich těžitelnost dosahovat až III. třídy těžitelnosti dle ČSN 73 6133 (6. třídy dle starší ČSN 73 3050), takže nebude možné ji odtěžit bez použití těžkých zemních mechanismů (hydraulická kladiva, trhací háky apod.).

Dalším rizikem je pak skutečnost, že i v trase, kde byla zjištěna přítomnost jílovitých zemin a byla navržena jejich úprava smísením s hydraulickým pojivem, nelze zcela vyloučit lokální místa s výstupem skalních hornin k povrchu (zejména v severozápadní části okruhu v kilometráži 0-1,0 km). To vyplývá z nerovnoměrného průběhu povrchu skalního podloží typického pro durbachity (vyvětrávání dílčích skalních bloků podél řídkého systému puklin). Na to je třeba dbát zejména v průběhu frézování a mísení zemin s hydraulickým pojivem, aby nedošlo k poškození frézovacích mechanismů.

4.2.2 Další negativní faktory

V kilometráži 3,46 při pravé straně silnice Třebíč-Račerovice přímo v trase cyklostezky byla zjištěna přítomnost terénní deprese, hluboká cca 1,5 m oproti okolnímu terénu a 2 m pod úroveň asfaltové silnice. Deprese je dlouhá cca 10 m a široká 5 m; zřejmě se jedná o pozůstatek historické těžby či dobývky kamene, případně o zemník použitý pro těžbu zemin na konstrukci zemního tělesa asfaltové komunikace. Při úpravě náspu cyklostezky bude třeba zmíněnou terénní depresi zavézt vhodným materiálem drcené kamenivo, makadam, štěrk) a zhutnit na dostatečnou úroveň.

5. Závěry a doporučení

V rámci předkládaného posudku byly hodnoceny inženýrskogeologické poměry a hydrogeologické poměry pro stavbu cyklostezky v lokalitě Záměš - Račerovice. Celkem bylo odevráno 10 poloporušených a 2 technologické vzorky na zjištění geotechnických parametrů zemin.

Na základě laboratorních analýz a zkoušek bylo doporučeno v kilometráži 1,00 až 2,12 a 2,70 až 3,58 ponechat zeminy, které budou tvořit násep cyklostezky bez úpravy hydraulickým pojivem, pouze s dosažením požadovaného zhutnění. V kilometráži 0,00 až 1,00 a 2,4 až 2,7 pak byla doporučena pro dosažení dostatečné únosnosti úprava zemin pomocí hydraulického pojiva VIACALCO C-50 v dávkování 2%, a to v mocnosti 40-50 cm.

Nejsvrchnější vrstvu zemin doporučuji skrýt v mocnosti 25-30 cm, v místech, kde bude trasa cyklostezky probíhat po stávající využívané orné půdě pak 30-35 cm (podložní vrstvy zemin jsou hlubokou orbou promíchány s nejsvrchnější organickou vrstvou ornice).

V trase cyklostezky bylo zjištěno několik míst s rizikovými faktory, které mohou negativně ovlivňovat zakládání a provoz cyklostezky. Jedná se zejména o vodní režim, kde je třeba v kilometráži 1,77 vyřešit pramenný vývěr podzemních vod a dále odvádění pramenných a srážkových vod v severozápadní části okruhu v kilometráži cca 0,54-1,14 km a jejich zaústění do drenáže/meliorace ve staničení 0,76 a 0,90 km. Zde je nezbytné provést kvalitní odvodnění a provedení terénních úprav tak, aby nedocházelo k podmáčení zemní plně či trvalému ovlivňování konstrukčních vrstev. V neposlední řadě je třeba zmínit rovněž nepříznivý kapilární režim podzemních vod a riziko vodní eroze v kilometráži 2,4-2,7 v blízkosti rybníka Záměš.

Dalšími nepříznivými faktory jsou obtížná těžitelnost skalních hornin a jejich možný výskyt v navržené trase úpravy zemin (při frézování a mísení s hydraulickým pojivem) v kilometráži 0,0-1,0 km a přítomnost terénní deprese v kilometráži 3,46.

Realizací uvedeného záměru nedojde k ohrožení okolních stavebních objektů, negativním svahovým deformacím ani střetům zájmů ochrany podzemních vod a životního prostředí.

V Třebíči 30. 10. 2019

Mgr. Antonín Kopřiva