
ŽELEZNIČNÍ TRATĚ ODRY - SUCHDOL n. O. - IGHP

Závěrečná zpráva

číslo úkolu: **Z221099**

Odpovědný řešitel: Ing. Jana Kozelková

Představitel a.s.: Ing. Vladan Podroužek
ředitel divize geologie a ŽP

CERTIFIKACE:

ČSN EN ISO
9001

ČSN EN ISO
14001

ČSN EN ISO
45001

**Ostrava
prosinec 2021**

Výtisk č.

Objednatel: DRAWINGS s.r.o.
Opavská 845
721 00 Ostrava
IČ: 04650263
DIČ: CZ04650263

Zhotovitel: UNIGEO a.s.
Místecká 329/258
720 00 OSTRAVA-HRABOVÁ
IČ: 45192260
DIČ: CZ45192260

Útvar realizace : DIVIZE GEOLOGIE A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
tel.: ředitel divize-Ing. Vladan Podroužek : 596706290,
www.unigeo.cz/, e-mail: podrouzek.vladan@unigeo.cz

Účel: Geotechnický průzkum pražcového podloží

Etapa: podrobný průzkum
Kraj/obec: Moravskoslezský / Odry, Mankovice, Suchdol n.O.

Č. evidence ČGS-Geofond: 1671/2021
Č. úkolu pro ČGS: Z221099 94 511 CZ0814 1

Řešitelský tým: Ing. Jana Kozelková – odpovědný řešitel úkolu
Ing. Marek Paliza - spolupráce na IG části a kap.6
Ing. Lenka Žáková - hydrogeologická část (příl.č.11)
Mgr. Markéta Ustrnulová – grafické zpracování

**Tato závěrečná zpráva : „ŽELEZNIČNÍ TRATĚ ODŘY – SUCHDOL n. O. - IGHP“, je
vyhotovena ve 4 výtiscích, které obsahují:**

65 stran textu

12 příloh

Rozdělovník- ex.: 1.-2. DRAWINGS s.r.o.
3. ČGS Geofond ČR
4. Unigeo - dokumentační fond divize geologie a ŽP, Ostrava

Obsah:

1	ÚVOD	4
2	PŘÍRODNÍ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	5
3	METODIKA A ROZSAH PRŮZKUMNÝCH PRACÍ	11
4	VYHODNOCENÍ PRŮZKUMU	17
4.1	PRAŽCOVÉ PODLOŽÍ, SKLADBA KONSTRUKČNÍCH VRSTEV ŽELEZNIČNÍHO SPODKU A PODLOŽÍ ZEMNÍHO TĚLESA	18
4.2	PŘEHLED VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ MODULU DEFORMACE MATERIÁLŮ A ZEMIN ZATĚŽOVACÍMI A RÁZOVÝMI ZKOUŠKAMI „IN SITU“	36
4.3	VYHODNOCENÍ SOND DYNAMICKÝCH PENETRACÍ	38
4.4	HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY	50
4.5	SOUHRNNÁ CHARAKTERISTIKA DÍLČÍCH ÚSEKŮ TRASY	51
5	GEOFYZIKÁLNÍ PRŮZKUM.....	57
6	STABILITNÍ POMĚRY V TRASE.....	58
7	ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ.....	60

Přílohy:

1. Situace řešeného úseku trati se zakreslením průzkumných sond v základní mapě v měřítku 1 : 25 000
2. Situace řešeného úseku trati se zakreslením průzkumných sond v geologické mapě v měřítku 1 : 25 000
- 2A. Geologická mapa odkrytá na úroveň podloží zemního tělesa v měř. 1 : 10 000
3. Dokumentace průzkumných sond S-1 až S-38
4. Tabeleární přehled a protokoly laboratorních analýz zemin
5. Protokoly dynamických penetračních zkoušek
6. Výsledky měření modulu přetvárnosti základové půdy – statických zatěžovacích zkoušek SZZ1 až SZZ15
7. Výsledky měření modulu přetvárnosti základové půdy – rázových zkoušek lehkou dynamickou deskou LDD1 až LDD13
8. Fotodokumentace kopaných sond a vrtného jádra ručních vrtů
9. Dokumentace skalních výchozů
10. Pasporty svahových nestabilit
11. Hydrogeologický posudek včetně posouzení kontaminace

1 ÚVOD

Na základě objednávky prací, ze dne 16.4.2021 (č. obj. N21-4510-0002) byl proveden geotechnický průzkum pražcového podloží v drážním km 0,487 – 10,014 železniční tratě Suchdol nad Odrou – Budišov nad Budišovkou. Průzkumné sondy byly realizovány v traťovém úseku Suchdol nad Odrou – Mankovice-Odry – situace viz příloha č. 1. Zakázka je evidována zhotovitelem pod číslem Z221099.

Cílem prací bylo ověření skladby konstrukční vrstvy železničního spodku, zjištění geotechnických vlastností zastiženého materiálu, ověření únosnosti konstrukčních a zejména podložních vrstev a posouzení kontaminace železničního kameniva ve vybraných místech (železniční přejezdy, dřevěné pražce) pro ověření přítomnosti materiálů s ohledem na nebezpečné vlastnosti odpadů (analýza těžkých kovů, organické znečištění a ekotoxicita – předpoklad 5 vzorků).

Součástí podrobného průzkumu byla rovněž rekognoskace území a skalních výchozů (úpatí kopce Pohoř) a hydrogeologické posouzení v této oblasti (viz samostatná příloha č. 11). V řešeném území na úpatí kopce Pohoř byl následně v rámci samostatného úkolu „Železniční trať Suchdol nad Odrou – Budišov nad Budišovkou - geofyzikální průzkum, Bartášková L, Geodrill, s.r.o., říjen 2021“ - proveden i geofyzikální průzkum, jehož základní výsledky jsou uvedeny v kap. 5.

Součástí přípravných a administrativních prací bylo ohlášení geologických prací spojených se zásahem do pozemku na příslušných obecních úřadech a registrace v ČGS Geofondu ČR, zjištění archivní prozkoumanosti a základních informací o přírodních poměrech v zájmovém území.

Z hlediska archivní vrtné prozkoumanosti (údaje z databáze ČGS Geofondu) lze konstatovat, že přímo v trase železniční trati nebyly realizovány žádné průzkumné vrty nebo kopané sondy. V blízkosti trati (do vzdálenosti cca 50 m) byly realizovány průzkumné vrty v rámci inženýrsko-geologických průzkumů pro jiné účely – např. výstavba bytových domů nebo mostu v Odrách, výstavba vodovodu v Mankovicích nebo výstavba elektrického vedení v Suchdole nad Odrou. Pro účely tohoto podrobného průzkumu tj. rekonstrukce stávající trati by výsledky archivních vrtů měly však jen hrubě informativní charakter a proto pro hodnocení podloží trati nebyly využity.

Ve smyslu přílohy 9 k SŽ S4 (2021) byly průzkumné práce projektovány a hodnoceny podle 2. geotechnické kategorie - s ohledem na průzkum tělesa železničního spodku se jedná o rekonstrukci stávající trati bez výrazné změny její trasy vedené v zemním tělese o výšce násypu, resp. hloubce zářezu do 6 m. Stávající zemní těleso, jeho podloží a přilehlé území nevykazuje deformace způsobené poruchami stability, sesuvy, sedáním nebo vytlačováním podloží násypu, poddolovaným územím. Jako rizikový úsek z hlediska možného vzniku nestabilit je považováno úbočí kopce Pohoř (drážní km 7,2 a 8,9-9,5), kde jsou Českou geologickou službou Praha evidovány 4 svahové nestability dočasně uklidněné (detailněji viz kap. 2 a 6). Při návrhu konstrukcí zařazených do 2. geotechnické kategorie se provádí podrobný průzkum s odběrem vzorků zemin a vody a standartními terénními a laboratorními zkouškami.

2 PŘÍRODNÍ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Geomorfologicky náleží území do následujících jednotek (<https://geoportal.gov.cz>):

Oblast Odry :

Systém: Hercynský
Provincie: Česká vysočina
Subprovincie: Krkonošsko-jesenická soustava
Oblast: Jesenická oblast
Celek: Nízký Jeseník
Podcelek: Vítkovská vrchovina
Okrsek: Tošovická vrchovina

Oblast Mankovice a Suchdol nad Odrou :

Systém: Alpsko-himalájský
Provincie: Západní Karpaty
Subprovincie: Vněkarpatské sníženiny
Oblast: Západní vněkarpatské sníženiny
Celek: Moravská brána
Podcelek: Oderská brána
Okrsek: Klimkovická pahorkatina

Oblast Oder (v drážním km cca 7,2-10,0) náleží dle informací (<https://geoportal.gov.cz>) do území **přírodního parku Odry**.

Geologické poměry v řešeném území jsou znázorněny v geologické mapě a popsány v legendě této mapové přílohy č.2 (zdroj : www.geology.cz a mapový list 25-12 Hranice). Podrobněji jsou popsány rovněž v kap. 4.

Podloží kvartéru zájmového prostoru je tvořeno dvěma typy hornin :

- v úseku mezi Suchdolem nad Odrou a Mankovicemi (do staničení km cca 7,0) je tvořeno terciárními miocenními spodnobadenské šedými jíly, přecházejícími směrem do skalního podloží (jílovce)
- v úseku mezi Mankovicemi a Odrami (předpoklad od drážního km 7,0, v okolí kopce Pohoř od drážního km cca 7,150 již výchozy skalního podkladu) hradecko-kyjovickým souvrstvím slezského kulmu, stáří spodní karbon (paleozoikum), spodní namur a horní visé. Hradecko-kyjovické souvrství obecně může tvořit dva základní litotypy – droby a břidlice ve stratigrafické posloupnosti (hradecké vrstvy a mladší kyjovické vrstvy), případně se může jednat o dvě laterální litofacie.

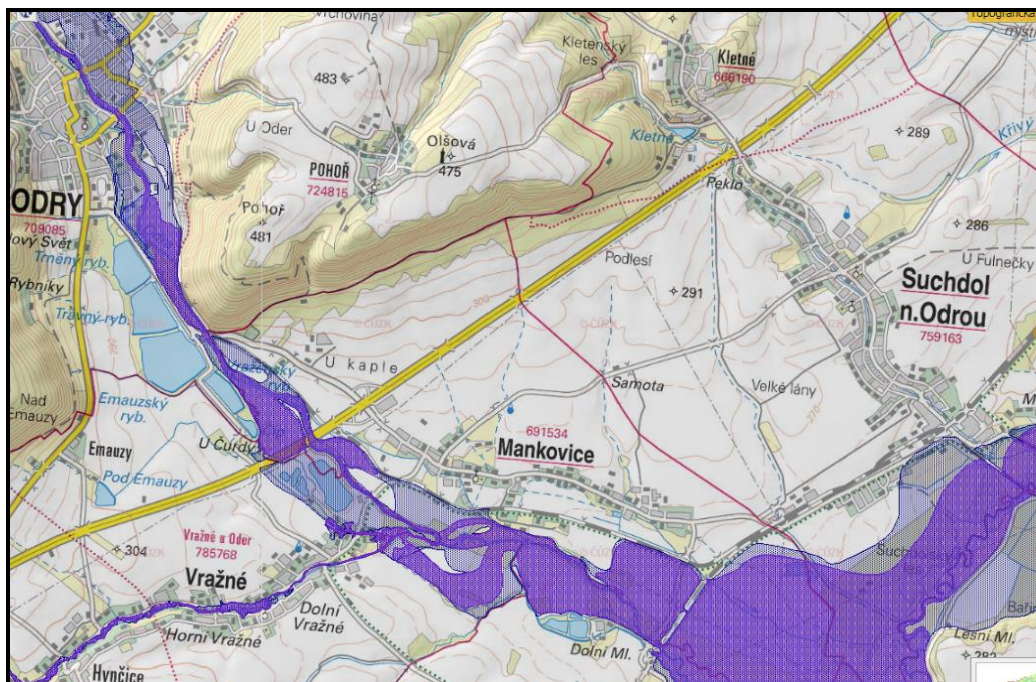
Hradecké vrstvy tvoří hrubozrnné lavicovité droby s vložkami slepenců. Slepence obsahují větší množství valounů křemene a kvarcitů. Kyjovické vrstvy představují jemnozrnné sedimenty. Ty jsou tvořeny rytmyty a laminyty jílových břidlic a prachovců, podřadně slabě vápnité droby (Mísař, Z., 1983). V zájmovém prostoru se v podloží kvartéru střídají břidlice, prachovce a jemnozrnné droby, přičemž dominantní horninou je jemnozrnná droba (viz geologická mapa příl.č. 2).

V údolní nivě řeky Odry jsou zastoupeny kvartérní fluvialní, převážně písčito-hlinité nivní sedimenty a fluvialní jíly. V úseku mezi Suchdolem nad Odrou a Mankovicemi se v nadloží nivních sedimentů charakteru písků a štěrků vyskytují sprašové hlíny eolického původu (pleistocenního stáří), případně se na začátku řešeného úseku mohou vyskytovat i deluviální písčito-hlinité až hlinito-písčité sedimenty místy se štěrkovitou příměsí (pleistocén-holocén). Směrem k Odrám přibližně od drážního km 6,6-7,15, přechází eolické sedimenty do deluviálních hlinito-kamenitých sedimentů pleistocenního až holocenního stáří a tvoří JV úbočí kopce Pohoř. Stejně deluviální sedimenty se budou vyskytovat i na SZ úpatí kopce Pohoř v drážním km 9,4-9,6.

Hydrogeologické a hydrologické poměry v řešeném území jsou podrobně zhodnoceny v hydrogeologickém posudku (příl.č.11) se zaměřením na oblast úpatí kopce Pohoř. Dle <https://heis.vuv.cz/> leží zájmové území v hydrologickém povodí řeky Odry (č. h. p. 2-01-01 Odra po Opavu), náleží k dílčím hydrologickým povodím 4. řádu 2-01-01-0660-0-00, 2-01-01-0480-0-00 a 2-01-01-0463-0-00. Nejbližší vodotečí je řeka Odra, která protéká J až JZ směrem od řešeného traťového úseku a ke které generálním směrem proudí podzemní voda v zájmovém území. Z hlediska hydrogeologické rajonizace se řadí zájmová lokalita převážně do rajónu 1510 – Kvartér Odry, okrajově v okolí kopce Pohoř do rajónu 6611 – Kulm Nízkého Jeseníku v povodí Odry (základní vrstva).

Řešený úsek trati neprobíhá **územím chráněné akumulace podzemních vod ani ochranným pásmem vodních zdrojů**, pouze jižně, jihozápadně a západně od trati se nachází záplavová území řeky Odry- v drážním km cca 2,5-3,0; 4,2-5,7; 6,3-9,0 a 9,9-10,0 (viz obr. 1 – zdroj : <https://geoportal.gov.cz>). Podrobná situace záplavového území Q100 je uvedena v příloze č. 2A.

Obrázek č. 1 – situace záplavového území řeky Odry vůči řešenému úseku trati



Klimatické poměry

Dle mapové kompozice „VÚKOZ – Klimatické oblasti (1901 – 2000)“ zveřejněné na Národním geoportálu INSPIRE se oblast Odry nachází v klimatické oblasti mírně teplé, oblast Mankovice a Suchdol nad Odrou náleží již do teplé klimatické oblasti.

Mírně teplá klimatická oblast je charakterizována následovně: Léto je přiměřené, s 20 – 40 letními dny, mírně teplé, s prům. teplotou 13–15 °C, přiměřeně vlhké, se srážkami 200 - 400 mm, se 100 - 140 dny se srážkami nad 1 mm. Přechodné období je přiměřeně dlouhé se 140 – 160 mrazovými dny, chladným jarem s prům. teplotou 5–7 °C, mírně teplým podzimem s prům. teplotou 6–8 °C. Zima je normálně dlouhá s 50 – 60 ledovými dny, mírně chladná s prům. teplotou -2 - -3 °C, s přiměřenými srážkami 200 - 400 mm, s přiměřeným trváním sněhové pokrývky 50 – 80 dnů.

Teplá klimatická oblast je charakterizována následovně: Léto je dlouhé, se 40-50 letními dny, teplé, s prům. teplotou 15–16 °C, přiměřeně vlhké, se srážkami 200 - 400 mm, se 100 - 140 dny se srážkami nad 1 mm. Přechodné období je krátké se 100 – 140 mrazovými dny, mírně teplým jarem s prům. teplotou 7–8 °C, teplým podzimem s prům. teplotou 8–9 °C. Zima je normálně dlouhá s 50 – 60 ledovými dny, mírně chladná s prům. teplotou -2 až -3 °C, s vyššími srážkami >400 mm, spíše kratším trváním sněhové pokrývky 50 – 60 dnů.

Klimatické podmínky v zájmové oblasti jsou charakterizovány indexem mrazu $I_{mn} = 400-500$ °C den, podle obrázku č. 1, přílohy č. 7 předpisu SŽ S4 (orientační mapa charakteristických hodnot indexu mrazu).

Svahové nestability, sesuvná území

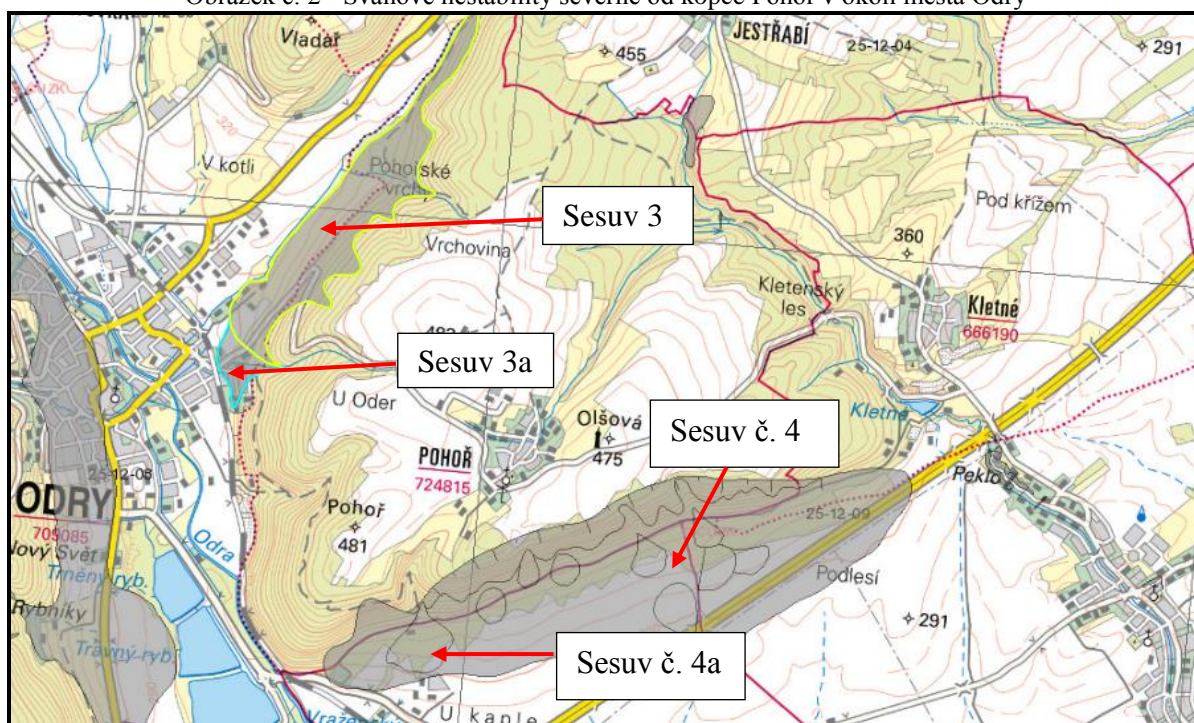
Na příkrých JV a SZ svazích kopce Pohoř jsou českou geologickou službou (Geofond ČR) evidovány dočasně uklidněné svahové nestability (sesuvy) délky nad 50 m (www.geology.cz), která jsou patrná na obr. č. 2.

K jednotlivým svahovým nestabilitám jsou uvedeny zpracované pasporty v příloze č. 10. Dále jsou uvedeny jen vybrané parametry.

U paty severozápadní části kopce Pohoř byl zjištěn sesuv s kódem 3a (list mapy 25-12-08). Jedná se výplavový kužel svahové nestability, v současnosti uklidněný, o rozměrech 436 m x 567 m, sklon svahu je udáván 15°. Minimální vzdálenost jeho dosahu vůči železnici se odhaduje na cca 20 m. Geologické podloží řešeného území patří z regionálního hlediska do moravskoslezského paleozoika, hradecko-kyjovického souvrství stáří spodního karbonu (břidlice, droby a prachovce). Tyto horniny jsou překryty štěrkovými a písčítými náplavy (Krejčí O., 2006).

Materiál svahové nestability tvoří zvětraliny, svahoviny nebo jiné nezpevněné horniny, odhadovaná mocnost je středně hluboká (5-10 m). Aktivním faktorem jsou srážky a nasycení vodou, ke zhoršení situace může dojít například při vysokých úhrnech srážek. Pasivním faktorem podmiňující nestability je litologie a morfologie terénu.

Obrázek č. 2 - Svahové nestability severně od kopce Pohoř v okolí města Odry

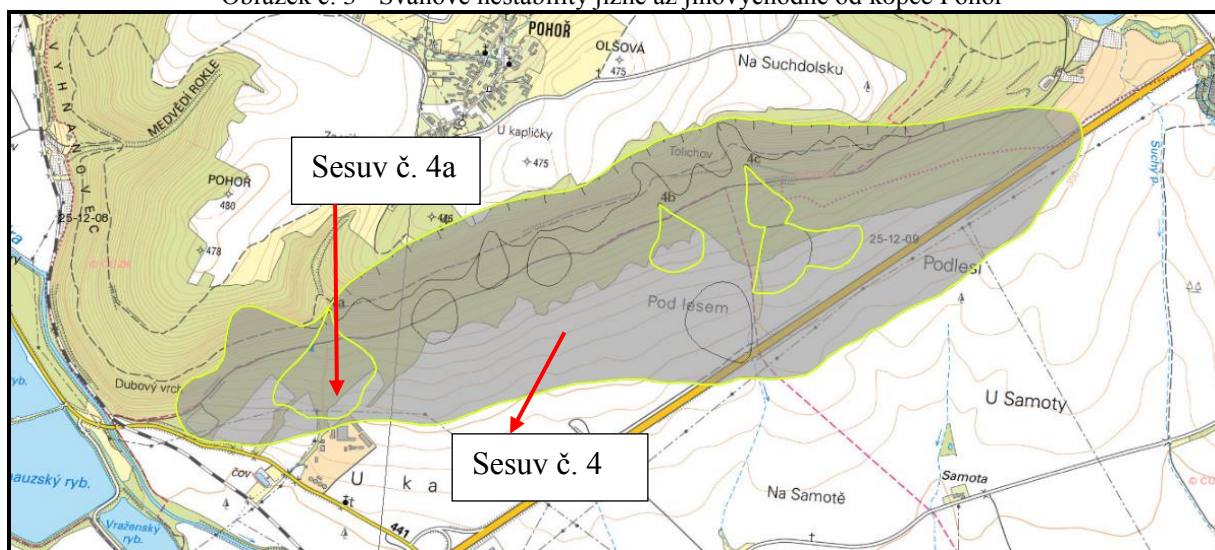


Sesuv č. 3a navazuje na podstatně větší svahovou nestabilitu sesuv s kódem 3 (list mapy 25-12-08), který se nachází severovýchodním směrem od sesuvu č.3a. Podmínky k nestabilitám jsou obdobné jako u sesuvu 3a. Jeho rozměry jsou 503 m x 2750 m, sklon svahu je udáván 15°, minimální vzdálenost jeho dosahu vůči železnici se odhaduje na cca 220 m.

Pod místní částí Oder Pohoří byl na jihovýchodních svazích Olšové dokumentován sesuv s kódem 4 (list mapy 25-12-09, menší část na listu 25-12-08) – viz obr.3. Jedná se o svahové deformace, v současnosti dočasně uklidněné, o rozměrech 1190 m x 4130 m, sklon svahu je udáván 15°, minimální vzdálenost jeho dosahu vůči železnici se odhaduje na cca 80 m. Geologické podloží řešeného území patří z regionálního hlediska do moravskoslezského paleozoika, hradecko-kyjovického souvrství stáří spodního karbonu (břidlice, droby a prachovce). Tyto sedimenty jsou překryty sprašemi a sprašovými hlínami, v údolích vodních toků pak kvarterními náplavy. V odlučné strmé části jsou viditelné výchozy skalního podkladu bez pokryvu svahových sedimentů. Na povrchu se nachází několik výplavových kuželů, nejbližší trati je bod 4a.-viz obr. 3. Materiál svahové nestability tvoří zvětraliny, svahoviny nebo jiné nezpevněné horniny, skalní a poloskalní horniny, odhadovaná mocnost je hluboká (10 m a více). Aktivním faktorem jsou srážky a nasycení vodou. Pasivním faktorem podmiňujícím nestabilitu je intenzivní zvětrání (Krejčí O., 2013).

Sesuv č. 4a (list mapy 25-12-08) se nachází v západní části podstatně větší svahové nestability s kódem 4. Jedná se o výplavový kužel svahové nestability č.4, v současnosti dočasně uklidněný, o rozměrech 470 m x 481 m, sklon svahu je udáván 15°, minimální vzdálenost jeho dosahu vůči železnici se odhaduje na cca 400 m. Geologické podloží řešeného území patří z regionálního hlediska do moravskoslezského paleozoika, hradecko-kyjovického souvrství stáří spodního karbonu (břidlice, droby a prachovce). Tyto horniny jsou překryty štěrkovými a písčitými náplavy (Krejčí O., 2006).

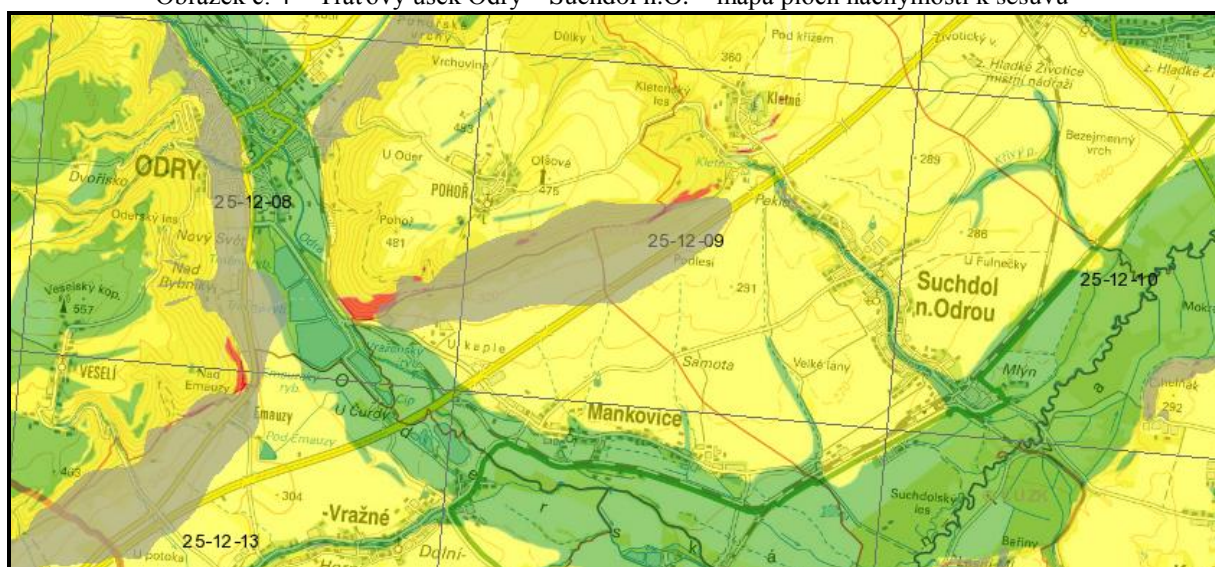
Obrázek č. 3 - Svahové nestability jižně až jihovýchodně od kopce Pohor



Materiál svahové nestability tvoří zvětraliny, svahoviny nebo jiné nezpevněné horniny, odhadovaná mocnost je středně hluboká (5-10 m). Aktivním faktorem jsou srážky a nasycení vodou, ke zhoršení situace může dojít například při vysokých úhrnech srážek. Pasivním faktorem, podmiňujícím nestability, je litologie a morfologie terénu.

