

Oldřichov u Duchcova - Litvínov

Revitalizace a elektrifikace železniční trati

číslo úkolu: 2017 072

Hodnocení násypů z popelovin km 48,025-51,400



Odpovědný zástupce společnosti:

Ing. Luděk Kovář, Ph.D.

Datum zpracování:

červenec 2017

OBJEDNATEL: **ELTODO, a.s.**
Novodvorská 1010/14,
142 00 Praha 4

ZHOTOVITEL: **K-GEO, s.r.o.**
Masná 1
702 00 Ostrava 1

ŘEŠITELSKÝ TÝM: **Ing. Jiří Činka**
RNDr. Roman Košář
Ing. Marcela Vincenecová

<u>OBSAH:</u>	Stránka
1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE	4
1.1 Metodika a rozsah průzkumných prací	4
1.1.1 Přípravné a rekognoskační práce	5
1.1.2 Geodetické práce	5
1.1.3 Sondážní práce	5
1.1.4 Vzorkovací a laboratorní práce	6
1.1.5 Geologické terénní a vyhodnocovací práce	7
1.2 Archivní prozkoumanost	8
2. PŘÍRODNÍ POMĚRY	10
2.1 Geologické a geomorfologické poměry	10
2.2 Hydrogeologické poměry, agresivita podzemní vody	11
2.3 Klimatické poměry	12
2.4 Stabilitní poměry a poddolování	12
2.5 Zhodnocení seizmického zatížení	13
3. GEOTECHNICKÁ CHARAKTERISTIKA ZEMIN	13
3.1 Geotechnické typy zemin - členění	13
3.2 Geotechnické typy zemin - hodnocení	14
3.2.1 GT I Antropogenní navážky	14
3.2.2 GT II Deluviální jíl	17
3.2.3 GT III Proluviální štěrky	18
3.2.4 GT IV Předkvartérní podloží	19
4. NÁSYPOVÉ TĚLESO	20
4.1 Stabilita náspu, geotechnické výpočty	23
4.1.1 Teoretické základy geotechnických výpočtů	24
4.1.2 Požadované hodnoty stupně stability	25
4.1.3 Dosažené výsledky	25
5. KONSTATOVÁNÍ A DOPORUČENÍ	28
5.1 Konstatování	28
5.2 Obecná doporučení	29
5.3 Rozdělení násypového tělesa na jednotlivé kvazihomogenní bloky a specifická doporučení pro tyto úseky	29
5.4 Nejistoty a rizika	33
6. ZÁVĚR	33

PŘÍLOHY:

1. Přehledná situace zájmového území - letecká
2. Účelová situace řezů, 1:500 (8 ks)
3. Geologická dokumentace nově realizovaných sond (15 ks)
4. Geologická dokumentace archivních sond (25 ks)
5. Podrobný záznam provedené rekognoskace náspu (6 ks)
6. Atesty laboratorních fyzikálně mechanických zkoušek zemin
7. Rozbory podzemní vody
8. Geologické řezy 1:100/100 (9 ks)
9. Měřická zpráva
10. Fotodokumentace

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:

GTP PP	geotechnický průzkum pražcového podloží
GT	geotechnický typ
HG	hydrogeologický, hydrogeologie
IG	inženýrskogeologický, inženýrská geologie
ČGS	Česká geologická služba
m p. t.	metry pod terénem

Označení průzkumných prací

V	strojní jádrový vrt
RV	ruční vrt
KS	kopaná sonda
DP	dynamická penetrace
J	archivní vrty

Hodnocení namrzavosti:

O	nenamrzavý
MN	mírně namrzavý
N	namrzavý
NN	nebezpečně namrzavý
VN	vysoce namrzavý

Konzistence:

M	měkká konzistence
T	tuhá konzistence
P	pevná konzistence
vP	velmi pevná konzistence

Laboratorní vzorky:

N	neporušený vzorek zeminy
PP	poloporušený vzorek zeminy
P	porušený vzorek zeminy
voda	vzorek vody

Hladina podzemní vody:

