

Obsah

1	Všeobecná časť.....	1
1.1	Hospodársko – administratívne údaje a rozsah poskytnutých podkladov.....	1
1.2	Identifikačné údaje	1
1.3	Stručná charakteristika prírodných pomerov	2
1.3.1	Geomorfologické pomery	2
1.3.2	Klimatické pomery	2
1.3.3	Geologická stavba	4
1.3.4	Inžinierskogeologické pomery	5
1.3.5	Geodynamické javy	7
1.3.6	Hydrogeologická charakteristika.....	8
1.3.7	Hydrologická charakteristika	8
1.4	Seizmicita územia	9
1.5	Legislatívna ochrana územia	9
1.6	Znečistenie horninového prostredia	9
1.7	Žiarenie z prírodných zdrojov a radónové riziko	10
1.8	Ložiská nerastných surovín	10
1.10	Doterajšia preskúmanosť územia	12
1.11	Rozsah a metodika prieskumných prác.....	12
1.11.1	Jadrové vrty a kopané sondy.....	14
1.11.2	Statická a dynamická zaťažovacia skúška doskou.....	15
1.11.3	Sondy dynamickej penetrácie.....	15
1.11.4	Laboratórne práce mechaniky zemín, chémie vôd a zemín.....	16
1.11.5	Meračské práce	17
1.11.6	Práce geologickej služby.....	17
2	Podrobná časť.....	19
2.1	Inžinierskogeologické a geotechnické hodnotenie zemín	19
2.1.1	Kvartér.....	19
2.1.2	Neogén.....	23
2.2	Geotechnické zhodnotenie trasy železnice	23
2.2.1	Úsek žkm 9,900 – 12,260	23
2.2.2	Úsek žkm 12,260 – 14,400	26
2.2.3	Zhodnotenie celého úseku	31
2.3	Hydrogeologické a hydrochemické pomery.....	32
2.4	Ekologické hodnotenie koľajového kameniva.....	35
2.5	Zjednodušený petrografický a granulometrický rozbor kameniva.....	36
2.6	Kategorizácia zemín a hornín	37
2.7	Geodetické zameranie prieskumných diel a charakteristických bodov	38
3	Záver	39
	Zoznam použitej literatúry	40

Zoznam príloh

Príloha 1 Prehľadná situácia územia M 1: 100 000

Príloha 2 Situácia prieskumných diel M 1: 1000

Príloha 3 Geologická dokumentácia

Príloha 3.1 Geologická dokumentácia a fotodokumentácia vrstov

Príloha 3.2 Dokumentácia archívnych diel

Príloha 4 Výsledky laboratórnych analýz

Príloha 4.1 Výsledky laboratórnych skúšok mechaniky zemín

Príloha 4.2 Výsledky laboratórnych analýz chémie vôd a zemín

Príloha 5 Terénne skúšky

Príloha 5.1 Sondy dynamickej penetrácie

Príloha 5.2 Statické zaťažovacie skúšky

Príloha 5.3 Dynamické zaťažovacie skúšky

Príloha 6 Ekologické hodnotenie koľajového kameniva

Príloha 6.1 Protokol o odbere a príprave vzoriek

Príloha 6.2 Výsledky laboratórnych skúšok z mechaniky zemín kameniva a petrografického rozboru kameniva

Príloha 6.3 Výsledky laboratórnych rozborov chémie zemín - kameniva, protokoly o skúške

Príloha 7 Schematický inžinierskogeologický a geotechnický profil

Príloha 7.1 Schematický IG a GT profil v žkm 9,900 – 11,300

Príloha 7.2 Schematický IG a GT profil v žkm 11,300 – 12,700

Príloha 7.3 Schematický IG a GT profil v žkm 12,700 – 14,400

Zoznam obrázkov

Obrázok 1	Výrez z geologickej mapy Podunajskej nížiny 1 : 50 000 (Maglay et al., 2006).....	6
Obrázok 2	Mapa ložiskových území a registrovaných skládok odpadov	11

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1	Prehľad charakteristických údajov klimatických oblastí (Quitt, 1971).....	3
Tabuľka 2	Priemerné mesačné zrážkové úhrny - dlhodobý normál za roky 1951 – 1980 (zdroj: SHMU) ..	3
Tabuľka 3	Priemerné mesačné teploty - dlhodobý normál za roky 1951 – 1980 (zdroj: SHMU)	3
Tabuľka 4	Priemerné mesačné a extrémne prietoky ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) na vodnom toku Trnávka (Buková)	9
Tabuľka 5	Charakteristika environmentálnych záťaží v skúmanom území	9
Tabuľka 6	Charakteristika skládok odpadov	10
Tabuľka 7	Radónové riziko z geologického podložia	10
Tabuľka 8	Výhradné ložiská s dobývacím priestorom a chánené ložiskové územie (www.geology.sk)....	11
Tabuľka 9	Ložiská nevyhradených nerastov (www.geology.sk).....	12
Tabuľka 10	Prehľad realizovaných vrtných prác	14
Tabuľka 11	Prehľad realizovaných statických zaťažovacích skúšok a skúšok LDD	15
Tabuľka 12	Prehľad realizovaných sond dynamickej penetrácie	16
Tabuľka 13	Prehľad odberov vzoriek	16
Tabuľka 14	Prehľad realizovaných skúšok mechaniky zemín	17
Tabuľka 15	Prehľad geotechnických parametrov fluvialných zemín	22
Tabuľka 17	Zoznam súradníc realizovaných prieskumných diel	38

1 VŠEOBECNÁ ČASŤ

1.1 Hospodársko – administratívne údaje a rozsah poskytnutých podkladov

Predkladaná záverečná správa geologickej úlohy

ŽSR, Šelpice – Boleráz, KRŽŽ koľaj č.1 **podrobný inžinierskogeologický prieskum, orientačný geologický prieskum** **životného prostredia, geotechnický prieskum podvalového podlažia**

je vypracovaná na základe objednávky **119/18/1808** zo dňa 27.6.2018 objednávateľa spoločnosti REMING CONSULT a.s. Bratislava. Geologická úloha bola u zhotoviteľa prác, spoločnosti CAD-ECO a. s. Bratislava, zaregistrovaná pod číslom **260/2018/ZA**. V zmysle § 13 Geologického zákona bola úloha zaregistrovaná na Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra pod číslom **547/2018**. Na základe Objednávky bol spracovaný a schválený Projekt geologickej úlohy.

Podrobný inžinierskogeologický prieskum a orientačný geologický prieskum životného prostredia bol realizovaný v zmysle zákona č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení neskorších predpisov, vyhlášky č. 51/2008 Z.z., ktorou sa vykonáva geologický zákon v znení neskorších predpisov a podľa platných technických noriem a smerníc. Hodnotenie koľajového kameniva bolo vykonané v zmysle MP 18/1999 MDPT SR, geotechnický prieskum podvalového podlažia vychádzal z požiadaviek predpisu S4 ŽSR a jednotlivé charakteristiky boli spracované podľa TNŽ 73 6312.

Úloha je riešená v etape podrobného inžinierskogeologického prieskumu a orientačného geologického prieskumu životného prostredia pre traťový úsek Šelpice (mimo) – Boleráz (mimo) na trati Trnava - Kúty. Charakter a rozsah geologických prác je spracovaný na základe požiadaviek objednávateľa a podrobne je spracovaný v kapitole 2.2 (Rozsah a metodika prieskumných prác). K realizácii geologických prác poskytol REMING CONSULT a.s. Bratislava. nasledujúce podklady:

- jednotnú železničnú mapu predmetného úseku vo formáte pdf a dwg.
- súťažné podklady ŽSR.

Podľa zákona č.569/2007 Z. z. § 19 odst.1 a vykonávacej Vyhlášky MŽP SR č.51/2008 zabezpečí objednávateľ odovzdanie jedného exempláru záverečnej správy Odboru informatiky Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava 11, ktorý je poverený trvalo uchovávať geologickú dokumentáciu pre ďalšie využitie.

1.2 Identifikačné údaje

Stavba

Názov stavby:	ŽSR, Šelpice – Boleráz, KRŽŽ koľaj č.1
Kraj:	Trnavský
Okres a kód okresu:	Trnava (207)
Katastrálne územia:	Šelpice, Klčovany, Boleráz
Druh stavby:	Rekonštrukcia

Objednávateľ

Názov: **REMING CONSULT a.s.**
Adresa: Trnavská cesta 27
841 03 Bratislava
IČO: 35 729 023
IČ DPH: SK2020250958
Bankové spojenie: Uni Credit Bank Czech Republic and Slovakia a.s.
IBAN: SK54 1111 0000 0066 1613 1006

Zhotoviteľ

Názov: **CAD-ECO a.s.**
Adresa: Svätoplukova 28
821 08 Bratislava
IČO: 36 787 957
IČ DPH: SK2022394077
Bankové spojenie: VÚB, a.s. Bratislava, č.ú.: 2315926456/0200
IBAN: SK43 0200 0000 0023 1592 6456

1.3 Stručná charakteristika prírodných pomerov

Záujmové územie sa nachádza v Trnavskom samosprávnom kraji, v okrese Trnava (kód okresu 207), v katastrálnom území obce Šelpice (IČZÚJ 556670, IČÚTJ 860735), obce Boleráz (IČZÚJ 506818, IČÚTJ 803588) a obce Klčovany (IČZÚJ 506818, IČÚTJ 803596). Jestvujúca železničná trať prechádza údolím potoka Trnávka v úseku od žst. Šelpice po žst. Boleráz.

1.3.1 Geomorfologické pomery

Podľa regionálneho geomorfologického členenia Západných Karpát (Mazúr, E., Lukniš, M., in Atlas krajiny SR, 2002) je dotknuté územie zaradené do Alpsko – himalájskej sústavy. Hodnotené územie patrí do podsústavy Panónska panva, provincie Západopanónska panva, subprovincie Malá Dunajská kotlina, oblasti Podunajská nížina, celku Podunajská pahorkatina a podcelku Trnavská pahorkatina, časť Podmalokarpatská pahorkatina a časť Trnavská tabuľa.

Typ reliéfu dotknutého územia a jeho bezprostredného okolia je možné charakterizovať ako reliéf nížinných pahorkatín až zvlnených rovín. ktorý je v dotknutom území tvorený širokými plochými prolúviálnymi kužeľmi a nivami vodných tokov vytekajúcich z malokarpatských dolín do panónskej panvy. Nadmorská výška územia dosahuje cca 160 - 190 m n.m. Územie je značne antropogénne pozmenené najmä poľnohospodárskou činnosťou (odlesnenie a monokultúrny spôsob hospodárenia).

1.3.2 Klimatické pomery

Z hľadiska klasifikácie klimatických oblastí (Lapin et al. in Atlas krajiny SR, 2002) patrí dotknutá lokalita do prevažne teplej až teplej nížinnej klimatickej oblasti s viac ako 50 letnými dňami za rok (dni kedy teplota vzduchu dosiahla 25°C a viac).

Podľa teplotných a vlhkosťných kritérií v zmysle Končekovho členenia (Atlas SSR, 1980) možno územie zaradiť do teplej oblasti (mierne suchej až suchej, s miernou zimou) a teplého nížinného klimatického okrsku s miernou inverziou teplôt.

Podľa staršej klimatologickej klasifikácie (Quitt, 1971) patrí územie do teplej oblasti T2 a T4. Oblasť T2 má dlhé leto, teplé a suché, veľmi krátke prechodné obdobie s teplou až mierne teplou jarou i jeseňou, krátkou, mierne teplou, suchou až veľmi suchou zimou, s veľmi krátkym trvaním snehovej pokrývky. Oblasť T4 má veľmi dlhé leto, veľmi teplé a veľmi suché, prechodné obdobie je veľmi krátke, s teplou jarou a jeseňou, zima je krátka, mierne teplá a suchá až veľmi suchá s veľmi krátkym trvaním snehovej pokrývky. Prehľad základných charakteristík je spracovaný v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Prehľad charakteristických údajov klimatických oblastí (Quitt, 1971)

	T2	T4
Počet letných dní ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)	50 – 60	60 – 70
Počet dní s priemernou teplotou 10°C a viac	160 – 170	170 – 180
Počet mrazových dní ($T_{\max} \leq 0,1^{\circ}\text{C}$)	100 – 110	100 – 110
Počet ľadových dní ($T_{\min} \leq 0,1^{\circ}\text{C}$)	30 – 40	30 – 40
Priemerná teplota v januári [$^{\circ}\text{C}$]	-2 – -3	-2 – -3
Priemerná teplota v júli [$^{\circ}\text{C}$]	18 – 19	19 – 20
Priemerná teplota v apríli [$^{\circ}\text{C}$]	8 – 9	9 – 10
Priemerná teplota v októbri [$^{\circ}\text{C}$]	7 – 9	9 – 10
Priemerný počet dní so zrážkami $\geq 1\text{mm}$	90 – 100	80 – 90
Zrážkový úhrn vo vegetačnom období	350 – 400	300 – 350
Zrážkový úhrn v zimnom období [mm]	200 – 300	200 – 300
Počet dní so snehovou pokrývkou	40 – 50	40 – 50
Počet zamračených dní	120 – 140	110 – 120
Počet jasných dní	40 – 50	50 – 60

Ročné úhrny zrážok sa pohybujú v sledovanom území v rozmedzí 500 - 700 mm. Zrážky sú najvýdatnejšie v letných mesiacoch (máj – august), najnižšie úhrny zrážok sú v zimnom a skorom jarnom období (január – marec). Priemerná ročná teplota sa na skúmanom území pohybuje v intervale 9° až 10°C , v najstudenšom období roka - januári neklesá priemerná teplota pod -3°C . Prehľad normálových úhrnov obdobie 1951 – 1980 je spracované v tabuľke 2. Prehľad priemerných mesačných teplôt za rovnaké obdobie a teplotný normál je uvedený v tabuľke 3.

Tabuľka 2 Priemerné mesačné zrážkové úhrny - dlhodobý normál za roky 1951 – 1980 (zdroj: SHMU)

mesiac	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
18320 Smolenice (228 m n.m.)													
Normál (mm)	53	51	47	59	60	82	79	68	44	59	70	65	737
18380 Trnava (147 m n.m.)													
Normál (mm)	38	35	36	32	57	60	61	58	34	50	54	45	560

Tabuľka 3 Priemerné mesačné teploty - dlhodobý normál za roky 1951 – 1980 (zdroj: SHMU)

mesiac	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
18380 Trnava (147 m n.m.)													
Normál ($^{\circ}\text{C}$)	-1,8	0,3	4,4	9,7	14,6	18,1	19,6	19,0	15,0	9,6	4,6	0,4	9,4

Hĺbka premŕzania stanovená podľa ON 73 6196 „Ochrana cestných komunikácií pred účinkami premŕzania podlažia“ pre oblasť T2 a T4 s počtom mrazových dní $T_m = 100 - 110$ a kde mrazový súčiniteľ $\alpha_0 = 52$ je stanovená nasledovne: $h_{pr} = \sqrt{2 \cdot \alpha_0 \cdot T_m} = 102 - 107 \text{ cm}$

Klimatické pomery a hĺbka premŕzania v zmysle normy TNŽ 73 63 12 je vypočítaná na základe vzťahu $h_{pr} = 0,045 \sqrt{I_{mn}}$, pričom I_{mn} pre danú oblasť je $300^\circ\text{C} \cdot \text{deň}$ pre periodicitu $n = 0,1$. Výsledná hĺbka premŕzania je $h_{pr} = 0,78 \text{ m} = 78 \text{ cm}$.

1.3.3 Geologická stavba

V zmysle **regionálneho geologického členenia** (Mahel' et al., 1967) je územie v trase železničnej trate Šelpice - Boleráz budované horninami geotektonickej jednotky Panónska panva. Horninové komplexy patria vekovo do neogénu a kvartéru.

V oblasti Trnavskej pahorkatiny a Trnavskej tabule sa vyskytujú v podlaží neogénne horniny stredného bádenu až pontu (dolianske vrstvy, špačinské súvrstvie, madunické vrstvy, báhonské súvrstvie, vrábeľské súvrstvie, ivanské súvrstvie a beladické súvrstvie) – prevažne ide o íly, ílovce a silty pestrých farieb, často s mangánovými a železitými povlakmi a konkréciami uhličitanov, okrajové fácie sú zastúpené štrkopiesčitou formáciou, čiastočne stmelenou. Štrkopiesčité polohy vytvárajú vrstvy až oddelené šošovky. V najhlbšej časti komplexu sa nachádzajú zlepenice (dolianske vrstvy).

Povrch územia je pokrytý kvartérnymi fluvialnými, proluviálnymi, eolickými, polygenetickými a antropogénnymi sedimentami. Kvartérne sedimenty na území zahŕňujú celý rad genetických typov, vyznačujúcich sa variabilným litologickým zložením, pestrou faciálnou skladbou i rôznym vekom od najstaršieho pleistocénu až do holocénu. V sledovanom území sú vyvinuté nasledujúce sedimenty:

- **fluvialny komplex** – predstavuje prevažne štrky korytovej fácie a hlinitopiesčité pokrýv aluvialnej nivy riečky Trnávka. V komplexe sa môžu vyskytovať bahnité organické zeminy výplne mŕtvych ramien. Hrúbka akumulácie štrkov v údolí Trnávky dosahuje 4 – 9 m, v povodiach jeho prítokov 0 – 4 m, maximálne 6 m. V oblasti údolnej nivy sú štrkové komplexy prekryté holocénnymi náplavovými sedimentami charakteru pieskov a ílov;
- **proluviálny komplex** – proluviálne sedimenty (pleistocén – holocén) v skúmanom území sú široko rozvinuté, ide o sedimenty výplavových kužeľov potokov stekajúcich z Malých Karpát. Prevažne ide o zahlinené štrkové zeminy, pričom najmä staršie kužele sú intenzívnejšie zvetrané a teda obsahujú viac ílovitého materiálu. Hrúbka prolúvií je variabilná, prevažne od 5 do 12 m, pričom viacgeneračné komplexy môžu dosahovať aj hrúbky cca 25 m.
- **eolický a polygenetický komplex** – ide o siltovité až piesčité sprašové sedimenty, druhotne častokrát preplavené a redeponované. Spraše sú svetlohnedé až béžové, preplavené sú viac ílovité, hnedej farby. Hrúbka sprašového resp. polygenetického komplexu dosahuje aj viac ako 10 m. Zachovali sa najmä na svahoch terasových stupňov a ako pokrýv plochých proluviálnych kužeľov.
- **antropogénne sedimenty** – prevažne stavebné navážky rozličného charakteru, najmä násypy ciest a železníc, zásypy terénnych depresíí, protipovodňové hrádze a podobne. V skúmanom území dominuje najmä násyp železničnej trate a staníc, pričom budovaný bol prevažne z miestnych redeponovaných zemín. Do tohto komplexu patria i riadené a neriadené skládky komunálneho odpadu.