Podle mapy náchylnosti svahů k sesouvání spadá převážná část trati do 1. třídy (nízké) náchylnosti svahů k sesouvání (na obrázku č.4 značená zelenou barvou), západní část u Oder (drážní km cca 7,5-8,5) navazuje na plochu se středním (2.stupněm) rizika náchylnosti k svahovým pohybům (označeno žlutě) a malá červená oblast na západě mezi Mankovicemi a Odrami (úpatí kopce Pohor, drážní km 7,0-7,5) spadá do 3. třídy vysoké náchylnosti ke vzniku svahových deformací – drážní km cca 6,9-7,8 (na obrázku č. 4 níže označeno červenou barvou).

Obrázek č. 4 – Traťový úsek Odry – Suchdol n.O. – mapa ploch náchylnosti k sesuvu



Radonové riziko (dle ČGS – Geofondu ČR) :

Zájmová lokalita spadá z hlediska kategorizace radonového indexu geologického prostředí v úseku Suchdol nad Odrou, Mankovice po úpatí kopce Pohor (dražní km 5,2-7,2) do převažujícího radonového indexu stupně 1 – nízkého, s popisem – kvartér, kenozoikum, hlubší podloží nízký, hornina : hlína, písek, štěrk, typ horniny : nezpevněný sediment, geneze : fluvialní nečleněné+sedimenty vodních nádrží. Směrem k Odrám (úsek dražní km cca 7,2-10,0) již zájmové území spadá z hlediska radonového rizika do středního stupně č.2 s popisem – střední, paleozoikum, karbon, hornina : břidlice, prachovec, droba, typ horniny : zpevněný sediment, geneze : turbidity.

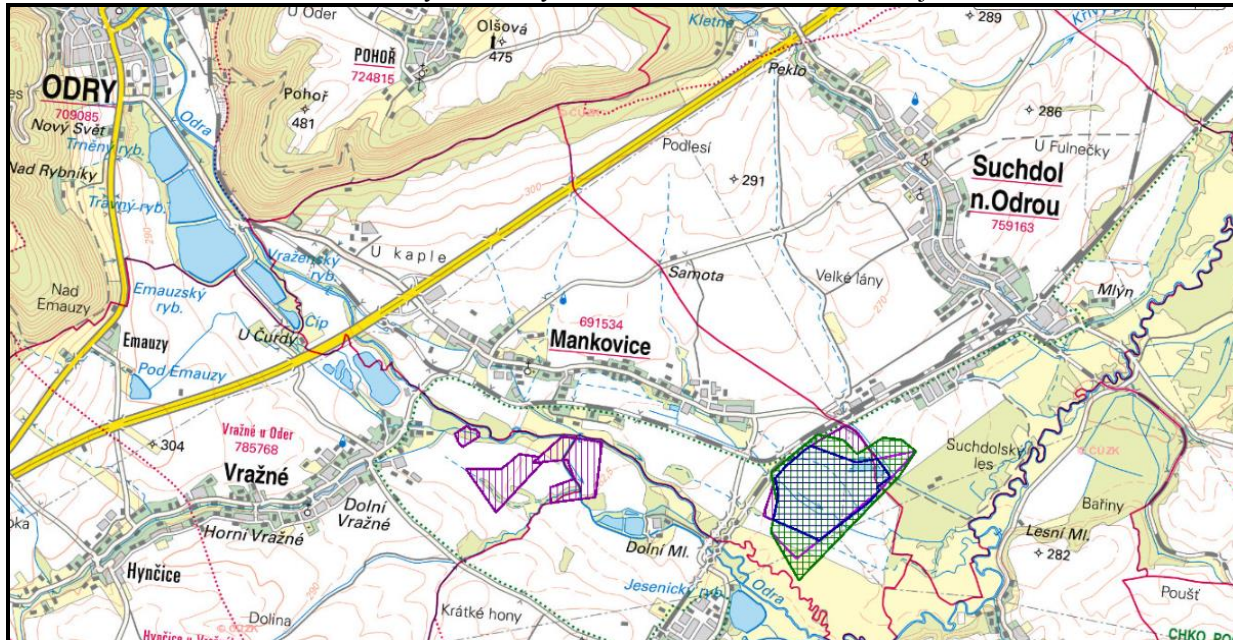
Z hlediska seismicity lze zájmové území zařadit mezi oblasti se seismickým ohrožením 6. stupně stupnice MSK-64. Podle ČSN EN 1998-1, Změna Z4 (leden 2016) – „Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – Část 1, Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby“ leží zájmové území v oblasti s referenčním špičkovým zrychlením podloží a_{gR} v hodnotě 0,05 g.

Poddolovaná území, surovinové zdroje (dle ČGS – Geofondu ČR) :

Řešený úsek železniční trati neprobíhá žádným **poddolovaným územím**.

Z hlediska surovinových zdrojů se v blízkosti tohoto traťového úseku JV směrem na katastrální území Mankovice nachází ložisko štěrkopísků, které je v současnosti těžené povrchoвым způsobem organizací Českomoravský štěrk a.s. (viz obr. 5)

Obrázek č. 5 – Traťový úsek Odry – Suchdol n.O. – surovinové zdroje



3 METODIKA A ROZSAH PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

Požadavkem objednatele prací bylo provedení kopaných sond v kolejišti jednokolejné regionální železniční trati a to v místech určených objednatelem prací. Na povrchu zemní pláně byla v těchto sondách požadována realizace statických zatěžovacích zkoušek, jejichž výsledkem bylo stanovení modulu přetvárnosti zemní pláně, dále pak realizace sond dynamické penetrace a ručních vrtů, odběry a laboratorní analýzy vzorků zemin, včetně stanovení možného znečištění kolejového kameniva ve vytipovaných místech (železniční přejezdy, dřevěné pražce). Před samotným zahájením technických prací byla provedena rekognoscace celého řešeného úseku trati a v místech výchozů skalního podkladu byla požadována jejich dokumentace.

Rozsah prací byl dán výlučně požadavky objednatele prací, který zároveň poskytl součinnost při vlastní realizaci průzkumu spočívající zejména ve stálém dozoru při realizaci průzkumných prací a polních zkoušek, určení konkrétních pozic průzkumných sond a typu polních zkoušek, které se v daných sondách budou provádět. Vlastní průzkumné práce byly provedeny ve dvou etapách, proto také označení sond není v souvislé číselné řadě (viz tab.č.2). Veškerá textová a fotografická dokumentace, předložená ve zprávě, odpovídá místu a datu pořízení, tj. pozici a termínu realizace technických prací :

První etapa prací proběhla v době nepřetržité vlakové výluky ve dnech 29.-30.4.2021. Tato výluka na trati umožnila provedení kopaných sond a jejich dokumentaci s odběrem vzorků, realizaci sond statické i dynamické penetrace a ručních vrtů v souladu s projektem prací. Průzkumné práce v I. etapě bylo možné provést ale pouze v úseku Suchdol nad Odrou - Mankovice (drážní km 1,403 – 5,089). Jednalo se o sondy s označením S-1 až S-15.

Druhá etapa prací mohla být provedena jen v době vlakových přestávek za běžného provozu železniční trati. Z tohoto důvodu došlo ke změnám rozsahu průzkumných prací a typu zkoušek, který byl předem projednán a odsouhlasen objednatelem prací. Bylo upuštěno od realizace statických zatěžovacích zkoušek a tyto byly nahrazeny rázovými zkouškami lehkou dynamickou deskou v celkovém počtu 13 ks. Průzkumné práce v II. etapě byly provedeny dne 28.6.2021 v úseku Mankovice - Odry (drážní km 5,200 – 10,000) a jednalo se o sondy s označením S-16 až S-38. Sondy dynamické penetrace byly realizovány následně dne 7.7.2021 a to v místech přístupných pro dopravu penetrační soupravy (např. železniční přejezdy). Jejich orientační pozice je uvedena staničením v protokolech příl.č.5 a v účelové mapě příl.č.2A. Jejich výsledky byly orientačně srovnány s profilem nejbližší kopané sondy v daném km a interpretovány v kap. 4.3. (uvedeno v tabulce č.1 a 2).

V úseku staničení cca km 7,4-8,1 byla návazně realizována **dokumentace skalních výchozů**, která tvoří příl.č.9. V těchto místech byl nad rámec tohoto úkolu (resp. v rámci jiného úkolu) dne 23.9.2021 realizován i geofyzikální průzkum pro zjištění možného průběhu povrchu skalního povrchu (viz. kap. 6).

V souladu s výše uvedenými požadavky objednatele bylo realizováno celkem 35 ks **kopaných sond** ozn. S-1 až S-38 (označení sond není v souvislé číselné řadě z důvodu jejich realizace ve dvou časových etapách a změnou počtu oproti projektu). Sondy byly realizované strojně bagrem přímo v ose kolejiště mezi pražci, jejichž dno pro účely realizace polních zkoušek bylo ručně odkopáno a dočištěno pracovníky zhotovitelské organizace pokud možno

na úroveň zemní pláň. Objednatel zajistil jejich geodetické polohopisné a výškopisné zaměření, následující tabulka uvádí jejich souřadnice :

Tab.č.1 – Polohopisné a výškopisné zaměření sond

Označení sondy	Souřadnice X (JTSK) m	Souřadnice Y (JTSK) m	Souřadnice Z (Bpv.) m n.m.
S-1, DP(S1)	498 384,65	1 121 477,07	259,75
S-2, DP(S2)	498 396,32	1 121 481,64	259,67
S-3, DP(S3)	498 448,87	1 121 503,24	259,46
S-5, DP(S5)	499 156,60	1 121 846,43	259,29
S-6, DP(S6)	499 176,16	1 121 839,00	259,27
S-7, DP(S7)	499 228,30	1 121 818,89	259,32
S-10, DP(S10)	500 352,99	1 121 424,63	262,95
S-11, DP(S11)	500 918,04	1 121 356,70	264,71
S-12, DP(S12)	501 132,48	1 121 366,40	266,60
S-13, DP(S13)	501 149,10	1 121 367,12	266,61
S-14, DP(S14)	501 410,47	1 121 287,87	266,46
S-15, DP(S15)	501 792,92	1 121 105,00	268,44
S-16, DP1(S16)	501 942,51	1 121 053,23	268,92
S-17	502 318,30	1 120 692,33	271,75
S-18	502 590,83	1 120 504,23	273,04
S-19, DP2(S19)	502 701,73	1 120 368,93	273,96
S-20	502 952,37	1 120 127,77	275,59
S-21	503 190,15	1 119 952,20	276,61
S-22, DP5(S22)	503 487,00	1 119 805,85	278,41
S-23, DP3(S23)	503 572,54	1 119 735,00	278,93
S-23A, DP4(S23A)	503 607,83	1 119 690,73	279,18
S-24	503 702,12	1 119 570,36	279,47
S-24A	503 806,59	1 119 351,36	280,00
S-25	503 831,83	1 119 198,03	280,68
S-26	503 826,72	1 119 152,36	280,86
S-27	503 801,67	1 119 025,91	281,09
S-28	503 812,44	1 118 711,52	282,28
S-29, DP6(S29)	503 855,09	1 118 498,03	283,08
S-31	503 883,66	1 118 219,96	284,06
S-32, DP7(S32)	503 937,23	1 117 986,32	285,43
S-33, DP8(S33)	503 998,22	1 117 739,62	288,71
S-35	504 047,25	1 117 559,96	288,78
S-36, DP9(S36)	504 086,09	1 117 492,95	288,74
S-37	504 244,57	1 117 315,29	289,27
S-38	504 280,32	1 117 275,48	289,38

Dokumentace kopaných sond a ručních vrtů (ozn.S) je uvedena v příloze č.3, fotodokumentace sond a ručních vrtů tvoří příl.č.8, výsledky měření modulu přetvárnosti statickou zatěžovací zkouškou (ozn. SZZ) jsou uvedeny v příl. č.6, výsledky měření rázovou zkouškou lehkou dynamickou deskou (ozn. LDD) v příl.č.7. Protokoly o provedení sond dynamické penetrace (ozn. DP) jsou součástí příl.č. 5.

Z kopaných sond a ručních vrtů byl požadován **odběr a laboratorní stanovení zemin**. V průběhu geologické dokumentace byl odebrán téměř z každé sondy 1 vzorek pro zatřídění zemin a stanovení fyz. vlastností a to v celkovém množství 29 ks. Vzorky nebyly odebrány ze sond ozn. S-22, S-23, S-23A, S-24, S-25 a S-26, které nezastihly zemní pláš. Na vzorcích byla stanovena zrnitost, indexové vlastnosti a koeficient filtrace. Laboratorní výsledky (tabelární přehled a protokoly) jsou uvedeny v příl.č. 4. Laboratorní rozbor byly provedeny ve Zkušební laboratoři akreditované ČIA – firmy Unigeo a.s. – středisko laboratoře mechaniky zemin. Hloubkový interval odběru jednotlivých vzorků je uveden v geologickém profilu kopaných sond (viz příloha č. 3) a v následující tab.č.2.

Z vybraných míst byl navíc proveden odběr a laboratorní rozbor odebraného materiálu v sušině (chemické analýzy) a ve výluhu (ekotoxická) dle předpisu SŽ S4 (2021) – celkem 5 ks. Jednalo se o sondy v blízkosti železničních přejezdů příp. o sondy mezi dřevěnými pražci = S-3, S-5, S-12, S-15 a žel. přejezd P6707 (v blízkosti sondy S-33). Výsledky a laboratorní protokoly stanovení kontaminace kameniva jsou součástí hydrogeologického posudku (příl.č.11).

Dále bylo na základě požadavku objednatele realizováno celkem 21 ks **sond dynamické penetrace** (ozn. DP) pro ověření rozhraní jednotlivých geologických vrstev, pevnostní a deformační vlastnosti zemin a určení poloh s oslabenou únosností, do hl. 2,0-3,0 m p.t. (měřeno od horní hrany pražce). Situace sond je uvedena v příloze č. 2A.

Dynamické penetrační sondy byly realizovány soupravou ZDP 50x500. Tato souprava se řadí mezi těžké penetrační soupravy, tíha beranu je 0,5 kN, výška volného pádu beranu je 500 mm, vrcholový úhel hrotu 90°, průměr hrotu 43,7 mm, průměr soutyčí 32 mm. Penetrační hrot byl volný, na ztraceno. Protokoly o dynamické penetrační zkoušce obsahují graficky zpracovanou změnu dynamického penetračního odporu q_{dyn} s hloubkou a změnu dynamického penetračního odporu q_{dyn} , naměřeného a opraveného počtu úderů s hloubkou v tabulkové podobě.

Sondy DP sloužily k doplnění údajů o skladbě geologického prostředí a vlastností zastižených zemin in situ. Ze zjištěných údajů s přihlédnutím k informacím z blízkých kopaných sond byly orientačně odvozeny geotechnické parametry prostředí v daném místě. Výsledky měření DP jsou interpretovány v kapitole č. 4.3.

Statické zatěžovací zkoušky (ozn. SZZ) s protizátěží železničního vozidla byly realizovány pouze v I. etapě prací během nepřetržité výluky a to v počtu 10 ks. Při zkouškách byl stanoven modul přetvárnosti zemin $E_{def,2}$ v rozmezí 9,4 MPa (SZZ6) – 88,2 MPa (SZZ3).

Rázové zkoušky lehkou dynamickou deskou (ozn. LDD) byly realizovány naopak pouze ve II. etapě prací v době vlakových přestávek a to v celkovém počtu 13 ks. Při zkouškách byl

stanoven dynamický modul deformace zemin M_{vd} v rozmezí 8,5 MPa (LDD13) – 34,4 MPa (LDD3).

V souladu s projektem prací bylo také zpracováno **hydrogeologické posouzení svahu kopce Pohoř, včetně rekognoskace** HG posudek je samostatnou přílohou č. 11 této závěrečné zprávy. Pro přehlednost uvádíme souhrnný přehled realizovaných sond, polních a laboratorních zkoušek, včetně dosažených hloubek (tab. č. 2):

Tab. č.2 - Tabelární přehled realizovaných sond, polních a laboratorních zkoušek

Traťový úsek Suchdol nad Odrou - Budišov nad Budišovkou v drážním km 0,487 - 10,014			
Staničení	Označení sondy a její konečná hloubka (kopaná+vrtaná metráž)	Označení polních zkoušek, odběr vzorků zemin	hloubka od horní hrany pražce (měřeno uprostřed)
km	m (od horní hrany pražce -střed)		m
1,403	S-1 (hl. 1,5 m)	DP(S1)	0,72-3,0 m
		SZZ1	0,72 m
		vzorek zeminy	1,0-1,5 m
1,403	S-2 (hl. 0,7 m)	DP(S2)	0,55-2,10 m
		SZZ2	0,55 m
		vzorek zeminy	0,55-0,7 m
1,481	S-3 (hl. 1,2 m)	DP(S3)	0,9-2,9 m
		SZZ3	0,9 m
		vzorek zeminy	1,0-1,2 m a 0,4-0,6 m
2,293	S-5 (hl. 1,2 m)	DP(S5)	0,66-2,60 m
		SZZ5	0,66 m
		vzorek zeminy	0,5-0,8 m a 0,4-0,6 m
2,293	S-6 (hl. 1,2 m)	DP(S6)	0,60-2,40 m
		SZZ6	0,60 m
		vzorek zeminy	1,5-2,0 m
2,367	S-7 (hl. 0,7 m)	DP(S7)	0,50-2,00 m
		SZZ7	0,50 m
		vzorek zeminy	0,5-0,7 m
3,557	S-10 (hl. 1,7 m)	DP(S10)	0,50-2,10 m
		SZZ10	-
		vzorek zeminy	0,6-0,8 m
4,126	S-11 (hl. 0,7 m)	DP(S11)	0,55-2,10 m
		SZZ11	0,55 m
		vzorek zeminy	0,55-0,70 m
4,345	S-12 (hl. 0,75 m)	DP(S12)	0,50-2,10 m
		SZZ12	0,50 m
		vzorek zeminy	0,50-0,70 m a 0,20-0,40 m

Staničení	Označení sondy a její konečná hloubka (kopaná+vrtaná metráž)	Označení polních zkoušek, odběr vzorků zemin	hloubka od horní hrany pražce (měřeno uprostřed)
km	m (od horní hrany pražce -střed)		m
4,345	S-13 (hl. 0,8 m)	DP(S13)	0,57-2,10 m
		SZZ13	0,57 m
		vzorek zeminy	0,70-0,80 m
4,636	S-14 (hl. 1,3 m)	DP(S14)	0,70-2,60 m
		SZZ14	-
		vzorek zeminy	0,7-1,0 m
5,089	S-15 (hl. 1,1 m)	DP(S15)	0,80-2,40 m
		SZZ15	0,80 m
		vzorek zeminy	0,8-1,1 m a 0,2-0,4 m
5,200	S-16 (hl. 0,7 m)	DP1(S16)	0,00-3,00 m
		LDD1	0,45 m
		vzorek zeminy	0,45-0,70 m
5,700	S-17 (hl. 1,15 m)	DP(S17)	-
		LDD2	0,52
		vzorek zeminy	0,45-1,00 m
6,080	S-18 (hl. 1,00 m)	DP(S18)	-
		LDD3	0,45 m
		vzorek zeminy	0,80-1,00 m
6,260	S-19 (hl. 1,00 m)	DP2(S19)	0,00-3,00 m
		LDD4	0,60 m
		vzorek zeminy	0,60-1,00 m
6,600	S-20 (hl. 1,00 m)	DP(S20)	-
		LDD5	0,55 m
		vzorek zeminy	0,60-1,00 m
6,900	S-21 (hl. 1,00 m)	DP(S21)	-
		LDD6	0,50 m
		vzorek zeminy	0,50-1,00 m
7,200	S-22 (hl. 0,60 m)	DP5(S22)	0,00-3,00 m
		LDD	-
		vzorek zeminy	-
7,348	S-23 (hl. 0,50 m)	DP3(S23)	0,00-3,00 m
		LDD	-
		vzorek zeminy	-
7,400	S-23A (hl. 0,55 m)	DP4(S23A)	0,00-3,00 m
		LDD	-
		vzorek zeminy	-

Staničení	Označení sondy a její konečná hloubka (kopaná+vrtaná metráž)	Označení polních zkoušek, odběr vzorků zemin	hloubka od horní hrany pražce (měřeno uprostřed)
km	m (od horní hrany pražce -střed)		m
7,550	S-24 (hl. 0,45 m)	DP(S24)	-
		LDD	-
		vzorek zeminy	-
7,800	S-24A (hl. 0,45 m)	DP(S24A)	-
		LDD	-
		vzorek zeminy	0,40-0,75 m (bok násypu)
7,950	S-25 (hl. 0,55 m)	DP(S25)	-
		LDD	-
		vzorek zeminy	-
8,000	S-26 (hl. 0,40 m)	DP(S26)	-
		LDD	-
		vzorek zeminy	-
8,120	S-27 (hl. 0,70 m)	DP(S27)	-
		LDD	-
		vzorek zeminy	0,50-0,70 m
8,450	S-28 (hl. 0,50 m)	DP(S28)	-
		LDD7	0,40 m
		vzorek zeminy	0,35-0,50 m
8,670	S-29 (hl. 1,10 m)	DP6(S29)	0,00-3,00 m
		LDD8	0,45 m
		vzorek zeminy	0,60-1,00 m
8,950	S-31 (hl. 0,75 m)	DP(S31)	-
		LDD9	0,45 m
		vzorek zeminy	0,50-0,75 m
9,180	S-32 (hl. 1,00 m)	DP7(S32)	0,00-3,00 m
		LDD10	0,45 m
		vzorek zeminy	0,60-1,00 m
9,440	S-33 (hl. 0,55 m)	DP8(S33)	0,00-3,00 m
		LDD	-
		vzorek zeminy	0,35-0,55 m
9,590	S-35 (hl. 0,60 m)	DP(S35)	-
		LDD	-
		vzorek zeminy	0,35-0,55 m
9,700	S-36 (hl. 1,10 m)	DP9(S36)	0,00-3,00 m
		LDD11	0,40 m
		vzorek zeminy	0,50-0,80 m a 0,0-0,16 m

Staničení	Označení sondy a její konečná hloubka (kopaná+vrtaná metráž)	Označení polních zkoušek, odběr vzorků zemin	hloubka od horní hrany pražce (měřeno uprostřed)
km	m (od horní hrany pražce -střed)		m
9,927	S-37 (hl. 1,00 m)	DP(S37)	-
		LDD12	0,40 m
		vzorek zeminy	0,5-1,0 m
10,000	S-38 (hl. 0,60 m)	DP(S38)	-
		LDD13	0,35 m
		vzorek zeminy	0,7-0,9 m

Vysvětlivky k tab. č.2 :

S-1 až S-38 - kopané a vrtané sondy mezi pražci v ose koleje - celkem 35 ks

DP - sondy dynamické penetrace - celkem 21 ks

SZZ1 až SZZ15 - statická zatěžovací zkouška - celkem 10 ks

LDD1 až LDD13 - rázová zkouška lehkou dynamickou deskou - celkem 13 ks

odběr a laboratorní zrnitostní rozborů vzorků zemin - celkem 29 ks

odběr a laboratorní posouzení kontaminace vzorků zemin - celkem 5 ks vzorků (S-3, S-5, S-12, S-15 a P6707)

Geotechnický průzkum a vyhodnocení bylo provedeno v souladu s předpisem SŽ S4 (2021) a příslušnými ČSN na které se výše uvedený předpis odvolává a ČSN související s prováděnými průzkumnými a vyhodnocovacími pracemi.

4 VYHODNOCENÍ PRŮZKUMU

Z výsledků průzkumných prací (kopaných sond, ručních vrtů, sond dynamických penetrací) a s přihlédnutím ke geologické mapě lze řešený úsek železniční trati Suchdol nad Odrou – Odry z hlediska geologických poměrů rozdělit na dvě části :

1) úsek Suchdol nad Odrou – Mankovice drážní km 1,4-7,0

Podloží kvartéru je tvořeno terciárními miocenními spodnobadenskými šedými vápnitými jíly, přecházejícími do podložních jílovců. Kvartér je reprezentován v údolní nivě řeky Odry zastoupením fluvialních, převážně písčito-hlinitých nivních sedimentů charakteru písků a štěrků, s proměnlivým zastoupením jemnozrnné frakce, které na sebe budou vázat hladinu podzemní vody. V jejich nadloží se vyskytují sprašové hlíny eolického původu (pleistocenního stáří), charakteru jílu s nízkou až se střední plasticitou, případně se na začátku řešeného úseku mohou vyskytovat i deluviální písčito-hlinité až hlinito-písčité sedimenty místy se štěrkovitou příměsí (pleistocén-holocén). Lokálně byly kopanými sondami zastíženy i antropogenní navážky (škvára, úlomky cihel) – drážní km 2,3 a 5,7.

2) úsek Mankovice – Odry drážní km 7,0-10,0

Podloží kvartéru je budováno hradecko-kyjovickým souvrstvím slezského kulmu (paleozoikum). Je charakteristické střídáním břidlic, prachovců (aleuropelitů) a jemnozrnných drob, přičemž dominantní horninou je jemnozrnná droba, která vystupuje na povrch zejména v úseku drážní km 8,7-9,0 (viz geologická mapa, příl.č.2). Skalní horniny dále vystupují k povrchu v západní až severozápadní části řešeného traťového úseku (mezi sondami S-22 až S-29, cca drážní km 7,200-8,700). V tomto úseku proběhla rovněž dokumentace skalních výchozů, která je součástí přílohy č. 9.

Kvartérní sedimenty jsou v úseku drážní km cca 7,0-10,0 (viz geologická mapa, příl.č.2) zastoupeny nivními sedimenty charakteru písků a štěrků s proměnlivým zastoupením jemnozrnné frakce a v jejich nadloží se nacházejí fluviální jemnozrnné zeminy. Jihovýchodní a severozápadní úbočí kopce Pohoř (drážní km 6,6-7,2 a 9,4-9,6) je tvořeno deluviálními hlinito-kamenitými sedimenty pleistocenního až holocenního stáří.

4.1 PRAŽCOVÉ PODLOŽÍ, SKLADBA KONSTRUKČNÍCH VRSTEV ŽELEZNIČNÍHO SPODKU A PODLOŽÍ ZEMNÍHO TĚLESA

Na základě geologického popisu kopaných sond a ručních vrtů, laboratorních stanovení vzorků zemin (odebraných prioritně ze zemní pláně) a interpretace výsledků měření dynamického odporu zastižených zemin sondami DP byla zhotovena účelová geologická mapa odkrytá na úroveň podloží železničního spodku (příl.č.2A). **Výškové údaje zastižených rozhraní jednotlivých vrstev jsou vztaženy k horní ploše pražce.**

Některými sondami nebylo zastiženo podloží konstrukčních vrstev a v těchto případech bylo hodnocení opřeno o výsledky penetračního sondování, případně geologickou mapu (příl.č.2). V těchto případech byly sondy se souhlasem objednatele ukončeny v polohách konstrukčních vrstev železničního spodku (S-2, S-3, S-22, S-23, S-23A, S-24A, S-27, S-33, S-35), nebo v polohách antropogenních navážek (S-5, S-6, S-17).

Pro další hodnocení geologických poměrů řešeného úseku bylo na základě jednotlivých typů zemin zastižených v průzkumných dílech a interpolací vzdáleností mezi průzkumnými sondami (orientační odečet drážních km) vyčleněno několik úseků se shodnými typy zemin a materiálů podle zrnitosti, které se nacházejí v přímém podloží konstrukčních vrstev železničního spodku (viz příl.č.2A) :

Staničení :

Úsek drážní km 0,487-1,403 nebyl dle objednávky předmětem podrobného průzkumu.