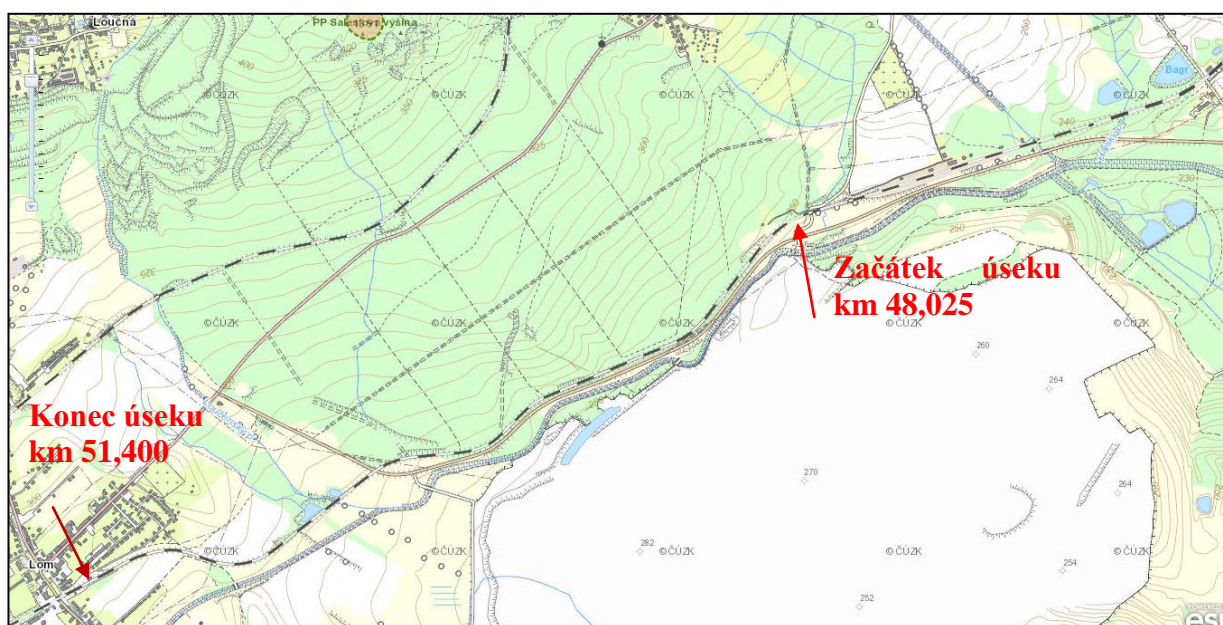
N	naražená hladina podzemní vody
U	ustálená hladina podzemní vody

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Provedené geologicko-průzkumné práce byly realizovány na základě ústní dohody, uzavřené s objednatelem - projekční firmou ELTODO, a.s. Praha.

Předmětem prací bylo provedení geotechnického průzkumu pro projektovanou revitalizaci a elektrifikaci železniční trati v úseku Oldřichov u Duchcova – Litvínov, v úseku násypů z popelovin v km 48,025-51,400. Celková délka násypu je 3 375 m, trať je v celém úseku jednokolejná, elektrifikovaná.

Zájmové území se nachází v Severočeském kraji, mezi železniční stanicí Osek u Duchcova a zastávkou Lom u Mostu. Trať v předmětném úseku prochází katastry obcí Lom u Mostu, Libkovice u Mostu, Hřídlovka – Nový Dvůr a Osek u Duchcova.



Obrázek č. 1: Lokalizace úseku trati vedené v předmětném násypu, označeno červeně

Cílem průzkumných prací bylo dle požadavků projektanta získání základních informací o zemní pláni v prostoru předmětného tělesa násypů s posouzením geotechnických parametrů jednotlivých zemin zastiženého vrstevního sledu. Pozornost byla dále zaměřena na ověření stávajícího stavu násypového tělesa, resp. jeho stability.

Objednatel průzkumu nám poskytl digitální situaci ve formátu DWG se zaměřením stávajícího stavu železniční tratě a jejího nejbližšího okolí.