Výrez zo základnej geologickej mapy Podunajskej nížiny - časť Trnavská tabuľa v mierke 1 : 50 000 (Maglay et al., 2006) je znázornený na obrázku 1.

1.3.4 Inžinierskogeologické pomery

Na základe regionálnej inžinierskogeologickej klasifikácie (Matula et al., 1965) je územie zatriedené do inžinierskogeologického regiónu **Neogénnych tektonických vkleslín**, oblasti vnútrokarpatských nížin: 74 – Podunajská nížina. V zmysle regionálnej inžinierskogeologickej klasifikácie hornín Slovenska (Matula – Pašek, 1986) vyčleňujeme v záujmovom území nasledovné litologické formácie:

- molasová formácia (výplň nížiny);
- formácia kvartérnych pokryvných útvarov.

V širšom okolí koridoru železnice sa vyskytujú nasledujúce inžinierskogeologické rajóny:

Rajón piesčito-štrkovitých sedimentov (Ng) – litologicky je tvorený prevažne štrkami a pieskami, často s ílovitou a siltovitou prímесou, ojedinele stmelenými. Predstavujú kolektor podzemnej vody, dotovaný prestupmi vôd z mezozoických a paleozoických komplexov malých Karpát, pričom hladina podzemnej vody býva zvyčajne napätá. Môže sa vyskytovať agresivita podzemnej vody. Ťažiteľnosť hornín v zmysle STN 73 3050 je 3 – 5;

Rajón kombinovaných súdržných a nesúdržných sedimentov (Nk) – litologicky je tvorený prevažne ílovcami, ílmi, pieskami, pieskovecami a zlepenkami v rozličnom vzájomnom pomere. Vrstvy ílov a ílovcov predstavujú plastický člen súvrstvia. Sú prestúpené systémom nepravidelných puklín, ktoré sa smerom do hĺbky utesňujú. Ílovce sú citlivé na zmeny vlhkosti, podliehajú rýchlemu rozpadu a zvetrávacím či eróznym procesom. Odľučnosť je tabulárna, lastúrovitá aj guľovitá. Vo tomto súvrství dochádza k charakteristickému selektívnemu zvetrávaniu, pri ktorom pieskovcové polohy odolávajú zvetrávaniu podstatne lepšie ako polohy ílovcov. Hladina podzemnej vody je zvyčajne napätá, v závislosti na zvrstvení priepustných a nepriepustných členov súvrstvia. Môže sa vyskytovať agresivita podzemnej vody. Ťažiteľnosť hornín v zmysle STN 73 3050 je 3 – 6;

Rajón ílovito-prachovitých sedimentov (Ni) – litologicky je tvorený prevažne ílovcami a ílmi, siltovcami a hlinami v rozličnom vzájomnom pomere. V skúmanom území predstavuje horniny martinského súvrstvia. Vrstvy ílov a ílovcov predstavujú plastický člen súvrstvia. Sú prestúpené systémom nepravidelných puklín, ktoré sa smerom do hĺbky utesňujú. Ílovce sú citlivé na zmeny vlhkosti, podliehajú rýchlemu rozpadu a zvetrávacím či eróznym procesom. Odľučnosť je tabulárna, lastúrovitá aj guľovitá. Hladina podzemnej vody je zvyčajne v hĺbke 5 – 10 m pod terénom, v závislosti na konfigurácii terénu a vzájomnom pomere jednotlivých litologických typov hornín. Môže sa vyskytovať agresivita podzemnej vody. Ťažiteľnosť hornín v zmysle STN 73 3050 je 3 – 6;

Rajón fluvialných údolných riečnych tokov (Fn) – ide o výplň údolných nív väčších tokov – v tomto prípade riečky Trnávka a jej prítokov. Prevažne sú charakteru dobre opracovaných štrkov piesčitých až štrkov ílovitých, s možnými polohami bahnitých a piesčitých sedimentov. Štrky sú zvyčajne uľahnuté až stredne uľahnuté. Povrchovú vrstvu tvorí náplavový silt (hлина), resp. íl až piesok. Hladina podzemnej vody je voľná, nachádza sa približne v polovici až dolnej časti štrkovej polohy. Hrúbka štrkových akumulácií dosahuje 1 – 10 m. Hrúbka pokryvných ílovitých zemín dosahuje 1 – 4 m. Trieda ťažiteľnosti v zmysle STN 73 3050 je 3 – 4. Ako násypový materiál sú vhodné až veľmi vhodné. Poskytujú veľmi dobré a dobré podložie pre vedenie líniových stavieb aj pozemné stavby. Povrchovú vrstvu náplavov je zvyčajne potrebné odstrániť alebo vhodným spôsobom upraviť;

Rajón eolických sprašových sedimentov (Es) a polygenetický komplex (Lp) – ide o akumulácie spraší a sprašových hĺn, ktoré tvoria prevažne pokryv plochých proluviálnych kužeľov a svahov terasových stupňov. Lokálne sú spraše degradované, prípadne ide o polygenetický deluviálno-eolický alebo fluviálno-eolický sediment. Hrúbka sedimentov dosahuje v skúmanej oblasti 2 – 10 m. Trieda ťažiteľnosti v zmysle STN 73 3050 je 3 – 4. Eolický komplex je silne náchylný na rozvoj geodynamických javov, najmä presadania a svahových pohybov. Vzhľadom na rizikovosť presadania (zmeny štruktúry vplyvom vody) sú tieto zeminy len podmienenčne vhodné na vedenie líniových stavieb.

Rajón proluviálnych sedimentov (P) – budujú ho prevažne hlinitiespiesčité a hlinité štrky, reziduálne silno zvetrané štrky. Zloženie opracovaných a poloopracovaných úlomkov je pestré (materiál Malých Karpát). Najstaršie prolúvia sú staropleistocénneho veku, najmladšie už kvartérne. Hladina podzemnej vody je závislá na morfolologickej pozícii, zvyčajne však v hĺbke 5 – 10 m pod terénom. Hrúbka komplexu dosahuje 2 – 4, pri väčších kužeľoch až 14 – 19 m. Trieda ťažiteľnosti v zmysle STN 73 3050 je 3 – 4. Proluviálne štrky predstavujú vhodné základové podmienky a sú vhodné i do násypov. Pri zvýšenom obsahu jemnozrnej frakcie môžu byť namrzavé až nebezpečne namrzavé;

Antropogénne sedimenty (An) – predstavujú komplex stavebných navážok (násypy ciest, železníc a podobne) a navážok komunálnych odpadov (prevažne divoké skládky heterogénneho zloženia). Hrúbka je premenlivá a nie je bližšie dokumentovaná. Pre stavebné účely sú prakticky využiteľné len staršie a skonsolidované násypy jestvujúcich ciest, železnice, protipovodňových hrádzí resp. staré zasypy vodných tokov. Úplne nepoužiteľné sú navážky komunálnych a stavebných odpadov, ktoré je potrebné v plnom rozsahu odstrániť.



Obrázok 1 Výrez z geologickej mapy Podunajskej nížiny 1 : 50 000 (Maglay et al., 2006)

1.3.5 Geodynamické javy

Najvýznamnejšími geodynamickými javmi, ktoré sa vyskytujú v širšom okolí železničnej trate Šelpice – Boleráz, sú:

- zvetrávanie;
- erózia a abrázia;
- akumulácia;
- presadanie spraší;
- zamokrenie územia;
- zemetrasenie a neotektonické pohyby;
- výskyt málo únosného podložia;
- svahové pohyby.

Zvetrávanie možno rozdeliť na plošné a hĺbkové. Plošnému zvetrávaniu je vystavené prakticky celé územie trasy. Jeho dosah je obmedzený, kvartérny pokryvný komplex čiastočne chráni hlbšie uložené podložné horninové masívy. Plošnému zvetrávaniu menej odolávajú hlavne plastické členy súvrství, teda ílovce, slieňovce a siltovce. Hĺbkové zvetrávanie je viazané najmä na tektonicky porušené horninové masívy s vysokým stupňom rozvolňenia, na priebežné otvorené pukliny a na oblasti s výraznejšou cirkuláciou podzemnej vody. V danej oblasti je charakteristické intenzívne zvetrávanie starších prolúviálnych štrkových komplexov;

Erózia je viazaná najmä na vodné toky a na obnažené územia bez vegetačného pokryvu (veterná erózia), tj. na poľnohospodársky obrábanom území alebo na miestach s aktuálnou výstavbou. Brehy nezregulovaných vodných tokov s narušeným vegetačným pokryvom sú vystavené bočnej i hĺbkovej erózii.

Abrázia sa vyskytuje v skúmanej oblasti len na brehoch vodnej nádrže Boleráz, kde je dostatočná voľná vodná plocha na rozvinutie vlnobitia. Hrádza VN Boleráz je ochránená kamenným opevnením;

Presadanie spraší je vzhľadom na pomerne rozsiahly výskyt spraší a sprašových hĺn veľmi rozvinutý geodynamický jav. Za hlavné spúšťače presadania spraší možno považovať vplyv vody, ďalej vplyv vibrácií, starých materiálových jám a tiež podzemných priestorov. Vzhľadom líniový charakter plánovanej stavby možno presadanie spraší považovať za jeden z hlavných geodynamických javov, ktorý bude stavbu ovplyvňovať;

Zamokrenie územia sa lokálne vyskytuje v terénnych depresiách s nepriepustným podkladom (ílovité fluválne sedimenty) a to hlavne v aluviálne nive potokov a v priekopách pozdĺž líniových dopravných stavieb so zanedbaným systémom odvodnenia;

Akumulácia sedimentov je viazaná pomalé vodné toky a nádrže, resp. na päty svahov. V skúmanom území nie je významnejšie rozvinutá;

Zemetrasenia v poslednej dobe neboli zaznamenané. Je preto predpoklad, že k nim môže dôjsť aj v súčasnosti, resp. v blízkej budúcnosti aktivizáciou niektorých z hlbokých zlomových porúch, ktorými je táto časť panónskej panvy (Podunajskej nížiny) rozčlenená. Pozdĺž uvedených zlomov sú jednotlivé horninové kryhy vertikálne posúvané, pričom **neotektonické pohyby** sú aktívne až v súčasnosti. Ich aktivita je však malá;

Výskyt málo únosného podložia je fenomén viazaný na jemnozmné zeminy v komplexe fluválnych náplavov. Ide prevažne o nasýtené piesčité resp. ílovité sedimenty, často v vysokom podiele organických prímiesí, ktoré predstavujú pozostatok výplne mŕtvych ramien alebo močiarov. Predstavujú problém pre stabilitu násypových telies a zakladanie stavieb.

1.3.6 Hydrogeologická charakteristika

Z hľadiska regionálneho hydrogeologického členenia miesto prieskumu sa nachádza v hydrogeologickom rajóne Q050 Kvartér Trnavskej pahorkatiny a hydrogeologickom rajóne N049 Neogén Trnavskej pahorkatiny. Oblasť v zmysle Rámcovej smernice EÚ 2000/60/ES o vodách patrí do útvaru podzemných vôd predkvartérnych hornín SK20010000P " Medzizrnové podzemné vody Podunajskej panvy a jej výbežkov oblasti povodia Váh " a tiež do útvaru podzemných vôd kvartérnych zemín SK1000300P " Medzizrnové podzemné vody kvartérnych náplavov Podunajskej panvy oblasti povodia Váh". Hlavným recipientom v hodnotenom území je riečka Trnávka. Podľa hydrogeologických pomerov možno podzemné vody v hodnotenom území priradiť k nasledovným hydrogeologickým celkom:

- podzemné vody terciéru,
- podzemné vody kvartéru.

Podzemné vody terciéru (neogénu)

Terciérne horniny sú zastúpené neogénnymi sedimentami výplne panónskej panvy. Sedimenty neogénu sú zastúpené pestrú škálou zemín, od štrkov a pieskov cez silty až po pestré íly až ílovce. Zvyčajne sú prekryté kvartérnymi komplexami. Podzemné vody do neogénnych sedimentov prestupujú z mezozoických a paleozoických horninových komplexov Malých Karpát. Podzemná voda má zvyčajne napätý charakter (je viazaná na priepustnejšie štrkové a pieskové polohy uzatvorené v relatívne nepriepustných ílových komplexoch) a vzniká niekoľko horizontov podzemných vôd.

Podzemné vody kvartéru

Najvhodnejšie podmienky pre akumuláciu podzemných vôd tvoria fluviálne a proluviálne štrkovité sedimenty či už aluviálnej nivy Trnávky a jej prítokov, alebo proluviálnych kužeľov. Zastúpené sú piesčitými štrkami s variabilným obsahom jemnozrnnej frakcie. Priepustnosť štrkových fluviálnych sedimentov je vysoká, pohybuje sa v rozsahu $k_f = n \cdot 10^{-4}$ až $n \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$. Hladina podzemnej vody je prevažne voľná a v údolnej nive je v hydraulickej spojitosti s hladinou vo vodnom toku. Generálny smer prúdenia podzemných vôd fluviálnych sedimentov aluviálnej nivy je v smere toku. Hydrogeologický celok proluviálnych sedimentov Trnavskej pahorkatiny je hydraulicky charakterizovaný strednou hodnotou prietochnosti $T = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a koeficientami filtrácie v intervale $8,0 \cdot 10^{-6}$ až $4,7 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$ so strednou hodnotou $k_f = 8,0 \cdot 10^{-1} \text{ m.s}^{-1}$.

1.3.7 Hydrologická charakteristika

Územie v okolí železničnej trate Šelpice – Boleráz je odvodňované riečkou Trnávka a jej prítokmi (potok Rakyta, potok Žľab). Trnávka pramení v Malých Karpatoch v nadmorskej výške cca 430 m n.m. Celková dĺžka vodného toku je 42 kilometrov. Z hľadiska odtokových pomerov má Trnávka dažďovo-snehový typ odtoku s maximami v jarných mesiacoch. Priemerný prietok v Trnave je cca 510 – 550 l.s^{-1} . V nasledujúcej tabuľke 4 sú pre ilustráciu uvedené priemerné mesačné prietoky na vodnom toku v meracom profile Buková. Iné bližšie informácie v tejto etape a podrobnosti prieskumu nie sú známe.

Tabuľka 4 Priemerné mesačné a extrémne prietoky ($m^3 \cdot s^{-1}$) na vodnom toku Trnávka (Buková)

Tok: Trnávka		Stanica: Buková					riečny kilometer 34,20						
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
Q_m 2005	0,033	0,065	0,140	0,067	0,044	0,026	0,029	0,043	0,029	0,018	0,027	0,043	0,047
Q_m 2006	0,095	0,103	0,178	0,229	0,148	0,123	0,124	0,070	0,027	0,050	0,081	0,054	0,107
	2005	2006											
Q_{max}	1,613	2,895											
Q_{min}	0,014	0,018											
Q _{max} 1969 - 2005 = 3,760				Q _{min} 1969 - 2005 = 0,000									

1.4 Seizmicita územia

Podľa STN EN 1998–1/NA Eurokód 8: Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť patrí predmetné územie do oblasti seizmického ohrozenia s priradeným špičkovým seizmickým zrýchlením $a_{gR} = 1,10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Podľa tabuľky 3.1. podlažie zaradzujeme do kategórie E. Pôdny profil pozostáva z vrstiev aluviálnej nivy s hodnotami v_s podlažia kategórie C, alebo D a hrúbky medzi 5 m až 20 m. Podlažie je tvorené neogénnymi sedimentami, prevažne ílmi a pieskami s polohami štrkov, menej sa vyskytujú stmelené zeminy charakteru ílovcov až zlepenčov. V zmysle staršej (už neplatnej) normy STN 73 0036 sa skúmaná oblasť nachádza v oblasti maximálnej pozorovanej seizmickej intenzity 6 - 8° makroseizmickej intenzity MSK–64.

1.5 Legislatívna ochrana územia

Územie navrhovanej činnosti nie je súčasťou územia Natura 2000, ani veľkoplošných či maloplošných chránených území so stupňom ochrany podľa zákona NR SR č. 287/1994 Z. z. o ochrane prírody a krajiny.

1.6 Znečistenie horninového prostredia

Podľa mapového registra na www.enviroportal.sk sa v širšom okolí nachádzajú registrované environmentálne záťaž. Záťaž sú podrobne charakterizované v nasledujúcej tabuľke 5.

Tabuľka 5 Charakteristika environmentálnych záťaží v skúmanom území

Charakteristika environmentálnych záťaží			
Identifikátor	SK/EZ/TT/981	SK/EZ/TT/1584	SK/EZ/TT/1892
Názov EZ	TT (007) / Smolenice – Areál Chemolak a.s.	TT (005) / Trstín – ČS PHM	TT (1892) / Boleráz – skládka komunálneho odpadu
Názov lokality	Areál Chemolak a.s.	Čerpacia stanica PHM	Skládka komunálneho odpadu
Druh činnosti	Chemická výroba	Skladovanie a distribúcia tovarov	Zariadenie na nakladanie s odpadmi
Stupeň priority	EZ so strednou prioritou (K = 64)	Sanovaná záťaž	EZ so strednou prioritou (K = 51)
Registrovaná ako	B Potvrdená EZ	C Sanovaná/rekultivovaná lokalita	B Potvrdená EZ
Vzdialenosť od činnosti	V mieste navrhovanej činnosti	V mieste lokality	V mieste navrhovanej činnosti

Podľa registra skládok odpadov na www.geology.sk sa v blízkosti skúmanej lokality (železničnej trate Šelpice – Boleráz) nachádzajú skládky odpadov, prehľad a charakteristika

skládok je uvedená v tabuľke 6. Prehľad registrovaných skládok je na obrázku 2 spolu s vyznačením ložiskových území.