Km cca 1,40-1,45 - přechodová oblast – štěrkovitý jíl tř. a symbolu F2 GC

Km cca 1,45-2,25 - eolické jíly tř. a symbolu F6 CL, CI

Km cca 2,25-2,35 - antropogenní navážky tř. a symbolu G3 YG-F

Km cca 2,35-5,15 - eolické jíly tř. a symbolu F6 CL, CI

Km cca 5,15-5,70 - fluviální štěrkovité jíly tř. a symbolu F2 CG

Km cca 5,70-5,80 - antropogenní navážky tř. a symbolu G3 YG-F

Km cca 5,80-7,05 - eolické a fluviální jíly tř. a symbolu F6 CL, CI

Km cca 7,05-8,55 - zvětralé skalní podloží (droby)

Km cca 8,55-10,0 - fluviální jíly tř. a symbolu F6 CL, CI

Souhrnná charakteristika všech uvedených úseků je uvedena v kap. 4.5. Níže uvádíme charakteristiku jednotlivých geotechnických typů zastižených zemin, tvořící konstrukční vrstvy železničního spodku a jejich podloží :

Antropogenní zeminy – GT1:

Materiál antropogenního původu lze v rámci tohoto úkolu zařadit do dvou podtypů :

GT1A- antropogenní materiál kolejového lože a konstrukčních vrstev – drážní kamenivo mezipražcové výplně a pražcového podloží frakce 32-63 mm a konstrukční vrstvy ze štěrkodrtě frakce 0-32 mm nebo těženého kameniva.

GT1B antropogenní materiál pražcového podloží heterogenního složení (škvára s úlomky cihel) – jako podloží je tento materiál nevhodný a doporučujeme jej odstranit.

Antropogenní materiál kolejového lože a konstrukčních vrstev pražcového podloží - GT1A :

V rámci rekonstrukce trati bude tento materiál odtěžen z důvodu úpravy zemin v podloží a případně může být zváženo využití konstrukčních vrstev jako potenciálního recyklátu (za tímto účelem byly ve vybraných místech odebrány vzorky po posouzení případné kontaminace). Laboratorním rozborům byl podroben materiál konstrukční vrstvy v podloží kolejového lože (štěrkodrt'). Mocnost vrstvy kolejového lože je cca 0,14-0,60 m a konstrukčních vrstev je cca 0,14-0,84 m (viz kap. 4.3 a 4.5 a v geologických profilech sond příl.č.3.)

Celková ověřená mocnost vrstvy kolejového lože a konstrukčních vrstev, vyplývající z geologického popisu kopaných sond, se pohybuje **v rozmezí 0,3 m (S-5, S-37, S-38) - 1,2 m (S-3)**. Kopané sondy S-2 a S-3 (most přes Suchý potok) byly v materiálu konstrukčních vrstev se souhlasem objednatele prací ukončeny v hl. 0,7-1,2 m a sondy S-22 až S-28 (drážní km 7,2-8,45) byly ukončeny v pevném materiálu – předpokládaného povrchu zvětralého skalního podkladu.

Lokálně se v podloží kolejového lože nebo konstrukčních vrstev tvořených štěrkodrtí nacházela konstrukční vrstva o mocnosti do cca 0,2 m, tvořená těženým kamenivem (S-18, S19, S-27, S-28, S-31,S-33-viz vlastnosti geotechnických typů níže).

Na základě měření dynamického odporu bude mocnost konstrukčních vrstev v sondách DP, realizovaných v I. etapě prací přímo v místech kopaných sond (drážní km 1,403 – 5,089), u sondy DP(S-1) 1,0 m, u sondy DP(S-2) 1,1 m, od hl. 1,0-1,1 m se v těchto sondách v porovnání s profilem sondy S-1 bude jednat o tzv. přechodovou oblast mezi konstrukčními vrstvami a jejich podložím (viz níže GT2). V ostatních případech byly penetrační sondy realizovány po odtěžení konstrukčních vrstev (viz kap. 4.3.). Ve II. etapě prací (drážní km 5,2-9,7) byly sondy DP realizovány z povrchu kolejového svršku a odhadovaná mocnost konstrukčních vrstev se z výsledků měření penetračního odporu pohybuje **v rozmezí 0,4 m (DP3 a DP4) – 0,7 m (DP2)**.

Materiál pražcového podloží:

- **Kolejové lože do hl. 0,14-0,60 m štěrk špatně zrněný, šedý, tř. a symbolu G2 YGP** – drážní kamenivo frakce 32-63 mm, šedé, tvořící výplň mezi železničními pražci případně bezprostřední podloží pražců. Tento materiál byl zastižen v celém řešeném úseku všemi kopanými sondami o **průměrné mocnosti 0,20 m**.

- **Konstrukční vrstvy do hl. 0,30 – 1,20 m, převážně 0,5 m** – se nacházejí pod kolejovým ložem a převážně se jedná o štěrkodrt' - zrnitostně štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy **tř. a symbolu G3 YG-F**, lokálně byl v sondě S-2 (drážní km 1,403) zastižen i štěrk špatně zrněný **tř. a symbolu G2 YGP** a v sondě S-24A (drážní km 7,8) byla konstrukční vrstva tvořená štěrkodrtí s vyšším obsahem jílovité složky charakteru štěrku jílovitého **tř. a symbolu G5 YGC**. V drážním km 6,08; 6,26; 8,12; 8,45; 8,95; 9,44 byly pod vrstvou ze železničního kameniva ověřeny **konstrukční vrstvy z těženého kameniva** s polozaoblenými až zaoblenými valouny – podrobněji viz níže.

- **Konstrukční vrstvy (štěrkodrt') charakteru štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy, třídy a symbolu G3 YG-F**, dle makropopisu se jedná o šedý, místy hnědošedý písčitý štěrk, středně až hrubozrnný - kamenivo s ostrohrannými úlomky, převážně frakce 0-32 mm. Tento materiál byl zastižen téměř všemi sondami s výjimkou sond S-2, S-22, S-24A a S-33. Ověřená mocnost kopanými sondami se pohybovala v rozmezí 0,10 m (S-10) – 0,84 m (S-1). Z kopané sondy S-3 byl odebrán vzorek z hloubkového intervalu 1,0-1,2 m a ze sondy S-35 z hloubkového intervalu 0,35-0,55 m - ve smyslu ČSN 73 6133 byly zeminy zatříděny do tř. G3 G-F – štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy (v sondě S-35 s 1% příměsí kamenů), dle normy ČSN EN ISO 14688-2 se jedná o štěrk – Gr nebo písčitý štěrk saGr. Dle ČSN 73 1001 se modul přetvárnosti E_{def} pro zeminy tř. a symbolu G3 G-F pohybuje v rozmezí 80-90 MPa. Provedenou zatěžovací zkouškou v sondě S-3 byla zjištěna obdobná hodnota únosnosti - $E_{def 2} = 88,2 \text{ MPa}$.

Z důvodu nezastižení zemní pláně, resp. podloží konstrukčních vrstev, byly provedeny v souladu s požadavky objednatele zatěžovací zkoušky na vrstvě štěrkodrtě tř. a symbolu G3 YG-F i v sondách S-1 (drážní km 1,403), S-13 (drážní km 4,345) a S-18 (drážní km 6,08). Naměřené hodnoty zde vykazovaly **výrazně nižší parametry únosnosti, což si vysvětlujeme vlivem předpokládaného výskytu jemnozrnných jílovitých zemin měkké konzistence v jejich podloží (DP(S1), DP(S-13))** :

S-1 – zkouška SZZ1 v hloubce 0,72 m - $E_{def 2} = 39,5 \text{ MPa}$

S-13 – zkouška SZZ13 v hl. 0,57 m - $E_{def 2} = 17,6 \text{ MPa}$

S-18 – zkouška LDD3 v hl. 0,45 m - $M_{vd} = 34,4 \text{ MPa}$.

Srovnání s průběhem dynamického odporu v sondách dynamické penetrace :

V sondě DP(S1) budou podložní zeminy tvořeny jemnozrnnými jílovitými zeminami, shora do cca 1,2 m charakteru štěrkovitého jílu (tzv. přechodová oblast ovlivněná podbíjením - zatlačené úlomky kolejového kameniva do jemnozrnných sedimentů, v int. 1,2-1,9 m, měkké konzistence). Totéž platí i pro sondu DP(S13), kde podložní jíly mají měkkou konzistenci již od hloubky cca 0,7 m – přípovrchová vrstva v hl. 0,6 m je ještě ovlivněna zatlačeným

kamenivem. Zkouška SZZ13 tedy byla provedena na rozhraní štěrkovité vrstvy a podložních měkkých jíílů a proto jako hodnotu modulu přetvárnosti zemní pláň v hodnocení jednotlivých úseků (kap.4.5) a v profilech sond uvádíme výrazně nižší. V blízkosti sondy S-18 nebyla penetrační sonda prováděna, patří však rovněž do oblasti s předpokládaným výskytem jemnozrnných jílovitých zemin v zemní pláni.

Analyzované vzorky vykazovaly vlhkost $w = 6,0-8,9 \%$. Ze zrnitostní křivky zemin se jedná o štěrky střednězrnné až hrubozrnné. Zastoupení jednotlivých frakcí pro zeminy daného typu materiálu navážek GT1A (štěrkodrtě), tř. a symbolu G3 YG-F:

- jílovitá frakce (c):	cca 1-2 %
- prachovitá frakce (m) :	cca 5-6 % (jemné částice $f = c+m$: 6-8 %)
- písčitá frakce (s):	cca 12-13 %
- štěrkovitá frakce (g) :	cca 79-82 %
- kamenitá frakce (Cb) :	cca 0-1 %

Z křivky zrnitosti bylo stanoveno **číslo křivosti C_c** a **číslo nestejnozrnnosti C_u** .

číslo křivosti:	$C_c = 3,71-8,9$
číslo nestejnozrnnosti:	$C_u = 28,42-106,83$

Posuzované zeminy jsou nestejnozrnné a z hlediska čísla křivosti špatně zrněné.

Z hlediska namrzavosti jsou zeminy dle Scheibleho kritéria charakterizované převážně jako **nenamrzavé**. Koeficient filtrace byl stanoven $1,7- 6,57 \text{ E-4 m/s}$ a podle klasifikace propustnosti dle J. Jetela charakterizuje dosti silně propustné prostředí.

Výše uvedené zeminy byly ve smyslu ČSN 73 6133 zařazeny do **třídy těžitelnosti I** (těžba je prováděna běžnými výkopovými mechanizmy - buldozery, rypadla, ručně prováděné výkopy).

Z kopané sondy S-2 (drážní km 1,403) byl odebrán vzorek ze dna (0,55-0,70 m) - ve smyslu ČSN 73 6133 byly zeminy zatříděny do tř. a symbolu G2 YGP – štěrk špatně zrněný, dle normy ČSN EN ISO 14688-2 se jedná o štěrk – Gr. Dle ČSN 73 1001 se modul přetvárnosti E_{def} pro zeminy tř. a symbolu G2 GP pohybuje v rozmezí 100-190 MPa. Provedenými zatěžovacími zkouškami byly v hl. 0,55 m zjištěny hodnoty únosnosti **$E_{def 2} = 36,9 \text{ MPa}$** . Kopaná sonda byla ukončena v hl. 0,7 m.

Sonda dynamické penetrace DP(S2) podle průběhu měrného dynamického odporu q_{dyn} předpokládá výskyt antropogenního materiálu – drážního kameniva a štěrkodrtě do hl. cca 1,1 m (kolejové lože, konstrukční vrstvy, násypový materiál mostu). Hodnota E_{def} vypočtená z $q_{dyn} = 18,0-30,8 \text{ MPa}$ (průměr 23,3 MPa). V podloží se do hl. 1,4 m nachází přechodová oblast charakteru štěrkovitého jílu (GT2) - $E_{def} = 6,8 \text{ MPa}$.

Analyzovaný vzorek vykazoval vlhkost $w = 3,8 \%$. Ze zrnitostní křivky zemin se jedná o štěrky převážně střednězrnné. Zastoupení jednotlivých frakcí pro zeminy daného typu materiálu navážek GT1A, tř. a symbolu G2 YGP:

- jílovitá frakce (c): cca 0,5 %
- prachovitá frakce (m) : cca 2,5 % (jemné částice $f = c+m$: 3 %)
- písčitá frakce (s): cca 7 %
- štěrkovitá frakce (g) : cca 90 %
- kamenitá frakce (Cb) : cca 0 %

Z křivky zrnitosti bylo také stanoveno **číslo křivosti C_c** a **číslo nestejnozrnnosti C_u** .

číslo křivosti: **$C_c = 3,53$**

číslo nestejnozrnnosti **$C_u = 10,15$**

Posuzované zeminy jsou středně nestejnozrnné a z hlediska čísla křivosti špatně zrněné.

Z křivky zrnitosti vyplývá, že se jedná o příliš hrubozrnnou zeminu s obsahem jemnozrnných částic do cca 3 % a tudíž z hlediska namrzavosti lze tyto zeminy dle Scheibleho kritéria považovat za **nenamrzavé**. Koeficient filtrace byl stanoven 1,39 E-2 m/s a podle klasifikace propustnosti (Jetel J., 1973) charakterizujeme prostředí jako silně propustné.

Výše uvedené zeminy byly ve smyslu ČSN 73 6133 zařazeny do **třídy těžitelnosti I** (těžba je prováděna běžnými výkopovými mechanizmy - buldozery, rypadla, ručně prováděné výkopy).

- Konstrukční vrstvy (štěrkodrt') charakteru jílovitého štěrku tř. a symbolu G5 YGC

Lokálně se v konstrukční vrstvě pražcového podloží, mohou objevovat štěrkodrtě s vysokým podílem jemnozrnné zeminy charakteru jílovitého štěrku. V rámci podrobného průzkumu byl tento materiál vyhodnocen makroskopicky a potvrzen laboratorně ve vzorku odebraného v blízkosti sondy sondy S-24A (drážní km 7,8). Odběr vzorku z tohoto materiálu přímo ze sondy se z důvodu opětovného zavalování svrchními vrstvami drážního kameniva nepodařilo v potřebném množství odebrat. Proto byl odběr vzorku proveden na základě požadavku objednatele mimo kolejiště a násyp železničního tělesa - situačně přibližně v úrovni sondy S-24A z hl. 0,4-0,75 m.

Antropogenní materiál pražcového podloží od hl. 0,14–0,45 m je tvořen štěrkodrtí charakteru **jílovitého štěrku tř. a symbolu G5 YGC**, s ostrohrannými úlomky, narezavěle hnědošedého, středně až hrubozrnného, středně ulehlého.

Ve smyslu ČSN 73 6133 byly zeminy zaříděny do tř. a symbolu G5 GC – štěrk jílovitý, dle normy ČSN EN ISO 14688-2 se jedná o jílovitý štěrk (clGr). Dle ČSN 73 1001 se modul přetvárnosti E_{def} pro zeminy tř. a symbolu G5 GC pohybuje v rozmezí 40-60 MPa, zatěžovací zkouška nebyla požadována.

Analýzovaný vzorek vykazoval vlhkost $w = 10,8 \%$. Ze zrnitostní křivky zemin se jedná o štěrky středně až hrubozrnné. Zastoupení jednotlivých frakcí pro zeminy daného typu materiálu navážek GT1A (štěrkodrtě) tř. a symbolu G5 YGC:

- jílovitá frakce (c): cca 7 %
- prachovitá frakce (m) : cca 18 % (jemné částice $f = c+m$: 25 %)
- písčitá frakce (s): cca 17 %
- štěrkovitá frakce (g) : cca 58 %
- kamenitá frakce (Cb) : cca 0 %

Z křivky zrnitosti bylo stanoveno **číslo křivosti C_c** a **číslo nestejnozrnnosti C_u** .

číslo křivosti: **$C_c = 1,67$**

číslo nestejnozrnnosti: **$C_u = 1639,38$**

Posuzované zeminy jsou stejnozrné a z hlediska čísla křivosti dobře zrněné. **Zeminy s chybějícími frakcemi mohou mít nepříznivé vlastnosti.**

Z hlediska namrzavosti jsou zeminy dle Scheibleho kritéria charakterizované převážně jako **nenamrzavé**. Koeficient filtrace byl stanoven $1,07 \cdot 10^{-7}$ m/s a podle klasifikace propustnosti dle J. Jetela charakterizuje slabě propustné prostředí.

Výše uvedené zeminy byly ve smyslu ČSN 73 6133 zařazeny do **třídy těžitelnosti I** (těžba je prováděna běžnými výkopovými mechanizmy - buldozery, rypadla, ručně prováděné výkopy).

- Konstrukční vrstvy z těženého kameniva :

Některými průzkumnými sondami (viz níže) byly pod konstrukční vrstvou ze železničního kameniva od hl. 0,3-0,5 m ověřeny **konstrukční vrstvy z těženého kameniva** s polozaoblenými až zaoblenými valouny. Jednalo se vrstvy štěrku malé mocnosti do 20 cm a podle obsahu jemnozrné složky se rovněž jednalo o štěrky tř. G3 YG-F (S-18, S-19, S-27, S-31) a G5 YGC (S-28 a S-33).

- Konstrukční vrstva z těženého kameniva – štěrk s příměsí jemnozrné zeminy tř. a symbolu G3 YG-F, GT1A

Zeminy byly zastiženy sondami S-18 (km 6,08), S-19 (km 6,26), S-27 (km 8,12) a S-31 (km 8,95) v podloží kolejového lože (S-19 v int. 0,48-0,60 m) nebo konstrukčních vrstev ze štěrku (S-18, S-27, S-31), tedy od hloubky 0,45 m (S-31) až 0,60 m (S-18, S-19). Ověřená mocnost činila 0,12-0,15 m. Podloží konstrukční vrstvy (s výjimkou sondy S-27) tvoří jílovité sedimenty. Sondou S-27 (km 8,12) byly zeminy zastiženy od hloubky 0,5 m v mocnosti 0,2 m, neboť v podloží se již nacházely horniny skalního podkladu. Reprezentativní vzorek byl odebrán ze sondy S-27.

Makroskopicky se jedná o štěrk s příměsí jemnozrné zeminy (písčité), světle šedohnědý, středně až hrubozrný, se zaoblenými až polozaoblenými valouny vel. 2-5 cm, max. vel. 12 cm.

Ve smyslu ČSN 73 6133 byly zeminy zatříděny do tř. a symbolu G3 G-F – Cb – štěrk s příměsí jemnozrné zeminy a kamenů, dle normy ČSN EN ISO 14688-2 se jedná o štěrk Gr nebo saGr – písčité štěrky. Dle ČSN 73 1001 se modul přetvárnosti E_{def} pro zeminy tř. a symbolu G3 G-F pohybuje v rozmezí 80-90 MPa. V sondě S-18 (drážní km 6,08) byla provedena zkouška LDD3 na vrstvě štěrkovitých zemin v hl. 0,45 m (o mocnosti 0,15 m). V podloží měřené vrstvy se nacházely jílovité zeminy, tuhé konzistence. Výsledná naměřená hodnota činí $M_{vd} = 34,4$ MPa.

Z výsledků měření dynamického odporu v sondě DP2 vyplývá, že konstrukční vrstvy zemního tělesa byly ověřeny do hl. cca 0,7 m, níže odpor (q_{dyn}) prudce klesá a předpokládáme, že se v zemní pláni budou vyskytovat jemnozrné jílovité zeminy až do hl.

cca 2,6 m, v int. 0,9-1,8 m měkké konzistence, níže v hloubkovém intervalu 1,8-2,6 m tuhé konzistence.

Analyzovaný vzorek ze sondy S-27 vykazoval vlhkost $w = 4,8 \%$. Ze zrnitostní křivky zemin se jedná o šterky hrubozrnné s příměsí kamenů, z křivky zrnitosti bylo stanoveno **číslo křivosti C_c a číslo nestejnozrnnosti C_u** .

číslo křivosti: **$C_c = 5,48$**
číslo nestejnozrnnosti: **$C_u = 60,12$**

Posuzované zeminy jsou středně nestejnozrnné a z hlediska čísla křivosti špatně zrněné. Zastoupení jednotlivých frakcí pro zeminy GT1A tř. a symbolu G3 G-F-Cb:

- jílovitá frakce (c): cca 1 %
- prachovitá frakce (m) : cca 6 % (jemné částice $f = c+m$: 7 %)
- písčité frakce (s): cca 13 %
- šterkovitá frakce (g) : cca 79 %
- kamenitá frakce (Cb) : cca 1 %

Dle ČSN 73 6133 (tab. A.1) jsou zeminy GT1A jako **podloží i do násypu vhodné** k přímému použití bez úpravy. Z hlediska namrzavosti jsou zeminy dle Scheibleho kritéria charakterizované převážně jako **nenamrzavé**. Koeficient filtrace byl v sondě S-27 stanoven $4,54 \cdot 10^{-4}$ m/s a podle klasifikace propustnosti dle J. Jetela charakterizuje dosti silně propustné prostředí. Výše uvedené zeminy byly ve smyslu ČSN 73 6133 zařazeny do **tř. těžitelnosti I**.

- konstrukční vrstva z těžného kameniva - šterk jílovitý tř. a symbolu G5 YGC- GT1A
– byly zastiženy kopanými sondami S-28 (drážní km 8,45) a S-33 (drážní km 9,44) pod vrstvou šterkodrtí (S-28) a železničního kameniva kolejového lože, odděleného od této konstrukční vrstvy geotextilií (S-33), a to v hl. 0,35-0,55 m (sondy byly v poloze zemin GT1A ukončeny) o mocnosti 0,15-0,20 m. Vzorek z těchto zemin byl odebrán z obou sond k laboratorním analýzám.

V sondě S-28 byly tyto zastižené zeminy makroskopicky popsány jako šterk jílovitý s příměsí kamenů, nahnědle šedý, středně až hrubozrnný, středně ulehlý, s polozaoblenými až zaoblenými valouny vel. přev. 2-5 cm, max. vel. 15 cm. V sondě S-28 nebyla provedena penetrační sonda ani v jejím okolí, předpokládáme tedy na základě geologické mapy a makropopisu báze kopané sondy S-28, že podloží konstrukční vrstvy bude tvořit zvětralý skalní podklad. V sondě S-28 byla v hl. 0,4 m provedena rázová zkouška LDD7 – **$M_{vd} = 38,4$ MPa**. Dle ČSN 73 1001 se modul přetvárnosti E_{def} pro zeminy tř. a symbolu G5 GC pohybuje v rozmezí 40-60 MPa.

V sondě S-33 byly zastiženy spíše šterky s polozaoblenými až poloostrohrannými valouny, v hl. 0,35 m byly od kameniva kolejového lože odděleny separační geotextilií. Zatěžovací zkoušky nebyly v sondě prováděny. Podle průběhu křivky penetračního odporu realizované sondy DP 8 lze předpokládat výskyt těchto popisovaných šterkovitých zemin v int. 0,4-0,6 m. Níže se pak nacházejí nivní sedimenty charakteru jílu a písčitého jílu příp. písků s příměsí šterku (od hl. 1,6 m) s vyšším podílem šterkové frakce.

Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu, dosahuje v int. 0,6-1,6 m hodnoty v rozmezí $E_{\text{def}} = 4,5-7,4$ MPa (prům. hodnota pro tento interval je 5,1 MPa), od hl. 1,6 m byly hodnoty v rozmezí $E_{\text{def}} = 6,3-11,3$ MPa, vypočtená průměrná hodnota $E_{\text{def}} = 9,0$ MPa.

Ve smyslu ČSN 73 6133 byly zeminy zaříděny do tř. a symbolu G5 GC – Cb – jílovitý štěrk, v případě sondy S-28 s příměsí kamenů, dle normy ČSN EN ISO 14688-2 se jedná o štěrk jílovitý clGr až štěrk prachovitý siGr.

Analyzované vzorky vykazovaly vlhkost $w = 9,9-15,4$ %. Ze zrnitostní křivky zemin se jedná o štěrky středně až hrubozrnné, s příměsí kamenů, z křivky zrnitosti bylo stanoveno **číslo křivosti C_c** a **číslo nestejnozrnnosti C_u** .

číslo křivosti: **$C_c = 0,24-13,3$**
číslo nestejnozrnnosti: **$C_u = 1622,89-1885,64$**

Posuzované zeminy jsou nestejnozrnné a z hlediska čísla křivosti špatně zrněné.

Zastoupení jednotlivých frakcí pro zeminy GT1A tř. a symbolu G5 YGC:

- | | |
|---------------------------|---|
| - jílovitá frakce (c): | cca 5 % |
| - prachovitá frakce (m) : | cca 13-22 % (jemné částice $f = c+m$: 18-27 %) |
| - písčité frakce (s): | cca 19-18 % |
| - štěrkovitá frakce (g) : | cca 62-55 % |
| - kamenitá frakce (Cb) : | cca 1-0 % |

Dle ČSN 73 6133 (tab. A.1) jsou zeminy GT1A jako **podloží i do násypu podmíněně vhodné** k přímému použití bez úpravy. Z hlediska namrzavosti jsou zeminy dle Scheibleho kritéria charakterizované převážně jako **nenamrzavé**. Koeficient filtrace byl stanoven 1,17-1,77 E-7 m/s a podle klasifikace propustnosti dle J. Jetela charakterizuje slabě propustné prostředí. Výše uvedené štěrkovité zeminy GT1A byly ve smyslu ČSN 73 6133 zařazeny do **třídy těžitelnosti I**.

Nevhodný antropogenní materiál zemního tělesa – GT1B:

Antropogenní navážky tohoto typu dle příl.č.10 k SŽ S4 se považují za tzv. zvláštní zeminy, tj. zeminy, jejichž vlastnosti a chování mohou být odlišné v porovnání se zeminami zařazenými podle výše uvedených zásad klasifikačního systému. V případě výskytu zvláštních zemin v zemním tělese nebo jeho podloží musí být podle SŽ S4 (2021) provedena analýza rizik jejich vlivu na stabilitu (chování) zemního tělesa.

Výskyt těchto nevhodných materiálů byl zjištěn v drážním km cca 2,25-2,35 a cca drážním km 5,70-5,80 pod polohou konstrukční vrstvy ze štěrkodrtě (tř. a symbolu G3 YG-F) v místě sondy S-5, S-6 a S-17 od hl. 0,3 m do konečných hloubek průzkumných sond (až 2,00 m). Je tvořen škvárou, černé barvy, charakteru štěrku, středně až hrubozrnného, středně ulehlého, vlhkého, s příměsí úlomků cihel, bez zápachu. **Ověřená mocnost** dle kopaných sond činila

0,7 m (S-17), 0,9 m (S-5) a 1,65 m (S-6). V případě penetračních sond DP(S5) a DP(S6) výsledky měření dynamických odporů potvrzují výskyt štěrkovito-písčitých zemin do hl. 2 m, níže předpokládáme výskyt hrubozrnnějších fluvialních štěrků. Předpokládáme, že v místě sondy S-17 pod návozem škváry s úlomky cihel budou zastiženy rovněž fluvialní štěrky.

Ve smyslu ČSN 73 6133 byly zeminy zaříděny do tř. a symbolu G3 YG-F – Cb – štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy a kamenů, dle normy ČSN EN ISO 14688-2 se jedná o písčité štěrk saGr. Na základě požadavku objednatele byly provedeny na této antropogenní vrstvě zatěžovací zkoušky - v sondě S-6 v hl. 0,60 m byla zjištěna výrazně nižší hodnota únosnosti - $E_{\text{def}, 2} = 9,4 \text{ MPa}$ (zkouška SZZ3), v sondě S-5 byly parametry únosnosti neměřitelné. V sondě S-17 byla v hl. 0,52 m provedena LDD2 s výsledkem $M_{\text{vd}} = 17,4 \text{ MPa}$. **Vzhledem k tomu, že antropogenní navážky jsou heterogenního charakteru, nelze jim spolehlivě přiřadit žádné fyz.-mech. vlastnosti, jsou pro použití do podloží nevhodné a doporučujeme je odstranit v plné mocnosti.**

Analyzované vzorky vykazovaly vlhkost $w = 20,4\text{--}47,5 \%$. Ze zrnitostní křivky zemin se jedná o štěrky středně až hrubozrnné s příměsí kamenů, z křivky zrnitosti bylo stanoveno číslo křivosti C_c a číslo nestejnozrnnosti C_u .