1.1 Metodika a rozsah průzkumných prací

Průzkumné práce prováděné v rámci diagnostického geologického průzkumu násypů z popelovin byly prováděny v rozsahu podle specifikace zadání objednatele. Veškeré terénní práce byly realizovány v období od 29. května do 20. června 2017.

Průzkumné práce byly realizovány v následující skladbě a rozsahu:

- přípravné a rekognoskační práce,
- geodetické práce,
- sondážní práce,

- vzorkovací a laboratorní práce,
- geologické terénní a vyhodnocovací práce

Přehled provedených terénních technických prací dokumentuje tabulka č. 1. Rozsah provedených laboratorních prací je obsahem tabulky č. 2, výsledky laboratorních analýz jsou uvedeny v přílohách č. 6 a 7.

1.1.1 Přípravné a rekognoskační práce

Vlastním geologicko-průzkumným pracím předcházela podrobná rekognoskace celého tělesa násypů provedená ve dnech 30.5.-1.6.2017. V rámci této rekognoskace byla provedena podrobná dokumentace násypového tělesa zaměřená na sledování projevů nestabilit násypového tělesa, výskyt zamokřených území. Dále byl sledován tvar, výška a šířka v koruně násypů, materiál násypů a vegetační pokryv. Veškeré získané informace jsou přehledně uvedeny v příloze č. 5 (Podrobný záznam provedené rekognoskace tělesa násypů), vybrané fotografie z pořízené fotodokumentace jsou součástí přílohy č. 11.

Dalším cílem rekognoskace bylo vytipování míst pro realizaci vrtných prací a to hlavně s ohledem na možnost dojezdu vrtné soupravy co nejbližší k patě násypového tělesa a průběh inženýrských sítí. V místech vrtů byly vedeny geodeticky zaměřené příčné stabilitní řezy, které byly v linii řezu doplněny kopanými sondami v patě násypů, popř. ručními vrtly.

Současně byla věnována pozornost kompletaci dostupných informací o zájmovém území.

1.1.2 Geodetické práce

Zaměření všech nově realizovaných sond a 9 ks příčných řezů násypovým tělesem v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv pro nás v subdodávce zhotovila firma INTEGRAL Geodetické práce spol. s r.o.

Příčné řezy byly vedeny v místech vybraných sond a byly orientovány kolmo k ose koleje. Měřené body ležící mírně mimo danou přímkou byly přeneseny ve stejné výšce do přímkou řezu, aby kresba řezu vystihla profil násypového tělesa bez zkreslení.

Technická zpráva, profily řezů a seznam souřadnic je uveden v příloze č. 9, v přílohové části zprávy.

1.1.3 Sondážní práce

V rámci terénních průzkumných prací uskutečněných ve dnech 14. a 15. 6. 2017 bylo realizováno 5 ks strojních vrtů, 4 ks ručních vrtů a 6 ks kopaných sond. Kompletní informace o hloubkách realizovaných sond, jsou spolu s počty a typy odebraných vzorků pro fyzikálně mechanické zkoušky zemin, přehledně uvedeny v tabulce č. 1.

Sonda	Název	Hloubka (m)	Vzorky (počet)			
			N	PP	P	voda
PROVEDENÉ Průzkumné sondy						
IG vrty	V-1	5,0	1	1	-	-
	V-2	6,0	1	1	1	-
	V-3	12,0	2	1	-	-
	V-4	8,0	2	-	-	-
	V-5	5,0	1	-	-	-
IG vrty ruční	RV-1	2,0	-	1	-	-
	RV-2	3,0	-	1	-	-
	RV-3	3,0	-	1	-	-
	RV-4	3,0	-	1	-	-
Kopané sondy	KS-1	1,0	-	-	-	-
	KS-2	1,0	-	-	-	-
	KS-3	1,0	-	1	-	-
	KS-4	1,0	-	-	-	-
	KS-5	1,0	-	-	-	-
	KS-6	0,9	-	-	-	1

Tabulka 1: Provedené průzkumné práce v tělese násypů z popelovin

Strojní průzkumné vrty byly provedeny technologií jádrově nasucho, vrtnou soupravou Wirth B0 s použitím jádrováků s tvrdokovovými korunkami o průměru 137 a 156 mm, s manipulačním pažením. Vrtné práce realizovala firma Gerhard Prokeš, pod vedením pana Prokeše. Strojní vrty byly označeny symboly V-1 až V-5, vrtáno bylo do hloubky 5,0 – 12,0 m s celkovou odvrtnou metrží 36 bm.