Tabuľka 6 Charakteristika skládok odpadov

Charakteristika skládok				
Objekt ID	898	621	619	614
Registračné číslo	227	214	231	208
Miestny názov	Šelpice	Klčovany	Boleráz	Boleráz
Reliéf skládky	striedanie elevačných a depresných tvarov, nadúrovňová	striedanie elevačných a depresných tvarov, nadúrovňová	striedanie elevačných a depresných tvarov, nadúrovňová	splanírovaný (konformný s okolitým terénom), nadúrovňová
Stav skládky	opustená skládka bez prekrytia (nelegálna skládka)	opustená skládka bez prekrytia (nelegálna skládka)	odvezená	odvezená
Návrh využitia	rekultivácia	likvidácia	-	-

Hodnotené územie je súčasť železničnej infraštruktúry s vplyvom okolitých priemyselných resp. poľnohospodárskych prevádzok. Rozhodujúci vplyv na znečistenie horninového prostredia má najmä jestvujúca železničná trať, areál železničných staníc a vlečiek. Znečistenie horninového prostredia antropogénnymi zásahmi možno rozdeliť nasledovne:

- znečistenie ropnými látkami – ide najmä o znečistenie štrkového lôžka a železničného spodku resp. okrajov ciest, prípadne hlbšie horizonty v zóne rozkvyu hladiny podzemnej vody;
- fekálne znečistenie – znečistenie železničného zvršku, znečistenie zemín v miestach porušenej kanalizácie, v miestach trativodov a netesných žúmp, v miestach netesných hnojísk a podobne;
- chemické znečistenie – prevažne v miestach jestvujúcich alebo uzatvorených priemyselných prevádzok, v oblastiach s nadmerným používaním poľnohospodárskych hnojív a podobne.

1.7 Žiarenie z prírodných zdrojov a radónové riziko

Podľa Mapy prírodnej rádioaktivity patrí územie železničnej trate do oblasti s nízkym až stredným radónovým rizikom. V tabuľke 7 sú uvedené stupne radónového rizika a rozsahy hodnôt objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu.

Tabuľka 7 Radónové riziko z geologického podložia

Radónové riziko	Objemová aktivita ²²² Rn v pôdnom vzduchu (kBq.m ⁻³) v základových pôdach podľa plynopriepustnosti zemín		
	malá	stredná	stredná
nízke	< 30	< 20	< 10
stredné	30 -100	20 -70	10 - 30
vysoké	> 100	> 70	> 30

1.8 Ložiská nerastných surovín

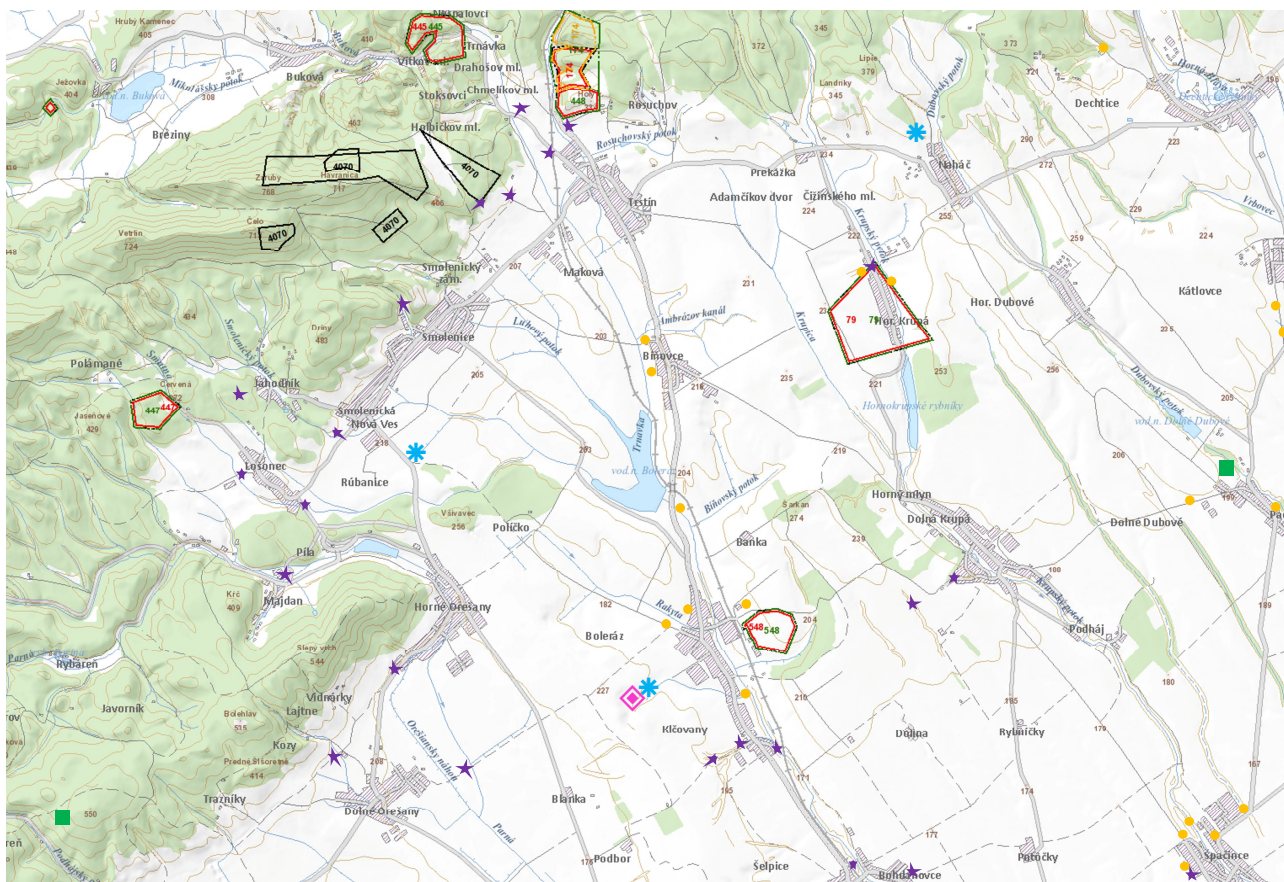
V širšom okolí skúmanej lokality sa vyskytujú ložiská vyhradených i nevyhradených nerastov. Ložiská výhradných nerastov s dobývacím priestorom a chráneným ložiskovým územím

sú uvedené v prehľadnej tabuľke 8 a ložiská nevyhradených nerastov sú spracované v tabuľke 9. Zázornenie polohy ložiskových území je na obrázku 2.

Tabuľka 8 *Výhradné ložiská s dobývacím priestorom a chránené ložiskové územie (www.geology.sk)*

Identifik. číslo	Názov ložiska	Organizácia	Surovina	kataster	kraj
173	Plavecký Peter	neurčená	stavebný kameň dolomitický vápenec	Plavecký Peter	Trnavský
447	Lošonec	ALAS SLOVAKIA s.r.o. Bratislava	stavebný kameň melafýr	Lošonec	Trnavský
548	Boleráz	W-ST spol. s.r.o. Zlaté Moravce	Tehliarske suroviny	Boleráz	Trnavský
79	Horná Krupá	COMAG s.r.o. Bratislava	Zemný plyn	Horná Krupá	Trnavský
448	Trstín	ALAS SLOVAKIA s.r.o. Bratislava	stavebný kameň dolomit	Trstín	Trnavský
174	Trstín I	ALAS SLOVAKIA s.r.o. Bratislava	stavebný kameň dolomit	Trstín	Trnavský
445	Buková	VKP s.r.o. Buková	stavebný kameň dolomit	Buková	Trnavský

Poznámka – červeným podfarbené sú ložiská so zastavenou ťažbou



Obrázok 2 *Mapa ložiskových území a registrovaných skládok odpadov*

Legenda : ● - odvezená skládka, ★ - opustená skládka bez prekrytia, ▲ - prevádzkovaná skládka,
* - skládka s ukončenou prevádzkou, ◆ - skládka uzatvorená a rekultivovaná podľa projektovej
dokumentácie, ■ - upravená skládka

Tabuľka 9 Ložiská nevyhradených nerastov (www.geology.sk)

Identifik. číslo	Názov ložiska	Organizácia	Surovina	kataster	kraj
4070	Smolenice	ŠGÚDŠ Bratislava	stavebný kameň vápenec	Smolenice	Trnavský

Poznámka – červeným podfarbené sú ložiská so zastavenou ťažbou

1.10 Doterajšia preskúmanosť územia

Geologické pomery územia v okolí Vrútok sú komplexne spracované v regionálnych geologických mapách:

- Atlas inžinierskogeologických máp M 1 : 200 000, list Trnava (Matula a kol., 1989)
- Základná hydrogeologická mapa M 1 : 200 000, list Trnava (Hanzel a kol., 1974).
- Geologická mapa Podunajskej nížiny – Trnavská tabuľa M 1 : 50 000, (Maglay et al., 2006).

Širšie okolie železničnej trate bolo v minulosti preskúmané v rámci prípravy viacerých investícií. Z najdôležitejších možno spomenúť nasledovné:

- Cempírek, J. – Sedlmajer, K.: Šelpice – deponovací koleje ŽOS Trnava. Podrobný inžinierskogeologický prieskum. Státní ústav dopravního projektování, Pardubice, 1978. GEOFOND 43181;
- Horváth, V.: Boleráz – AMYLUM Slovakia spol. s r.o., skladovacie zásobníky, inžinierskogeologický prieskum. GEOTREND – RNDr. V. Horváth, Nitra, 2006, GEOFOND 86330;
- Laurenčík, J. – Janták, V.: IGP – Boleráz – výrobná hala, podrobný inžinierskogeologický prieskum. GEOspol. s r.o., Nitra, 2009, GEOFOND 89613;
- Pavlech, J.: Šelpice – sklad hotových výrobkov fy ELASIK. Jednostupňový inžinierskogeologický prieskum. Stavby a sanácie, s.r.o., Trnava, 2010. GEOFOND 90970;
- Pokorný, M.: Bohdanovce nad Trnavou, kanalizácia ČOV. Inžinierskogeologický jednostupňový prieskum. GEOS, Trnava, 1993. GEOFOND 78539;
- Slávik, F.: Boleráz – miestna časť Klčovany, stavba bytovky 8 b.j. Podrobný inžinierskogeologický prieskum. GEOPRIESKUM – Slávik, Trnava, 2008. GEOFOND 88812;
- Šošsko, A.: G.O. štátnej cesty I/51 v úseku Boleráz - Trnava v km 115,200-125,900, inžinierskogeologický prieskum. Dopravoprojekt n.p. , Bratislava, 1967. GEOFOND 18230;
- Šustek, M.: Cesta I/51 Boleráz, podrobný inžinierskogeologický prieskum. IPOS s.r.o., Banská Bystrica, 2006. GEOFOND 86726.

Dokumentácia vyššie uvedených a prevzatých archívnych prieskumných diel je spracovaná v samostatnej prílohe 3.2.

1.11 Rozsah a metodika prieskumných prác

Po spresnení požiadaviek zo strany obstarávateľa prieskumu spoločnosti REMING CONSULT a.s. Bratislava bola navrhnutá metodika prieskumných prác, ktorá bola základom projektu geologickej úlohy. Navrhovanú metodiku prieskumných prác možno stručne

zosumarizovať nasledovne:

- realizácia inžinierskogeologických vrtov;
- realizácia dynamických penetračných skúšok;
- realizácia kopaných sond pre statické zaťažovacie skúšky;
- realizácia statických zaťažovacích skúšok a skúšok LDD;
- realizácia kopaných sond pre odber vzoriek koľajového kameniva;
- odber vzoriek pre mechaniku zemín a ekologické hodnotenie;
- laboratórne práce mechaniky zemín a laboratória chémie vôd a zemín;
- geodetické práce;
- geologické práce.

Navrhovaný rozsah prác v zmysle schváleného projektu geologickej úlohy bol nasledovný:

Technické prieskumné práce:

• inžinierskogeologické vrtý	48 m (6 - 8 ks)
• dynamická penetračná sonda	70 m (20 ks)
• dynamická zaťažovacia skúška	20 ks
• statická zaťažovacia skúška	20 ks
• kopané sondy ZS	20 ks
• kopané sondy EKO	25 ks

Vzorkovacie práce:

• odber porušených a technologických vzoriek	25 ks
• odber neporušených vzoriek	20 ks
• odber ekologickej vzorky (A + B)	25 ks
• odber vzorky podzemnej vody	4 ks
• odber zeminy na výluh	4 ks

Laboratórne práce mechaniky zemín:

• neporušená vzorka zeminy	20 ks
• porušená vzorka zeminy	25 ks
• obsah organických látok	20 ks
• stlačiteľnosť s rekonsolidáciou	6 ks
• Proctor Standard	5 ks
• CBR	5 ks
• Krabicová šmyková skúška	1 ks
• Obsah uhličitánov	30 ks

Laboratórne práce chémie vôd a zemín:

• Granulometria jednoduchkej vzorky + petrografia	25 ks
• Spracovanie jednoduchkej vzorky – váženie a homogenizácia	25 ks
• Základný fyzikálno-chemický rozbor + agresivita	4 ks
• Stanovenie vlastností zemín (kyslosť, chloridy a sírany)	4 ks
• Ekologické hodnotenie kameniva MP18/1999 – šíra trať	5 ks

Geodetické práce:

• Vytýčenie prieskumných diel, výškové a polohopisné zameranie prieskumného diela	74 ks
-----------------------------------------------------------------------------------	-------

1.11.1 Jadrové vrty a kopané sondy

Vrtné práce v rámci podrobného prieskumu mali za cieľ spresniť informácie o celkovej geologickej stavbe územia a hlavne slúžia ako kalibračné prieskumné diela pre vyhodnocovanie ostatných geotechnických skúšok, napríklad sond dynamickej penetrácie. V rámci projektu geologickej úlohy sa počítalo s realizáciou 8 ks jadrových vrtov do hĺbky maximálne 8 m s celkovou metrážou 48 m. V skutočnosti bolo pre neprístupnosť terénu realizovaných len 7 ks jadrových vrtov s celkovou metrážou 48,6 m. Jeden vrt nebolo možné realizovať pre neprístupnosť terénu pre vrtnú techniku.

Tabuľka 10 Prehľad realizovaných vrtných prác

Názov vrtu	Hĺbka (m)		Staničenie (žkm)	Poznámka
	plánovaná	skutočná		
ŠEB-01	6,0	7,0	9,919	
ŠEB-02	6,0	7,0	10,285	
ŠEB-03	6,0	7,0	11,468	
ŠEB-04	6,0	7,0	12,208	
ŠEB-05	6,0	7,0	12,962	
ŠEB-06	6,0	6,0	13,469	
ŠEB-07	6,0	7,6	14,395	Odsunutý z osi koľaje kvôli sieťam
ŠEB-08	6,0	0,0	-	Nerealizovaný
Spolu (ks)	8	7		
Spolu (m)	48,0	48,6		

Vrtné práce realizoval vrtmajster Róbert Šustek pomocou súpravy UGB 50 M na podvozku GAZ v dňoch 24. – 26. 9. 2018. Počas prác boli vrty priebežne geologicky dokumentované, bola realizovaná fotodokumentácia, odbery vzoriek zemín aj podzemných vôd. Zároveň bola vysledovaná narazená a ustálená hladina podzemnej vody. Vrty boli zlikvidované spätným zásypom a okolie vrtov bolo upravené do pôvodného stavu. Prehľad realizovaných vrtov je spracovaný v tabuľke 10. Geologická dokumentácia a fotodokumentácia vrtov je spracovaná v samostatnej prílohe 3.1.

Kopané sondy boli realizované v zmysle Metodického pokynu MDPT 18/1999. Sondy v koľajisku pre odber vzoriek koľajového kameniva boli kopané ručne do hĺbky 0,5 m pod spodnú hranu podvalu, po odobratí vzorky boli spätne zasypané. Navrhnutých bolo 25 ks kopaných sond. V skutočnosti bolo vykpaných 22 sond.

Kopané sondy pre zaťažovacie skúšky boli realizované počas geotechnického prieskumu podvalového podlažia na vybraných miestach železničnej trate, pričom vzhľadom na použitú koľajovú techniku (SVP-74) boli práce realizované počas napäťovej aj koľajovej výluky trate. Sondy boli využité pre odber vzoriek pre laboratórne práce mechaniky zemín, pre zistenie konštrukčných vrstiev železničného zvršku a pre realizáciu statických zaťažovacích skúšok kruhovou doskou resp. pre skúšku dynamickou doskou LDD. Po odbere vzoriek, realizácii skúšok a geologickej dokumentácii boli sondy zahrabané a podvaly spätne ručne podbité. Navrhnutých aj realizovaných bolo 20 ks kopaných sond.

1.11.2 Statická a dynamická zaťažovacia skúška doskou

Statické a dynamické zaťažovacie skúšky pre overenie deformačnej odolnosti zemnej pláne resp. pláne železničného spodku boli realizované v pripravených kopaných sondách v zmysle predpisu S-4 ŽSR a podľa STN 72 1006, s to v úrovni predpokladanej budúcej zemnej pláne, resp. pláne železničného spodku. Navrhovaných bolo realizovať 20 ks statických zaťažovacích skúšok kruhovou doskou 300 mm. Okrem toho na rovnakom mieste boli po ukončení statickej zaťažovacej skúšky realizované aj doplnkové merania ľahkou dynamickou doskou priemeru 300 mm (LDD). Výsledky statických a dynamických zaťažovacích skúšok sú spracované v samostatných prílohách. Prehľad výsledkov realizovaných skúšok je spracovaný v nasledovnej tabuľke 11.