číslo křivosti: $C_c = 1,28\text{--}3,04$
číslo nestejnozrnnosti: $C_u = 78,75\text{--}609,36$

Posuzované zeminy jsou nestejnozrnné a z hlediska čísla křivosti dobře zrněné. Z hlediska namrzavosti jsou zeminy dle Scheibleho kritéria charakterizované převážně jako **nenamrzavé**. Koeficient filtrace byl stanoven $1,93 \text{ E-}6$ až $3,79 \text{ E-}5 \text{ m/s}$ a podle klasifikace propustnosti dle J. Jetela charakterizuje dosti slabě až mírně propustné prostředí.

Výše uvedené zeminy byly ve smyslu ČSN 73 6133 zařazeny do **třídy těžitelnosti I** (těžba je prováděna běžnými výkopovými mechanizmy - buldozery, rypadla, ručně prováděné výkopy). **Navrhovaný sklon svahu** v dočasném výkopu je, dle ČSN 73 3050 **1 : 1 (G3 YG-F)**. Dle ČSN P 73 1005 je **třída vrtatelnosti I**.

Vzhledem k plánované rekonstrukci železniční trati je uvažováno s recyklací konstrukčního materiálu železničního spodku a svršku a jeho opětovné využití pro konstrukci nové železniční trati.

Vzorky materiálu na stanovení obsahů sledovaných látek a provedení zkoušek akutní toxicity byly odebrány z kopaných sond v železničním kolejišti, z prostoru mezi pražci. Sondy byly provedeny za účasti zástupce objednatele, vzorky pro vyhodnocení kontaminace byly odebrány ze sond **S-3, S-5, S-12 a S-15**, vzorek z kolejiště s označením „**přejezd P6707**“ se nachází v intravilánu města Odry u křížení železniční tratě s ul. Pohořská.

Vzorkované materiály reprezentují podkladní vrstvu charakteru středně až hrubozrnného štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy tělesa železničního spodku v přímém podloží kolejového lože, s výjimkou sondy S-5, ve které byl odebrán vzorek škváry v podloží podkladní vrstvy. Kamenivo frakce 32 - 63 mm z kolejového lože vzorkováno nebylo.

Obsahy sledovaných látek, stanovené v sušině vzorků, jsou srovnány s nejvyšší přípustnými koncentracemi škodlivin dle tabulky č. 10.1 přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. a rovněž podle tabulky č. 5. 1 přílohy č. 5 k vyhlášce č. 273/2021 Sb. (účinnost od srpna 2021, nahrazuje vyhlášku č. 294/2005 Sb.). Výsledky zkoušek toxicity ve vodném výluhu vzorků jsou hodnoceny dle tabulky č. 10. 2 přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. a dle tabulky č. 5. 3 přílohy č. 5 k vyhlášce č. 273/2021 Sb. Hmotnostní koncentrace sledovaných látek a míra překročení stanovených nejvyšší přípustných koncentrací škodlivin je uvedena v příloze č. 11 zprávy.

Přechodová oblast (mezi konstrukčními vrstvami a zemní plání) – GT2

Do přechodové oblasti řadíme zeminy, jejichž vlastnosti jsou ovlivněny podbíjením kolejí, vtlačení štěrku z konstrukčních vrstev. Jsou to zpravidla zeminy na rozhraní konstrukčních vrstev a kvartérních sedimentů přirozeného podloží (zemní pláň). Dokládají to i hodnoty měrného odporu v sondách dynamické penetrace. Ve smyslu členění trasy zájmového území byly tyto zeminy dokumentovány a laboratorně analyzovány na začátku úseku staničení km 1,4 (most přes Suchý potok), mohou se však lokálně objevit v malé mocnosti kdekoli jinde v řešeném území, kde podloží konstrukční vrstev tvoří jemnozrnné jílovité zeminy (viz účelová mapa příl.č.2A).

Ve smyslu ČSN 73 6133 se jedná o **štěrkovitý jíl tř. a symbolu F2 CG**. Byl zastižen kopanou sondou S-1 (drážní km 1,403) pod vrstvou štěrku tvořící konstrukční vrstvu pražcového podloží a to v int. 1,0 m - 1,5 m, kde byla sonda ukončena. Makroskopicky byly popsány jako štěrkovité jíly šedé barvy, tuhé až pevné konzistence, vlhké, s ostrohrannými úlomky kameniva.

Z polohy 1,0-1,5 m byl odebrán a laboratorně analyzován vzorek těchto zastižených zemin. Ve smyslu ČSN 73 6133 byly zeminy zatříděny do tř. a symbolu F2 CG-štěrkovitý jíl, dle normy ČSN EN ISO 14688-2 se jedná o štěrkovito-prachovitý jíl grsiCl. Dle ČSN 73 1001 se modul přetvárnosti E_{def} pro zeminy tř. a symbolu F2 CG pohybuje v rozmezí 7-15 MPa pro konzistenci tuhou a 10-12 MPa pro konzistenci pevnou.

Zastoupení jednotlivých frakcí pro zeminy GT2 tř. a symbolu F2 CG:

- jílovitá frakce (c):	cca 14 %
- prachovitá frakce (m) :	cca 50 % (jemné částice $f = c+m$: 64 %)
- písčitá frakce (s):	cca 15 %
- štěrkovitá frakce (g) :	cca 21 %
- kamenitá frakce (Cb) :	cca 0 %

Dále byly laboratorně stanoveny následující parametry :

- Vlhkost zeminy $W_n = 19,9 \%$
- Index plasticity $I_p = 16 \%$
- Stupeň konzistence $I_c=0,94$ (tuhá)

Dle ČSN 73 6133 (tab. A.1) jsou zeminy GT2 jako **podloží i do násypu podmíněčně vhodné** k přímému použití bez úpravy. Z hlediska namrzavosti jsou zeminy dle Scheibleho kritéria charakterizované převážně jako **nebezpečně namrzavé**. Koeficient filtrace byl stanoven 4,50E-9 m/s a podle klasifikace propustnosti dle J. Jetela charakterizuje nepatrně propustné prostředí. Ve smyslu ČSN 73 6133 byly tyto zeminy zařazeny do **třídy těžitelnosti I**. **Navrhovaný sklon svahu** v dočasném výkopu je, dle ČSN 73 3050 **1 : 0,25 – 1 : 0,50**. Dle ČSN P 73 1005 je **třída vrtatelnosti I**.

Tabulka č. 3 : Základní fyzikálně-mechanické parametry zastižených zemin přechodové oblasti

Stratigrafie	GT typ a zatřídění zeminy	obj. tíha γ	konzistence I_c	modul přetv. E_{def}	úhel smyk. pevnosti ϕ_{ef}	sou - držnost c_{ef}	Poiss. č. ν
		kN.m ⁻³	-	MPa	[°]	kPa	-
Q	GT2 – štěrkovité jíly F2 CG	1990*	0,94/tuhá	7*-15*	24*-30*	10*-18*	0,35*

Zeminy podloží zemního tělesa – zemní pláň:

Podloží zemního tělesa bude v řešeném úseku trati tvořeno převážně jemnozrnnými jílovitými zeminami (GT3) a dále v úseku drážního km 7,05-8,55 horninami skalního podkladu (GT4). Jemnozrnné zeminy se liší nejen svými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi, ale také genezí. V následujícím vyčlenění geotechnických typů a podtypů jsme se opírali o jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti, ověřené laboratorními rozbory a měřeními měrných dynamických odporů v sondách DP. Podrobnější charakteristice jednotlivých dílčích úseků trati vzhledem k zastiženým zeminám po skrytí konstrukčních vrstev se věnuje kap. 4.5.

Obecně v první části řešeného traťového úseku (Suchdol nad Odrou-Mankovice) lze v podloží železničního spodku očekávat výskyt jemnozrnných zemin charakteru jílu, shora eolického původu s přechodem do fluviálních jílu s proměnlivým obsahem písčité složky. Lokálně se mohou v podloží vyskytovat jen fluviální sedimenty řeky Odry, jako je tomu např. v drážním km 5,15-5,7, příp. 1,4-1,45. V podloží jemnozrnných zemin očekáváme výskyt fluviálních štěrkovitých písků a písčitých štěrků.

Z měření měrných dynamických odporů v sondách DP vyplývá, že strop fluviálních štěrků v podloží jemnozrnných zemin se bude nacházet v hloubce cca 1,6 m (S-36, drážní km 9,7) – 2,6 m (S-19, drážní km 6,26), tedy v průměrné hloubce 2,0 m.

V druhé části řešeného traťového úseku (Mankovice-Odry) se v drážním km cca 7,05-8,55 budou vyskytovat horniny skalního podkladu s převahou drob. Na základě prováděného geofyzikálního průzkumu (v drážním km 7,270 - 7,450 a 7,900 až 8,130) lze odhadovat, že vrstva eluvií a zcela zvětralých hornin může mít mocnost cca 2 m, níže lze předpokládat přechod do rostlého skalního podkladu. Do konce úseku staničení km 10,0 opět budou převažovat jemnozrnné jílovité zeminy (GT3) fluviálního původu. V drážním km cca 9,5 není vyloučen i výskyt deluviálních štěrkovitých zemin.

Jemnozrnné jílovité zeminy – GT3 (podloží zemního tělesa):

Jemnozrnné jílovité zeminy představují dominující přírodní materiál zemní pláně (podloží zemního tělesa). Z hlediska geneze je rozdělujeme na dva úseky. V úseku staničení km 1,45-5,15 se vyskytují v podloží jíly eolického původu (sprašové hlíny), které mohou nasedat na níže položené náplavové fluvialní jemnozrnné jílovité sedimenty. Výjimku tvoří úsek staničení km 2,25-2,35, kde v okolí sond S-5 a S-6 se budou v zemním tělese vyskytovat antropogenní navážky. Eolické jíly byly v podloží zemního tělesa zastiženy kopanými sondami S-3 (drážní km 1,481) až S-15 (drážní km 5,089). Ve zbytku úseku se budou nacházet v podloží zemního tělesa fluvialní jíly, lokálně štěrkovité jíly, s výjimkou úseků 5,7-5,8 (kde se vyskytují antropogenní navážky - S-17) a úseku staničení km 7,05-8,55 (povrch skalního podkladu S22-S28).

S ohledem na různé fyzikálně-mechanické vlastnosti a granulometrické složení byly tyto zeminy ještě rozděleny na 2 podtypy :

- **štěrkovitý jíl GT3A** - byl zastižen v podloží zemního tělesa pouze v okolí kopané sondy S-16 (drážní km 5,2) pod vrstvou štěrkodrtí tvořící konstrukční vrstvu pražcového podloží a to od hl. 0,45 do konečné hl. 0,7 m. Makroskopicky byl popsán jako štěrkovitý jíl světle hnědé barvy, tuhé až pevné konzistence.

Vzorek zemin GT3A byl z kopané sondy S-16 odebrán k laboratorním analýzám. Ve smyslu ČSN 73 6133 byly zeminy zaříděny do tř. a symbolu F2 CG-štěrkovitý jíl, dle normy ČSN EN ISO 14688-2 se jedná o písčitojílovitý štěrk. Dle ČSN 73 1001 se modul přetvárnosti E_{def} pro zeminy tř. a symbolu F2 CG pohybuje v rozmezí 7-15 MPa pro konzistenci tuhou a 10-12 MPa pro konzistenci pevnou. Zatěžovací zkoušky nebyly v poloze těchto zemin realizovány.

Zastoupení jednotlivých frakcí pro zeminy GT3A tř. a symbolu F2 CG:

- jílovitá frakce (c):	cca 11 %
- prachovitá frakce (m) :	cca 26 % (jemné částice $f = c+m$: 37 %)
- písčitá frakce (s):	cca 20 %
- štěrkovitá frakce (g) :	cca 43 %
- kamenitá frakce (Cb) :	cca 0 %

Dále byly laboratorně stanoveny následující parametry :

- Vlhkost zeminy $W_n = 14,1$ %
- Index plasticity $I_p = 12$ %
- Stupeň konzistence $I_c = 1,41$ (pevná)

Dle ČSN 73 6133 (tab. A.1) jsou zeminy tř. a symbolu F2 CG jako **podloží i do násypu podmínečně vhodné** k přímému použití bez úpravy. Z hlediska namrzavosti jsou zeminy dle Scheibleho kritéria charakterizované převážně jako **nebezpečně namrzavé**. Koeficient filtrace byl stanoven $8,53E-9$ m/s a podle klasifikace propustnosti dle J. Jetela charakterizuje nepatrně propustné prostředí. Ve smyslu ČSN 73 6133 byly tyto zeminy zařazeny do **třídy těžitelnosti I. Navrhovaný sklon svahu** v dočasném výkopu je, dle ČSN 73 3050 **1 : 0,25**. Dle ČSN P 73 1005 je **třída vrtatelnosti I**.

Měřením penetračního odporu v sondě DP1(S16) lze předpokládat výskyt fluviálních štěrkovito jílovitých sedimentů obdobného charakteru až do hl. 2,5 m, kde předpokládáme strop fluviálních štěrků.

Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu, má do hl. 1,8 průměrnou hodnotu 15,9 MPa, pro interval 1,8-2,4 m je prům. vypočtená hodnota $E_{\text{def}} = 6,3$ MPa).

Na stropu těchto zemin v hl. 0,45 m byla realizovaná rázová zkouška LDD – výsledný modul přetvárnosti $M_{\text{vd}} = 29,7$ MPa. Dle ČSN 73 1001 je směrná hodnota E_{def} pro konzistenci pevnou je udávána v rozmezí 18-25 MPa.

Tabulka č. 4 : Základní fyzikálně-mechanické parametry zastižených zemin GT3A

Strati- grafie	GT typ a zatřídění zeminy	obj. tíha γ	konzistence I_c	modul přetv. E_{def}	úhel smyk. pevnosti ϕ_{ef}	sou - držnost c_{ef}	Poiss. č. ν
		kN.m ⁻³	-	MPa	[°]	kPa	-
Q	GT3A – štěrkovité jíly F2 CG	1990*	1,41/pevná	10*-12*	24*-30*	14*-22*	0,35*

vysvětlivky: Q – kvartér

* - směrné normové charakteristiky s přihlédnutím k ČSN 73 1001 (1988), platnost této normy byla ukončena k 1. 4. 2010. Ustanovení této normy nejsou závazná, v praxi však lze využít dosavadní zkušenosti z dlouhodobého používání této ČSN.

- jíl s nízkou až se střední plasticitou GT3B - byl zastižen u většiny kopaných sond – laboratorně byly jíly analyzovány v 17-ti kopaných sondách, jejich seznam a základní fyzikálně-mechanické vlastnosti včetně konzistence jsou uvedeny níže v tab. č. 4 a 5.

Zeminy GT3B (zemní plán) byly zastiženy pod vrstvou konstrukčních vrstev tvořící pražcové podloží – strop GT3B od hl. 0,30 (S-37, a S-38, drážní km 9,927-10,0) – 0,8 m (S-15, drážní km 5,089) až do konečné hloubky sond, tedy báze GT3B do hl. 0,6 (S-38 drážní km 9,927) 1,7 m (S-10, drážní km 3,557). Makroskopicky byly popsány jako jíly nebo sprašové hlíny, rezavě hnědé nebo šedé barvy, často rezavě a šedě smouhované, původu fluviálního nebo eolického, převážně tuhé konzistence, případně měkké konzistence (S-14, S-15 a S-19), ojediněle pevné konzistence (S-31, kde hodnota I_c je téměř hraniční 1,08), vlhké, nevápnité.

Ve smyslu ČSN 73 6133 byly zeminy zatříděny do tř. a symbolu F6 CL, CI jíl s nízkou až se střední plasticitou, dle normy ČSN EN ISO 14688-2 se jedná o převážně o prachovitý jíl siCl, příp. sasiCl – písčito-prachovitý jíl (S-32).

Dle ČSN 73 1001 se modul přetvárnosti E_{def} pro zeminy tř. F6 v přirozeném stavu pohybuje v rozmezí 1,5-3 MPa pro konzistenci měkkou, 3-6 MPa pro konzistenci tuhou a 6-8 MPa pro konzistenci pevnou. Zatěžovacími zkouškami LDD a SZZ, realizovanými in situ v průzkumných sondách, byly naměřeny následující hodnoty modulu deformace M_{vd} a $E_{\text{def}, 2}$ (viz tab. č.5, výsledky jsou uvedeny rovněž v profilech kopaných sond příl.č. 3) :

Tabulka č.5 : Tabelární přehled výsledků měření modulu deformace zkouškami in situ pro zeminy GT3B třídy a symbolu F6 CI,CL

Staničení	Označení sondy a její konečná hloubka (kopaná+vrtná metráž)	Označení polních zkoušek	hloubka měření SZZ/LDD od horní hrany pražce (měřeno uprostřed)	klasifikace zemin dle ČSN 736133, na kterých byla polní zkouška prováděna/konzistence	Modul deformace $E_{def,2} / M_{vd}$
km	m (od horní hrany pražce -střed)		m		MPa
2,367	S-7 (hl. 0,7 m)	SZZ7	0,50 m	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,79$	16,6
4,126	S-11 (hl. 0,7 m)	SZZ11	0,55 m	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,54$	11,3
4,345	S-12 (hl. 0,75 m)	SZZ12	0,50 m	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,58$	16,0
5,089	S-15 (hl. 1,1 m)	SZZ15	0,80 m	F6 CI / měkká, $I_c = 0,47$	40,9
6,260	S-19 (hl. 1,00 m)	LDD4	0,60 m	F6 CL / měkká, $I_c = 0,43$	19,3
6,600	S-20 (hl. 1,00 m)	LDD5	0,55 m	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,74$	20,4
6,900	S-21 (hl. 1,00 m)	LDD6	0,50 m	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,80$	32,1
8,670	S-29 (hl. 1,10 m)	LDD8	0,45 m	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,65$	13,0
8,950	S-31 (hl. 0,75 m)	LDD9	0,45 m	F6 CI / pevná, $I_c = 1,08$	13,5
9,180	S-32 (hl. 1,00 m)	LDD10	0,45 m	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,83$	17,0
9,700	S-36 (hl. 1,10 m)	LDD11	0,40 m	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,80$	23,6
9,927	S-37 (hl. 1,00 m)	LDD12	0,40 m	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,53$	11,5
10,000	S-38 (hl. 0,60 m)	LDD13	0,35 m	F6 CI / tuhá, $I_c = 0,77$	8,5

Dále byly pro zeminy GT3B laboratorně stanoveny následující parametry – viz tab. č.6:

Tabulka č. 6 : základní fyzikálně-mechanické parametry zemin GT3B

Sonda	Hloubka	Číslo vzorku	Klasifikace	Klasifikace	Vlhkost	Mez tekutosti	Mez plasticity	Index plasticity	Stupeň konzistence		Filtrační součinitel	Podíl zrn > 0,5 mm	Objemová hmot. vlhké zeminy	Objemová hmot. suché zeminy	Pórovitost	Stupeň nasycení	Kapilární vztlakovost		Číslo nestejnorodnosti	Číslo křivosti		
			ČSN 73 6133	ČSN EN ISO 14688-2	ČSN EN ISO 17892-1	ČSN EN ISO 17892-12							ČSN EN ISO 17892-2						Posouzení			
					w	w_L	w_P	I_P	I_C	ČSN		k	g	ρ			ρ_d	n	S_r	H_s	H_{max}	C_u
	[m]					[%]	[%]	[%]	[%]	[-]		EN ISO	[m/s]	[%]	[Mg/m³]	[Mg/m³]	[%]	[%]	[m]	[m]	[-]	[-]
S7	0,5-0,7	57094	F6 CL	siCl	19,70	30	17	13	0,79	tuhá	pevná	2,44E-09	4,37	---	---	---	---	3,80	17,48	14,06	0,72	
S10	0,6-0,8	57095	F6 Cl	siCl	27,80	39	20	19	0,59	tuhá	tuhá	6,35E-09	0,40	1,96	1,53	43	99,1	5,42	40,56	6,08	0,26	
S11	0,55-0,7	57096	F6 CL	siCl	23,50	31	17	14	0,54	tuhá	tuhá	2,35E-09	3,53	---	---	---	---	4,03	19,89	12,99	0,75	
S12	0,5-0,7	57097	F6 CL	siCl	22,90	31	17	14	0,58	tuhá	tuhá	1,38E-08	11,82	1,94	1,58	41,3	87,5	3,11	11,38	21,53	1,28	
S13	0,7-0,8	57098	F6 CL	siCl	24,60	34	19	15	0,63	tuhá	tuhá	2,50E-09	9,24	---	---	---	---	3,80	17,42	13,81	0,79	
S14	0,7-1,0	57099	F6 CL	siCl	27,20	34	19	15	0,45	měkká	měkká	1,30E-08	3,68	1,95	1,53	43	97	3,54	14,88	16,16	0,69	
S15	0,8-1,1	57100	F6 Cl	siCl	28,00	36	19	17	0,47	měkká	měkká	2,66E-09	3,85	---	---	---	---	3,83	17,76	13,38	0,89	
S-18	0,8-1,00	57708	F6 CL	siCl	26,50	35	21	14	0,61	tuhá	tuhá	2,38E-09	3,98	---	---	---	---	3,78	17,26	13,49	0,76	
S-19	0,6-1,0	57709	F6 CL	siCl	28,90	34	22	12	0,43	měkká	měkká	2,86E-09	4,50	---	---	---	---	3,54	14,85	16,18	1,10	
S-20	0,6-1,0	57710	F6 CL	siCl	24,40	34	21	13	0,74	tuhá	tuhá	1,25E-08	8,18	1,91	1,54	42,9	87,3	3,52	14,69	16,43	0,73	
S-21	0,5-1,0	57711	F6 Cl	siCl	25,80	37	23	14	0,80	tuhá	pevná	2,62E-09	14,88	---	---	---	---	3,30	12,81	19,26	0,60	
S-29	0,6-1,0	57715	F6 CL	siCl	24,50	33	20	13	0,65	tuhá	tuhá	2,53E-09	4,53	---	---	---	---	3,81	17,59	14,40	0,99	
S-31	0,5-0,75	57716	F6 Cl	siCl	20,90	36	22	14	1,08	pevná	velmi pevná	2,14E-09	10,61	---	---	---	---	3,56	15,08	15,15	0,54	
S-32	0,5-0,9	57717	F6 CL	sasiCl	21,00	31	19	12	0,83	tuhá	pevná	1,60E-08	7,93	1,78	1,47	45,1	68,5	3,19	12,00	20,95	0,60	
S-36	0,5-0,8	57720	F6 CL	siCl	22,60	33	20	13	0,8	tuhá	pevná	3,43E-09	13,77	---	---	---	---	3,06	11,03	22,39	1,50	
S-37	0,5-1,0	57721	F6 CL	siCl	25,60	32	20	12	0,53	tuhá	tuhá	1,08E-08	3,28	1,97	1,57	41,3	97,4	4,07	20,41	12,95	1,00	
S-38	0,7-0,9	57722	F6 Cl	siCl	25,40	40	21	19	0,77	tuhá	pevná	1,91E-09	1,52	---	---	---	---	4,83	30,62	8,62	0,55	
				min	19,70	30	17	12	0,43			1,913E-09	0,40	1,78	1,47	41,3	68,5	3,06	11,03	6,08	0,26	
				max	28,90	40	23	19	1,08			1,601E-08	14,88	1,97	1,58	45,1	99,1	5,42	40,56	22,39	1,50	
				průměr	24,66	34	20	14	0,66				6,47	1,92	1,54	42,8	89,5	3,78	17,98	15,17	0,81	

Dle ČSN 73 6133 (tab. A.1) jsou zeminy GT3B jako **podloží nevhodné, do násypu podmínečně vhodné** k přímému použití bez úpravy. Z hlediska namrzavosti jsou zeminy dle Scheibleho kritéria charakterizované převážně jako **nebezpečně namrzavé**, v případě vzorku ze sondy S-10 a S-38 se jedná dokonce o **vysoce namrzavé** zeminy. Koeficient filtrace byl stanoven řádově E-9 a E-8 m/s a podle klasifikace propustnosti dle J. Jetela charakterizuje nepatrně až velmi slabě propustné prostředí.

Výše uvedené jemnozrnné jílovité zeminy GT3B byly ve smyslu ČSN 73 6133 zařazeny do **třídy těžitelnosti I. Navrhovaný sklon svahu** v dočasném výkopu je, dle ČSN 73 3050 **1 : 0,25 – 1 : 0,50**. Dle ČSN P 73 1005 je **třída vrtatelnosti I**.

Tabulka č. 7 : Základní fyzikálně-mechanické parametry zastižených zemin GT3B

Strati-grafie	GT typ a zatřídění zeminy	obj. hmotnost ρ	konzistence Ic,	modul přetv. E_{def}	úhel smyk. pevnosti ϕ_{ef}	sou - držnost c_{ef}	Poiss. č. ν
		(kg/m ³)	-	MPa	[°]	kPa	-
Q	GT3B – jíly F6 CL, F6 CI	1780-1970	0,53-0,83 tuhá	3*-6*	17*-21*	8*-16*	0,40*
Q	GT3B – jíly F6 CL, F6 CI	1950	0,43-0,47 měkká	1,5*-3*	17*-21*	12*-20*	0,40*

vysvětlivky: Q – kvartér

* - směrné normové charakteristiky s přihlédnutím k ČSN 73 1001 (1988), platnost této normy byla ukončena k 1. 4. 2010. Ustanovení této normy nejsou závazná, v praxi však lze využít dosavadní zkušenosti z dlouhodobého používání této ČSN.

Jemnozrnné zeminy GT3 byly rovněž ověřeny i sondami dynamické penetrace. V následujícím tabelárním přehledu uvádíme orientační hodnoty průměrného deformačního modulu přepočteného z měrného dynamického modulu q_{dyn} – platí pro jemnozrnné zeminy GT3 (tedy GT3A i GT3B).

Sondy DP(S5), DP(S6), DP5(S22), DP3(S23) a DP4(S23A) jemnozrnné zeminy GT3 nezastihly – v prvních dvou případech zachytily v podloží konstrukčních vrstev navážkové zeminy GT1B a fluvialní štěrky GT4, v ostatních případech jde o skalní podloží.

Tabulka č. 8 : Přehled průměrných hodnot modulu přetvárnosti přepočteného z měřeného deformačního modulu q_{dyn} realizovaných sond dynamické penetrace pro zeminy GT3

Sonda	hloubka (m)	průměr E_{def} přepočtený z q_{dyn} (MPa)	Sonda	hloubka (m)	průměr E_{def} přepočtený z q_{dyn} (MPa)
DP(S1)	1,2-1,9	2,3	DP(S13)	0,7-0,9	5,4
	1,9-2,3	4,9		0,9-1,9	4,7
DP(S2)	1,1-1,4	6,8		1,9-2,1	2,1
	1,4-1,7	4,5	DP(S14)	0,6-1,6	2,3
	1,7-2,0	2,3		1,6-2,2	7,3
	2,0-2,1	4,2	DP(S15)	0,8-2,4	6,3
DP(S3)	1,5-1,8	2,0	DP1(S16)	0,5-1,8	15,9
	2,1-2,9	7,8		1,8-2,4	6,3
DP(S7)	0,5-1,6	5,4	DP2(S19)	0,7-0,9	4,9
	1,6-1,8	2,3		0,9-1,8	2,3
	1,8-2,0	4,4		1,8-2,6	4,7
DP(S10)	0,5-1,6	2,5	DP6(S29)	0,5-1,0	4,9
	1,6-2,1	3,9		1,0-1,2	2,3
DP(S11)	0,55-1,0	2,4		1,2-1,5	4,5
	1,0-1,7	5,8		1,6-2,0	2,3
DP(S12)	0,5-0,9	2,5	DP7(S32)	0,7-1,3	4,6
	1,0-1,6	9,0	DP8(S33)	0,6-1,6	5,1
	1,6-2,1	4,4	DP9(S36)	0,6-1,4	4,4

Fluviální štěrkovité zeminy – GT4 :

V údolní nivě řeky Odry jsou zastoupeny kvartérní fluviální, převážně písčitohlinité nivní sedimenty, směrem k bázi se zvyšujícím se podílem štěrkové frakce. Fluviální štěrky byly ověřeny pouze některými sondami dynamické penetrace – celkem 9 ks – seznam viz tab. č.9. Štěrkovité zeminy jsou významným průlinovým kolektorem v zájmovém území a váží na sebe podzemní vodu. Budou se vyskytovat ve větší části zájmového území v hodnocené trase železnice (zejména v úseku Suchdol n.O.-Mankovice) s výjimkou drážního km cca 7,0-9,0 (úsek Mankovice-Odry), kde podloží budou tvořit horniny skalního podkladu.

Z hlediska namrzavosti se v závislosti na obsahu jemnozrnných částic jedná o zeminy nenamrzavé až mírně namrzavé. Dle ČSN 73 6133 (tab. A.1) jsou zeminy GT4 charakteru písků a štěrků pro podloží a do násypu většinou podmínečně vhodné k přímému použití bez úpravy, případně vhodné (v závislosti na obsahu příměsí jemnozrnných zemin, které jejich vlastnosti zhoršují). Štěrkovité zeminy GT4 byly ve smyslu ČSN 73 6133 zařazeny do třídy těžitelnosti I. Navrhovaný sklon svahu v dočasném výkopu je, dle ČSN 73 3050 1 : 0,25 – 1 : 1. Dle ČSN P 73 1005 je třída vrtatelnosti I.

Z výsledků měření penetrační zkoušky vyplývá, že strop štěrkovitých zemin bude v průměrné hloubce 2,0 m. Dle ČSN 73 1001 se modul přetvárnosti E_{def} v závislosti na obsahu jemnozrnných částic udává pro zeminy tř. G3 v rozmezí 80-100 MPa, pro tř. G4 je to 60-80 MPa a pro tř. G5 v rozmezí 40-60 MPa. Následující tabulka uvádí přehled sond DP, které

štěrkovité zeminy zastihly, hloubkový interval výskytu a průměrný deformační modul E_{def} přepočtený z hodnot měrného dynamického odporu.

Tabulka č. 9 : Přehled průměrných hodnot modulu přetvárnosti přepočteného z měřeného deformačního modulu q_{dyn} realizovaných sond dynamické penetrace pro zeminy GT4 (STN 72 1032)*

Sonda	hloubka (m)	průměr E_{def} přepočtený z q_{dyn} (MPa)
DP(S3)	1,8-2,1	31,2
DP(S5)	2,1-2,6	54,8
DP(S6)	2,0-2,4	51,4
DP(S11)	1,7-2,1	51,3
DP(S14)	2,2-2,6	35,8
DP1(S16)	2,5-3,0	42,5
DP6(S29)	2,0-3,0	61,2
DP7(S32)	2,0-3,0	27,2
DP9(S36)	1,4-3,0	33,0

Poznámka: * ustanovení normy STN 72 1032 nejsou závazná, pouze orientační, jelikož platnost citované normy byla ukončena, v praxi však lze využít dosavadní zkušenosti z dlouhodobého používání této normy. V současnosti platná norma ČSN EN ISO 22476-2 (2005) přepočet modulu přetvárnosti E_{def} z měřeného měrného modulu q_{dyn} neudává

Horniny skalního podkladu – GT5 (podloží zemního tělesa):

Horniny skalního podkladu se vyskytují v úseku mezi Mankovicemi a Odrami (předpoklad od drážního km cca 7,0, na úbočí kopce Pohoř od drážního km cca 7,150 jsou již patrné výchozy skalního podkladu) a jsou tvořeny hradecko-kyjovickým souvrstvím. V zájmovém prostoru se v podloží kvartéru tedy budou střídát břidlice, prachovce a droby, přičemž dominantní horninou je droba a to zejména v úseku staničení cca km 8,7-9,0 (viz příloha č. 2).

V rámci rekognoskace zájmového území byla provedena dokumentace skalních výchozů v JZ části úpatí kopce Pohoř v místech s méně vzrostlou vegetací a přístupných pro dokumentaci z hlediska bezpečnosti a to v drážním km 7,4 – 8,1 (viz příl.č.9).

Skalní výchoz č.1 se nachází v drážním km 7,4-7,5 mezi sondami S-23A a S-24 (blíže k S-23A).

Skalní výchoz č.2 se nachází v drážním km 7,8-7,9 mezi sondami S-24A a S-25 (blíže k S-24A).

Skalní výchoz č.3 se nachází v drážním km 8,0-8,1 mezi sondami S-26 a S-27 (blíže k S-26).

V dokumentovaném místě horninového masívu se nachází rytmy, pro které je charakteristické střídání poloh droby s laminami prachovce a jílovité břidlice.

V drážním km 7,270 až 8,150 byl nad rámec tohoto úkolu dne 23.9.2021 realizován geofyzikální průzkum pro zjištění možného průběhu povrchu skalního povrchu (viz. kap. 6). Geofyzikální průzkum prokázal (Bartášková L., 2021), že v podloží konstrukčních vrstev se nachází vrstva eluvií a zcela zvětralých hornin o mocnosti cca 2 m, která lokálně není spojitá. Podložní horniny jsou z hlediska naměřených odporů charakterizované jako droby různé zrnitosti (jemnozrnné až hrubozrnné) a různého stupně zvětrání. Z výsledků geofyzikálního

měření dále vyplývá, že povrch mírně zvětralých až zdravých hornin se nachází v hloubce 3-7 m pod povrchem.

Horniny skalního podkladu byly zastiženy na bázi kopaných sond S-24 (drážní km 7,55), S-25 (drážní km 7,95), S-26 (drážní km 8,00) a S-28 (drážní km 8,45) v hl. 0,4-0,5 m. Ostatní sondy v úseku drážní km cca 7,05-8,55 (viz účelová mapa příl.č.2A) byly ukončeny v konstrukčních vrstvách.

Modul přetvárnosti odhadujeme na základě ČSN 73 1001 na hodnotu 100-150 MPa, což vychází z předpokladu zastižení hornin třídy pevnosti R4, se vzdáleností diskontinuit 60-20 mm. V případě kopané sondy S-24 byl na bázi zastižen povrch silně zvětralého skalního podloží tř. pevnosti R6 – eluvia charakteru šterkovitého jílu tř. a symbolu F2 CG, kterému dle citované normy přiřazujeme hodnotu E_{def} nižší – 20-35 MPa.(platí pro tř. R6, vzdálenost diskontinuit 60-20 mm).

Na konci tohoto úseku trati byla v kopané sondě S-28 realizovaná rázová zkouška LDD7, výsledek měřeného modulu přetvárnosti $M_{vd} = 38,4 \text{ MPa}$.

Dále byly v okolí realizovány 3 sondy - DP3-DP5 vztažené k sondám S22 (drážní km 7,2), S23 drážní km 7,348) a S23A (drážní km 7,4).

Sonda DP3 (S23) podle průběhu měrného odporu pravděpodobně ověřila pod polohou konstrukčních vrstev tedy od hl. 0,4 do 2,1 m deluviální šterkovito-jílovité sedimenty s přechodem do písčitých jílu, povrch pevného skalního podkladu nebyl ověřen. Také sonda DP4(S23A) ověřila od hl. 0,4 m eluvia skalního podkladu – úlomky zvětralé horniny charakteru jílovito-šterkovitých zemin bez zastižení povrchu pevného skalního podkladu.

Sonda DP5(S22) ověřila konstrukční vrstvy zemního tělesa pravděpodobně do hl. cca 0,5 m, v int. 0,5-1,6 m se budou vyskytovat deluviální kamenito-hlinité sedimenty, které se nacházejí při úpatí kopce Pohoř – charakteru šterkovitých jílu, níže v int. 1,9-2,9 m jemnozrnné jílovité zeminy měkké až tuhé konzistence, na bázi od hl. 2,9 m očekáváme výskyt hlinitých šterků

Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu, má v int. 0,5-1,6 m hodnoty v rozmezí $E_{def} = 7,4-18,0 \text{ MPa}$ (prům. hodnota pro tento interval je 11,9 MPa), níže v int. 1,6-2,0 m $E_{def} = 2,1-8,3 \text{ MPa}$ (prům. 5,5 MPa), v int. 2,0-2,2 m $E_{def} = 2,1 \text{ MPa}$, v int. 2,2-2,9 m $E_{def} = 4,2 \text{ MPa}$ a od hl. 2,9 m $E_{def} = 35,2 \text{ MPa}$.

4.2 PŘEHLED VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ MODULU DEFORMACE MATERIÁLŮ A ZEMIN ZATĚŽOVACÍMI A RÁZOVÝMI ZKOUŠKAMI „IN SITU“

S ohledem na omezené možnosti nepřetržité výluky na trati byly moduly deformace zastižených zemin měřeny ve dvou časových etapách a dvěma typy polních zkoušek – statickými zatěžovacími zkouškami s protizátěží a rázovými zkouškami lehkou dynamickou deskou. Následující tabelární přehled shrnuje výsledky všech zkoušek realizovaných na různých typech materiálů zemní pláně, případně konstrukčních vrstev. Z tabulky je zřejmé, kde tyto zkoušky nebylo možné provést nebo jejich provedení nebylo požadováno. Výsledky

zkoušek jsou rovněž uvedeny v profilech kopaných sond (příl.č.3) a laboratorních protokolech z měření (příl.č.6 a 7).

Tabulka č.10 : Tabešní přehled všech výsledků měření modulu deformace zkouškami in situ

Traťový úsek Suchdol nad Odrou - Budišov nad Budišovkou v km 0,487 - 10,014					
Staničení	Označení sondy a její konečná hloubka (kopaná+vrtná metráž)	Označení polních zkoušek	hloubka měření SZZ/LDD od horní hrany pražce (měřeno uprostřed)	klasifikace zemin dle ČSN 736133, na kterých byla polní zkouška prováděna	Modul deformace Edef,2 / Mvd
km	m (od horní hrany pražce -střed)		m		MPa
1,403	S-1 (hl. 1,5 m)	SZZ1	0,72 m	G3 YG-F	39,5
1,403	S-2 (hl. 0,7 m)	SZZ2	0,55 m	G2 YGP	36,9
1,481	S-3 (hl. 1,2 m)	SZZ3	0,90 m	G3 YG-F	88,2
2,293	S-5 (hl. 1,2 m)	SZZ5	0,66 m	G3 YG-F	-
2,293	S-6 (hl. 1,2 m)	SZZ6	0,60 m	G3 YG-F	9,4
2,367	S-7 (hl. 0,7 m)	SZZ7	0,50 m	F6 CL	16,6
3,557	S-10 (hl. 1,7 m)	SZZ10	SZZ nebyla požadována		
4,126	S-11 (hl. 0,7 m)	SZZ11	0,55 m	F6 CL	11,3
4,345	S-12 (hl. 0,75 m)	SZZ12	0,50 m	F6 CL	16,0
4,345	S-13 (hl. 0,8 m)	SZZ13	0,57 m	G3 YG-F	17,6
4,636	S-14 (hl. 1,3 m)	SZZ14	SZZ nebyla požadována		
5,089	S-15 (hl. 1,1 m)	SZZ15	0,80 m	F6 CI	40,9
5,200	S-16 (hl. 0,7 m)	LDD1	0,45 m	F2 CG	29,7
5,700	S-17 (hl. 1,15 m)	LDD2	0,52	G3 YG-F	17,4
6,080	S-18 (hl. 1,00 m)	LDD3	0,45 m	G3 G-F	34,4
6,260	S-19 (hl. 1,00 m)	LDD4	0,60 m	F6 CL	19,3
6,600	S-20 (hl. 1,00 m)	LDD5	0,55 m	F6 CL	20,4
6,900	S-21 (hl. 1,00 m)	LDD6	0,50 m	F6 CL	32,1
7,200	S-22 (hl. 0,60 m)	LDD	LDD nebyla realizována z důvodu zastižení zvětralého povrchu skalního podkladu		
7,348	S-23 (hl. 0,50 m)	LDD			
7,400	S-23A (hl. 0,55 m)	LDD			
7,550	S-24 (hl. 0,45 m)	LDD			
7,800	S-24A (hl. 0,45 m)	LDD			
7,950	S-25 (hl. 0,55 m)	LDD			
8,000	S-26 (hl. 0,40 m)	LDD			
8,120	S-27 (hl. 0,70 m)	LDD			
8,450	S-28 (hl. 0,50 m)	LDD7	0,40 m	G5 GC-Cb	28,4
8,670	S-29 (hl. 1,10 m)	LDD8	0,45 m	F6 CL	13,0
8,950	S-31 (hl. 0,75 m)	LDD9	0,45 m	F6 CI	13,5
9,180	S-32 (hl. 1,00 m)	LDD10	0,45 m	F6 CL	17,0
9,440	S-33 (hl. 0,55 m)	LDD	LDD nebyla požadována		
9,590	S-35 (hl. 0,60 m)	LDD			
9,700	S-36 (hl. 1,10 m)	LDD11	0,40 m	F6 CL	23,6
9,927	S-37 (hl. 1,00 m)	LDD12	0,40 m	F6 CL	11,5
10,000	S-38 (hl. 0,60 m)	LDD13	0,35 m	F6 CI	8,5

Výsledná hodnota redukovaného modulu přetvárnosti pro ideový návrh konstrukce pražcového podloží byla v případě jemnozrnných zemin zjištěna výpočtem : $E_{or} = E_o \cdot z \Rightarrow E_{or}$ (viz geologické profily- příl.č.3). Opravný součinitel „z“ vycházel z tab.č.1 přílohy 9 k předpisu SŽ S4 (2021) a lišil se podle druhu zeminy a její konzistence. Pro zeminy šterkovité je hodnota opravného součinitele $z=1$.

Tabulka č.11 : Tabeleární přehled hodnot **redukovaného redukovaného** modulu přetvárnosti E_{or} pro jemnozrnné zeminy zastižené v zemní pláni

Staničení	Označení sondy	klasifikace zemin dle ČSN 736133, na kterých byla polní zkouška prováděna/konzistence	Modul deformace $E_{def,2} / M_{vd}$	Opravný součinitel "Z"	Redukovaný modul přetvárnosti E_{or}
km			MPa		MPa
2,367	S-7	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,79$	16,6	0,6	9,96
4,126	S-11	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,54$	11,3	0,6	6,78
4,345	S-12	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,58$	16,0	0,6	9,60
5,089	S-15	F6 CI / měkká, $I_c = 0,47$	40,9	1,0	40,90
6,260	S-19	F6 CL / měkká, $I_c = 0,43$	19,3	1,0	19,30
6,600	S-20	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,74$	20,4	0,6	12,24
6,900	S-21	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,80$	32,1	0,6	19,26
8,670	S-29	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,65$	13,0	0,6	7,80
8,950	S-31	F6 CI / pevná, $I_c = 1,08$	13,5	0,4	5,40
9,180	S-32	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,83$	17,0	0,6	10,20
9,700	S-36	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,80$	23,6	0,6	14,16
9,927	S-37	F6 CL / tuhá, $I_c = 0,53$	11,5	0,6	6,90
10,000	S-38	F6 CI / tuhá, $I_c = 0,77$	8,5	0,6	5,10

Dle tab. 1 příl 6 k předpisu SŽ S4 (2021) je minimální požadovaná hodnota modulu přetvárnosti:

- **zemní pláni :** $E_{min,ZP} = 15 \text{ MPa}$,
- **na pláni tělesa železničního spodku :** $E_{min,PL} = 30 \text{ MPa}$

Hodnoty modulu přetvárnosti zemní pláně ve většině případů **nesplňují** požadavky předpisu SŽ S4 (v tabulce označeno červeně). Srovnáním s průběhem dynamického odporu v příslušných sondách DP (viz kap. 4.3) lze usuzovat, že výsledky zatěžovacích zkoušek mohly být lokálně ovlivněny např. přechodovou zónou (podbíjení, zatlačení kameniva z konstrukčních vrstev do jílu tvořících zemní pláň.). Proto doporučujeme vždy po skrytí konstrukčních vrstev provést znovu zkoušky únosnosti statickou zatěžovací zkouškou a při návrhu konstrukce pražcového podloží přihlížet k nižším hodnotám modulu přetvárnosti vypočtených z naměřených hodnot měrného dynamického odporu sondami dynamické penetrace. Návrh konstrukce pražcového podloží nebyl předmětem objednávky prací.

4.3 VYHODNOCENÍ SOND DYNAMICKÝCH PENETRACÍ

V řešeném úseku železniční tratě bylo celkem provedeno 21 ks sond dynamické penetrace pro ověření geologické skladby do hl. 2,0-3,0 m p.t. (měřeno od horní hrany pražce). Dynamické penetrační zkoušky byly provedeny ve dvou časových etapách :

První etapa prací proběhla v době nepřetržité vlakové výluky ve dnech 29.-30.4.2021. V tomto období bylo provedeno celkem 12 ks sond dynamické penetrace označených podle kopaných sond, v jejichž bezprostřední blízkosti byly realizovány (tedy DP(S1) až DP(S15)). Sondy DP byly realizovány přímo v kolejišti v místech ručních kopaných sond po realizaci statických zatěžovacích zkoušek a dosahovaly hloubek v rozmezí hodnot 1,9 m (DP(S7)) až 3,0 m (DP(S1)).

Při interpretaci průběhu dynamických penetračních zkoušek a stanovení orientačního modulu přetvárnosti byla provedena korelace mezi měrným dynamickým odporem zemin q_{dyn} a modulem přetvárnosti E_{def} pro jemnozrnné zeminy dle vzorce $E_{def} = 2 \times q_{dyn}$. V případě šterkovitých zemin jsme tyto hodnoty přepočítali podle vztahu $E_{def} = 2,1 \times q_{dyn} + 12,8$ – pro q_{dyn} větší než 4 MPa.

Druhá etapa prací mohla být provedena jen v době vlakových přestávek za běžného provozu železniční trati. Sondy dynamické penetrace byly realizovány dne 7.7.2021 a to v místech přístupných pro dopravu penetrační soupravy (např. železniční přejezdy). Jejich orientační pozice je uvedena staničením v protokolech příl.č.5 a v účelové mapě příl.č.2A a jejich výsledky byly orientačně srovnány s profilem nejbližší kopané sondy v daném km a interpretovány v kap. 4.3. Byly označeny jako DP1(S16) až DP9(S36) – je uvedeno v tabulce č.1 a 2. Interpretace výsledků je uváděna samostatně podle průběhu penetrační křivky bez možnosti korelace se zatěžovacími zkouškami SZZ nebo LDD realizovaných přímo v místě kopaných sond (k LDD bylo přihlédnuto). Ve druhé etapě prací bylo celkem realizováno 9 ks sond DP - všechny shodně do hl. 3,0 m p.t.

Interpretace sond dynamické penetrace podle průběhu dynamického penetračního odporu zemin a materiálů konstrukčních vrstev (q_{dyn}) :

I. etapa prací

DP(S1) hl. 0,72-3,0 m – drážní km 1,403, začátek měření od hl. 0,72 m, nadmořské výšky 259,03 m n.m.

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že podložní sedimenty budou zastoupeny převážně soudržnými zeminami, charakteru jílu s nízkou až střední plasticitou, místy s písčitou příměsí. Konzistence zemin v hloubkových intervalech 1,2-1,9 m a 2,4-2,5 m hodnotíme jako měkkou. V ostatní částech vrstevního sledu je konzistence tuhá, do hl. cca 1,1 – 1,2 m se jedná o materiál konstrukčních a podkladních vrstev. Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu odpovídá u jílu výše ověřené konzistenci. V hloubkovém intervalu 1,2-1,9 m a 2,3-2,5 m byla hodnota $E_{def} = 2,1-2,3$ MPa. V ostatních intervalech vychází $E_{def} = 4,2-6,8$ MPa. Průměrná hodnota deformačního modulu do hloubky 2,5 m je $E_{def} = 3,4$ MPa, níže až do konečné hloubky sondy $E_{def} = 6,2$ MPa. Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N_{10} je v celém hloubkovém intervalu $R_d = 0,1$ MPa.

Doporučení: S ohledem na nízké hodnoty konzistence a únosnosti ověřené v přímém podloží stávajícího násypu železničního spodku, doporučujeme vyšetření únosnosti podloží a navrhneme jeho zlepšení, výměnou (odtěžením) nevhodných měkkých vrstev mocnosti a náhradou za přírodní kamenivo.

DP(S2) hl. 0,55-2,1 m - drážní km 1,403, začátek měření od hl. 0,55 m, nadmořské výšky 259,12 m n.m.

Do hl. 0,7 m sonda DP ověřila konstrukční vrstvu prázecového podloží, v int. 0,7-1,1 m podle průběhu penetračního odporu q_{dyn} očekáváme výskyt štěrkovitého materiálu antropogenního původu (podkladní vrstvy, násypový materiál mostu). Hodnota modulu deformace E_{def} vypočtená z penetračního odporu q_{dyn} = 18,0-30,8 MPa (průměr 23,3 MPa).

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že podložní sedimenty budou zastoupeny převážně soudržnými zeminami, charakteru jílu s nízkou až střední plasticitou, shora v int. 1,1-1,4 m s proměnlivou příměsí písku a valounů štěrku (až charakteru štěrkovitého jílu) – modulu deformace E_{def} vypočtená z penetračního odporu q_{dyn} = 6,8 MPa, níže od hl. 1,4-1,7 m a 2,0-2,1 m výskyt jílu tuhé konzistence (E_{def} = 4,2-4,5 MPa) a v int. 1,7-2,0 m jíly měkké konzistence (E_{def} = 2,3 MPa). Průměrná hodnota vypočteného E_{def} zastižených jílovitých zemin činí 4,5 MPa. Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N_{10} je v hloubkovém intervalu 1,0-2,0 m R_d = 0,1 MPa.

Doporučení: Po odtěžení vrstev, které jsou předmětem odstranění, doporučujeme vyšetření únosnosti vrstev v jejich podloží. Upozorňujeme na výskyt jemnozrnných zemin od hl. 1,4 m, které jsou nevhodné pro podloží bez úpravy (měkké konzistence v int. 1,7-2,0 m).

DP(S3) hl. 0,9-2,9 m – drážní km 1,481, začátek měření od hl. 0,9, nadmořské výšky 258,56 m n.m.

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že do hl. 1,5 m byl ověřen výskyt konstrukčních vrstev zemního tělesa (drážního drceného kameniva a štěrkodrtě), v int. 1,5-1,8 m předpokládáme výskyt jemnozrnných jílovitých zemin v podloží železničního spodku, měkké konzistence (E_{def} = 2,0 MPa). V intervalu 1,8-2,1 m se předpokládá poloha písku s příměsí štěrku (vypočtené E_{def} = 11,3-17,4 MPa). Níže do hl. 2,9 m se budou vyskytovat jemnozrnné jílovité zeminy s příměsí písku tuhé konzistence (E_{def} = 4,0-9,8 MPa, prům. 7,8 MPa). Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N_{10} je v poloze jemnozrnných zemin R_d = 0,1 MPa.

Doporučení: –Po odtěžení vrstev, které jsou předmětem odstranění, doporučujeme vyšetření únosnosti vrstev v jejich podloží. Upozorňujeme na výskyt jemnozrnných zemin měkké konzistence od hl. 1,5 m, které jsou nevhodné pro podloží bez úpravy.

DP(S5) hl. 0,66-2,6 m – drážní km 2,293, začátek měření od hl. 0,66 m, nadmořské výšky 258,63 m n.m.

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že do hl. 2,1 m byly zastiženy štěrkovito-písčité zeminy antropogenního původu (v kopané sondě do hl. 1,2 m byla zastižena škvára s úlomky cihel), od hl. 2,1 m se budou v podloží vyskytovat štěrkovité zeminy fluvialního původu. Hodnota modulu deformace E_{def} vypočtená z penetračního odporu q_{dyn} = 47,8-65,3 MPa (průměr 54,8 MPa). Penetrační sondou byly pravděpodobně zastiženy hrubozrnné až balvanité štěrky, které jsou předmětem těžby v přilehlé štěrkovně Mankovice. Hrubozrnná až balvanitá příměs může ovlivňovat výsledky zkoušky. Nicméně, není

vyloučeno, že lokálně a to dle množství hrubozrnné frakce může být modul deformace E_{def} vyšší.

Doporučení: S ohledem na výskyt antropogenních navážek pod konstrukčními vrstvami železničního spodku, doporučujeme vzhledem k jejich heterogenitě tyto navážky odstranit a vyměnit za přírodní kamenivo – celková ověřená mocnost navážek je 1,7 m.

Navážky jsou nestejněměrně stlačitelné, proměnlivě únosné, jako podloží jsou zcela nevhodné a nelze jim přiřadit směrné hodnoty fyzikálně-mechanické vlastností. Před zahájením výstavby doporučujeme provést doplňující průzkum pro ověření jejich plošného rozsahu a případně doplnění informací o hloubkovém rozsahu nevhodných zemin. Doporučujeme realizovat dvě kopané rýhy, jejichž účelem bude sledovat mocnost a charakter nevhodných zemin.

DP(S6) hl. 0,6-2,4 m – drážní km 2,293, začátek měření od hl. 0,6 m, nadmořské výšky 258,67 m n.m.

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že do hl. 1,8 m byly zastiženy zeminy s velmi nízkým měrným dynamickým odporem – charakteru jemnozrnných zemin, do hl. 1,5 m charakteru písku s lokálními výskyty kamenů- antropogenního původu (v kopané sondě do hl. 2,0 m byla zastižena škvára s úlomky cihel), od hl. 2,0 m se budou v podloží vyskytovat štěrkovité zeminy fluvialního původu. Hodnota modulu deformace E_{def} vypočtená z penetračního odporu $q_{\text{dyn}} = 32,5-76,2$ MPa (průměr 51,4 MPa). Penetrační sondou byly pravděpodobně zastiženy hrubozrnné až balvanité štěrky, které jsou předmětem těžby v přilehlé štěrkovně Mankovice. Hrubozrnná až balvanitá příměs může ovlivňovat výsledky zkoušky. Nicméně, není vyloučeno, že lokálně a to dle množství hrubozrnné frakce může být modul deformace E_{def} vyšší.

Doporučení: S ohledem na výskyt antropogenních navážek pod konstrukčními vrstvami železničního spodku, doporučujeme vzhledem k jejich heterogenitě tyto navážky odstranit a vyměnit za přírodní kamenivo – celková ověřená mocnost navážek sondou DP(S6) je 1,8 m. Navážky jsou nestejněměrně stlačitelné, proměnlivě únosné, jako podloží jsou zcela nevhodné a nelze jim přiřadit směrné hodnoty fyzikálně-mechanické vlastností. Před zahájením výstavby doporučujeme provést doplňující průzkum pro ověření jejich plošného rozsahu a případně doplnění informací o hloubkovém rozsahu nevhodných zemin. Doporučujeme realizovat dvě kopané rýhy, jejichž účelem bude sledovat mocnost a charakter nevhodných zemin.

DP(S7) hl. 0,5-2,0 m – drážní km 2,367, začátek měření od hl. 0,5 m, nadmořské výšky 258,82 m n.m.

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že v celém profilu zastižené zeminy vykazují nízký měrný dynamický odpor, jedná se o jíly s nízkou až se střední plasticitou, převážně tuhé konzistence, v intervalu 1,6-1,8 m měkké konzistence. Shora do hl. 0,8 m je měrný dynamický odpor q_{dyn} mírně zvýšený (možný výskyt drobných úlomků kameniva z nadložních konstrukčních vrstev). Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu odpovídá výše ověřené konzistenci. V hloubkovém intervalu 0,5-1,6 m a 1,8-2,0 m byla hodnota $E_{\text{def}} = 4,5-7,4$ MPa (přípovrchová zóna). V int. 1,6-1,8 m vychází $E_{\text{def}} = 2,3$ MPa. Průměrná hodnota deformačního modulu pro

celý interval je $E_{\text{def}} = 5,0 \text{ MPa}$ (s vyloučením intervalu měkkých jíly je prům. $E_{\text{def}} = 5,4 \text{ MPa}$). Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N_{10} je v celém hloubkovém intervalu $R_d = 0,1 \text{ MPa}$. Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , změřený zkouškou SZZ v hl. $0,5 \text{ m} = 16,6 \text{ MPa}$. Tato hodnota může být ovlivněna lokálním výskytem kameniva z nadložních konstrukčních vrstev a proto při návrhu konstrukce pražcového podloží doporučujeme přihlédnout k výsledkům penetračního sondování ($E_{\text{def}} = 4,5-7,4 \text{ MPa}$).