Tabuľka 11 Prehľad realizovaných statických zaťažovacích skúšok a skúšok LDD

Skúška	Dátum realizácie	žkm	Hĺbka * (m)	Trieda zeminy STN 72 1001	Modul E_{def} (MPa)	Opravný súčiniteľ z	Poisson. číslo	Modul E_{or} (MPa)	Dynam. modul M_{vd} (MPa)
ZSŠ-01	24.9.2018	10,101	0,38	F6/CI	14,5	0,70	0,40	10,16	16,36
ZSŠ-02	24.9.2018	10,397	0,39	F2/CG	9,0	0,80	0,35	7,20	15,08
ZSŠ-03	24.9.2018	10,704	0,39	G3/G-F	11,0	0,95	0,25	10,45	24,90
ZSŠ-04	24.9.2018	10,895	0,35	F4/CS	20,3	0,80	0,35	16,22	22,58
ZSŠ-05	25.9.2018	11,098	0,40	F2/CG	29,6	0,80	0,35	23,68	36,47
ZSŠ-06	25.9.2018	11,297	0,48	F6/CI	6,9	0,70	0,40	4,85	9,71
ZSŠ-07	25.9.2018	11,498	0,49	F8/CH	7,6	0,60	0,42	4,58	12,87
ZSŠ-08	25.9.2018	11,697	0,57	F2/CG	23,3	0,80	0,35	18,65	29,80
ZSŠ-09	25.9.2018	11,905	0,45	F2/CG	30,4	0,80	0,35	24,32	28,79
ZSŠ-10	25.9.2018	12,101	0,60	G3/G-F	54,9	0,95	0,25	52,13	58,40
ZSŠ-11	26.9.2018	12,289	0,49	F6/CI	13,8	0,70	0,40	9,69	14,79
ZSŠ-12	26.9.2018	12,500	0,40	F6/CI	11,6	0,70	0,40	8,14	11,99
ZSŠ-13	26.9.2018	12,700	0,56	F6/CI	16,3	0,60	0,40	9,78	18,46
ZSŠ-14	26.9.2018	12,898	0,48	G3/G-F	28,3	0,95	0,25	26,89	32,52
ZSŠ-15	26.9.2018	13,098	0,59	F6/CI	11,4	0,70	0,40	7,97	11,03
ZSŠ-16	28.9.2018	13,302	0,51	F6/CI	13,5	0,70	0,40	9,46	12,60
ZSŠ-17	28.9.2018	13,528	0,48	F6/CI	18,0	0,60	0,40	10,80	16,89
ZSŠ-18	28.9.2018	13,698	0,46	F6/CI	36,6	0,60	0,40	21,95	39,29
ZSŠ-19	28.9.2018	13,898	0,62	G3/G-F	53,6	0,95	0,25	50,89	71,48
ZSŠ-20	28.9.2018	14,199	0,60	F6/CI	19,6	0,70	0,40	13,70	15,58

* pod spodnou hranou podvalu

1.11.3 Sondy dynamickej penetrácie

Sondy dynamickej penetrácie boli realizované v osi koľaje na staničeniach totožných s miestami statických zaťažovacích skúšok. Hĺbka sond bola zvolená počas skúšania podľa miestnych pomerov od 2 do 5 m tak, aby výsledky vhodne dopĺňali iné geotechnické skúšky. Celkovo bolo navrhnutých realizovať 70 m dynamickej penetrácie, v skutočnosti bolo realizovaných 70 m. Realizácia a vyhodnotenie skúšok dynamickej penetrácie bolo v zmysle STN EN ISO 22476-2. Detailné vyhodnotenie priebehov dynamických penetračných skúšok je spracované v samostatnej prílohe 5.1. Prehľad vykonaných sond a hodnoty odvodeného deformačného modulu E_{DPS} z úrovne 0,6 – 1,5 0 je v nasledujúcej tabuľke 12.

Tabuľka 12 Prehľad realizovaných sond dynamickej penetrácie

Skúška	Dátum realizácie	žkm	Hĺbka (m)	Odvođený modul pretvárnosti E_{DPS} z hĺbky 0,6 – 1,5 m (MPa)	
ŠDPS-01	24.9.2018	10,101	3,0	5,73	
ŠDPS -02	24.9.2018	10,397	4,0	8,31	
ŠDPS -03	24.9.2018	10,704	4,0	6,52	
ŠDPS -04	24.9.2018	10,895	3,0	4,29	
ŠDPS -05	25.9.2018	11,098	3,0	15,28	
ŠDPS -06	25.9.2018	11,297	3,0	4,97	
ŠDPS -07	25.9.2018	11,498	5,0	6,57	
ŠDPS -08	25.9.2018	11,697	4,0	5,38	
ŠDPS -09	25.9.2018	11,905	5,0	13,97	
ŠDPS -10	25.9.2018	12,101	5,0	10,71	
ŠDPS -11	26.9.2018	12,289	3,0	4,54	
ŠDPS -12	26.9.2018	12,500	2,0	6,31	
ŠDPS -13	26.9.2018	12,700	3,0	10,73	
ŠDPS -14	26.9.2018	12,898	4,0	7,04	
ŠDPS -15	26.9.2018	13,098	4,0	5,10	
ŠDPS -16	28.9.2018	13,302	3,0	15,68	
ŠDPS -17	28.9.2018	13,528	2,0	8,91	
ŠDPS -18	28.9.2018	13,698	3,0	9,81	
ŠDPS -19	28.9.2018	13,898	4,0	14,06	
ŠDPS -20	28.9.2018	14,199	3,0	6,66	
Spolu (ks)			20		
Spolu (m)			70,0		

1.11.4 Laboratórne práce mechaniky zemín, chémie vôd a zemín

Z prieskumných vrtov aj kopaných sond boli odoberané charakteristické vzorky zemín a podzemnej vody pre realizáciu laboratórnych rozborov. Odoberaté vzorky zemín boli dopravené a spracované v akreditovanom laboratóriu mechaniky zemín spoločnosti INGEO-ENVILAB s.r.o. Prehľad počtu plánovaných a skutočne odoberatých vzoriek je spracovaný v tabuľke 13.

Tabuľka 13 Prehľad odberov vzoriek

Typ vzorky	Počet vzoriek		Poznámka
	Plánovaný	Skutočný	
Porušená	20	20	
Neporušená	20	20	
Technologická	5	5	
Výluh	4	4	
Vzorka vody	4	4	
Jednoduchá ekologická vzorka B	25	22	

Na odoberatých vzorkách zemín boli v akreditovanom laboratóriu mechaniky zemín realizované geotechnické skúšky podľa tabuľky 14.

Pre stanovenie základných fyzikálno-chemických parametrov a agresivity podzemnej vody a podložia na betónové a ocelové konštrukcie boli z prieskumných vrtov odoberaté 4 vzorky

podzemnej vody a 4 vzorky zeminy na výluhy. Výsledky hydrochemických analýz sú spracované v samostatnej prílohe 4.2.

Z kopaných sond bolo odobratých 22 ks vzoriek koľajového kameniva na stanovenie jeho znečistenia a posúdenie jeho využiteľnosti podľa MP 18/99. Chemické analýzy boli realizované v akreditovanom laboratóriu chémie vôd a zemín INGEO-ENVILAB s.r.o. a sú spracované v samostatnej prílohe 6.

Tabuľka 14 Prehľad realizovaných skúšok mechaniky zemín

Typ skúšky	Počet vzoriek		Poznámka
	Plánovaný	Skutočný	
Porušená vzorka granulometria	20	20	
Neporušená vzorka granulometria	20	20	
Technologická vzorka granulometria	5	5	
Obsah organických látok	20	20	
Obsah uhličitanov	25	30	
Stlačiteľnosť s rekonsolidáciou	6	5	
Proctor standard	5	5	
CBR	5	5	
Krabicová šmyková skúška	1	1	
Granulometria pre EKO	25	22	
Petrografia EKO	25	22	

1.11.5 Meračské práce

Prieskumné vrty, sondy dynamickej penetrácie i kopané sondy boli polohopisne (v systéme S-JTSK 03) i výškopisne (v systéme Bpv) zamerané. Meračské práce vykonali pracovníci spoločnosti GEOSMART s.r.o. Žilina pod vedením Ing. Ondreja Baránka. Zoznam zameraných prieskumných diel je spracovaný v kapitole 2.7.

1.11.6 Práce geologickej služby

Súčasťou geologických prác bolo vypracovanie Projektu geologickej úlohy, sled a riadenie terénnych technických prác, zabezpečovanie vstupov a vyjadrení k podzemným sieťam, dokumentácia prieskumných diel, vyhodnotenie dynamických penetračných skúšok, statických a dynamických zaťažovacích skúšok, vypracovanie geotechnického profilu železničnou traťou i schematických geologických rezov. Náplňou prác bolo ďalej zhodnotenie geotechnických a inžinierskogeologických pomerov v trase železnice, hydrogeologických hydrogeochemických pomerov a ekologické zhodnotenie koľajového kameniva.

Súčasťou geologických prác bolo zároveň vypracovanie záverečnej správy vrátane všetkých grafických a textových príloh v nasledovnom rozsahu:

Príloha 1 **Prehľadná situácia územia M 1: 100 000**

Príloha 2 **Situácia prieskumných diel M 1: 1000**

Príloha 3 **Geologická dokumentácia**

Príloha 3.1 Geologická dokumentácia a fotodokumentácia vrto

Príloha 3.2 Dokumentácia archívnych diel

Príloha 4 **Výsledky laboratórnych analýz**

Príloha 4.1 Výsledky laboratórnych skúšok mechaniky zemín

Príloha 4.2 Výsledky laboratórných analýz chémie vôd a zemín

Príloha 5 Terénne skúšky

Príloha 5.1 Sondy dynamickej penetrácie

Príloha 5.2 Statické zaťažovacie skúšky

Príloha 5.3 Dynamické zaťažovacie skúšky

Príloha 6 Ekologické hodnotenie koľajového kameniva

Príloha 6.1 Protokol o odbere a príprave vzoriek

Príloha 6.2 Výsledky laboratórných skúšok z mechaniky zemín kameniva a petrografického rozboru kameniva

Príloha 6.3 Výsledky laboratórných rozborov chémie zemín - kameniva, protokoly o skúške

Príloha 7 Schematický inžinierskogeologický a geotechnický profil

Príloha 7.1 Schematický IG a GT profil v žkm 9,900 – 11,300

Príloha 7.2 Schematický IG a GT profil v žkm 11,300 – 12,700

Príloha 7.3 Schematický IG a GT profil v žkm 12,700 – 14,400

2 PODROBNÁ ČASŤ

2.1 Inžinierskogeologické a geotechnické hodnotenie zemín

Na území, ktorým prechádza železničná trať v úseku Šelpice – Boleráz, sa nachádza niekoľko genetických komplexov zemín. Vzhľadom na ich značnú podobnosť ako aj na nemožnosť detailného rozlíšenia genézy pri danom rozsahu a charaktere prieskumných prác je potrebné generalizovať geotechnické a inžinierskogeologické vlastnosti do väčších celkov.

Najrozsiahlejšími zeminovými komplexami sú: fluviálny komplex, polygenetický a sprašový komplex pokryvu terás a proluviálnych kužeľov, antropogénny komplex a komplex deluviálny. V ich podloží sa nachádza rozsiahly komplex zemín neogénu.

2.1.1 Kvartér

Kvartérne zeminy sú v hodnotenom území zastúpené viacerými genetickými typmi pričom plošne najrozsiahlejším sa javí komplex pokryvu terasových stupňov resp. proluviálnych kužeľov a komplex fluviálny. Okrem týchto dvoch rozsiahlych komplexov sa vyskytuje i komplex deluviálny, proluviálny a antropogénny. Vzhľadom na oblasť a predmet prieskumu a historický vývoj využitia územia na prevádzku železničnej trate a činnosti s tým súvisiace je antropogénny komplex významný, i keď dokumentovaná hrúbka nie je rovnomerná. V jeho podloží sa nachádzajú už spomenuté zeminy fluviálne, polygenetické, resp. okrajovo zeminy proluviálne a deluviálne.

2.1.1.1 Antropogénne sedimenty

Predstavujú bezprostredné podvalové podložie na celom úseku železničnej trate. V prevažnej miere ide o koľajové kamenivo a redeponované lokálne zeminy fluviálneho a polygenetického (eolicko-deluviálneho) pôvodu z ktorých je budované teleso násypu. Tieto zeminy boli v prevažnej miere aj skúšané počas statických zaťažovacích skúšok.

Koľajové kamenivo tvorí prevažne hrubá štrkodrva frakcie 32 – 64 mm, pričom táto je viac či menej znečistená jemnozrnnými a piesčitými prímiesami, ale aj drobnejšou štrkovou frakciou. Kamenivo možno v zmysle klasifikačných noriem hodnotiť ako štrk zle zrnený (G2/GPY), lokálne ako štrk s prímiesou jemnozrnnnej zeminy až štrk ílovitý (G3/G-FY, G5/GCY). Vzhľadom na málo únosnú zemnú pláň sa pod vrstvou koľajového kameniva zvyčajne nachádza i pomerne tenká vyrovnávacia vrstva riečneho štrkopiesku (G3/G-FY) alebo aj štrkodrvy frakcie 0 – 16 mm. Koľajový zvršok má hrúbku 0,3 až 0,7 m, prevažne cca 0,5 m, pričom materiál je kyprý až veľmi uľahnutý ($I_D = 0,24 - 1,00$) prevažne však stredne uľahnutý. Zo sond dynamickej penetrácie bol stanovený odvodený modul v rozmedzí $E_{DPS} = 28,55 - 155,70$ MPa v priemere $E_{DPS} = 70$ MPa.

Pod týmito konštrukčnými vrstvami sa v celom hodnotenom úseku trate nachádza pôvodný terén, alebo teleso násypu, ktorý tvoria redeponované miestne zeminy pôvodne fluviálneho a polygenetického pôvodu. Ide prevažne o jemnozrnné zeminy rozličného stupňa plasticity a obsahu piesčitej prímеси (F4/CSY, F6/CLY, F6/CIY, F8/CHY, F3/MSY, F5/MLY, F5/MIY, F7/MHY). Íly sú mäkkej až pevnej konzistencie ($I_C = 0,34 - 1,34$), prevažne však tuhej konzistencie. Zo sond dynamickej penetrácie bol stanovený odvodený modul pretvárnosti v rozmedzí $E_{DPS} = 3,60 - 17,24$ MPa v priemere $E_{DPS} = 8,5$ MPa.

Koeficient filtrácie antropogénnych zemín vypočítaný z kriviek zrnitosti je $k_f = 7,70 \cdot 10^{-10} - 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$, v priemere $k_f = 1,18 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ predstavuje pre tieto jemnozrnné zeminy triedu priepustnosti **VII** – podľa Jetela, čo znamená, že horninové prostredie je **veľmi slabo priepustné**.

2.1.1.2 Fluviálne sedimenty

Sú v predmetnom území pomerne hojne zastúpeným inžinierskogeologickým typom zemín. Železničná trať vedie aluviálnou nivou potoka Trnávka. Pokryv územia (pod navážkami) tvoria náplavové prevažne jemnozrnné a piesčité sedimenty, pod ktorými sa nachádzajú štrkové sedimenty korytovej fácie. Vzhľadom na historický vývoj a celkovo pomerne nepriepustné podložie v skúmanom území, možno vo fluviálnom komplexe očakávať aj zeminy bohaté na organické zložky - pochované sedimenty mŕtvych ramien resp. močarísk.

A) Štrky korytovej fácie tvoria výplň aluviálnej nivy potoka Trnávka. V prevažnej miere ide skôr o preplavený materiál zo starších proluviálnych a fluviálnych komplexov, čomu zodpovedá aj drobnejšia frakcia štrkov s ojedinelým zastúpením väčších valúnov. Valúnový materiál je prevažne pestrého petrografického zloženia, tvorený prevažne granitoidmi, kremencami, pieskovecami, vápencami a melafýrmi (prevažne z pohoria Malé Karpaty). Hrúbka štrkovej akumulácie v skúmanej lokalite dosahuje 1 - 5 m, pričom rozhranie medzi nadložnými náplavovými sedimentami alebo podložnými neogénnymi komplexmi nie je pravidelné. Na okraji aluviálnej nivy štrková formácia postupne vykliňuje. Na skúmanom úseku tvoria tieto zeminy podložie trate od začiatku úseku po cca žkm 19,200.

Štrky boli overené sondami dynamickej penetrácie ŠDPS – 02, ŠDPS – 03 a ŠDPS – 07. Štrky sú prevažne stredne uľahnuté $I_D = 0,37 - 0,90$ s odvodeným modulom pretvárnosti $E_{DPS} = 51,70 - 81,70 \text{ MPa}$ v priemere $E_{DPS} = 64 \text{ MPa}$. Skúšky dynamickej penetrácie zároveň preukázali, že komplex štrkov je prevažne stredne uľahnutý až veľmi uľahnutý ($I_D = 0,37 - 0,90$).

Najrozsiahlšie zastúpenie v celom záujmovom území majú štrky s prímiesou jemnozrnnnej zeminy (G3/G-F). V prechodových častiach na rozhraní s náplavovým komplexom alebo naopak s podložným neogénnym komplexom sa nachádzajú štrky ílovité až íly štrkovité resp. siltovité (G5/GC, G4/GM, F2/CG, F1/MG), ich hrúbka v danej lokalite však nie je veľká a vrstvu možno prakticky zanedbať.

Štrkové valúny prevažne dokonale opracované, guľovitého, šošovkovitého alebo vajcovitého tvaru, hladké, vzhľadom k petrografickému zloženiu zvyčajne zdravé až navetrané (vysoká odolnosť kremeňa resp. kremenca), s prevládajúcou veľkosťou do 1 - 5 cm, menej sa vyskytuje kamenitá frakcia ($cb = 0 - 11,4$). Výplňový íl je prevažne piesčitý, nízkej plasticity, pričom zastúpenie ílovitej a prachovitej frakcie ($f = 12,4 - 33,1 \%$) vyjadruje nízky až stredný stupeň znečistenia. Obsah piesčitej frakcie ($s = 15,9 - 26,0 \%$) a štrkovej frakcie ($g = 33,2 - 71,7 \%$) predstavuje skeletotvornú časť fluviálnych sedimentov. Ojedinele sa môžu vyskytovať v štrkoch riečneho dna aj organické prímеси (overený obsah do 0,7 %).

Koeficient filtrácie vypočítaný z kriviek zrnitosti $k_f = 2,00 \cdot 10^{-6} - 1,94 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$, v priemere $k_f = 5,02 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$ predstavuje pre tieto jemnozrnné zeminy triedu priepustnosti **IV** – podľa Jetela, čo znamená, že horninové prostredie je **mierne priepustné**.

Prehľad geotechnických parametrov fluviálnych štrkov je v tabuľke 15. Namŕzavosť a vhodnosť fluviálnych sedimentov pre použitie do násypového telesa a podložia vozoviek podľa STN 73 6133 sú uvedené v tabuľke 22.

B) Náplavové sedimenty tvoria prevažne sily a íly strednej až vysokej plasticity (F6/Cl, F8/CH), menej sa vyskytujú íly a sily piesčité (F3/MS - F4/CS), lokálne boli zistené v náplavovom komplexe i íly veľmi vysokoplastické (F8/CV). Veľmi ojedinele boli makroskopicky identifikované piesčitejšie zeminy charakteru pieskov ílovitých (S5/SC). Hrúbka náplavov dosahuje v skúmanom území 1,0 – 3,0 m.

Ílovitý komplex je tvorený prevažne zeminami tuhej až pevnej konzistencie ($I_c = 0,64 - 1,34$), so strednou až vysokou plasticitou ($w_L = 37 - 80$; $I_p = 16 - 53$), lokálne až veľmi vysokou plasticitou. Sedimenty majú obsah ílovitej a prachovitej frakcie ($f = 79,3 - 89,1 \%$) a s obsahom piesčitej frakcie ($s = 10,7 - 25,7 \%$). Ojedinele sa vyskytuje prímes štrkových valúnikov do 0,5 %. Zistená bola i nerovnomerne distribuovaná organická prímes, a to v rozsahu cca 0,0 – 6,2 %.

Krubicová šmyková skúška zeminy, ktorá bola realizovaná na vzorke č.3514 (F8/CH) preukázala hodnotu efektívneho uhla vnútorného trenia $\varphi_{ef} = 18,9^\circ$ a efektívnej kohézie $c_{ef} = 0,016$ kPa.

Koeficient filtrácie vypočítaný z kriviek zmitosti $k_f = 3,90 \cdot 10^{-9} - 5,50 \cdot 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$, v priemere $k_f = 1,43 \cdot 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$ predstavuje pre tieto jemnozrnné zeminy triedu priepustnosti **VII až VIII** – podľa Jetela, čo znamená, že horninové prostredie je **nepatrne až veľmi slabo priepustné**.

Prehľad geotechnických parametrov fluvialných náplavových sedimentov je v tabuľke 15. Namrzavosť a vhodnosť fluvialných sedimentov pre použitie do násypového telesa a podložia vozoviek podľa STN 73 6133 sú uvedené v tabuľke 15.

2.1.1.3 Eolické a polygenetické sedimenty

Širšie okolie železničnej trate mimo aluviálnu nivu je budované prevažne eolickými a polygenetickými eolicko-deluviálnymi a eolicko-fluviálnymi sedimentami. Najmä na okraji aluviálnej nivy v kontakte s príľahlými svahmi dochádza k miešaniu jednotlivých genetických typov zemín a vzniku zmiešaných polygenetických komplexov. Hrúbka eolického pokryvu resp. polygenetického pokryvu nie je bližšie dokumentovaná. Na skúmanom úseku tvoria tieto zeminy podložie trate v úseku od cca žkm 19,200 po koniec hodnoteného úseku.

Prevažne ide o jemnozrnné ílovité a siltovité zeminy, menej piesčité sedimenty s nevýraznou prímесou štrkových valúnikov alebo vápnitých konkrécií. Charakteristickým najmä v eolickom komplexe je zvýšený podiel uhličitanov, pričom zeminy sú výrazne svetlejších odtieňov a miestami obsahujú makroskopicky identifikovateľné vrstvy sivobielej farby.

Eolické a polygenetické íly a sily tvoria prevažne íly nízkej, strednej až vysokej plasticity (F6/CL, F6/Cl, F8/CH), menej sa vyskytujú íly piesčité či štrkovité (F4/CS, F2/CG). Tieto sa nachádzajú skôr na kontakte s fluvialným komplexom v údolnej nive alebo v oblasti terás. Zeminy majú konzistenciu prevažne tuhú až pevnú, miestami až tvrdú ($I_c = 0,76 - 1,16$), nízkej až vysokej plasticity ($w_L = 34 - 60 \%$, $I_p = 17 - 32 \%$), s obsahom ílovitej frakcie ($c = 20,0 - 45,5 \%$), prachovitej frakcie ($m = 51,1 - 65,0 \%$), v prípade ílov piesčitých aj s obsahom piesčitej frakcie ($s = 2,6 - 24,5 \%$) a štrkovej frakcie ($g = 0,0 - 1,8 \%$). Prítomné sú drobné úlomky až valúny – pravdepodobne cicváre a preplavené valúny z terás. Lokálne sa vyskytuje i organická prímес do 1,67 %. Charakteristickým javom v eolických a polygenetických sedimentoch je vysoký obsah uhličitanov (1,1 – 32,5 %).

Dynamické penetračné sondy realizované v zeminách polygenetického a eolického komplexu charakteru F6/CL až F8/CH, s ojedinelým zastúpením ílov piesčitých (F4/CS) preukázali, že sú prevažne pevnej konzistencie s $I_c = 0,70 - 1,28$, v priemere $I_c = 1,06$, lokálne vo viac podmáčaných oblastiach až tuhej konzistencie ($I_c = 0,70$). Odvođený modul deformácie dosahuje $E_{DPS} = 5,00 - 14,52$ MPa, v priemere $E_{DPS} = 9$ MPa.

Laboratórne zistený pomer únosnosti CBR na vzorke číslo 3527 (F6/CI) z vrtu ŠEB-07 (hĺbka 1,30 – 2,40 m predstavuje hodnotu 11,0 % pri $w_{opt} = 14,1$ % a max. objemovej hmotnosti $\rho_{max} = 1,77 \text{ g.cm}^{-3}$.

Koeficient filtrácie vypočítaný z kriviek zmitosti $k_f = 1,68 \cdot 10^{-9} - 1,44 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$, v priemere $k_f = 1,84 \cdot 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$ predstavuje pre tieto jemnozrnné zeminy triedu priepustnosti **VII** – podľa Jetela, čo znamená, že horninové prostredie je **veľmi slabo priepustné**.

Prehľad geotechnických parametrov fluvialných náplavových sedimentov je v nasledujúcej tabuľke 15. Namázavosť a vhodnosť fluvialných sedimentov pre použitie do násypového telesa a podlažia vozoviek podľa STN 73 6133 sú uvedené v tabuľke 22.

Tabuľka 15 Prehľad geotechnických parametrov fluvialných zemín

CHARAKTERISTIKA	Symbol [Rozmer]	FLUVIALNE SEDIMENTY				EOLICKÉ A POLYGENETICKÉ SEDIMENTY	
		Fluviálne silty a íly		Fluviálne štrky		Rozsah	
		Rozsah	Odpor. hodn.	Rozsah	Odpor. hodn.		
Prirodzená vlhkosť	w_n [%]	24,30 – 45,90	29,50	8,70 – 12,00	10,50	14,60 – 23,00	19,70
Prirodzená objemová hmotnosť	ρ_n [g.cm ⁻³]	1,72 – 2,01	1,92	-	-	1,98 – 2,09	2,02
Suchá objemová hmotnosť	ρ_d [g.cm ⁻³]	1,18 – 1,62	1,49	-	-	1,63 – 1,79	1,69
Hustota	ρ_s [g.cm ⁻³]	2,61 – 2,69	2,65	-	-	2,60 – 2,70	2,65
Pórovitosť	n [%]	39,40 – 54,80	43,80	-	-	32,28 – 37,79	37,27
Stupeň nasýtenia	S_r [%]	95,90 – 100,00	98,00	-	-	84,40 – 99,80	93,02
Obsah organických látok	I_{om} [%]	0,0 – 6,2	2,0	0,0 – 0,7	0,2	0,00 – 1,67	0,80
Obsah uhlíkatánov	I_{CaCO_3} [%]	2,0 – 15,2	6,9	-	-	1,10 – 32,50	18,3
Medza tekutosti	w_L [%]	37 – 80	55	(21 – 37)	23	34 – 60	40,5
Číslo plasticity	I_p [%]	16 – 53	31	(13 – 53)	14	17 – 32	21
Číslo konzistencie (LMZ a DPS)	I_c	0,34 – 1,34	0,85	-	-	0,70 – 1,28	1,06
Relatívna hutnosť (DPS)	I_D	-	-	0,37 – 0,90	0,64	-	-
Obsah zrn	$\phi < 0,002 \text{ mm}$	c [%]	17,4 – 34,7	28,9	1,9 – 5,2	3,6	20,0 – 45,5
	$0,002 < \phi < 0,06 \text{ mm}$	m [%]	34,8 – 59,0	52,5	9,7 – 27,9	17,0	51,1 – 65,0
	$0,06 < \phi < 2 \text{ mm}$	s [%]	10,7 – 25,0	15,2	15,9 – 26,0	22,4	2,6 – 24,5
	$\phi > 2 \text{ mm}$	g [%]	0,0 – 22,8	3,4	33,2 – 71,7	54,1	0,0 – 1,8
Parametre efektívnej šmykovej pevnosti z LMZ	φ_{ef} [°]	17 – 32	24	(25,5 – 32,0)	(30)	19 – 28	24
	c_{ef} [kPa]	9 – 40	17	(0 – 10)	(5)	13 – 34	22
Parametre zhutnenia Proctor Standard	w_{opt} [%]	(14,1 – 15,8)	(14,8)	-	-	14,1 *	
	$\rho_{d,max}$ [g.cm ⁻³]	(1,73 – 1,77)	(1,75)	-	-	1,77 *	
Pomerná únosnosť	CBR [%]	(8,0 – 11,0)	(9,5)	-	-	11,0 *	
Modul pretváranosti z DPS	E_{def} [MPa]	2,08 – 28,8	9,0	51,70 – 81,70	64,0	5,00 – 14,52	9,0
Poissonovo číslo	ν	(0,35 – 0,42)	(0,40)	(0,25 – 0,35)	(0,25)	(0,35 – 0,42)	(0,40)
Koeficient filtrácie	k_f [m.s ⁻¹]						
Únosnosť	R_{dt} [kPa]	(80 – 275)	(100)	(200 – 450)	(290)	(80 – 275)	(200)
Zatriedenie podľa STN	STN 72 1001	CG,CS,CI, CH,CV	CI,CH	GC, G-F	G-F	CS, CI, CH	CI
		F2,F4,F5,F8	F6,F8	G5, G3	G3	F4, F6, F8	F6
	STN 73 6133	2,6,9,10,14,15	9,10,14	26,24	24	5,6,9,10,14,15	9,10
	STN 73 3050	3,4	3,4	4–5	5	3,4	3,4

Poznámky : hodnoty uvádzané v zátvorkách sú hodnoty odvodené z STN a z odbornej literatúry; únosnosť je uvádzaná orientačne ako tabuľková výpočtová únosnosť R_{dt} podľa STN 73 1001 (platná do roku 2010) pre súdržné zeminy pri $b \leq 3 \text{ m}$, $d = 0,8 - 1,5 \text{ m}$ a pre nesúdržné zeminy pri $b = d = 1 \text{ m}$; * hodnoty stanovené na jednej vzorke;

2.1.1.4 Proluviálne sedimenty

Predstavujú sedimenty terasovaných proluviálnych kuželov, vyplavovaný z pohoria Malé Karpaty. Ich plošné rozšírenie je pomerne rozsiahle, priamo v prieskumných dielach sme však tieto

sedimenty neidentifikovali. Nebudeme ich teda v ďalšom bližšie špecifikovať. Vo všeobecnosti však ide o štrkovité zeminy s rozličným podielom ílovitej resp. siltovitej prímеси (G5/GC, G4/GM až G3/G–F, s lokálnym zastúpením G2/GP), s vyšším stupňom zvetrania valúnov a úlomkov.

2.1.2 Neogén

Podložie pod kvartérnymi zeminami v celom hodnotenom území tvorí neogénne súvrstvie ílov, siltov a pieskov s polohami polospevnených ílovcov, ktoré zaraďujeme do beladického, ivanského až vrábeľského súvrstvia veku sarmat – bádén (nie je možné bližšie rozlíšiť). Rozhranie medzi kvartérnymi zeminami a neogénom sa v skúmanom území nachádza v hĺbke cca 4 - 8 m pod terénom, pričom priebeh je nepravidelný (mierne zvlnený) a na základe nízkej hustoty prieskumných diel ho nebolo možné presnejšie určiť. Jednotlivé litologické typy tvoria v neogénnom komplexe zvyčajne vrstvy, šošovky a preplástky, pričom ich vzájomné laterálne a vertikálne prechody nebolo počas prieskumu možné detailne určiť. V prevažnej miere však ide o íly (prípadne silty) prevažne vysokej plasticity, s výskytom preplástkov a šošoviek piesčitých a štrkovitých sedimentov. S ohľadom na ciele prieskumu neboli parametre zemín bližšie hodnotené. V zásade však ide prevažne o vysokoplastické až veľmi vysokoplastické íly pevnej konzistencie (F8/CH, F8/CV), ktoré sú v rámci súvrstvia miestami prevrstvené piesčitými až štrkovitými polohami. Tieto polohy sme však počas prieskumných prác nezistili.

Koeficient filtrácie vypočítaný z kriviek zrnitosti $k_f = 1,43 \cdot 10^{-10} - 2,13 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$, v priemere $k_f = 5,52 \cdot 10^{-10} \text{ m.s}^{-1}$ predstavuje pre tieto jemnozrnné zeminy triedu priepustnosti **VIII** – podľa Jetela, čo znamená, že horninové prostredie je **nepatrne priepustné**.

2.2 Geotechnické zhodnotenie trasy železnice

Železničná trať prechádza v úseku žkm 9,900 po cca žkm 12,260 centrálnou časťou aluviálnej nivy potoka Trnávka. Trať je vedená zväčša na násype výšky 1 až 5 m. Od žkm 12,260 (pred zastávkou Klčovany) po koniec úseku v žkm 14,430 je trať vedená ľavobrežným okrajom nivy na kontakte s priľahlými svahmi. V tomto úseku je trať vedená na násypoch, prísypoch aj v plytkých odrezoch.

2.2.1 Úsek žkm 9,900 – 12,260

V úseku žkm 9,900 až 10,300 je železničná trať vedená na nízkom násypovom telese spolu s výťažnou koľajou. Geologické pomery boli overené prieskumnými vrtmi ŠEB-01 a ŠEB-02 a sondou dynamickej penetrácie ŠDPS-01. Okrem toho boli využité i archívne geologické diela S-31 až S-34 (Cempírek – Sedlmajer, 1978) a V-2 (Pokorný, 1993).

Teleso násypu je vysoké cca 1,0 - 1,6 m, pričom je tvorené navážkou z lokálne vyťažených materiálov pravdepodobne fluviálnej genézy (íly piesčité F4/CSY, íly strednoplastické F6/CIY) resp. rozličnými veľmi heterogénnymi materiálmi štrkovitého charakteru (štrkodrva G5/GCY, G3/G-FY). Hranice medzi jednotlivými typmi nebolo počas prieskumu možné stanoviť. Vo vrchnej časti tvoria násyp konštrukčné vrstvy železničného zvršku, prevažne štrky zle zrnené (G2/GPY – koľajové kamenivo) a riečne štrkopiesky (G3/G-FY). Geotechnické parametre navážky boli overená statickou zaťažovacou skúškou ZSS-01, sondou dynamickej penetrácie ŠDPS-01 a laboratórnymi testami na odobratej vzorke 3508 z vrtu ŠEB-02.

Pod vrstvou navážok sa nachádzajú pôvodné pokryvné sedimenty náplavového komplexu

hrúbky cca 1 – 3 m, tvorené prevažne ílmi piesčitými až strednoplastickými (F4/CS, F6/CI) a pieskami (S5/SC), pod ktorými sa nachádza vrstva štrkov korytovej fácie hrúbky 2 – 4 m, tvorená prevažne štrkami s prímесou jemnozrnnej zeminy až štrkami ílovitými (G3/G-F, G5/GC). Podložie kvartéru v tomto úseku tvoria prevažne vysokoplastické íly (F8/CH).



Obrázok 3 Pohľad na teleso násypu na začiatku hodnoteného úseku v žst. Šelpice



Obrázok 4 Teleso železničnej trate spoločné pre traťovú i výťažnú koľaj

Statická zaťažovacia skúška realizovaná na íloch strednoplastických (F6/CIY) v hĺbke 38 cm pod spodnou hranou podvalov preukázala, že deformačný modul je $E_{\text{def}} = 14,5$ MPa. Po aplikácii opravného súčiniteľa $z = 0,7$ v zmysle TNŽ 73 6312 je redukovaný modul deformácie $E_{\text{or}} = 10,2$ MPa. Odvođený modul pretvárnosti fluvialných sedimentov overené dynamickou penetračnou sondou ŠDPS-01 je v rozsahu $E_{\text{DPS}} = 7,48 - 12,72$ MPa v priemere $E_{\text{DPS}} = 10$ MPa. Predpokladáme, že podobný charakter bude mať podvalové podložie v celom hodnotenom podúseku.

V úseku žkm 10,300 – 12,260 je železničná trať vedená na násype v súbehu s vodným tokom Trnávka, ktorý v žkm 12,190 prekonáva železničným mostom. Charakter územia vystihuje obrázok 5. Geologické pomery boli overené prieskumnými vrtmi ŠEB-02 až ŠEB-04 a sondami dynamickej penetrácie ŠDPS-02 až ŠDPS-10. Okrem toho boli využité i archívne geologické diela S-4 až S-6 (Šošsko, 1967), SE-1 a SE-2 (Pavlech, 2010).

Teleso násypu je vysoké cca 1,5 – 4,0 m, pričom je tvorené navážkou z lokálne vyťažených materiálov fluvialnej genézy (íly piesčité F4/CSY, íly strednoplastické F6/CIY), ktoré boli vyťažené pravdepodobne pri budovaní odvodňovacej priekopy pozdĺž trate (presunutie hmoty z priekopy do násypu). Vo vrchnej časti tvoria násyp konštrukčné vrstvy železničného zvršku, prevažne štrky zle zrnené (G2/GPY – koľajové kamenivo) a riečne štrkopiesky (G3/G-FY). Geotechnické parametre navážky boli overené statickými zaťažovacími skúškami ZSŠ-02 až ZSŠ-10, sondami dynamickej penetrácie ŠDPS-02 až ŠDPS-10 a laboratórnymi testami na odobratých vzorkách 3517 a 3521 z vrtu ŠEB-03 a ŠEB-04. Takisto boli odobraté vzorky z miesta každej statickej zaťažovacej skúšky.

V podloží násypu sa nachádzajú zeminy fluvialnej genézy, pričom vrstva jemnozrnných až piesčitých náplavových sedimentov je hrubá 1 – 3 m, pod ktorou sa nachádzajú štrky korytovej fácie. Hrúbka vrstvy štrkov nie je bližšie dokumentovaná, predpokladáme hrúbku 2 – 4 m, pričom v okrajových častiach alúvia vrstva postupne vykliňuje.