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího násypu železničního spodku, doporučujeme vyšetření únosnosti podloží charakteru jemnozrnných zemin, které jsou nevhodné pro podloží bez úpravy a navrhujeme jeho zlepšení (stabilizace příp. výměnou za přírodní kamenivo) v dostatečné mocnosti.

DP(S10) hl. 0,5-2,1 m – drážní km 3,557, začátek měření od hl. 0,5 m, nadmořské výšky 262,45 m n.m.

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že v celém profilu zastižené zeminy vykazují nízké hodnoty penetračního odporu q_{dyn} , jedná se o jíly s nízkou až se střední plasticitou, do hl. $1,6 \text{ m}$ převážně měkké konzistence, níže tuhé konzistence. Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu odpovídá výše ověřené konzistenci. Do hl. $1,6 \text{ m}$ $E_{\text{def}} = 2,3-2,5 \text{ MPa}$, níže $E_{\text{def}} = 4,2-4,5 \text{ MPa}$. Průměrná hodnota deformačního modulu pro celý interval je $E_{\text{def}} = 3,0 \text{ MPa}$. Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N_{10} je v celém hloubkovém intervalu $R_d = 0,1 \text{ MPa}$.

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme vyšetření únosnosti podloží charakteru jemnozrnných zemin, které jsou nevhodné pro podloží bez úpravy a navrhujeme jeho zlepšení (stabilizace příp. výměnou za přírodní kamenivo) v dostatečné mocnosti.

DP(S11) hl. 0,55-2,1 m – drážní km 4,126, začátek měření od hl. 0,55 m, nadm. výšky 264,16 m n.m.

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že do hl. $1,0 \text{ m}$ je měrný dynamický odpor q_{dyn} nízký a budou se zde vyskytovat jíly měkké konzistence, v int. $1,0-1,7 \text{ m}$ měrný dynamický odpor q_{dyn} mírně narůstá a předpokládáme zde výskyt jílovitých zemin tuhé konzistence, směrem k bázi od hloubky $1,7 \text{ m}$ předpokládáme zastižení vrstvy písku s příměsí jemnozrnné zeminy se šterkem. Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu odpovídá výše ověřené konzistenci. Do hl. $1,0 \text{ m}$ $E_{\text{def}} = 2,3-2,5 \text{ MPa}$, níže $E_{\text{def}} = 4,5-4,8 \text{ MPa}$. Průměrná hodnota deformačního modulu pro interval $0,5-1,0 \text{ m}$ je $E_{\text{def}} = 2,4 \text{ MPa}$, níže do hl. $1,7 \text{ m}$ je $E_{\text{def}} = 5,8 \text{ MPa}$. Pro srovnání uvádíme hodnotu modulu přetvárnosti základové půdy E_{def} , zjištěného zkouškou (SZZ) v hl. $0,55 \text{ m} = 11,3 \text{ MPa}$. Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N_{10} je v hloubkovém intervalu $0,5-1,7 \text{ m}$ $R_d = 0,1 \text{ MPa}$. V int. $1,7-2,1 \text{ m}$ vypočtený deformační modul vykazuje hodnoty $E_{\text{def}} = 41,2-56,6 \text{ MPa}$ (prům. $51,3 \text{ MPa}$).

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme vyšetření únosnosti podloží charakteru jemnozrnných zemin, které jsou nevhodné pro podloží

bez úpravy a navrhujeme jeho zlepšení (stabilizace příp. výměnou za přírodní kamenivo) v dostatečné mocnosti.

DP(S12) hl. 0,5-2,1 m – drážní km 4,345, začátek měření od hl. 0,5 m, nadmořské výšky 266,10 m n.m.

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že do hl. 1,0 m a od hl. 1,6 m jsou hodnoty penetračního odporu q_{dyn} nízké, sonda DP zde zastihla jemnozrnné zeminy charakteru jílu, do hl. 1,0 m měkké konzistence, od hl. 1,6 m tuhé konzistence, v int. 1,0-1,6 m byl naměřen měrný dyn. odpor q_{dyn} zvýšený, v této poloze se mohou vyskytovat písčité zeminy s příměsí valounů štěrku (nivní sedimenty řeky Odry).

Do hl. 1,0 m $E_{def} = 2,5$ MPa (E_{def} , změřený zkouškou (SZZ) v hl. 0,5 m = 16,0 MPa), v int. 1,0-1,6 m $E_{def} = 4,5-13,5$ MPa, průměrná hodnota deformačního modulu pro interval 1,0-1,6 m je $E_{def} = 9,0$ MPa, níže od hl. 1,6 m je $E_{def} = 4,2-4,5$ MPa. Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N_{10} je v celém hloubkovém intervalu $R_d = 0,1$ MPa.

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme vyšetření únosnosti podloží charakteru jemnozrnných zemin, měkké konzistence, které jsou nevhodné pro podloží bez úpravy a navrhujeme jeho zlepšení (stabilizace příp. výměnou za přírodní kamenivo) v dostatečné mocnosti. V hloubce 0,5 m je zjištěný nesoulad mezi hodnotou únosnosti změřenou statickou zatěžovací zkouškou a penetrační zkouškou. Pravděpodobným důvodem rozdílu je v tom, že na bázi konstrukčních vrstev mohly zůstat ve větší hloubce kusy kameniva, které jsou pozůstatkem po zatlačení po podbíjení kolejí. Ze dna sondy byl odebrán vzorek pro zrnitostní analýzu, čímž došlo k relativnímu lokálnímu nakypření zeminy. Penetračním sondováním pak nebyly zachyceny ojedinělé úlomky konstrukční vrstvy železničního spodku, ale pouze jílovité zeminy.

DP(S13) hl. 0,57-2,1 m – drážní km 4,345, začátek měření od hl. 0,57 m, nadm. výšky 266,04 m n.m.

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že v celém intervalu je výskyt jemnozrnných jílovitých zemin, lokálně charakteru písčitého jílu, tuhé až měkké konzistence, shora do hl. 0,7 m se zvýšeným měrným odporem způsobeným např. zatlačeným železničním kamenivem. Měkká konzistence dle hodnot q_{dyn} byla zjištěna v int. 0,7-0,9 m a od hl. 1,9 m. Průměrná hodnota vypočteného deformačního modulu pro interval 0,7-0,9 m je $E_{def} = 2,5-6,8$ MPa, níže v int. 0,9-1,2 je $E_{def} = 4,5-6,8$ MPa, v int. 1,2-1,9 m je $E_{def} = 4,5$ MPa, níže klesá až na hodnotu 2,1 MPa. Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N_{10} $R_d = 0,1$ MPa.

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme vyšetření únosnosti podloží charakteru jemnozrnných zemin, které jsou nevhodné pro podloží bez úpravy a navrhujeme jeho zlepšení (stabilizace příp. výměnou za přírodní kamenivo) v dostatečné mocnosti.

DP(S14) hl. 0,6-2,5 m – drážní km 4,636, začátek měření od hl. nadm. výšky 265,86 m n.m.

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že do hl. 1,6 m je měrný dynamický penetrační odpor q_{dyn} nízký, dynamickým sondováním se zde ověřil výskyt jemnozrnných jílovitých zemin měkké konzistence, v int. 1,6-2,2 m měrný dynamický odpor q_{dyn} pozvolně narůstá, v jemnozrnných jílovitých zeminách se v tomto intervalu zvyšuje podíl písčité frakce, od hl. 2,2 m předpokládáme zastižení stropu fluvialních šterkovitých písků, zvodnělých (hladina podzemní vody byla v kopané sondě ověřena v hl. 1,0 m).

Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu odpovídá výše ověřené konzistenci. Do hl. 1,6 m byla hodnota $E_{def} = 2,3-2,5$ MPa, v int. 1,6-2,2 m vychází $E_{def} = 6,3 - 9,0$ MPa, níže od hl. 2,2 m $E_{def} = 34,7-36,9$ MPa. Průměrná hodnota deformačního modulu do hl. 2,1 m je $E_{def} = 4,3$ MPa (z toho jíly do hl. 1,6 m mají prům. $E_{def} = 2,3$ MPa), do hl. 2,6 m platí prům. $E_{def} = 35,8$ MPa. Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N10 je do hl. 2,1 m $R_d = 0,1$ MPa.

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme vyšetření únosnosti podloží charakteru jemnozrnných zemin, které jsou nevhodné pro podloží bez úpravy a mají měkkou konzistenci. Navrhujeme jeho zlepšení (stabilizace příp. výměnou za přírodní kamenivo) v dostatečné mocnosti. Upozorňujeme, že od hl. 1,0 m lze očekávat přítok podzemní vody do výkopu.

DP(S15) hl. 0,8-2,4 m – drážní km 5,089, začátek měření od hl. 0,8 m, nadmořské výšky 267,64 m n.m.

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že v celém intervalu naměřený měrný dynamický odpor zeminy odpovídá výskytu jemnozrnných zemin, tuhé konzistence. V hloubkovém intervalu 1,5-1,8 m byly ověřeny jílovité sedimenty s konzistencí tuhou až měkkou. Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu je 0,8-1,4 m v rozmezí $E_{def} = 6,8-9,0$ MPa, prům. 8,0 MPa, v int. 1,4-1,8 m v rozmezí 2,4-4,5 MPa, prům. 3,9 MPa, níže do konečné hloubky $E_{def} = 6,3$ MPa. Pro srovnání uvádíme hodnotu modulu přetvárnosti základové půdy E_{def} , změřeného zkouškou SZZ v hl. 0,8 m = 40,9 MPa. Zkouška byla provedena na vrstvě jílu se střední plasticitou, měkké konzistence ($I_c = 0,47$), v hl. 0,84 m byla zastižen proplástek jílu s vysokou plasticitou mocnosti 5 cm. Modul přetvárnosti E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu v hl. 0,8-0,9 m má hodnotu 7,4 MPa. Jedná se pravděpodobně o přípovrchovou přechodovou zónu s lokálním výskytem kameniva z nadložních konstrukčních vrstev, které byly do větší hloubky zatlačeny při podbíjení kolejí. Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N10 je $R_d = 0,1$ MPa.

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme vyšetření únosnosti podloží charakteru jemnozrnných zemin, které jsou nevhodné pro podloží bez úpravy a mají měkkou konzistenci a navrhujeme jeho zlepšení (stabilizace příp. výměnou za přírodní kamenivo) v dostatečné mocnosti (měkká konzistence ověřena laboratorně v mocnosti 30 cm). Vyšší hodnoty modulu přetvárnosti změřené statickou zatěžovací zkouškou mohou být ovlivněny např. podbíjením, penetračním sondováním pak nebyly

zachyceny ojedinělé úlomky konstrukční vrstvy železničního spodku, ale pouze jílovité zeminy - vzorek zemin ze zemní pláně vykazoval stupeň konzistence $I_c = 0,47$ s obsahem štěrkové frakce cca 1 %. Před samotnou výstavbou doporučujeme znovu realizovat zkoušku únosnosti a při návrhu konstrukce pražcového podloží počítat s nižšími hodnotami modulu přetvárnosti E_{def} , které ve vztahu k předpisu S4 SŽ (2021) neodpovídají požadavkům na únosnost na zemní pláni.

II. etapa prací

DP1(S16) hl. 0,0-3,0 m – drážní km 5,200, začátek měření v úrovni terénu

Z výsledků hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že do hl. cca 0,5 m q_{dyn} narůstá. Jedná se o kolejové lože a konstrukční vrstvy zemního tělesa a pražcového podloží charakteru drážního kameniva a štěrkodrti, níže v int. 0,5-1,8 m odpor (q_{dyn}) kolísá a pravděpodobně se zde budou vyskytovat písčito-štěrkovité fluvialní sedimenty řeky Odry, do 1,0 m charakteru štěrkovitého jílu, v int. 1,0-1,8 m s vyšším podílem štěrkovité frakce, v int. 1,8-2,5 m předpokládáme opět výskyt štěrkovitých jílu nebo jílu s příměsí štěrku tuhé konzistence a v hl. 2,5 m bude strop hrubozrnnějších fluvialních štěrků, na bázi od hl. 2,9 m hlinitých.

Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu, má do hl. 1,8 m hodnoty v rozmezí $E_{def} = 9,8-24,8$ MPa (prům. hodnota pro tento interval je 15,9 MPa), pro interval 1,8-2,5 m je vypočtená hodnota $E_{def} = 4,2-6,8$ MPa (prům. 6,3 MPa), níže pro štěrky lze uvažovat o průměrné hodnotě 42,5 MPa. Pro srovnání uvádíme hodnotu modulu přetvárnosti základové půdy E_{def} , změřeného zkouškou LDD1 v kopané sondě S-16 (celková hl. 0,7 m) v hloubce 0,45 m = 29,7 MPa. Sondou DP1(S16) byl pro srovnání odvozen modul přetvárnosti E_{def} v hl. 0,4-0,5 m = 36,8 MPa, v hl. 0,5-0,6 m v hodnotě 17,2 MPa, níže postupně klesá. Jedná se tedy o přechodovou zónu mezi konstrukčními vrstvami a jejich podloží. Z hl. 0,45-0,7 m byl odebrán vzorek zeminy ze zemní pláně, laboratorně zatříslený jako štěrkovitý jíl tř. a symbolu F2 CG. Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N_{10} je do hl. 1,8 m $R_d = 0,25$ MPa.

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme znovu vyšetření únosnosti podloží charakteru štěrkovitých jílu, které jsou podmíněčně vhodné pro podloží bez úpravy a ověření jaké zeminy se budou v přímém podloží vyskytovat ve větší vzdálenosti od průzkumné sondy (přechod podmíněčně vhodných zemin do nevhodných v sousedních úsecích) a v případě zjištění nedostatečné únosnosti navrhujeme jeho zlepšení nebo výměnu za vhodnější materiál. Rázovou zkouškou mohla být ověřena přechodová oblast s výskytem úlomků štěrkodrti nebo větších valounů štěrku z fluvialních štěrkovitých jílu v podloží.

DP2(S19) hl. 0,0-3,0 m – drážní km 6,200, začátek měření v úrovni terénu

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že konstrukční vrstvy zemního tělesa byly ověřeny do hl. cca 0,7 m, níže q_{dyn} prudce klesá a předpokládáme, že se

v zemní pláni budou vyskytovat jemnozrnné jílovité zeminy až do hl. cca 2,6 m, v int. 0,9-1,8 m měkké konzistence, níže v hloubkovém intervalu 1,8-2,6 m tuhé konzistence. Od hloubky 2,6 m byly ověřeny písčité a štěrkovité zeminy s příměsí jemnozrnné frakce.

Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu, má v int. 0,7- 0,9 m hodnotu $E_{\text{def}} = 4,9 \text{ MPa}$, pro jíly měkké konzistence v int. 0,9-1,8 m byla vypočtená hodnota $E_{\text{def}} = 2,3 \text{ MPa}$, níže v int. 1,8-2,6 m je vypočtená hodnota $E_{\text{def}} = 4,7 \text{ MPa}$, pro zeminy od hl. 2,6 m je prům. $E_{\text{def}} = 14,3 \text{ MPa}$. Pro srovnání uvádíme hodnotu modulu přetvárnosti základové půdy E_{def} , změřeného zkouškou LDD4 v kopané sondě S-19 v hloubce 0,6 m = 19,3 MPa. Vzorek zeminy odebraný ze sondy S-19 z hl. 0,6-1,0 m byl laboratorně zatřížen jako jíl s nízkou plasticitou měkké konzistence. V sondě DP 2 byl v hl. 0,6-0,7 m vypočten $E_{\text{def}} = 17,2 \text{ MPa}$ (přechodová zóna), v int. 0,7-0,8 m se již snižuje na hodnotu $E_{\text{def}} = 5,0 \text{ MPa}$. Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N10 je do hl. 2,6 m $R_d = 0,1 \text{ MPa}$

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme vyšetření únosnosti podloží charakteru jemnozrnných zemin, které jsou nevhodné pro podloží bez úpravy a mají měkkou konzistenci od hl. 0,9 m a navrhujeme jeho zlepšení (stabilizace příp. výměnou za přírodní kamenivo) v dostatečné mocnosti. Sondou LDD bylo ověřeno rozhraní mezi konstrukčními vrstvami a jejich podloží, zeminy zemní pláň ve smyslu předpisu S4 SŽ požadavku na únosnost zemní pláň nevyhoví. Upozorňujeme, že v železničním km 6,2, ve kterém byla provedena sonda S-19 (DP2) se železniční trať výrazně přibližuje k meandru řeky Odry. Lze očekávat, že hladina podzemní vody bude v úrovni 2,8 m.

DP5(S22) hl. 0,0-3,0 m – drážní km 7,250, začátek měření v úrovni terénu

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že konstrukční vrstvy zemního tělesa byly ověřeny pravděpodobně do hl. cca 0,5 m, v int. 0,5-1,6 m byly ověřeny deluviální sedimenty charakteru kamenito-hlinitých sedimentů, které se nacházejí při úpatí kopce Pohoř – charakteru štěrkovitých jílu, v int. 1,9-2,9 m se budou vyskytovat jemnozrnné jílovité zeminy měkké až tuhé konzistence, na bázi od hl. 2,9 m se budou vyskytovat štěrky hlinité.

Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu, má v int. 0,5-1,6 m hodnoty v rozmezí $E_{\text{def}} = 7,4-18,0 \text{ MPa}$ (prům. hodnota pro tento interval je 11,9 MPa), níže v int. 1,6-2,0 m $E_{\text{def}} = 2,1-8,3 \text{ MPa}$ (prům. 5,5 MPa), v int. 2,0-2,2 m $E_{\text{def}} = 2,1 \text{ MPa}$, v int. 2,2-2,9 m $E_{\text{def}} = 4,2 \text{ MPa}$ a od hl. 2,9 m $E_{\text{def}} = 35,2 \text{ MPa}$.

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme vyšetření únosnosti podloží. Podloží konstrukčních vrstev předpokládáme v hl. 0,5 m, na bázi bylo ověřena hodnota modulu přetvárnosti $E_{\text{def}} = 7,4 \text{ MPa}$, což odpovídá jemnozrnným

zeminám tř. F6 s konzistencí tuhou. Doporučujeme provést sanaci podloží, případnou výměnu za vhodnější materiál.

DP3(S23) hl. 0,0-3,0 m – drážní km 7,350, začátek měření v úrovni terénu

Z výsledků měření vyplývá, že mocnost konstrukční vrstvy bude dosahovat do hloubky 0,4 m. V hloubkovém intervalu 0,4-2,1 m se budou vyskytovat deluviální sedimenty, charakteru hlinito-kamenitých sutí ($E_{\text{def}} = 26-87,4$ MPa, prům $E_{\text{def}} = 48,1$ MPa). Od hloubky 2,1 m až k bázi sondy byly pravděpodobně ověřeny písčité eluvia podložních skalních hornin ($E_{\text{def}} = 16,38-26,0$ MPa, prům. 19,3 MPa).

Při interpretaci výsledků penetrační zkoušky byly využity výsledky geofyzikálního měření (Bartášková L., 2021). Penetrační sonda byla situována do geologického rozhraní, ve kterém vyklíňují kvartérní fluviální sedimenty, do prostoru budovaném eluvii skalního podloží. Povrch terénu pod pražcovým podložím budou tvořit deluviální sedimenty. Jedná se o hlinito-kamenité zeminy. Úlomky budou tvořeny drobou, příměs bude charakteru jílovito-písčité, až písčito-jílovité. Obsah úlomků a jejich velikost se může výrazně plošně měnit. V podloží předpokládáme výskyt eluvii, avšak není vyloučeno, že se již může jednat o okraj fluviální terasy, tvořené jemnozrnnými sedimenty s písčitou příměsí.

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme kontrolu povrchu terénu a provést kontrolní měření únosnosti

DP4 (S23-A) hl. 0,0-3,0 m – drážní km 7,400, začátek měření v úrovni terénu

Z výsledků měření vyplývá, že v celém intervalu dosahuje měrný dynamický odpor q_{dyn} vyšších hodnot, do hl. cca 0,4 m se jedná o konstrukční vrstvy (drážní drcené kamenivo a šterkodrtě), níže se pravděpodobně bude jednat o zvětralé horniny skalního podkladu – eluvia charakteru písčito-šterkovitých zemin. V řešeném prostoru byl provedeno geofyzikální měření. Z výsledků vyplývá, že předpokládána hloubka skalního podloží se nachází od cca 7 m (Bartášková L., 2021).

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme kontrolu povrchu terénu a provést kontrolní měření únosnosti.

DP6 (S29) hl. 0,0-3,0 m – drážní km 8,665, začátek měření v úrovni terénu

Z výsledků měření vyplývá, že do hl. 0,5 m sonda ověřila materiál konstrukčních vrstev, níže v int. 0,5-2,0 m je naměřený měrný odpor je charakteristický pro výskyt jílu fluviálních, převážně tuhé konzistence, v int. 1,0-1,2 a 1,6-2,0 m až měkké konzistence. V hloubkovém intervalu 2,0-2,4 m byla zastižena poloha hrubozrnných fluviálních šterků. Směrem do podloží (do hloubky 3,0 m), předpokládáme ověření silně zvětralého povrchu skalních hornin.

Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu, dosahuje v int. 0,5-1,0 m hodnoty $E_{\text{def}} = 4,9$ MPa (na bázi v hl. 0,9-1,0 m $E_{\text{def}} = 4,5$ MPa), níže v int.

1,0-1,2 m pro jíly měkké konzistence byl vypočten modul $E_{\text{def}} = 2,3 \text{ MPa}$, v int. 1,2-1,4 m a 1,5-1,6 m $E_{\text{def}} = 4,5 \text{ MPa}$, v 1,4-1,5 m a 1,6-2,0 m byla vypočtená hodnota $E_{\text{def}} = 2,3 \text{ MPa}$ (měkká konzistence). Pro srovnání uvádíme hodnotu modulu přetvárnosti základové půdy E_{def} , změřeného zkouškou LDD8 v kopané sondě S-29 v hloubce 0,45 m = 13,0 MPa na vrstvě jílu s nízkou plasticitou tuhé konzistence tř. a symbolu F6 CL (vzorek laboratorně stanoven z int. 0,6-1,0 m). Únosnost základové půdy odvozená z naměřené hodnoty N10 je do hl. 2,0 m $R_d = 0,1 \text{ MPa}$. V poloze hrubozrnných štěrků (int. 2,0-3,0 m) byl vypočtený prům. modul přetvárnosti $E_{\text{def}} = 61,2 \text{ MPa}$.

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme vyšetření únosnosti podloží charakteru jemnozrnných zemin, které jsou nevhodné pro podloží bez úpravy a navrhujeme jeho zlepšení (stabilizace příp. výměnou za přírodní kamenivo) v dostatečné mocnosti, jelikož ve smyslu předpisu S4 SŽ představují zeminy zastižené v zemní pláni neúnosné podloží.

DP7 (S32) hl. 0,0-3,0 m – drážní km 9,200, začátek měření v úrovni terénu

Z výsledků měření vyplývá, že materiál konstrukčních vrstev byl ověřen do hl. cca 0,5 m, v int. 0,6-0,7 m je přechodová oblast mezi konstrukčními vrstvami a jejich podložím, níže měrný dynamický odpor q_{dyn} dosahoval v int. 0,7-1,3 m nízkých hodnot a budou se zde vyskytovat fluviální sedimenty charakteru jílu tuhé konzistence. V hloubkovém intervalu 1,3-3,0 m se budou nacházet štěrkovité zeminy, lokálně s balvanitou příměsí (hloubkový interval 2,0-2,1m). Modul přetvárnosti pro štěrkovité zeminy (prům. $E_{\text{def}} = 27,2 \text{ MPa}$).

Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , dosahuje v int. 0,7-1,3 m hodnoty v rozmezí $E_{\text{def}} = 4,9-4,5 \text{ MPa}$ (směrem k bázi klesá). Pro srovnání uvádíme hodnotu modulu přetvárnosti základové půdy E_{def} , změřeného zkouškou LDD10 v kopané sondě S-32 v hloubce 0,45 m = 17,0 MPa na vrstvě jílu s nízkou plasticitou tuhé konzistence tř. a symbolu F6 CL (vzorek laboratorně stanoven z int. 0,6-1,0 m). V sondě DP7 byl v hl. 0,4-0,5 m vypočten $E_{\text{def}} = 24,6 \text{ MPa}$ (přechodová zóna), v hl. 0,5-0,6 m vypočten $E_{\text{def}} = 12,2 \text{ MPa}$ v int. 0,7-0,8 m se již snižuje na hodnotu $E_{\text{def}} = 5,0 \text{ MPa}$.

Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N10 je do hl. 1,3 m $R_d = 0,1 \text{ MPa}$.

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme vyšetření únosnosti podloží charakteru jemnozrnných zemin, které jsou nevhodné pro podloží bez úpravy a navrhujeme jeho zlepšení (stabilizace příp. výměnou za přírodní kamenivo) v dostatečné mocnosti.

DP8 (S33) hl. 0,0-3,0 m – drážní km 9,450, začátek měření v úrovni terénu

Z výsledků měření vyplývá, že materiál konstrukčních vrstev byly ověřeny do hl. 0,6 m. V int. 0,6-1,6 m byly změřeny nízké hodnoty q_{dyn} a budou se zde pravděpodobně vyskytovat jemnozrnné jílovité zeminy tuhé konzistence. Níže od hl. 1,6 m hodnota měrného dynamického odporu mírně narůstá a v intervalu 1,6-3,0 m se dají očekávat nivní sedimenty charakteru písků s příměsí šterku.

Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu, dosahuje v int. 0,6-1,6 m hodnoty v rozmezí $E_{def} = 4,5-7,4$ MPa (prům. hodnota pro tento interval je 5,1 MPa), od hl. 1,6 m byly hodnoty v rozmezí $E_{def} = 6,3-11,3$ MPa, vypočtená průměrná hodnota $E_{def} = 9,0$ MPa. Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N10 je v celém intervalu $R_d = 0,1$ MPa.

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme vyšetření únosnosti podloží charakteru jemnozrnných zemin, které jsou nevhodné pro podloží bez úpravy a navrhujeme jeho zlepšení (stabilizace příp. výměnou za přírodní kamenivo) v dostatečné mocnosti.

DP9 (S36) hl. 0,0-3,0 m – drážní km 9,700, začátek měření v úrovni terénu

Z výsledků naměřených hodnot penetračního odporu lze konstatovat, že materiál konstrukčních vrstev zemního tělesa charakteru šterkodrtí byl ověřen do hl. cca 0,5 m, v int. 0,5-1,4 m zastižené zeminy vykazovaly nízké hodnoty q_{dyn} a pravděpodobně se bude jednat o fluvialní jílly tuhé konzistence, shora 10 cm se zeminami přechodové oblasti GT2

Podloží, v hloubkovém intervalu 1,4-3,0 m budou tvořit šterkovité zeminy, lokálně s příměsí jílovitých proplátek (hl. 2,0-2,1 m).

Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu, dosahuje v int. 0,6-1,4 m hodnoty v rozmezí $E_{def} = 2,3-7,4$ MPa (prům. hodnota pro tento interval je 4,4 MPa)-tuhá, místy měkká konzistence (v int. 0,9-1,0 m; 1,2-1,3 m). Pro srovnání uvádíme hodnotu modulu přetvárnosti základové půdy E_{def} , změřeného zkouškou LDD11 v kopané sondě S-36 v hloubce 0,40 m = 23,6 MPa na vrstvě jílu s nízkou plasticitou tuhé konzistence tř. a symbolu F6 CL (vzorek laboratorně stanoven z int. 0,6-1,0 m). V sondě DP9 byl v hl. 0,4-0,5 m vypočten $E_{def} = 17,2$ MPa (přechodová zóna), v hl. 0,5-0,6 m vypočten $E_{def} = 9,8$ MPa a níže se již snižuje se již snižuje na hodnotu $E_{def} = 7,4$ MPa.