Obrázok 5 Pohľad na železničnú trať vedenú centrálnou rovinatou časťou aluviálnej nivy so zarastenými a zamokrenými priekopami

Úsek sa vyznačuje kontaktom so zamokrenými územiami. Vzhľadom na nefunkčnú (zarastenú) odvodňovaciu priekopu a pravdepodobne aj zanesené priepusty a celkovo nepriepustný charakter pokryvných fluviálnych sedimentov v okolí trate je tendencia vytvárania bezodtokových oblastí v päte násypu trate po každých zrážkach. Dlhodobému zamokreniu zodpovedá i charakter vegetácie v odvodňovacích priekopách.

Výsledky statických zaťažovacích skúšok a dokumentácia kopaných sond preukázali, že v tomto úseku v hĺbke 35 – 60 cm pod spodnou hranou podvalu sa nachádzajú prevažne zeminy charakteru ílov štrkovitých, piesčité a strednoplastické (F2/CGY, F4/CSY, F6/CIY), resp. charakteru štrkov s prímiesou jemnozrnnej zeminy (G3/G-FY), na ktorej je rozprestretá nerovnomerne hrubá a miestami úplne chýbajúca vrstva štrkodrvy až štrkopiesku (6 – 10 cm, lokálne i viac) charakteru štrkov s prímiesou jemnozrnnej zeminy (G3/G-FY). V nadloží týchto vrstiev sa nachádza koľajové kamenivo charakteru štrkov zle zrných (G2/GPY), ktoré je v hornej (10 – 15 cm pod spodnou hranou podvalu) partii temer čisté, hlbšie viac či menej znečistené jemnozrnými a piesčitými zeminami, organickými zvyškami. Kamenivo je prevažne kypré až stredne uľahnuté, lokálne boli zistené i silno uľahnuté až zaklivené úseky kameniva. Zistený deformačný modul pre prevažne ílovité zeminy (F2/CGY – F8/CHY) dosahoval hodnoty $E_{def} = 6,9 - 20,3$ MPa, v priemere $E_{def} = 11,0$ MPa, po aplikácii opravného súčiniteľa v zmysle TNŽ 73 6312 $z = 0,6 - 0,95$ je redukovaný modul deformácie $E_{or} = 4,6 - 16,2$ MPa, v priemere $E_{or} = 8,7$ MPa. V miestach, kde bola skúšaná zemina skôr charakteru štrkov a ílov štrkovitých (F2/CGY – G3/G-FY), bol dosiahnutý modul $E_{def} = 23,3 - 54,9$ MPa, v priemere $E_{def} = 34,6$ MPa, po oprave súčiniteľom $z = 0,8 - 0,95$ bol redukovaný deformačný modul $E_{or} = 18,7 - 52,1$ MPa, v priemere $E_{or} = 30$ MPa. Fluviálne sedimenty v podlaží telesa násypu majú odvodený modul pretvárnosti $E_{DPS} = 2,08 - 15,88$ MPa, v priemere $E_{DPS} = 7$ MPa. Predpokladáme, že podobný charakter bude mať podvalové podlažie v celom hodnotenom podúseku.

2.2.2 Úsek žkm 12,260 – 14,400

V úseku žkm 12,260 až 13,600 je železničná trať vedená okrajom aluviálnej nivy na nízkom násypovom telese resp. v plytkom odreze (z pravej strany v smere staničenia). Odrezy sa nachádzajú v úsekoch približne v žkm 12,400 – 12,500 (hĺbka do 1 m) a žkm 13,525 – 13,600 (hĺbka do 1,5 m). Od žkm 12,500 po cca žkm 12,750 je trať vedená v úrovni jestvujúceho terénu. Geologické pomery boli overené prieskumnými vrtmi ŠEB-05 a ŠEB-06 a sondami dynamickej penetrácie ŠDPS-11 až ŠDPS-17. Bohužiaľ, v širšom okolí tohto úseku nie sú evidované žiadne ďalšie využiteľné archívne geologické diela. Charakter územia je zreteľne vidieť na obrázkoch 6 a 7.

Úsek sa vyznačuje kontaktom s plošne rozsiahlym svahom, ktorý je využívaný na poľnohospodárske účely. Z toho dôvodu je narušená prirodzená retenčná schopnosť územia najmä pri intenzívnejších zrážkach. Nevsiaknutá voda steká po svahu, pričom atakuje teleso železničnej trate, ktoré predstavuje bariéru stekajúcim vodám. Následkom toho dochádza k dlhodobému sytению telesa prísypov a násypov podzemnou resp. povrchovou vodou. Odvodňovacie priekopy sú zväčša zarastené alebo zaplnené spláchnutou zeminou. V úseku bolo identifikovaných niekoľko "bľaťákov", ktoré indikujú nedostatočné odvodnenie telesa železničnej trate a nízku únosnosť a citlivosť pláne železničného zvršku. V blízkosti železničného priecestia v žkm 13,504 je územie je silno antropogénne pozmenené a terén je upravený výraznou navážkou.

Teleso násypu (prísypu) je vysoké cca 1,0 – 3,0 m, pričom je tvorené navážkou z lokálne vyťažených materiálov pravdepodobne fluválnej genézy alebo polygenetickými zeminami. Z hľadiska geotechnického ide hlavne o íly strednoplastické (F6/CIY), ktoré boli vyťažené pravdepodobne pri budovaní odvodňovacej priekopy pozdĺž trate (presunutie hmoty z priekopy do násypu). Vo vrchnej časti tvoria násyp konštrukčné vrstvy železničného zvršku, prevažne štrky zle zrnené (G2/GPY – koľajové kamenivo) a riečne štrkopiesky (G3/G-FY). Geotechnické parametre navážky boli overená statickými zaťažovacími skúškami ZSŠ-11 až ZSŠ-17, sondami dynamickej penetrácie ŠDPS-11 až ŠDPS-17 a laboratórnymi testami na odobratých vzorkách 3681 z vrtu ŠEB-05 a 3524 z vrtu ŠEB-06. Okrem toho boli odobraté vzorky spod každej zaťažovacej skúšky.



Obrázok 6 Pohľad na železničnú trať vedenú okrajom aluviálnej nivy v mieste zastávky Klčovany, trať je vedená na nízkom prísype resp. v plytkom odreze alebo na úrovni terénu.

V podloží násypu resp. konštrukčných vrstiev železničného zvršku (v miestach, kde trať vedie v úrovni terénu) sa nachádzajú zeminy eolického resp. polygenetického pôvodu, prípadne i fluválneho pôvodu. Ich hrúbka dosahuje 2,5 – 5,0 m, pričom ide prevažne o jemnozrnné zeminy charakteru ílu piesčitého až strednoplastického (F4/CS, F6/CL, F6/CI), resp. až ílu vysoko-plastického (F8/CH). Pod týmito sedimentami sa nachádzajú väčšinou fluválne sedimenty výplne aluviálnej nivy, a to íly piesčité (F4/CS) a štrky s prímiesou jemnozrnnnej zeminy (G3/G-F). Hrúbka vrstvy štrkov nie je bližšie dokumentovaná, predpokladáme hrúbku 2 – 4 m v centrálnej časti nivy, pričom v okrajových častiach alúvia (kadiaľ je vedená i železničná trať) vrstva postupne vyклиňuje.

Výsledky statických zaťažovacích skúšok a dokumentácia kopaných sond preukázali, že v tomto úseku v hĺbke 40 – 59 cm pod spodnou hranou podvalov sa nachádzajú prevažne zeminy charakteru ílov strednej plasticity (F6/CIY), na ktorej je rozprestretá nerovnomerne hrubá vrstva štrkodrvy až štrkopiesky (6 – 20 cm, lokálne i viac) charakteru štrkov s prímiesou jemnozrnnnej zeminy (G3/G-FY). Miestami táto vyrovnávacia vrstva chýba. V nadloží týchto vrstiev sa nachádza koľajové kamenivo charakteru štrkov zle zrnených (G2/GPY), ktoré je viac či menej znečistené

jemnozrnými a piesčitými zeminami, organickými zvyškami. Kamenivo je prevažne kypré až stredne uľahnuté, lokálne boli zistené i silno uľahnuté až zaklínené úseky kameniva. Zistený deformačný modul dosahoval hodnoty $E_{\text{def}} = 11,4 - 18,0$ MPa, v priemere $E_{\text{def}} = 14,1$ MPa, po aplikácii opravného súčiniteľa $z = 0,6 - 0,7$ je redukovaný modul deformácie $E_{\text{or}} = 7,97 - 10,8$ MPa, v priemere $E_{\text{or}} = 9,3$ MPa. V mieste, kde bola zistená väčšia hrúbka podkladnej štrkovej vrstvy bol dosiahnutý modul $E_{\text{def}} = 28,3$ MPa, po oprave súčiniteľom $z = 0,95$ v zmysle TNŽ 73 6312 $z = 0,95$ bol redukovaný deformačný modul $E_{\text{or}} = 27$ MPa. Eolické, resp. polygenetické sedimenty v podloží telesa násypu majú odvodený modul pretvárnosti $E_{\text{DPS}} = 5,0 - 28,8$ MPa, v priemere $E_{\text{DPS}} = 13$ MPa. Predpokladáme, že podobný charakter bude mať podvalové podložie v celom hodnotenom podúseku.



Obrázok 7 Železničná trať v úseku žkm 12,500 – 13,600, vedená okrajom alúvia potoka Trnávka. Pravostranný svah je zdrojom pritékajúcich povrchových i podzemných vôd, pričom teleso železnice predstavuje bariéru pre prirodzené odvodňovanie územia.

V úseku žkm 13,600 až 14,000 je železničná trať vedená násypovým telesom ponad údolie bezmenného potoka, ktorý je ľavostranným prítokom Trnávky. Samotný (občasný) potok je v žkm 13,752 vedený priepustom popod násypové teleso. Výška násypu nad okolitým terénom dosahuje 1,5 – 3,0 m. Geologické pomery boli overené sondou dynamickej penetrácie ŠDPS-18 a ŠDPS-19, iné prieskumné diela neboli v okolí tohto úseku evidované.

Teleso násypu (prísypu) je vysoké cca 1,0 – 3,0 m, pričom je tvorené navážkou z lokálne vyťažených materiálov pravdepodobne polygenetického pôvodu. Z hľadiska geotechnického ide hlavne o íly strednoplacké (F6/CIY) až íly piesčité (F4/CSY), prevažne pevnej konzistencie. Vo vrchnej časti tvoria násyp konštrukčné vrstvy železničného zvršku, prevažne štrky zle znené (G2/GPY – koľajové kamenivo) a riečne štrkopiesky (G3/G-FY). Geotechnické parametre navážky boli overené statickými zaťažovacími skúškami ZSŠ-18 a ZSŠ-19, sondami dynamickej penetrácie ŠDPS-18 a ŠDPS-19 a laboratórnymi testami na odobratých vzorkách spod každej zaťažovacej skúšky. Bohužiaľ, v tomto úseku nebolo možné realizovať prieskumný vrt.



Obrázok 8 Spätný pohľad (smerom na Šelpice) na úsek železničnej trate vedený na násype cez terénnu zníženinu bezmenného potoka. Svahy násypu sú porastené náletovými drevinami (agát, orech).

Výsledky statických zaťažovacích skúšok a dokumentácia kopaných sond preukázali, že v tomto úseku v hĺbke 46 – 62 cm pod spodnou hranou podvalov sa nachádzajú prevažne zeminy charakteru ílov strednej plasticity (F6/CIY), na ktorej je rozprestretá nerovnomerne hrubá vrstva štrkodrvy až štrkopiesku (6 – 20 cm, lokálne i viac) charakteru štrkov s prímiesou jemnozrnej zeminy (G3/G-FY). Miestami táto vyrovnávacia vrstva chýba. V nadloží týchto vrstiev sa nachádza koľajové kamenivo charakteru štrkov zle zrnených (G2/GPY), ktoré je viac či menej znečistené jemnozrnými a piesčitými zeminami, organickými zvyškami. Kamenivo je v hornej časti (do 15 cm pod podvalom), nižšie až stredne uľahnuté, lokálne boli zistené i silno uľahnuté až zaklizené úseky kameniva. Zistený deformačný modul dosahoval hodnoty $E_{\text{def}} = 36,6 - 53,6$ MPa, v priemere $E_{\text{def}} = 45,1$ MPa, po aplikácii opravného súčiniteľa $z = 0,7 - 0,95$ v zmysle TNŽ 73 6312 je redukovaný modul deformácie $E_{\text{or}} = 21,9 - 50,9$ MPa, v priemere $E_{\text{or}} = 37$ MPa. Vyšší modul bol zistený v mieste, kde bola väčšia hrúbka podkladnej štrkovej vrstvy. Netradične vysoký modul v mieste statickej zaťažovacej skúšky s jemnozrnými zeminami možno pripísať pevnej až tvrdej konzistencii zeminy a vyššiemu obsahu uhličitánov. Eolické, resp. polygenetické sedimenty v podloží telesa násypu majú odvodený modul pretvárnosti $E_{\text{DPS}} = 5,72 - 14,52$ MPa, v priemere $E_{\text{DPS}} = 9,5$ MPa. Predpokladáme, že podobný charakter bude mať podvalové podložie v celom hodnotenom podúseku.

V úseku žkm 14,000 až 14,400 je železničná trať vedená čiastočne na nízkom násype a čiastočne v úrovni terénu alebo plytkom odreze po ľavobrežných svahoch údolia potoka Trnávka. Výška násypu nad okolitým terénom dosahuje 0,5 – 1,5 m, hĺbka zárezu je do 1,5 m. Geologické pomery boli overené sondou dynamickej penetrácie ŠDPS-20, prieskumným vrtom ŠEB-07. V širšom okolí boli realizované archívne prieskumné diela S-1, S-1 2007 (Laurenčík – Janták, 2009), V-1 a V-2 (Horváth, 2006).



Obrázok 9 Spätný pohľad na trať v žkm 14,400 (smerom na Šelpice). Trať je vedená cca v úrovni pôvodného terénu.

Úsek sa vyznačuje kontaktom s plošne rozsiahlym svahom, ktorý je čiastočne využívaný ako hlinisko pre miestnu tehelňu. Pre zabránenie atakovania telesa železničnej trate je medzi traťou a svahom vytvorená priekopa, v súčasnosti čiastočne zarastená. V úseku bolo identifikovaných niekoľko "bľaťákov", ktoré indikujú nedostatočné odvodnenie telesa železničnej trate a nízku únosnosť a citlivosť pláne železničného zvršku. Stabilita územia je čiastočne ovplyvnená zarezaním koľajiska železničnej vlečky do päty svahu. Zjavná nestabilita však počas prieskumných prác nebola zistená.

Bezprostredné podložie železničného zvršku predstavuje navážkou z redeponovaných miestnych materiálov polygenetickej povahy. Z hľadiska geotechnického ide o íly strednoplastické (F6/CIY). Vo vrchnej časti tvoria násyp konštrukčné vrstvy železničného zvršku, prevažne štrky zle zrnené (G2/GPY – koľajové kamenivo) a riečne štrkopiesky (G3/G-FY). Geotechnické parametre navážky boli overené statickou zaťažovacou skúškou ZSŠ-20, sondou dynamickej penetrácie ŠDPS-20 a laboratórnymi testami na odobratej vzorke 3527 z vrtu ŠEB-07. Okrem toho bola odobratá vzorka spod zaťažovacej skúšky.

Zo statickej zaťažovacej skúšky realizovanej 60 cm pod spodnou hranou podvalu bol vypočítaný deformačný modul $E_{def} = 19,6 \text{ MPa}$, ktorý po aplikácii opravného súčiniteľa $z = 0,70$ bol redukovaný na $E_{or} = 13,7 \text{ MPa}$. Bezprostredné podložie štrkového lôžka tvorí íl strednej plasticity (F6/CIY) so zatlačenými úlomkami kameniva a valúnmi štrku. Koľajové kamenivo má charakter štrkov zle zrnených (G2/GPY), ktoré je viac či menej znečistené jemnozrnnými a piesčitými zeminami, organickými zvyškami. Kamenivo je v hornej časti (do 15 cm pod podvalom), nižšie silno až stredne uľahnuté. Eolické, resp. polygenetické sedimenty v podloží telesa násypu majú odvodený modul pretvárnosti $E_{DPS} = 6,64 - 10,44 \text{ MPa}$, v priemere $E_{DPS} = 8 \text{ MPa}$. Predpokladáme, že podobný charakter bude mať podvalové podložie v celom hodnotenom podúseku.

2.2.3 Zhodnotenie celého úseku

Po ukončení prieskumných prác na celom skúmanom úseku železničnej trate od žst. Šelpice po žst. Boleráz možno skonštatovať nasledovné :

- trať prechádza prevažne centrálnou až okrajovou časťou aluviálnej nivy, len čiastočne zasahuje do priľahlých ľavobrežných svahov. Územie nevykazuje známky zjavnej nestability. Takisto násypové teleso nejaví známky zosúvania alebo nestability len dlhodobých pomalých tvarových zmien, ktoré vyplývajú z reologických vlastností zemín, z ktorých je teleso násypu vybudované;
- na celom úseku je zanedbaná údržba odvodňovacích prvkov. Priekopy pozdĺž trate sú zarastené, čiastočne zanesené alebo lokálne zasypané navážkami. Na niektorých miestach je vidieť, že po zrážkach v priekope dlhodobo stagnuje voda, priekopa je zarastená bahenným až vodomilným rastlinstvom. Priepusty sú čiastočne zanesené, priľahlé odvodňovacie ryhy nie sú ideálne vyspádované.
- pláň železničného zvršku tvoria prevažne jemnozrnné zeminy charakteru ílov nízko až vysokoplastických (F6/CLY, F6/CIY, F8/CHY), ktoré v prípade zatlačenia úlomkov koľajového kameniva alebo štrkopiesku nadobúdajú až charakter ílov piesčitých až štrkovitých (F4/CSY, F2/CGY). A základe vyhodnotenia kriviek zrnitosti sú priepustnosti zemín pláne prevažne veľmi nízke, čo spôsobuje stagnáciu priesakových vôd v podloží železničného zvršku v miestach, kde nie je dostatočné vyriešené odvodnenie pláne. V týchto miestach dochádza k rozbredaniu zemín dynamickými účinkami jazdy vlakov, vytláčaniu zemín do štrkového lôžka a vytváraní tzv. "blatákov".
- geotechnické parametre zemnej pláne a horninového prostredia ktoré tvorí podložie násypu sa v celej dĺžke rekonštruovaného úseku výrazne nemenia a preto odporúčame pri návrhu rekonštrukcie uvažovať s nasledujúcimi parametrami. Redukovaný modul pretvárnosti zemnej pláne bol stanovený v rozsahu $E_{or} = 4,58 - 26,89$ MPa, **s priemernou hodnotou $E_{or} = 13$ MPa**. Z výsledkov sond dynamickej penetrácie môžeme konštatovať, že modul pretvárnosti do hĺbky klesá. Odvođený modul pretvárnosti stanovený pre hĺbkové pásmo 0,6 – 1,5 m je v rozsahu $E_{DPS} = 4,29 - 15,68$ MPa, **s priemernou hodnotou $E_{DPS} = 8,5$ MPa**.
- hodnota E_{or} je menšia ako požadovaný modul pretvorenia E_{OP} zemnej pláne v zmysle TNŽ 73 6312 pre rýchlostné pásmo RP1. Preto bude potrebné v rámci rekonštrukcie zvýšiť únosnosť zemnej pláne a to buď použitím geosyntetických materiálov, alebo stabilizáciou jemnozrnných zemín hydraulickým spojivom (vápennocementová stabilizácia), pričom receptúru je potrebné stanoviť podľa výpočtov a overiť ju laboratórnymi skúškami eventuálne veľkopokusom priamo na stavbe (využiť statickú zaťažovaciu skúšku).
- pre stanovenie vodného režimu je potrebné uvažovať s výškou kapilárneho zdvihu pri 100% nasýtení $h_s = 3,0$ m a maximálna výška $h_{max} = 10,5$ m. Hodnoty boli určené na základe obsahu častíc menších ako 0,02 mm v zmysle TNŽ 73 6312. Vzhľadom na napätú hladinu podzemnej vody prakticky v celom hodnotenom úseku a jej priemernú hĺbku pod niveletou trate je potrebné uvažovať, že teleso železničného násypu je kapilárne trvalo sýtené vodou.
- Sanačná resp. vyrovnávacia vrstva štrkodrvy alebo štrkopiesku je nerovnomerne hrubá (prevažne 6 – 16 cm), tvorená riečnym štrkom s prímiesou jemnozrnej zeminy (G3/G-FY) alebo štrkodrvou frakcie 0 – 16. Miestami táto vrstva úplne chýba. Vo vyhodnotení sond

dynamickej penetrácie sme túto vrstvu samostatne nevyčleňovali, ale priradili sme ju ku koľajovému kamenivu. V prípade návrhu nových konštrukčných vrstiev je potrebné (vzhľadom na hĺbku premŕzania a vodný režim) túto vrstvu obnoviť v dostatočnej hrúbke.

- V rámci separácie konštrukčných vrstiev železničného zvršku od podložných jemnozrnných materiálov je potrebné uvažovať so separačnou geotextíliou, prípadne hydroizolačnou fóliou pre lepšiu ochranu pláne pred priesakovými zrážkovými vodami.

2.3 Hydrogeologické a hydrochemické pomery

Zvodnenie v hodnotenom území je viazané prevažne na fluválne sedimenty. Podľa realizovaných vrtov pozdĺž železničnej trate bola súčasná úroveň hladiny podzemnej vody vo fluválnych štrkoch ustálená v hĺbke od 3,0 až 4,28 m (tabuľka 16). Vrtmi ŠEB-05 a ŠEB-06 hladina podzemnej vody nebola narazená a vo vrte ŠEB-07 bola podzemná voda overená v súvrství ílu piesčitého a ílu so strednou plasticitou v hĺbke 6,2 m pod terénom. **Hladina podzemnej vody je v dôsledku sklonu terénu a geologickej stavby prevažne napätá s výtláčnou výškou 0,5 m (ŠEB-03) až 1,05 m (ŠEB-04).**

Priepustnosť komplexu fluválnych štrkov zastúpených štrkami s prímiesou jemnozrnej zeminy, štrkami siltovitými a štrkami ílovitými v hodnotenom území je medzizrnná. Koeficient filtrácie fluválnych štrkov vypočítaný z kriviek zrnitosti dosahuje v dôsledku rôzneho pomeru pelitickej frakcie vysokú variabilitu v rozsahu $k_f = 2,0 \cdot 10^{-6} - 1,94 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$ v priemere $k_f = 5,38 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$ charakterizuje zeminy s triedou priepustnosti **II. až V.**, podľa klasifikácie priepustnosti (Jetel, J. 1982) – ako horninové prostredie **silno priepustné až dost' slabopriepustné**.

Priepustnosť nadložných sedimentov tvorených fluválnym ílom piesčitým až ílom s vysokou plasticitou je malá s koeficient filtrácie vypočítaným z kriviek zrnitosti v rozsahu $k_f = 3,90 \cdot 10^{-9} - 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ v priemere $k_f = 1,77 \cdot 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$. Podľa klasifikácie priepustnosti hornín (Jetel, J. 1982) ide o zeminy s triedou priepustnosti **VI. až VIII.**, ktoré tvoria **slabo až nepatrne priepustné** horninové prostredie.

Najnižšiu priepustnosť v území majú polygenetické íly s vysokou plasticitou. Vypočítané hodnoty koeficienta filtrácie z kriviek zrnitosti s a pohybuje v rozsahu $k_f = 3,24 \cdot 10^{-10} - 6,40 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$ v priemere $k_f = 1,44 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$. Podľa klasifikácie priepustnosti hornín (Jetel, J. 1982) ide o zeminy s triedou priepustnosti **VIII.**, ktoré tvoria **nepatrne priepustné** horninové prostredie.

Tabuľka 16 Prehľad terénnych meraní hladín a parametrov podzemnej vody

Vrt nadm. výška (m n.m.)	Hĺbka Vrtu	Dátum merania	Hladina podzemnej vody		Terénne merania podzemnej vody konduktivita ($\mu\text{S/cm}$) reakcia vody teplota vody ($^{\circ}\text{C}$)	Profil vrtu litologický komplex, horninový typ
	(m)		narazená m p.t. (m n.m.)	ustálená m p.t. (m n.m.)		
ŠEB-01 (161,92)	7,0	25.9.2018	- (-)	4,28 (157,64)	$E_c = 1208$ $\text{pH} = 6,97$ $T_{\text{vod}} = 16,3$	0,0 – 0,5 m navážka – koľajové kamenivo; 0,5 – 1,5 m navážka – štrkodrva s kamenivom; 1,5 – 4,6 m fluválny íl piesčitý s prímiesou štrčíku; 4,6 – 7,0 m fluválny štrk s prímiesou jemnozrnej zeminy až charakteru hrubého piesku
ŠEB-2 (162,39)	7,0	24.9.2018	3,60 (158,79)	3,00 (159,39)	$E_c = 1139$ $\text{pH} = 6,97$ $T_{\text{vod}} = 12,4$	0,0 – 0,7 m navážka – koľajové kamenivo; 0,7 – 1,6 m navážka – íl štrkovitý až piesčitý; 1,6 – 3,1 m fluválny íl so strednou plasticitou; 3,1 – 6,2 m fluválny štrk s prímiesou jemnozrnej zeminy až štrk ílovitý; 6,2 – 7,0 m neogénne podlažie - vysokoplastický íl.

Vrt nadm. výška (m n.m.)	Hĺbka Vrtu (m)	Dátum merania	Hladina podzemnej vody		Terénne merania podzemnej vody konduktivita ($\mu\text{S}/\text{cm}$) reakcia vody teplota vody ($^{\circ}\text{C}$)	Profil vrtu litologický komplex, horninový typ
			narazená m p.t. (m n.m.)	ustálená m p.t. (m n.m.)		
ŠEB-03 (166,53)	7,0	24.9.2018	3,70 (162,83)	3,20 (163,33)	$E_c = 1185$ $\text{pH} = 6,97$ $T_{\text{vod}} = 15,7$	0,0 – 0,5 m navážka - koľajové kamenivo; 0,5 – 2,0 m navážka – kamenivo s prímiesou ílu piesčitého; 2,0 – 3,6 m fluvialny íl piesčitý až piesok s prímiesou jemnozrnnnej zeminy; 3,6 – 7,0 m fluvialny štrk s prímiesou jemnozrnnnej zeminy.
ŠEB-04 (169,80)	7,0	25.9.2018	5,00 (164,80)	3,95 (165,85)	$E_c = 1195$ $\text{pH} = 6,96$ $T_{\text{vod}} = 13,7$	0,0 – 0,4 m navážka – koľajové kamenivo; 0,4 – 3,5 m navážka - íl štrkovitý s prímiesou organiky; 3,5 – 5,8 m fluvialny íl so strednou plasticitou s organikou; 5,8 – 7,0 m fluvialny štrk s prímiesou jemnozrnnnej zeminy až štrk ílovitý.
ŠEB-05 (174,11)	7,0	26.9.2018	-	-	-	0,0 – 0,7 m navážka - koľajové kamenivo; 0,7 – 1,8 m navážka – íl piesčitý; 1,8 – 6,9 m polygenetický íl piesčitý až silt; 6,9 – 7,0 m fluvialny štrk s prímiesou jemnozrnnnej zeminy.
ŠEB-06 (176,60)	6,0	26.9.2018	-	-	-	0,0 – 3,0 m navážka – íl s úlomkami a valúnami, brizolitová štrkodrava od 2,3 m; 3,0 – 5,4 m polygenetický íl s vysokou plasticitou; 5,4 – 6,0 m fluvialny alebo neogénny íl piesčitý.
ŠEB-07 (183,09)	7,6	26.9.2018	6,20 (176,89)	5,90 (177,19)	$E_c = 1216$ $\text{pH} = 6,95$ $T_{\text{vod}} = 13,7$	0,0 – 1,3 m navážka – íl piesčitý; 1,3 – 6,3 m íl piesčitý až íl so strednou plasticitou; 6,3 – 7,6 m íl so strednou plasticitou s obsahom valúnikov do 30 % v hĺbke 6,3-6,4 m a 7,4-7,6 m.

Vysvetlivky : m p.t – metrov pod terénom, m n.m. – metrov nad morom (Balt po vyrovnaní)

Z chemickej analýzy odobratých vzoriek podzemných vôd vyplýva, že podzemné vody z vrtov ŠEB-02, ŠEB-03, ŠEB-04 a ŠEB-07 sú podľa chemickej klasifikácie (Gazda, 1971) základného nevýrazného až základného výrazného A_2 chemického typu ($A_2 = 50,55$ až $76,96$). Podľa celkovej mineralizácie sú podzemné vody z vrtov ŠEB-02, ŠEB-03, ŠEB-04 a ŠEB-07 so zvýšenou až vysokou mineralizáciou (944 až 1046 mg.l^{-1}). Podľa reakcie vody je podzemná voda slabo alkalická s $\text{pH} = 7,30$ až $7,64$; podľa celkovej tvrdosti patria k podzemným vodám dosť tvrdým až tvrdým $5,9$ až $6,7 \text{ mmol.l}^{-1}$ ($11,8$ až $13,4 \text{ mmol.l}^{-1}$ z).

Analyzovaná podzemná voda z vrtov ŠEB-02, ŠEB-03, ŠEB-04 a ŠEB-07 podľa svojho chemického zloženia tvorí kvapalné prostredie bez nebezpečenstva korózie alebo porušenia betónu vplyvom chemického pôsobenia podzemnej vody (STN EN 206-1:2015).

Podzemná voda z vrtov ŠEB-02 a ŠEB-04 svojim obsahom síranov a chloridov ($113,3$ až $172,2 \text{ mg.l}^{-1}$) tvorí podzemná voda kvapalné chemické prostredie so strednou agresivitou na ocel' uloženú v pôde a vode so stupňom II. (STN 03 8372 tabuľka 2 normy). Podzemná voda z vrtu ŠEB-03 svojim obsahom síranov a chloridov (195 mg.l^{-1}) sa blíži limitnej hodnote pre zvýšenú agresivitu a vo vrte ŠEB-07 svojim obsahom síranov a chloridov (195 mg.l^{-1}) tvorí podzemná voda kvapalné chemické prostredie so zvýšenou agresivitou na ocel' uloženú v pôde a vode so stupňom III. (STN 03 8372 tabuľka 2 normy).

V dôsledku vyššieho obsahu celkových rozpustených látok má podzemná voda z vrtov ŠEB-02, ŠEB-03, ŠEB-04 a ŠEB-07 podľa laboratórnych meraní zvýšenú mernú elektrickú vodivosť v rozsahu $1\,123$ až $1\,240 \mu\text{S.cm}^{-1}$. Podzemná voda tvorí na základe laboratórne stanovenej mernej elektrickej vodivosti prostredie s veľmi vysokou agresivitou na železo a ocel' uloženú v pôde a vode so stupňom IV. (STN 03 8372 tabuľka 1 normy). Pre ochranu železných materiálov je odporúčaná zosilnená izolácia na zachovanie ich pasivity.

Stanovené ukazovatele agresívnych vlastností podzemnej vody na ocel' a na betón sú uvedené v nasledujúcej Tabuľke 17.

Tabuľka 17 *Prehľad stanovených ukazovateľov agresívnych vlastností podzemných vôd na ocel' podľa STN 03 8372 (tab. 1 a tab. 2 hodnotiacej normy) a na betón podľa STN EN 206-1:2015*

zdroj	merná elektrická vodivosť	pH	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	SO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻ +Cl ⁻	agresívny CO ₂ na železo / Hayer	agresivita prostredia na železo - stupeň agresivity STN 03 8372 (tabuľka 1 normy)	agresivita prostredia na železo - stupeň agresivity STN 03 8372 (tabuľka 2 normy)	agresivita prostredia na betón - stupeň agresivity STN EN 206-1:2015
	μS.cm ⁻¹		mg.l ⁻¹			mg.dm ⁻³ / mg.l ⁻¹		veľmi vysoká IV. stupeň	stredná II. stupeň	bez nebezpečenstva korózie alebo porušenia betónu
ŠEB-02	1 140	7,64	62,3	0,05	99,2	172,2	0 / 0			
ŠEB-03	1 123	7,54	64,2	0,03	134	195	0 / 0			
ŠEB-04	1 150	7,30	50,6	0,03	76,4	113,3	0 / 0			
ŠEB-07	1 240	7,46	64,7	0,05	174	233,6	0 / 0		zvýšená III. stupeň	bez nebezpečenstva korózie alebo porušenia betónu

Z výsledkov stanovení hodnotiacich ukazovateľov agresívnych vlastností zemín vyplýva, že **zemina** z vrtu ŠEB-02 odobratá z fluviálneho štrku siltovitého až ílovitého G4/GM až G5/GC tvorí prostredie bez nebezpečenstva korózie alebo porušenia betónu vplyvom chemického pôsobenia zeminy, ale **pre obsah celkovej síry 0,18 % predstavuje prostredie so strednou agresivitou na ocel' uloženú v pôde** (v horninách) **so stupňom agresivity II.** Pre ochranu železných materiálov je odporúčaná **normálna izolácia** na zachovanie ich pasivity.

Podľa výsledkov stanovení hodnotiacich ukazovateľov agresívnych vlastností zemín vyplýva, že **zemina** z vrtu ŠEB-03, ŠEB-04 a ŠEB-07 odobratá z fluviálneho ílu tvorí prostredie bez nebezpečenstva korózie alebo porušenia betónu vplyvom chemického pôsobenia zeminy, ale **pre obsah celkovej síry 0,20 až 0,21 % predstavuje prostredie so zvýšenou agresivitou na ocel' uloženú v pôde** (v horninách) **so stupňom agresivity III.** Pre ochranu železných materiálov je odporúčaná **zosilnená izolácia** na zachovanie ich pasivity. Analyzované obsahy hodnotiacich ukazovateľov agresivity zemín sú spracované v tabuľke 18.

Tabuľka 18 *Prehľad laboratórne stanovených ukazovateľov agresívnych vlastností zemín na betónové konštrukcie podľa STN EN 206-1:2015 a ocel' uloženú v pôde (v horninách) podľa STN 03 8372 (tab. 2 hodnotiacej normy)*

Zdroj	hĺbka odberu	obsah celkovej síry	chloridy	sírany	kyslosť zemín	odporúčaný stupeň agresivity na základový betón podľa STN EN 206-1:2015 agresivita pôdy (hornín) na ocel' podľa STN 03 8372
	(m)	%	%	mg.kg ⁻¹	ml.kg ⁻¹	
ŠEB-02	3,6 m	0,18	<0,01	21,0	<2	bez nebezpečenstva korózie alebo porušenia betónu stredná na ocel', stupeň II.
ŠEB-03	3,0 – 3,6 m	0,21	<0,01	35,3	2,2	bez nebezpečenstva korózie alebo porušenia betónu zvýšená na ocel', stupeň III.
ŠEB-04	4,9 – 5,0 m	0,20	<0,01	68,5	16,8	bez nebezpečenstva korózie alebo porušenia betónu zvýšená na ocel', stupeň III.
ŠEB-07	6,2 – 6,3 m	0,20	<0,01	40,7	3,6	bez nebezpečenstva korózie alebo porušenia betónu zvýšená na ocel', stupeň III.

2.4 Ekologické hodnotenie koľajového kameniva

Chemické vlastnosti hodnoteného materiálu boli vzhľadom na charakter a históriu materiálu analyzované v priemernej vzorke pre frakciu 0 – 8 mm, ktorá je nositeľom najvyššej koncentrácie znečisťujúcich látok.

Podľa laboratórnych výsledkov chemickej analýzy materiálu podvalového podložia medzistaničnej koľaje frakcie 0 – 8 mm (príloha 6.3) bola v priemerných vzorkách EPŠ-3 a EPŠ-4 reprezentujúcich úsek trate žkm 11,800 – 13,800 prekročená limitná koncentrácia aniónaktívnych tenzidov stanovených v štandardnom modifikovanom výluhu. V úseku žkm 13,800 – 14,429 medzistaničnej koľaje č. 1 bola v priemernej vzorke EPŠ-5 prekročená hraničná koncentrácia medi vo frakcii 0 – 8 mm stanovenej v pevnej hmote.