Únosnost základové půdy odvozenou od naměřené hodnoty N10 je v tomto intervalu $R_d = 0,1$ MPa. Modul přetvárnosti pro šterkovité zeminy ($E_{def} = 19,9-53,0$ MPa, prům. 33 MPa).

Doporučení: Po odtěžení konstrukčních vrstev stávajícího železničního spodku, doporučujeme vyšetření únosnosti podloží charakteru jemnozrnných zemin, které jsou nevhodné pro podloží

bez úpravy a navrhujeme jeho zlepšení (stabilizace příp. výměnou za přírodní kamenivo) v dostatečné mocnosti. Zkouškou LDD11 došlo k ověření přechodové zóny mezi konstrukčními vrstvami a podložími jíly, mohlo dojít k ovlivnění únosnosti lokálním výskytem štěrkočrtí zatlačených do podloží jíly podbíjením kolejí a zeminy zemní pláně považujeme ve smyslu naplnění požadavku předpisu S4 SŽ na únosnost zemin v pláni za nevyhovující.

4.4 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Zájmový úsek trati se nachází v údolní nivě řeky Odry, kde jsou zastoupeny kvartérní fluviální, převážně písčitohlinité nivní sedimenty, směrem k bázi se zvyšujícím se podílem štěrkové frakce. Fluviální štěrkovité zeminy jsou významným průlinovým kolektorem v zájmovém území. Vyskytují se ve větší části zájmového území (zejména v úseku Suchdol n.O.-Mankovice) s výjimkou drážního km cca 7,0-9,0 (úsek Mankovice-Odry), kde podloží budou tvořit horniny skalního podkladu.

Strop kolektoru podzemní vody – fluviálních štěrků, se podle výsledků měření měrného dynamického odporu zemin v sondách DP nachází v prům. hl. 2,0 m pod povrchem. V nadloží fluviálních štěrků (resp. v zemní pláni) byly zastiženy převážně jemnozrnné zeminy charakteru jíly s nízkou až se střední plasticitou (GT3B), které mají z hydrogeologického hlediska funkci izolátoru. Koeficient filtrace byl stanoven řádově n. 10^{-9} - 10^{-8} m/s a podle klasifikace propustnosti dle J. Jetela charakterizuje nepatrně až velmi slabě propustné prostředí. Makroskopicky byly popsány většinou jako vlhké. Průměrná hodnota vlhkosti zemin GT3B ověřena laboratorně byla $w_n = 24,66\%$. Zeminy GT3B vykazují vysoký stupeň nasycení S_r , v případě bylo možné jej stanovit.

Hladina podzemní vody byla zastižena pouze v kopané sondě S-14 v hl. 1,0 m p.t. (265,46 m n.m.) a to v poloze fluviálního štěrkovitého jílu s odhadovaným obsahem štěrkové frakce cca 5 %, tuhé konzistence.

První etapa prací proběhla v jarním období (sondy S-1 až S-15), druhá etapa prací (sondy S-16 až S-38) proběhla až v letním období s vysokými teplotami a suchem.

Rovněž i navážkové zeminy charakteru štěrku (škvára s cihelnou drtí) byly makroskopicky popsány jako vlhké. Vyskytují se pod polohou konstrukčních vrstev v drážním km 1,85-2,35 a 5,5-5,9. Podle laboratorně stanoveného koeficientu řádově E-6 až E-5 m/s řadíme mezi zeminy dosti slabě až mírně propustné, vzorky vykazovaly vlhkost $w_n = 20,4-220,5$, avšak vzorek škváry odebraný ze sondy S-17 vykazoval vysokou vlhkost $w_n = 47,5\%$.

Dalším typem zemin zastižený v podloží konstrukčních vrstev jsou štěrkovité jíly tř. a symbolu F2 CG (fluviální GT3A nebo z přechodové oblasti GT2). Podle stanoveného koeficientu filtrace (řádově E-9 m/s) se jedná o nepatrně propustné zeminy, analyzované vzorky vykazovaly vlhkost 14,1-19,9 %.

V drážním km 7,05-8,55 se v podloží konstrukčních vrstev budou nacházet horniny skalního podkladu různého stupně zvětrání, vyznačující se puklinovým zvodněním. Oblast se nachází

při úpatí kopce Pohoř a hydrogeologické poměry jsou pro tuto oblast zpracovány v samostatné příloze č.11.

Upozorňujeme, že jižně, jihozápadně a západně od trati se nachází **záplavová území řeky Odry - v drážním km cca 2,5-3,0; 4,2-5,7; 6,3-9,0 a 9,9-10,0** (viz obr. 1). V příloze č. 2A jsou orientačně zakresleny hranice záplavového území Q100.

4.5 SOUHRNNÁ CHARAKTERISTIKA DÍLČÍCH ÚSEKŮ TRASY

Při zpracování inženýrsko-geologické mapy, odkryté na úroveň podloží konstrukčních vrstev železničního spodku (příl.č.2A), byl řešený úsek železniční trati Suchdol n.O.- Budišov n.B. (Odry) v drážním km 0,487-10,014 rozdělen podle geotechnických typů zastižených zemín na několik dílčích úseků. Tato kapitola shrnuje základní poznatky o geologickém prostředí v těchto úsecích, konkrétní fyz.-mech. vlastnosti zastižených zemín i návrhové včetně jejich využití, laboratorní výsledky a výsledky polních zkoušek jsou uvedeny v předchozích kapitolách (4.1.-4.3). Úsek drážní km 0,487- 1,403 nebyl dle objednávky předmětem podrobného průzkumu.

Drážní km 1,4-1,45 – přechodová oblast – štěrkovitý jíl tř. a symbolu F2 GC (GT2)

Realizovaná průzkumná díla : S-1, S-2, DP(S-1), DP(S2)

po odtěžení kolejového lože a konstrukčních vrstev GT1A mocnosti 0,7-1,0 m se v okolí sond S-1 a S-2 (most přes Suchý potok) budou vyskytovat jemnozrnné zeminy charakteru štěrkovitého jílu GT2, jedná se přechodovou oblast mezi konstrukčními vrstvami a podložími jemnozrnnými zeminami charakteru písčito-hlinitých sedimentů a jílu, jejichž strop může být ovlivněn podbíjením a obsahují ostrohranné úlomky štěrkodrti z nadložních vrstev (vzorek ze sondy S1 obsahoval 20 % štěrkovité frakce). Předpokládaná mocnost GT2 činí 0,3-0,5 m. V jejich podloží se budou vyskytovat soudržných jemnozrnných zemín charakteru jílu, směrem do podloží s přibývajícím podílem písčité frakce. Upozorňujeme na nízké hodnoty stupně konzistence a únosnost v přímém podloží stávajícího násypu železničního spodku – měkká konzistence byla ověřena v int. 1,2-1,9 m tedy pod vrstvou zemín s úlomky štěrkodrti GT2 tuhé konzistence. Do konečné hl. 2-3 m sondy DP nezastihly povrch fluvialních štěrků, tedy předpokládaná mocnost jemnozrnných jílovitých a hlinito-písčitých zemín je až cca 2,5 m. Zeminy v podloží železničního spodku byly vlhké.

Modul přetvárnosti je pro přechodovou oblast pod konstrukčními vrstvami $E_{\text{def}} = 4,5-6,8$ MPa, pro jíly zemní pláň měkké konzistence $E_{\text{def}} = 2,1-2,3$ MPa, tuhé konzistence $E_{\text{def}} = 4,2-4,5$ MPa, což nevyhovuje požadavkům předpisu S4 SŽ (2021) na min. únosnost $E_{\text{min,ZP}} = 15$ MPa.

Jílovité zeminy tř. F6 jsou jako podloží nevhodné, naopak zeminy tř. F2 jsou podmíněčně vhodné k přímému použití bez úpravy. Z hlediska namrzavosti patří mezi nebezpečně namrzavé. Doporučujeme vyšetření únosnosti podloží a navrhujeme jeho zlepšení stabilizací

nebo výměnou nevhodných měkkých vrstev v dostatečné mocnosti a náhradou za přírodní kamenivo.

Drážní km 1,45-2,25 – eolické jíly tř. a symbolu F6 CI,CL (GT3B)

Realizovaná průzkumná díla : S-3, DP(S-3)

po odtěžení konstrukčních vrstev GT1A mocnosti až 1,5 m se v okolí sondy S-3 (přejezd P6496) budou vyskytovat jemnozrnné zeminy charakteru jílu s nízkou až střední plasticitou – sprašové hlíny. Předpokládaná mocnost GT3B činí v přímém podloží 0,3 m (měkké konzistence), níže předpokládáme výskyt polohy nebo čočky písku s příměsí štěrku (cca 0,3 m) a až do 2,9 m opět jemnozrnné zeminy jílovité až jílovitopísčité, tuhé konzistence (ověřená mocnost cca 0,8 m). Upozorňujeme na nízké hodnoty stupně konzistence a únosnost v přímém podloží stávajícího násypu železničního spodku – měkká konzistence bude v int. 1,5-1,8 m. Zeminy v podloží budou vlhké, o čemž svědčí jejich konzistence.

Modul přetvárnosti odhadovaný z DP je pro oblast pod konstrukčními vrstvami 2,0 MPa (což nevyhovuje požadavkům předpisu S4 SŽ (2021) na min. únosnost $E_{min,ZP} = 15$ MPa.

V int. 1,8-2,1 m $E_{def} = 15,5$ MPa, pro zeminy od hl. 2,1 m prům. cca 7,8 MPa.

Zeminy tř. F6 jsou jako podloží nevhodné k přímému použití bez úpravy. Z hlediska namrzavosti patří mezi nebezpečně až vysoce namrzavé. Doporučujeme vyšetření únosnosti podloží a navrhuje jeho zlepšení stabilizací nebo výměnou nevhodných měkkých vrstev v celé mocnosti 0,3 m a náhradou za přírodní kamenivo.

Obsahy látek v sušině vzorku materiálu konstrukční vrstvy v úrovni 0,4 - 0,6 m sondy S-3 překračují nejvýše přípustné hodnoty organických škodlivin PAU, benzo(a)pyren podle tabulky č. 5. 1 přílohy č. 5 vyhlášky č. 273/2021 Sb., vyhovují však požadavkům tabulky č. 10. 1 přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb.

Dle přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. a dle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 273/2001 Sb. splňuje testovaný vzorek materiálu požadavky na výsledky ekotoxikologických testů.

Drážní km 2,25-2,35 – antropogenní navážky tř. a symbolu G3 YG-F (GT1B)

Realizovaná průzkumná díla : S-5, S-6, DP(S-5), DP(S-6)

po odtěžení kolejového lože a konstrukčních vrstev GT1A mocnosti 0,30-0,35 m se v okolí sond S-5 a S-6 (most) budou vyskytovat antropogenní navážky – černá škvára, struska, haldovina s úlomky cihel, v sondě S-6 shora do hl. 0,8 m s úlomky štěrkodrtě, charakteru štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy, níže do hl. 1,5 m charakteru písku s lokálními výskyty kamenů. Předpokládaná mocnost GT1B činí 1,7-1,8 m, navážky dosahují do hl. 2,0-2,1 m, kde přecházejí do polohy fluvialních přírodních štěrků ověřené mocnosti 0,4 – 0,5 m (báze sond DP). Štěrky na sebe vážou hladinu podzemní vody, navážkové zeminy (škvára) byly vlhké, na bázi až zvodněné.

Modul přetvárnosti vypočtený z DP (z q_{qyn}) je pro polohu štěrků cca 51,6-54,8 MPa. Antropogenní navážky jsou pro svou heterogenitu, objemovou nestálost a proměnlivou únosnost jako podloží zcela nevhodné. Doporučujeme je v celé mocnosti odstranit a vyměnit za přírodní kamenivo. Před zahájením výstavby doporučujeme provést doplňující průzkum

pro ověření jejich plošného rozsahu a případně doplnění informací o hloubkovém rozsahu nevhodných zemín.

Některé parametry v sušině vzorku ze sondy S-5 (int. 0,4-0,6 m) materiálu škvárového podloží konstrukčních vrstev překračují nejvýše přípustné hodnoty organických a anorganických škodlivin benzo(a)pyren, PAU, uhlovodíky C₁₀ až C₄₀, As podle tabulky č. 5. 1 přílohy č. 5 vyhlášky č. 273/2021 Sb., požadavkům tabulky č. 10. 1 přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. nevyhovují obsahy As a PAU. Dle přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. a dle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 273/2001 Sb. splňuje testovaný vzorek materiálu požadavky na výsledky ekotoxikologických testů.

Drážní km 2,35-5,15 – eolické jíly tř. a symbolu F6 CI,CL (GT3B)

Realizovaná průzkumná díla : S-7, S-10, S-11, S-12, S-13, S-14, S-15

DP(S-7), DP(S-10), DP(S-11), DP(S-12), DP(S-13), DP(S-14), DP(S-15)

po odtěžení kolejového lože a konstrukčních vrstev GT1A mocnosti 0,4 m (S10) – 0,8 m (S15) se v tomto úseku budou vyskytovat jemnozrnné zeminy charakteru jílu s nízkou až střední plasticitou GT3B, eolického původu s přechodem do fluvialních jílu. Podle výsledků měření stupně konzistence v odebraných vzorcích z přímého podloží konstrukčních vrstev se jedná o tuhou (S7) až měkkou konzistenci (S14 a S15), nicméně stupeň konzistence se blíží k hraničním hodnotám měkké konzistence (S10-S13), proto pro návrh konstrukce pražcového podloží doporučujeme počítat s měkkou konzistencí v přímém podloží železničního spodku. Průběh měrného dynamického odporu v sondách DP s výsledky kopaných sond korespondují – na začátku hodnoceného úseku (okolí sondy S7) jsou jíly v přímém podloží konstrukčních vrstev do cca 1,5 m tuhé, v ostatních částech úseku jsou jíly v přímém podloží měkké konzistence a to v rozmezí do hl. 0,8 m - DP(S13) až 1,6 m – DP(S10). Modul přetvárnosti je pro polohu měkkých jílu většinou cca $E_{def} = 2,3-2,5$ MPa, pro polohu tuhých jílu cca $E_{def} = 4,2-4,8$ MPa (což nevyhovuje požadavkům předpisu S4 SŽ (2021) na min. únosnost $E_{min,ZP} = 15$ MPa). Modul přetvárnosti změřený zkouškou SZZ v kopaných sondách v hl. 0,5 - 0,55 m $E_{def,2} = 11,3-16,6$ MPa, v sondě S-15 v hl. 0,8 m $E_{def,2} = 40,9$ MPa.

Mocnost jemnozrnných jílu je proměnlivá, od cca 1,0 m lokálně přibývá písčité a štěrkovitá frakce (např. S-14 je od hl. 1,0 m ověřen štěrkovitý jíl). Povrch fluvialních zvodněných štěrků byl zastižen pouze v sondách dynamické penetrace DP(S11) v hl. 1,7 m a DP(S14) v hl. 2,2 m. Modul přetvárnosti odhadovaný z DP (z q_{qyn}) je pro tuto polohu cca 35,8-51,3 MPa.

Zeminy v podloží železničního spodku byly velmi vlhké s konzistencí měkkou. V sondě S-14 byla v hl. 1,0 m naražena hladina podzemní vody a to v poloze štěrkovitého jílu.

Upozorňujeme na nízké hodnoty stupně konzistence a únosnost v přímém podloží stávajícího násypu železničního spodku a nutnost správného odvodnění železničního tělesa.

Zeminy tř. F6 jsou jako podloží nevhodné k přímému použití bez úpravy. Z hlediska namrzavosti patří mezi nebezpečně až vysoce namrzavé. Doporučujeme vyšetření únosnosti podloží a navrhujeme jeho zlepšení stabilizací nebo výměnou nevhodných měkkých vrstev v dostatečné mocnosti a náhradou za přírodní kamenivo.

Obsahy látek v sušině vzorku materiálu konstrukční vrstvy v úrovni 0,2 - 0,4 m sondy S-12 (most s dřevěnými pražci v kolejovém svršku, drážní km 4,345) překračují nejvýše přípustné

hodnoty organických a anorganických škodlivin PAU, benzo(a)pyren, As podle tabulky č. 5. 1 přílohy č. 5 vyhlášky č. 273/2021 Sb., požadavků tabulky č. 10. 1 přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. nevyhovují obsahy As a PAU.

Obsahy látek v sušině vzorku materiálu konstrukční vrstvy v úrovni 0,2 - 0,4 m sondy S-15 (přejezd P6699) překračují nejvýše přípustné hodnoty organických a anorganických škodlivin uhlovodíky C₁₀ až C₄₀, PAU, benzo(a)pyren, As podle tabulky č. 5. 1 přílohy č. 5 vyhlášky č. 273/2021 Sb., požadavků tabulky č. 10. 1 přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. nevyhovují obsahy As a uhlovodíků C₁₀ až C₄₀.

Dle přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. a dle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 273/2001 Sb. splňují testované vzorky ze sond S-12 a S-15 požadavky na výsledky ekotoxikologických testů.

Drážní km 5,15-5,70 – fluviální štěrkovitý jíl tř. a symbolu F2 GC (GT3B)

Realizovaná průzkumná díla : S-16, DP1(S16)

po odtěžení konstrukčních vrstev GT1A mocnosti 0,45 m se v okolí sondy S-16 budou vyskytovat jemnozrnné zeminy charakteru štěrkovitého jílu GT3A, pevné konzistence. Ověřená mocnost v kopané sondě byla 0,25 cm, v sondě dynamické penetrace byly fluviální štěrkovito-jílovité a štěrkovito-písčité sedimenty zastiženy až do hl 2,5 m, předpokládáme strop fluviálních hrubozrnnější štěrků. Zeminy v podloží železničního spodku byly vlhké, doporučujeme řádné odvodnění.

Modul přetvárnosti odhadovaný z DP je pro zeminy do hl. cca 1,8 m prům. 15,9 MPa, v int. 1,8-2,4 m prům. hodnota $E_{def} = 6,3$ MPa. níže pro polohu štěrků prům. cca 42,5 MPa. Rázovou zkouškou LDD na povrchu štěrkovitých jílu byl změřen modul přetvárnosti $M_{vd}=29,7$ MPa, což vyhovuje požadavkům předpisu S4 na min. únosnost $E_{min,ZP} = 15$ MPa. Výsledek zkoušky mohl být ovlivněn přítomností valounů fluviálních štěrkovitých jílu v podloží konstrukčních vrstev. Zeminy tř. F2 jsou jako podloží podmíněčně vhodné k přímému použití bez úpravy. Z hlediska namrzavosti patří mezi nebezpečně namrzavé. Doporučujeme vyšetření únosnosti podloží a ověření jaké zeminy se budou v přímém podloží vyskytovat ve větší vzdálenosti od průzkumné sondy (přechod podmíněčně vhodných zemin do nevhodných v sousedních úsecích) a v případě zjištění nedostatečné únosnosti navrhujeme jeho zlepšení nebo výměnu za vhodnější materiál.

Drážní km 5,70-5,80 – antropogenní navážky tř. a symbolu G3 YG-F (GT1B)

Realizovaná průzkumná díla : S-17

po odtěžení konstrukčních vrstev GT1A mocnosti 0,45 m se v okolí sondy S-17 (propustek) budou vyskytovat antropogenní navážky – černá škvára, s úlomky kamení, charakteru šterku s příměsí jemnozrnné zeminy. Ověřená mocnost navážek GT1B činí 0,7 m, na bázi byl zastižen strop písčitých jílu.

Modul přetvárnosti odhadovaný pro polohu písčitých jílu vychází ze směrných hodnot ČSN 731001 $E_{def} = 2,5-4,0$ MPa (platí pro měkkou konzistenci), což by nevyhovovalo požadavkům na únosnost předpisu S4 SŽ (2021) na min. únosnost $E_{min,ZP} = 15$ MPa.

Navážky GT1B podloží byly vlhké.

Antropogenní navážky jsou pro svou heterogenitu, objemovou nestálost a proměnlivou únosnost jako podloží zcela nevhodné. Doporučujeme je v celé mocnosti odstranit, ověřit únosnost zemin v jejich podloží a vyměnit vrstvu navážek GT1B za přírodní kamenivo.

Drážní km 5,80-7,05 – fluviální jíly tř. a symbolu F6 CI,CL (GT3B)

Realizovaná průzkumná díla : S-18, S-19, S-20, S-21, DP2(S19)

po odtěžení konstrukčních vrstev GT1A mocnosti 0,5 m (S21) – 0,6 m (S18,S19) se v tomto úseku budou vyskytovat fluviální jemnozrnné zeminy charakteru jílu s nízkou plasticitou GT3B. Podle výsledků měření stupně konzistence v odebraných vzorcích z přímého podloží konstrukčních vrstev se jedná převážně o tuhou konzistenci, v okolí sondy S-19 o měkkou konzistenci. Průběh měrného dynamického odporu v sondě DP2 ukazuje na výskyt jílu měkké konzistence až do hl. 1,8 m, níže do hl. 2,6 m tuhé konzistence. Od hloubky 2,6 m byly ověřeny písčité a šterkovité zeminy s příměsí jemnozrnné frakce. Pro návrh skladby pražcového podloží bychom doporučovali počítat s měkkou konzistencí jílu v přímém podloží. Modul přetvárnosti základové půdy E_{def} , vypočtený z hodnot penetračního odporu, má v int. 0,7- 0,9 m hodnotu $E_{def} = 4,9$ MPa, pro jíly měkké konzistence v int. 0,9-1,8 m byla vypočtená hodnota $E_{def} = 2,3$ MPa, níže v int. 1,8-2,6 m je vypočtená hodnota $E_{def} = 4,7$ MPa, pro zeminy od hl. 2,6 m je prům. $E_{def} = 14,3$ MPa. (což nevyhovuje požadavkům předpisu S4 SŽ (2021) na min. únosnost $E_{min,ZP} = 15$ MPa.

Modul přetvárnosti změřený zkouškou LDD v kopaných sondách na povrchu jílu GT3B v hl. 0,5 - 0,6 m $M_{vd} = 19,3-32,1$ MPa.

Mocnost jemnozrnných jílu z výsledků měření měrného dynamického odporu q_{dyn} je tedy cca 2 m, od hl. 2,6 m předpokládáme výskyt písčitých a šterkovitých zemin (E_{def} prům. cca 14,3 MPa).

Zeminy tř. F6 jsou jako podloží nevhodné k přímému použití bez úpravy. Z hlediska namrzavosti patří mezi nebezpečně až vysoce namrzavé. Doporučujeme vyšetření únosnosti podloží a navrhujeme jeho zlepšení stabilizací nebo výměnou nevhodných měkkých vrstev v dostatečné mocnosti a náhradou za přírodní kamenivo. Upozorňujeme, že v železničním km 6,2, ve kterém byla provedena sonda S-19 (DP2) se železniční trať výrazně přibližuje k meandru řeky Odry. Lze očekávat, že hladina podzemní vody bude v úrovni 2,8 m.

Drážní km 7,05-8,55 – zvětralé skalní podloží (GT5)

Realizovaná průzkumná díla : S-22, S-23, S-23A, S-24, S-24A, S-25, S-26, S-27, S-28
DP5(S22), DP3(S23), DP4(S-23A)

Tento úsek řešené trati prochází územím, kde se v podloží konstrukčních vrstev železničního spodku bude nacházet zvětralý skalní podklad GT5 tvořený převážně jemno až středně zrnitými drobnými, lokálně zvětralými na eluvia tř. R6 charakteru zemin tř. a symbolu F2 CG (sonda S-24).

Horniny skalního podkladu byly zastiženy na bázi kopaných sond S-24, S-25, S-26 a S-28 v hl. 0,4-0,5 m. Ostatní sondy byly ukončeny v konstrukčních vrstvách (max. mocnost GT1A v sondě S-27 - 0,7 m).

Modul přetvárnosti odhadujeme na základě ČSN 73 1001 na hodnotu 100-150 MPa, což vychází z předpokladu zastižení hornin třídy pevnosti R4, se vzdáleností diskontinuit 60-20 mm. V případě kopané sondy S-24 byl na bázi zastižen povrch silně zvětralého skalního podloží tř. pevnosti R6 – eluvia charakteru šterkovitého jílu tř. a symbolu F2 CG, kterému dle citované normy přiřazujeme hodnotu E_{def} nižší – 20-35 MPa.(platí pro tř. R6, vzdálenost diskontinuit 60-20 mm).

Na konci tohoto úseku trati byla v kopané sondě S-28 realizovaná rázová zkouška LDD7, výsledek měřeného modulu přetvárnosti **$M_{\text{vd}} = 38,4 \text{ MPa}$** .

Sondy DP byly vztaženy k sondám S22, S23 a S23A.

Sonda DP3 (S23) podle průběhu měrného odporu zřejmě zjistila pod polohou konstrukčních vrstev tedy od hl. 0,4 do 2,1 m výskyt deluviálních sedimentů, charakteru hlinito-kamenitých sutí (prům $E_{\text{def}} = 48,1 \text{ MPa}$). Úlomky budou tvořeny drobou, příměs bude charakteru jílovito-písčité, až písčito-jílovitá. Obsah úlomků a jejich velikost se může výrazně plošně měnit. V podloží předpokládáme výskyt eluvii, avšak není vyloučeno, že se již může jednat o okraj fluviální terasy, tvořené jemnozrnnými sedimenty s písčitou příměsí (Průměrná hodnota $E_{\text{def}} = 19,3 \text{ MPa}$). Povrch pevného skalního podkladu nebyl ověřen.

Také sonda DP4(S23A) ověřila od hl. 0,4 m eluvia skalního podkladu eluvia charakteru písčito-šterkovitých zemin bez zastižení povrchu pevného skalního podkladu.

Sonda DP5(S22) ověřila konstrukční vrstvy do hl. 0,5 m a níže v int. 0,9-1,6 m byly ověřeny deluviální sedimenty charakteru kamenito-hlinitých sedimentů, které se nacházejí při úpatí kopce Pohoř – charakteru šterkovitých jílu (prům. $E_{\text{def}} = 14,2 \text{ MPa}$), v int. 1,9-2,9 m se budou vyskytovat jemnozrnné jílovité zeminy měkké až tuhé konzistence (prům. $E_{\text{def}} = 4,8 \text{ MPa}$), na bázi od hl. 2,9 m se budou vyskytovat šterky hlinité. Povrch pevných zdravých hornin ani touto sondou nebyl zastižen.

Geofyzikální průzkum realizovaný v řešeném úseku (GF profily v drážním km 7,27-7,45 a 7,9-8,1) potvrdil, že v podloží konstrukčních vrstev se nachází vrstva eluvií a zcela zvětralých hornin o mocnosti cca 2 m, která lokálně není spojitá a že povrch mírně zvětralých až zdravých hornin se nachází v hloubce 3-7 m pod povrchem.

Upozorňujeme, že v drážním km cca 7,0 se cca 80 m SV směrem od železnice pod místní částí Oder Pohoří na jihovýchodních svazích Olšové nachází sesuv č.4 (viz kap.2, obr.č.3). Jedná se o komplexní svahové deformace, v současnosti je dočasně uklidněný, o rozměrech 1190 m x 4130 m, sklon svahu je udáván 15°. Aktivním faktorem jsou srážky a nasycení vodou, ke zhoršení situace může dojít například při vysokých úhrnech srážek.

Podrobněji se problematice svahových nestabilit věnuje kap. 6.

Drážní km 8,55-10,0 – fluviální jíly tř. a symbolu F6 CI,CL (GT3B)

Realizovaná průzkumná díla : S-29, S-31, S-32, S-33, S-35, S-36, S-37, S-38
DP6(S29), DP7(S32), DP8(S33), DP9(S36)

po odtěžení konstrukčních vrstev GT1A mocnosti 0,30 m (S37, S-38) – 0,6 m (S35) se v tomto úseku budou vyskytovat fluviální jemnozrnné zeminy charakteru jílu s nízkou až se

střední plasticitou GT3B. Podle výsledků měření stupně konzistence v odebraných vzorcích z přímého podloží konstrukčních vrstev se jedná převážně o tuhou konzistenci, v okolí sondy S-37 o tuhou až měkkou konzistenci. Průběh měrného dynamického odporu v sondách DP s touto skutečností koresponduje a ukazuje na výskyt jílu spíše tuhé konzistence. Níže směrem od hl. cca 1,5 m k bázi narůstá podíl písčité a štěrkovité frakce, lokálně s příměsí jílovitých proplástků. Mocnost jemnozrnných zemin GT3B tedy může být cca 0,9-1,2 m. Báze jílovito-písčitých zemin s příměsí valounků štěrku, resp. strop hrubozrnnějších štěrků byl zastižen v DP6 a DP7 v hl. cca 2,0 m. Prům. modul přetvárnosti vypočtený z DP (z q_{dyn}) je do hl. 1,5 m cca 4,5-5 MPa, pro lokální polohy měkkých jílu většinou cca 2,3 MPa (což nevyhovuje požadavkům předpisu S4 na min. únosnost $E_{min,ZP} = 15$ MPa. Modul přetvárnosti změřený zkouškou LDD v kopaných sondách na povrchu jílu GT3B se pohyboval v rozmezí $M_{vd} = 8,5-23,6$ MPa.

Mocnost jemnozrnných jílu z výsledků měření q_{dyn} je tedy cca 1,5 m, od hl. 2,0 m předpokládáme výskyt štěrkovitých zemin (E_{def} prům. cca 27,2-61,2 MPa).

Zeminy tř. F6 jsou jako podloží nevhodné k přímému použití bez úpravy. Z hlediska namrzavosti patří mezi nebezpečně až vysoce namrzavé. Doporučujeme vyšetření únosnosti podloží a navrhneme jeho zlepšení stabilizací nebo výměnou nevhodných měkkých vrstev v dostatečné mocnosti a náhradou za přírodní kamenivo.

Upozorňujeme, že v drážním km cca 9,0 se cca 20 m SV směrem od železnice u paty severozápadní části kopce Pohoř nachází sesuv s kódem 3a (viz kap.2, obr.2). Jedná se výplavový kužel svahové nestability, v současnosti uklidněný, o rozměrech 436 m x 567 m, sklon svahu je udáván 15°. Aktivním faktorem jsou srážky a nasycení vodou.

Podrobněji se problematice svahových nestabilit věnuje kap. 6.

V blízkosti sondy S-33 byl odebrán vzorek materiálu (hloubka 0,0 - 0,16 m) označený „**přejezd P6707**“. Obsahy látek v sušině překračují nejvyšší přípustné hodnoty organických a anorganických škodlivin PAU, benzo(a)pyren, As, Pb podle tabulky č. 5. 1 přílohy č. 5 vyhlášky č. 273/2021 Sb., požadavkům tabulky č. 10. 1 přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. nevyhovují obsahy uhlovodíků C_{10} až C_{40} , As a PAU.

Dle přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. a dle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 273/2001 Sb. splňuje testovaný vzorek požadavky na výsledky ekotoxikologických testů.

5 GEOFYZIKÁLNÍ PRŮZKUM

V řešeném území v okolí kopce Pohoř byl následně v rámci samostatného úkolu „Železniční trať Suchdol nad Odrou – Budišov nad Budišovkou - geofyzikální průzkum (Bartášková L., 2021) proveden i geofyzikální průzkum za účelem komplexního posouzení geologické stavby prostředí. Geofyzikální průzkum probíhal v tělese železnice, měření bylo provedeno na dvou geofyzikálních profilech délky 200 a 250 m (ve staničení km 7,270 až 7,475 a km 7,900 až 8,150) pomocí dvou metod – mělké refrakční seizmiky a elektrické odporové tomografie.

Povrchová vrstva tvořená kolejovým kamenivem vykazovala vysoké měrné odpory. Výskyt nezpevněných hornin v povrchové vrstvě odpovídaly nejnižší seizmické rychlosti a tato vrstva

v zájmovém území není spojitá, místy úplně chybí. Dále v profilech následuje vrstva eluvií a zcela zvětralých hornin o mocnosti cca 2 m, která opět není na jednom profilu spojitá. Podložní horniny jsou z hlediska naměřených odporů charakterizované jako droby proměnlivé zrnitosti (jemnozrnné až hrubozrnné) a různého stupně zvětrání, zvětralé podložní horniny vystupují na povrch v částech obou geofyzikálních profilů a to v úsecích délky 35 m, 48 m a 53 m. Povrch mírně zvětralých až zdravých hornin se podle izolinie naměřených seizmických rychlostí nachází v hloubce 3-7 m pod povrchem. V obou měřených geofyzikálních profilech byla ve vrstvě zdravých hornin zjištěna možná tektonická porucha (Bartášková L., 2021).

6 STABILITNÍ POMĚRY V TRASE

Trasa regionální železniční tratě Suchdol n. O. – Odry, která byla předmětem podrobného průzkumu pražcového podloží v drážním km 1,4 -10,0, prochází až do drážního km 7,05 v relativní rovině, jejíž podloží tvoří eolické až fluvialní sedimenty, převážně jemnozrnného charakteru. Dle mapy náchylností spadá zájmové území do výše uvedeného trasového drážního km do 1. třídy, tedy území, ve kterém jsou faktory pro vznik svahových nestabilit nejméně vhodné.

V drážním km 7,05 – 8,55 prochází železniční trať při úpatí kopce Pohoř. V širším okolí byly v minulosti hodnoceny relativně široká potenciálně sesuvná území, jejichž popis a vztah k řešené železniční trati je uveden v kapitole 2, odst. *Svahové nestability, sesuvná území*. Pasporty k uvedeným nestabilitám jsou součástí přílohy č. 10. Za potenciálně rizikový z hlediska ovlivnění provozu na trati ve vztahu ke vzniku možných projevů nestability hodnotíme následující úseky:

- Drážní km 7,05 – 8,55:

v rámci geologického průzkumu bylo provedeno předběžné zhodnocení přilehlých skalních výchozů. Železniční trasa vede v úzkém pruhu, který ve směru severovýchodním tvoří skalní výchozy hornin hradecko-kyjovického souvrství a ve směru jihozápadním ostře zaříznuté koryto řeky Odry. Navíc je prostor koryta řeky zařazen do záplavového území.

Předmětem hodnocení byly skalní výchozy v km 7,4-7,5, 7,8-7,9 a 8,0-8,1, dále ve směru k městu Odry se železniční trasa odklání od úbočí svahu. Jako potenciálně rizikový hodnotíme úsek trasy v km 7,25-7,8 (obr. č. 6). Důvodem je strmý svah pod Dobovým vrchem.

Obr. č. 6 : Potenciálně rizikové území



V nadloží skalních hornin se nachází vrstva deluviálních sedimentů o proměnlivé mocnosti. Průzkumnými pracemi nebyla mocnost ověřena, nicméně z pasportů přilehlých svahových území, je odhadovaná na cca 5 m, směrem k úpatí výrazněji klesá. Ve svahu jsou pozorovány znaky sesuvné aktivity. Jsou to jednak opilé stromy a různé formy lokálních zátrhů a výraznějších splachů povrchových vrstev. Iniciací těchto jevů jsou klimatické podmínky. Zejména za rizikové považujeme rychlé odtávání sněhu, výraznější, nebo dlouhotrvající dešťové přehánky. Vlivem strmých svahů dochází k rychlejšímu odtoku vody, která způsobuje lokální sesuvné jevy.

Část těchto splavenin, které jsou nejčastěji tvořeny hlinitými zeminami, je akumulována při úpatí svahu. Dlouhodobým účinkem odnosu kvartérního krytu dochází, zejména ve spodní části svahu k obnažení povrchu skalního podloží. Srážky, které nestačí odtéci, jsou infiltrovány do rozpukaného skalního masívu. Vlivem povětrnostních podmínek, u kterých považujeme za největší riziko mrznutí vody v puklinách, pak dochází z dlouhodobého hlediska k pomalému rozrušování skalního masívu a k možnému opadu úlomků směrem k patní části kopce.

Hodnocené skalní výchozy (viz příloha č. 9) jsou budovány drobami s podřadným zastoupením břidlic. Hornina je slabě navětralá, rozpukaná, v přípovrchové části až místy silně rozpukaná s projevy alterace na puklinových plochách. Břidlice jsou výrazněji zvětřelé, což se projevuje destičkovitým rozpadem, který je důsledkem postupné rekrytalizace jílovitých materiálů. Břidlice tvoří pouze laminy o mocnosti v řádech cm. Základním strukturním měření bylo zjištěno, že předpokládaný průběh vrstev je na začátku hodnoceného úseku převážně ve směru SSZ až JJV pod úklonem 10-15° ve směru S a SV. Naopak měření na skalním výchozu č. 2 již předpokládáme strmější sklon vrstev cca 20° s úklonem SV až JZ. Při prohlídce terénu a skalních výchozů, nebyly pozorovány žádné opady kamenů ani suťové kužele, případné výtok vody z puklin. Skalní výchozy se jeví jako kompaktní, avšak s výraznou puklinatostí, která jak již bylo uvedeno výše, může být v kombinaci se zadržovanou vodou riziková.

Pod železnicí protéká řeka Odra, která výrazně eroduje březní linii. Za tímto účelem byl paralelně z průzkumem proveden geofyzikální průzkum pro účely zpracování projektu vedoucímu k zajištění a stabilizaci břehu. Rekognoskací byla zjištěna výrazná boční eroze v drážním km 8,00. Dochází k intenzivnímu vymílání a narušování břehu, což se projevuje jednak odnosem materiálu a degradací patní části svahu.

Pro návaznou rekonstrukci traťového úseku doporučujeme dobudování chybějící části stávajícího opevnění a vybudování odvodnění nad hranou opevnění. Odvedením srážek se sníží rychlost pohybu deluviálních sedimentů a množství vody prosáklé do puklinového systému hornin. Dále doporučujeme zvážit vybudování monitoringu, které by měřil rychlost pohybu kvartérního krytu, případně pohyb v horní části skalních bloků.

- Drážní km 8,75 – 9,50:

V řešené dílčí části úseku, kde železnice prochází zástavbou města Odry (křížení s ulicí Pohořskou) se v blízkosti železnice nachází (cca 25-30 m) hranice dočasně uklidněného svahového území. Železnice prochází při patní části svažitého území, které je v současnosti zastavěné rodinnými domy. Svahové území nepředstavuje výraznější riziko s ohledem na provozování železniční tratě. Předmětem geodynamických jevů (viz pasport příloha č. 10)

jsou deluviální sedimenty o mocnosti cca 5-10 m. Tyto deluvia vytváří plošně rozsáhlý výplavový kužel. Aktivním faktorem, kterým může dojít k lokální reaktivaci svahových pohybů, jsou srážky nebo nevhodný způsob řešení vsakování do horninového prostředí u rodinných domů. Negativním projevem vztahu blízkého svahového území na železniční těleso, může být době intenzivní srážkové činnosti zvýšená zemní vlhkost, nebo dočasný vznik stojatých vod.

Doporučujeme kontrolu stávajícího odvodnění podél železnice, zejména ze strany přilehlé k okraji svahového území.

7 ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Geologický průzkum byl proveden pro budoucí rekonstrukci železniční tratě Suchdol nad Odrou - Odry (drážní km 0,487-10,014) jednokolejné regionální železniční tratě Suchdol nad Odrou – Budišov nad Budišovkou. Úsek drážní km 0,487-1,403 nebyl dle objednávky předmětem podrobného průzkumu.

Podrobný inženýrsko-geologický průzkum byl prováděn v souladu s platnými předpisy a normami a byl zpracován v souladu s přílohou 9 k SŽ S4 (2021) - „Inženýrskogeologický průzkum tělesa železničního spodku“. Ve smyslu této přílohy byly průzkumné práce projektovány a hodnoceny podle 2. geotechnické kategorie.

Cílem prací bylo ověření skladby konstrukční vrstvy železničního spodku, zjištění geotechnických vlastností zastiženého materiálu, ověření únosnosti konstrukčních a zejména podložních vrstev a posouzení kontaminace železničního kameniva ve vybraných místech (dřevěné pražce, železniční přejezdy).

Rozsah prací byl dán výlučně požadavky objednatele prací. Veškeré změny oproti projektu byly předem odsouhlaseny objednatelem prací, který také zajišťoval dozor při provádění terénních prací. Veškerá textová a fotografická dokumentace, předložená ve zprávě, odpovídá místu a datu pořízení, tj. pozici a termínu realizace technických prací. Vlastní průzkumné práce provedeny ve dvou etapách:

První etapa prací proběhla v době nepřetržité vlakové výluky ve dnech 29.-30.4.2021. Tato výluka na trati umožnila provedení kopaných sond a jejich dokumentaci s odběrem vzorků, realizaci sond statické i dynamické penetrace a ručních vrtů v souladu s projektem prací. Průzkumné práce v I. etapě bylo možné provést ale pouze v úseku Suchdol nad Odrou - Mankovice (drážní km 1,403 – 5,089). Jednalo se o sondy s označením S-1 až S-15.

Druhá etapa prací mohla být provedena jen v době vlakových přestávek za běžného provozu železniční trati. Z tohoto důvodu došlo ke změnám rozsahu průzkumných prací a typu zkoušek, který byl předem projednán a odsouhlasen objednatelem prací. Bylo upuštěno od realizace statických zatěžovacích zkoušek a tyto byly nahrazeny rázovými zkouškami lehkou dynamickou deskou. Průzkumné práce v II. etapě byly provedeny dne 28.6.2021 v úseku Mankovice - Odry (drážní km 5,200 – 10,000) a jednalo se o sondy s označením S-16 až S-38. V sondách byly realizovány rázové zkoušky lehkou dynamickou deskou (LDD) pro určení modulu přetvárnosti zemní pláně a ručního vrtu ze dna sondy pro ověření zastižení zemní pláně a pro odběr vzorku zeminy. Sondy dynamické penetrace byly realizovány následně dne

7.7.2021 a to v místech přístupných pro dopravu penetrační soupravy (např. železniční přejezdy).

Na základě požadavku objednatele prací bylo v rámci tohoto podrobného IG průzkumu finálně provedeno :

- administrativní a přípravné práce (oznámení o provádění geologických prací na příslušných obecních úřadech, registrace úkolu v Geofondu ČR, zjištění údajů o vrtné prozkoumanosti a přírodních poměrech v zájmovém území)
- rekognoskace zájmové lokality
- geodetické polohopisné a výškopisné zaměření průzkumných sond (zajištěno objednatelem)
- 35 ks kopaných a ručně vrtaných sond v kolejišti včetně jejich dokumentace a odběrů vzorků zemin
- 21 ks sond dynamické penetrace
- 10 ks statických zatěžovacích zkoušek pro stanovení modulu přetvárnosti zemní pláně
- 13 ks rázových zkoušek lehkou dynamickou deskou
- 29 ks vzorků zemin pro laboratorní zrnitostní rozbory
- 5 ks vzorků zemin pro laboratorní stanovení kontaminace
- hydrogeologické posouzení úseku pod vrchem Pohoř pro určení množství srážkových vod v případě nejvyšších srážek
- dokumentace skalních výchozů pod vrchem Pohoř
- zpracování výsledků formou závěrečné zprávy

Podle požadavků objednatele byl ze sondy S-3, S-5, S-12, S-15 a u žel. přejezdu P6707 (v blízkosti sondy S-33) odebrán antropogenní štěrkovitý materiál (štěrkodrt') a podroben analýze na znečištění. Obsahy látek v sušině vzorků překračují v případě As, Pb, uhlovodíků C₁₀ až C₄₀, PAU, benzo(a)pyrenu nejvyšší přípustné hodnoty anorganických a organických škodlivin podle tabulky č. 10. 1 přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. a podle tabulky č. 5. 1 přílohy č. 5 vyhlášky č. 273/2021 Sb.

Dle přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. a dle přílohy č. 5 k vyhlášce č. 273/2001 Sb. splňuje testovaný vzorek požadavky na výsledky ekotoxikologických testů.

Z výsledků realizovaných kopaných sond a ručních vrtů v ose kolejiště, z průběhu měrného dynamického odporu penetračního sondování a s přihlédnutím ke geologické mapě byla zpracována účelová geologická mapa, odkrytá na úroveň podloží konstrukčních vrstev železničního spodku (příl.č.2A). Řešený úsek železniční trati Suchdol n.O.- Budišov n.B. (Odry) v drážním km 1,403-10,014 byl rozdělen podle geotechnických typů, jejichž orientační prostorové vymezení bylo provedeno interpolací vzdáleností mezi průzkumnými sondami (orientační odečet drážních km) :

Staničení :

Km 1,40-1,45 - přechodová oblast – štěrkovitý jíl tř. a symbolu F2 GC

Km 1,45-2,25 - eolické jíly tř. a symbolu F6 CL, CI

Km 2,25-2,35 - antropogenní navážky tř. a symbolu G3 YG-F

Km 2,35-5,15 - eolické jíly tř. a symbolu F6 CL, CI

Km 5,15-5,70 - fluvialní štěrkovité jíly tř. a symbolu F2 CG
Km 5,70-5,80 - antropogenní navážky tř. a symbolu G3 YG-F
Km 5,80-7,05 - eolické a fluvialní jíly tř. a symbolu F6 CL, CI
Km 7,05-8,55 - zvětralé skalní podloží (droby)
Km 8,55-10,0 - fluvialní jíly tř. a symbolu F6 CL, CI

Po odstranění konstrukčních vrstev železničního tělesa (GT1A) bude zemní plán tvořena převážně jemnozrnnými zeminami charakteru jílu s nízkou až střední plasticitou (GT3B), s výjimkou několika úseků (viz níže). Upozorňujeme, že v úseku mezi Suchdolem n.O. a Mankovicemi (do drážního km cca 5,15) budou mít tyto zeminy v přímém podloží konstrukčních vrstev měkkou konzistenci, hladina podzemní vody byla zastižena v hl. 1,0 m sondou S-14. V ostatních úsecích (staničení km 5,8-7,05 a 8,55-10,0) byly zastiženy většinou jíly tuhé konzistence. Lokálně mohou být jílovité zeminy v přípovrchové vrstvě ovlivněné zatlačení štěrkodrtě z nadložních konstrukčních vrstev při podbíjení (viz přechodová oblast na začátku úseku do drážního km 1,45 – GT2), případně mohou obsahovat vyšší podíl štěrkové frakce (drážní km 5,2 – GT3A). Jíly tř. F6 jsou pro podloží nevhodné, tř. F2 podmíněčně vhodné bez úpravy a z hlediska namrzavosti jsou nebezpečně až vysoce namrzavé. Hodnoty modulu přetvárnosti zemní pláne, změřené statickými a rázovými zatěžovacími polními zkouškami in situ, ve většině případů **nesplňují** požadavky S4 SŽ (2021) na min. únosnost $E_{min,ZP} = 15$ MPa.

Doporučujeme zlepšit únosnost zemin zemní pláne stabilizací nebo výměnou za přírodní kamenivo.

Dále upozorňujeme na výskyt heterogenních antropogenních navážek v podloží konstrukčních vrstev a to ve staničení km cca 2,25-2,35 a 5,7-5,8. Jedná se o škvárový materiál s cihelnou drtí (GT1B), který doporučujeme odstranit a nahradit únosným přírodním kamenivem. Tyto zeminy mohou být objemově nestálé, špatně únosné a nerovnoměrně stlačitelné a podle předpisu SŽ S4 je řadíme mezi zvláštní zeminy. V případě výskytu zvláštních zemin v zemním tělese nebo jeho podloží musí být podle SŽ S4 provedena analýza rizik jejich vlivu na stabilitu (chování) zemního tělesa.

V podloží jemnozrnných zemin se budou nacházet nivní sedimenty řeky Odry charakteru písčitých a štěrkovitých zemin, strop štěrkovitých zemin se bude nacházet přibližně v hloubce 2,0 m a reprezentují kolektor v zájmovém území.

Podloží kvartéru je z hlediska geologické stavby budováno v úseku Suchdol n.O. – Mankovice (do drážního km cca 7,0) neogenními jíly, v navazujícím úseku Mankovice-Odry je budováno skalním podložím kyjovicko-hradeckého souvrství.

V úseku drážní km 7,05-8,55 se v podloží konstrukčních vrstev bude nacházet zvětralý povrch skalního podkladu, reprezentovaný převážně drobami různého stupně zvětrání. Výchozy skalních hornin byly v rámci rekognoskace terénu zdokumentovány. V problematickém úseku kolem kopce Pohoř proveden i geofyzikální průzkum za účelem komplexního posouzení geologické stavby prostředí. Měření bylo provedeno na dvou geofyzikálních profilech délky 200 a 250 m (ve staničení km 7,270 až 7,475 a km 7,900 až 8,150) pomocí dvou metod – mělké refrakční seizmiky a elektrické odporové tomografie. Geofyzikální průzkum realizovaný v řešeném úseku potvrdil, že v podloží konstrukčních vrstev se nachází vrstva

eluvíí a zcela zvětralých hornin o mocnosti cca 2 m, která lokálně není spojitá a že povrch mírně zvětralých až zdravých hornin se nachází v hloubce 3-7 m pod povrchem.

Upozorňujeme, že v drážním km cca 7,0 a 9,0 se cca 20-80 m SV směrem od železnice nacházejí sesuvná území, která jsou v současnosti dočasně uklidněná, ale jejichž aktivita se může změnit zejména působením špatných klimatických podmínek. Stabilitní poměry jsou podrobněji zpracovány v kap. 9 včetně návrhu opatření.

Pro stanici Odry jsou uvedeny hodnoty měsíčních úhrnů srážkových vod a maximálních denních úhrnů v daném měsíci, v obou případech za období 2000-2020. Úhrny srážek vyšší než 30 mm za den, při kterých dochází ke splachům, se vyskytují v průběhu téměř celého roku. V rámci těchto vyšších úhrnů jsou podstatné i údaje o velikosti přívalových dešťů s různou četností výskytu. Data ze stanice Olomouc byly použity pro výpočty odtoku. Odtokové množství srážkových vod je uvedeno v příloze č.11.

Vlivem morfologie terénu, geologické stavby, nevýznamné mocnosti kvartérních kamenito-hlinitých sedimentů a řídkého vegetačního pokryvu dochází při intenzivnějších atmosférických srážkách k minimální infiltraci do půdního prostředí, spotřebě vody vegetací a místy srážková voda odtéká po povrchu skalních hornin, vystupujících na povrch.

Přítoky povrchových a případně infiltrovaných srážkových vod z vyšších částí povodí území jsou v problematických místech úseků přednostně zachycovány mělkými prohlubněmi SV-JZ směru, predisponovaných v tektonicky porušených zónách a v pásmu podpovrchového rozpojení hornin.

Geomorfologicky jsou tyto splachy podmíněny příkrým svahem v místech lokálního mocnějšího pokryvu svahových sedimentů a přítomností predisponovaných mělkých prohlubní SV-JZ směru, ve kterých lze přepokládat intenzivnější soustředěný odtok srážkových povrchových vod. Návrh opatření je uvedený v příloze č.11.

Ve vybraných vzorcích kolejového kameniva ze sond, realizovaných v železniční trati a na přejezdu P6706 (Odry, křížení žel. trati s ul. Pohořská), byly provedeny laboratorní analýzy v rozsahu přílohy č. 10. 1 (chemismus) a č. 10.2 (ekotoxikita) k vyhlášce č. 294/2005 Sb., z hlediska jeho opětovného využití po odtěžení a recyklaci v rámci rekonstrukce železniční trati.

Dle tab. 10.1. vyhl. 294/2005 Sb. je z těžkých kovů překročena limitní hodnota pouze u arzenu s výjimkou vzorku S-3 a v jednom případě u olova ve vzorku přejezd P6707. Z organických látek nevyhovují v případě sumy PAU vzorky S-5, S-12 a přejezd P6707 a v případě ukazatele C₁₀ až C₄₀ vzorek S-15.

Dle přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2005 Sb. splňují testované vzorky zemin požadavky na výsledky ekotoxikologických testů uvedené v tabulce č. 10.2, sloupce I a II.

Základní podmínkou pro opětovné využití starého kameniva v kolejovém loži musí být jeho nezávadnost z hlediska ochrany životního prostředí. Recyklaci odtěženého kolejového kameniva a jeho opětovné využití v novém kolejovém loži nedoporučujeme, podrobněji v příloze č.11.

Cíl prací považujeme za splněný, v případě potřeby jsme připraveni realizovat doplňující IGH průzkum a zajistit monitoring sesuvných území. Na ploše nové zemní pláně, musí být provedena kontrola únosnosti a míra zhutnění zemin v tělese železničního spodku. Doporučujeme realizaci řádného odvodnění konstrukčních vrstev a kolejového lože.

V Ostravě dne 20.12.2021

Zpracovala : Ing. Jana Kozelková

Schválil : Ing. Marek Paliza
vedoucí střediska IGaLG

Použitá literatura (normy ČSN, mapy, webové odkazy) :

- Bartášková L. : Železniční trať Suchdol nad Odrou – Budišov nad Budišovkou - geofyzikální průzkum, Geodrill, s.r.o., říjen 2021
- Misař Z. a kol., Geologie ČST I., Český masív, SPN Praha, 1983
- Mohyla M. Silniční a geotechnická laboratoř, podklady ze zahraniční literatury
- Geologická mapa ČR, list 25-12 Hranice, 1 : 50 000, ČGÚ 1996
- <https://heis.vuv.cz/> - hydrologické rajóny, hydrologické pořadí, záplavová území
- <http://www.geology.cz> - geologická mapa
- <http://geoportal.gov.cz/> - geomorfologické a klimatické poměry
- <http://voda.gov.cz/portal/cz/> - záplavová území, PHO vodních zdrojů, CHOPAV
- Česká geologická služba (ČGS) – Geofond ČR : www.geology.cz – sesuvná území, vlivy poddolování, důlní díla, surovinové zdroje, vrtná prozkoumanost, radonové riziko
- ČSN EN 1997-1, Eurokód 7 (2006) : “Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1 : Obecná pravidla“
- ČSN EN 1997-2, Eurokód 7 (2008) : “Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 2 : Průzkum a zkoušení základové půdy“
- ČSN EN ISO 14688 – 1 a 2(2017) „Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin část 1 a 2“
- ČSN EN ISO 14689 – 1 a 2(2004) „Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování hornin část 1 a 2“ ČSN 73 1001 (1988) – „Základová půda pod plošnými základy“, platnost této normy byla ukončena k 1. 4. 2010. Ustanovení této normy nejsou závazná, v praxi však lze využít dosavadní zkušenosti z dlouhodobého používání této ČSN.
- ČSN EN ISO 22476–2(205) „Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky – Část 2 : Dynamická penetrační zkouška“
- ČSN EN 1998-1 (2006) – „Eurokód 8 : Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – Část 1 : Obecná pravidla, seismické zatížení a pravidla pro pozemní stavby“
- Změna Z4 k ČSN EN 1998-1 (2016)
- Mapa seismického rajónování ČSSR, Geofyzikální ústav ČSAV Praha, SAV Bratislava, I. Brouček, 1987 - seismická MSK 64
- ČSN 73 6133 (2010) – „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“
- ČSN P 73 1005 (2016) „Inženýrskogeologický průzkum“
- ČSN 73 3050 (1987) – „Zemné práce“ – platnost normy byla ukončena k 1. 2. 2010, lze však v praxi využívat dosavadní zkušenosti z dlouhodobého používání této normy.
- ČSN EN ISO 22475-1(2007) – „Geotechnický průzkum a zkoušení – Odběry vzorků a měření podzemní vody – Část 1 : Zásady provádění“
- Klasifikace propustnosti hornin a dle koeficientu filtrace (J. Jetel, 1973)
- SŽ S4 - Železniční spodek, 2021
- STN 72 1032 : Dynamická penetrační zkouška, 1997. Ustanovení této normy nejsou závazná, v praxi však lze využít dosavadní zkušenosti z dlouhodobého používání této ČSN.