Skutočné koncentrácie hodnotiacich ukazovateľov, na základe ktorých sa vykonáva hodnotenie ekologickej kvality materiálu podvalového podložia medzistaničnej koľaje, sú vypočítané ako súčin laboratórne stanovených koncentrácií hodnotiacich ukazovateľov a prepočtového koeficientu.

Skutočné koncentrácie ukazovateľov ekologickej kvality materiálu podvalového podložia v priemerných vzorkách EPŠ-1, EPŠ-2, EPŠ-3 a EPŠ-5 (Príloha 6) nevykazujú žiadne prekročenie hraničných koncentrácií hodnotiacich ukazovateľov, preto **materiál podvalového podložia medzistaničnej koľaje č. 1 v úseku žkm 9,893 - 12,800 a v úseku žkm 13,800 – 14,429 má vyhovujúcu ekologickú kvalitu a nevyžaduje v zmysle metodického pokynu č. 18/99 MDPT SR žiadnu chemickú úpravu pre jeho ďalšie využitie.**

Skutočné koncentrácie ukazovateľov ekologickej kvality materiálu podvalového podložia (Príloha 6) v priemernej vzorke EPŠ-4 vykazujú prekročenie hraničnej koncentrácie aniónaktívnych tenzidov prepočítaných zo stanovenia hodnotiaceho ukazovateľa vo vodnom výluhu, preto **materiál podvalového podložia medzistaničnej koľaje č. 1 v úseku žkm 12,800 - 13,800 nemá vyhovujúcu ekologickú kvalitu.**

Výsledné hodnotenie ekologickej kvality materiálu podvalového podložia medzistaničnej koľaje - 1. kvalitatívnej skupiny je uvedené v tabuľke 19).

Tabuľka 19 Výsledné hodnotenie ekologickej kvality materiálu podvalového podložia medzistaničných koľají pre 1. kvalitatívnu skupinu

Koľaj	Označenie vzorky	Ekologická kvalita Materiálu PP (frakcie 0 - 8 mm)	Výsledná ekologická kvalita materiálu PP (frakcie 0 - 63 mm)
Koľaj 1 žkm 9,893 – 10,800	Priemerná vzorka: EPŠ-01 Jednoduché vzorky: KS-2, ZSŠ-1, ZSŠ-2, ZSŠ-3	VYHOVUJE Prekročená koncentrácia : vodný výluh : - pevná hmota : -	VYHOVUJE Prekročená koncentrácia : vodný výluh : - pevná hmota : -
Koľaj 1 žkm 10,800 – 11,800	Priemerná vzorka: EPŠ-02 Jednoduché vzorky: ZSŠ-4, ZSŠ-5, ZSŠ-6, ZSŠ-7, ZSŠ-8	VYHOVUJE Prekročená koncentrácia : vodný výluh : - pevná hmota : -	VYHOVUJE Prekročená koncentrácia : vodný výluh : - pevná hmota : -
Koľaj 1 žkm 11,800 – 12,800	Priemerná vzorka: EPŠ-03 Jednoduché vzorky: ZSŠ-9, ZSŠ-10, ZSŠ-11, ZSŠ-12, ZSŠ-13	NEVYHOVUJE Prekročená koncentrácia : vodný výluh : A tenzidy pevná hmota : -	VYHOVUJE Prekročená koncentrácia : vodný výluh : pevná hmota : -

Koľaj	Označenie vzorky	Ekologická kvalita Materiálu PP (frakcie 0 - 8 mm)	Výsledná ekologická kvalita materiálu PP (frakcie 0 - 63 mm)
Koľaj 1 žkm 12,800 – 13,800	Priemerná vzorka: EPŠ-04 Jednoduché vzorky: ZSŠ-14, ZSŠ-15, ZSŠ-16, ZSŠ-17, ZSŠ-18	NEVYHOVUJE Prekročená koncentrácia : vodný výluh : A tenzidy pevná hmota : -	NEVYHOVUJE Prekročená koncentrácia : vodný výluh : A tenzidy pevná hmota : -
Koľaj 1 žkm 13,800 – 14,429	Priemerná vzorka: EPŠ -05 Jednoduché vzorky: ZSŠ-19, ZSŠ-20, KS-1	NEVYHOVUJE Prekročená koncentrácia : vodný výluh : - pevná hmota : med'	VYHOVUJE Prekročená koncentrácia : vodný výluh : - pevná hmota : -

2.5 Zjednodušený petrografický a granulometrický rozbor kameniva

Petrografické zloženie hornín, z ktorých je zložené kamenivo železničného zvršku hodnotenej lokality, bolo skúmané na odobratých charakteristických vzorkách. Petrografický rozbor bol vykonaný na vzorkách, ktoré v materiáli podvalového podložia koľajové kamenivo obsahovali. Celkovo kamenivo obsahuje nasledovné typy hornín:

- Karbonáty,
- Kremence až kremité pieskovce,
- Granodiority,
- Andezity,
- Melafýr

Prehľad výsledkov petrografického rozboru a podrobná petrografická charakteristika horninových typov sú spracované v samostatnej prílohe 6. Priemerný obsah petrografického zloženia kameniva železničného zvršku v hodnotených úsekoch trate je uvedený v tabuľke 20.

Tabuľka 20 Priemerný obsah petrografického zloženia kameniva železničného zvršku

Priemerná vzorka	Hornina (%)				
	Andezity	Karbonáty	Kremence	Granodiority	Melafýry
EPŠ-1 (žkm 9,893 – 10,800)	29,0	46,0	7,7	0,7	16,6
EPŠ-2 (žkm 10,800 – 11,800)	22,6	31,7	0,9	0,0	44,9
EPŠ-3 (žkm 11,800 – 12,800)	16,9	39,9	14,2	0,0	29,0
EPŠ-4 (žkm 12,800 – 13,800)	8,1	39,4	8,3	0,0	44,2
EPŠ-5 (žkm 13,800 – 14,429)	35,6	34,9	2,4	0,0	27,1

Podľa výsledkov petrografického zloženia hornín v materiáli koľajového lôžka resp. kamenive medzistaničnej koľaj č.1 v celom hodnotenom úseku v žkm 9,893 – 14,429 dominujú v priemere karbonáty a melafýry. Zvýšený podiel andezitov nad 20 % z celkového obsahu sa vyskytuje v kamenive koľaje č. 1 v žkm 9,83 až žkm11,800 a v úseku žkm 13,800 – 14,429 (tabuľka 20). Podiel kremencov v priemernom obsahu petrografického zloženia v hodnotených úsekoch medzistaničnej koľaje č. 1 sa pohybuje v rozsahu 0,9 až 14,2 % (tabuľka 20).

Zrnitostné zloženie materiálu podvalového podložia bolo zisťované granulometrickým rozborom jednoduchých vzoriek medzistaničnej koľaje sitovaním pre frakcie 63 - 32 - 16 a 8 mm. Hmotnosť materiálu po zlúčení jednoduchých vzoriek do priemernej vzorky a ich percentuálny

podiel k celku sú uvedené v tabuľke 21.

Podľa zrnitostného zloženia materiál podvalového podlažia medzistaničnej koľaje č. 1 tvorí prevažne **štrk dobre zrený** triedy **G1** symbol **GWY** a **štrk zle zrený** triedy **G2** symbol **GPY**. Upozorňujeme, že podľa metodického pokynu MDPT č. 18/99 sa nevyžaduje analýza jemnozrnnej frakcie s $d < 8$ mm. Zatriedenie zeminy preto nezodpovedá v plnom rozsahu klasifikácii zemín podľa STN 72 1001:2010-04.

V granulometrickom zložení materiálu podvalového podlažia medzistaničnej koľaje č.1 v úseku žkm 9,893 – 14,429 medzi ŽST Šelpice a ŽST Boleráz bola frakcia 0- 8 mm v priemere zastúpená 16,78 % až 23,49% podielom. Frakcia 16 – 32 bola v priemere zastúpená podielom 20,13 % až 26,96 % a priemerný obsah frakcie 32 – 63 mm v celku bol v rozmedzí 44,75 % až 53,08%.

Tabuľka 21 Hmotnosť priemernej vzorky, frakcií 0-8 mm, 16-32 mm a 32-63 mm a ich percentuálny podiel k celku

Priemerná vzorka	Hmotnosť materiálu a percentuálny podiel k celku pre frakcie			
	priemernej vzorky [kg]	frakcie 0-8mm [kg / (%)]	frakcie 16-32 mm [kg / (%)]	frakcie 32-63 mm [kg / (%)]
EPŠ-1 (žkm 9,893 – 10,800)	44,964	7,546 / (16,78 %)	9,117 / (20,28 %)	23,868 / (53,08%)
EPŠ-2 (žkm 10,800 – 11,800)	64,212	14,189 / (22,10 %)	12,924 / (20,13 %)	28,733 / (44,75 %)
EPŠ-3 (žkm 11,800 – 12,800)	62,320	14,636 / (23,49 %)	15,022 / (24,10 %)	24,183 / (38,80 %)
EPŠ-4 (žkm 12,800 – 13,800)	65,531	13,481 / (20,57 %)	13,550 / (20,68 %)	29,839 / (45,53 %)
EPŠ-5 (žkm 13,800 – 14,429)	40,503	7,858 / (19,40 %)	10,918 / (26,96 %)	17,033 / (42,05 %)

2.6 Kategorizácia zemín a hornín

Jednotlivé vyčlenené typy pokryvných kvartérnych zemín a podložných neogénnych zemín, vyskytujúcich sa v trase železničnej trate a jej bezprostrednom okolí, radíme podľa STN 73 3050 do nasledovných tried ťažiteľnosti:

- antropogénne navážky (koľajové kamenivo, teleso násypu)..... tr.3 – 5
- fluvialne, eolické a polygenetické silty a íly piesčité..... tr.3 – 4
- štrky korytovej fácie tr.5

Vyhodnotenie rizika namŕzavosti podľa Scheibleho kritéria, zhodnotenie vhodnosti materiálov pre podlažia vozoviek a budovanie násypov je spracované v nasledovnej tabuľke 22.

Tabuľka 22 Namŕzavosť zeminy podľa zrnitosti pomocou upraveného Scheibleho kritéria a vhodnosť do násypov a podlažia vozovky v zmysle STN 73 6133

Trieda a symbol zeminy	Namŕzavosť zeminy podľa zrnitosti pomocou upraveného Scheibleho kritéria	Vhodnosť pre podlažia vozovky (aktívna zóna)	Vhodnosť do násypu
F1/MG, F2/CG	namŕzavé	podmienečne vhodné	podmienečne vhodné
F3/MS ₁ , F4/CS ₁	nebezpečne namŕzavé	vhodné	vhodné
F3/MS ₂ , F4/CS ₂	nebezpečne namŕzavé	nevhodné	nevhodné
F5/ML, MI, F6/CL, CI	nebezpečne namŕzavé	podmienečne vhodné	nevhodné
F7/MH, MV, F8/CH, CV	vysoko namŕzavé	nevhodné	nevhodné

Trieda a symbol zeminy	Namŕzavosť zeminy podľa zrnitosti pomocou upraveného Scheibleho kritéria	Vhodnosť pre podlažie vozovky (aktívna zóna)	Vhodnosť do násypu
F7/ME, F8/CE	vysoko namŕzavé	nevhodné*	nevhodné*
S1/SW, S2/SP	namŕzavé**	vhodné	vhodné
S3/S-F, S4/SM, S5/SC	namŕzavé**	podmienečné vhodné	vhodné
G1/GW, G2/GP, G3/G-F	nenamŕzavé	vhodné	vhodné
G4/GM	mierne namŕzavé	vhodné	vhodné
G5/GC	mierne namŕzavé	podmienečné vhodné	vhodné

Pozn. : * nie je možné upraviť ; ** podľa priebehu čiar zrnitosti pod 0,01 mm

2.7 Geodetické zameranie prieskumných diel a charakteristických bodov

V nasledujúcej tabuľke 23 je uvedený zoznam zameraných prieskumných diel a charakteristických polohových bodov na trase železnice v úseku Šelpice – Boleráz.

Tabuľka 23 Zoznam súradníc realizovaných prieskumných diel

p.č.	Názov diela	X	Y	Z	Poznámka
1	SEB-01	539329,487	1251743,112	161,918	
2	SDPS-01	539442,325	1251602,961	162,124	
3	SEB-02	539550,794	1251453,966	162,388	
4	SDPS-02	539621,830	1251367,606	162,622	
5	SDPS-03	539808,441	1251122,576	163,991	
6	SDPS-04	539923,383	1250971,921	164,820	
7	SDPS-05	540049,439	1250806,651	165,707	
8	SDPS-06	540149,748	1250638,950	166,209	
9	SEB-03	540220,706	1250484,347	166,528	
10	SDPS-07	540235,201	1250457,954	166,580	
11	SDPS-08	540320,457	1250278,264	167,100	
12	SDPS-09	540409,720	1250089,829	168,065	
13	SDPS-10	540482,931	1249909,101	169,313	
14	SEB-04	540508,628	1249803,306	169,801	
16	SDPS-11	540524,692	1249724,939	170,257	
17	SDPS-12	540570,766	1249519,841	171,530	
18	SDPS-13	540617,409	1249325,784	172,850	
19	SDPS-14	540702,007	1249146,421	173,741	
20	SEB-05	540732,319	1249089,600	174,113	
21	SDPS-15	540793,493	1248966,435	174,815	
22	SDPS-16	540884,581	1248784,887	175,964	
23	SEB-06	540933,270	1248626,827	176,596	
24	SDPS-17	540959,503	1248574,518	177,326	
25	SDPS-18	541014,651	1248412,687	178,179	
26	SDPS-19	541079,679	1248222,200	179,282	
27	SDPS-20	541183,579	1247940,020	181,013	
28	SEB-07	541241,903	1247750,654	183,094	

3 ZÁVER

Cieľom predkladanej záverečnej správy bol podrobný inžinierskogeologický prieskum a geotechnický prieskum podvalového podložja pre plánovanú komplexnú rekonštrukciu železničného zvršku trate na úseku Šelpice – Boleráz. Zároveň bol cieľom prác aj orientačný geologický prieskum životného prostredia (ekologické hodnotenie koľajového kameniva) celého úseku trate.

Povrch územia tvoria antropogénne navážky železničného zvršku a navážky násypu železničnej trate. Navážku násypu železničnej trate tvoria prevažne jemnozrnné zeminy, ktoré bude potrebné po znesení konštrukčných vrstiev železničného zvršku vhodným spôsobom upraviť – vyspádovanie, ochrana pred priesakovými vodami, zvýšenie únosnosti, a pod.

Teleso násypu nevykazuje nestabilitu, len dlhodobé tvarové zmeny, vyplývajúce z reologických vlastností zemín, z ktorých je teleso násypu vytvorené. Pre zachovanie dlhodobej stability násypov je však potrebné obnoviť resp. rozšíriť drenážny systém pozdĺž železničnej trate – najmä upravenie a obnovenie odvodňovacích priekop, upravenie jestvujúcich priepustov.

Výsledky hodnotenia ekologickej kvality materiálu podvalového podložja preukázali nasledovné:

- **Nevyhovujúca ekologická kvalita materiálu podvalového podložja frakcie 0 – 8 mm** bola overená chemickou analýzou v materiáli medzistaničnej koľaje č. 1 v úsekoch žkm 11,800 – 14,429.
- **Materiál podvalového podložja medzistaničnej koľaje č.1 v úseku žkm 9,893 – 12,800 a v úseku žkm 13,800 – 14,429 má vyhovujúcu ekologickú kvalitu** a nevyžaduje v zmysle metodického pokynu č. 18/99 MDPT SR žiadnu chemickú úpravu pre jeho ďalšie využitie.
- **V materiáli podvalového podložja medzistaničnej koľaje č. 1 v úseku žkm 12,800 - 13,800** bola prekročená hraničná koncentrácia hodnotiaceho ukazovateľa **Aniónaktívne tenzidy** vo vodnom výluhu, preto **nemá vyhovujúcu ekologickú kvalitu**.

So získaným materiálom, ktorý **nemá vyhovujúcu kvalitu**, sa môže manipulovať nasledovne:

- 1) získaný materiál z podvalového podložja pre jeho ďalšie využitie je potrebné chemicky upraviť s cieľom zníženia zistených znečisťujúcich látok,
- 2) získaný materiál z podvalového podložja bude svojim pôvodom prehlásený za odpad a ďalej sa bude postupovať pri nakladaní s jeho obsahom v zmysle právnych predpisov platných pre oblasť odpadového hospodárstva.

O spôsobe manipulácie s vyzískaným materiálom rozhodne jeho pôvodca v zmysle metodického pokynu č. 18/99 MDPT SR o ekologickom hodnotení získaného materiálu z podvalového podložja železničných tratí.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Cempírek, J. – Sedlmajer, K.: Šelpice – deponovací koleje ŽOS Trnava. Podrobný inžinierskogeologický prieskum. Státní ústav dopravního projektování, Pardubice, 1978. GEOFOND 43181;
- Horváth, V.: Boleráz – AMYLUM Slovakia spol. s r.o., skladovacie zásobníky, inžinierskogeologický prieskum. GEOTREND – RNDr. V. Horváth, Nitra, 2006, GEOFOND 86330;
- Laurenčík, J. – Janták, V.: IGP – Boleráz – výrobná hala, podrobný inžinierskogeologický prieskum. GEOspol. s r.o., Nitra, 2009, GEOFOND 89613;
- Pavlech, J.: Šelpice – sklad hotových výrobkov fy ELASIK. Jednostupňový inžinierskogeologický prieskum. Stavby a sanácie, s.r.o., Trnava, 2010. GEOFOND 90970;
- Pokorný, M.: Bohdanovce nad Trnavou, kanalizácia ČOV. Inžinierskogeologický jednostupňový prieskum. GEOS, Trnava, 1993. GEOFOND 78539;
- Slávik, F.: Boleráz – miestna časť Klčovany, stavba bytovky 8 b.j. Podrobný inžinierskogeologický prieskum. GEOPRIESKUM – Slávik, Trnava, 2008. GEOFOND 88812;
- Šošsko, A.: G.O. štátnej cesty I/51 v úseku Boleráz - Trnava v km 115,200-125,900, inžinierskogeologický prieskum. Dopravoprojekt n.p. , Bratislava, 1967. GEOFOND 18230;
- Šustek, M.: Cesta I/51 Boleráz, podrobný inžinierskogeologický prieskum. IPOS s.r.o., Banská Bystrica, 2006. GEOFOND 86726;