V místech nepřístupných pro strojní vrtnou soupravu byly odvrtny ruční vrty označené RV-1 až RV-4 a to do hloubky 2,0-3,0 m p.t. Celková odvrtná metráž činí 11 bm. Průzkumné práce byly provedeny s využitím soupravy ručních vrtáků EIJKELKAMP 70mm. Vrtalo se náběrnými (Edelman) a šnekovými vrtáky.

Vrtné jádro bylo ihned po vytěžení ukládáno do typizovaných vzorkovnic, s průběžnou geologickou dokumentací a se současným odběrem vzorků zemin a hornin, které prováděl geolog trvale přítomný na lokalitě. Všechny vrty byly po zdokumentování, odběru vzorků a zaměření ustálené hladiny podzemní vody likvidovány záhozem vytěženou zeminou.

Zatřídění jednotlivých typů zemin bylo prováděno v souladu s klasifikačním systémem podle SŽDC S4 Železniční spodek (10/2008), respektive ČSN P 73 1005 Inženýrskogeologický průzkum (11/2016). Průzkumná díla a k nim příslušející písemná dokumentace a protokoly o provedených laboratorních zkouškách jsou uvedeny v přílohové části zprávy (Přílohy č. 3,6 a 7).

1.1.4 Vzorkovací a laboratorní práce

V průběhu vrtných prací byly odebírány vzorky zemin a hornin k laboratornímu zpracování. Z vrtného jádra realizovaných vrtů bylo odebráno 7 ks neporušených vzorků ze soudržných zemin. Tyto neporušené vzorky byly odebírány do dvojitého odběrného válce výšky 0,2 m. Dále bylo odebráno 8 ks poloporušených vzorků se zachováním původní vlhkosti ze soudržných zemin a 1 ks porušeného vzorku z nesoudržných zemin.

Dále byl odebrán 1 ks vzorku podzemní vody pro chemické analýzy zaměřené na posouzení agresivity.

Přehledně jsou počty jednotlivých odebraných typů vzorků uvedeny v tabulce č. 1., přehled provedených laboratorních zkoušek a to včetně rozborů provedených v rámci GTP PP je obsahem tabulky č. 2.

Veškeré odebrané vzorky zemin byly převezeny do laboratoří fy. K-GEO s. r. o., kde byly zpracovány v rozsahu pokynů řešitele, v souladu s platnými ČSN. Vzorek podzemní vody byl analyzován v laboratořích firmy ELVAC EKOTECHNIKA s. r. o.

Za účelem ověření fyzikálně – mechanických vlastností zemin byly provedeny následující zkoušky:

Materiál	Stanovení	Nově realizované (počet)	Archivní (počet)
Zeminy	zrnitostní rozbor	16	23
	index. zkoušky: objemová hmotnost	15	2
	přírozená vlhkost	15	2
	Atterbergovy meze	15	4
	parametry efektivní smykové pevnosti	7	-
	modul deformace	7	-
	obsah organických látek (ztráta žíháním)	11	19
Voda	zkrácený chemický rozbor (agresivita)	1	-

Tabulka 2: Přehled provedených laboratorních zkoušek, včetně archivních

Souhrnné výsledky uvedené ve formě tabelárních přehledů, atesty jednotlivých zrnitostních rozborů a fyzikálně mechanických zkoušek jsou obsahem přílohy č. 6. Rozbor podzemní vody je přílohou č. 7.

1.1.5 Geologické terénní a vyhodnocovací práce

Geologické terénní práce zahrnovaly trvalou přítomnost geologa na lokalitě v průběhu provádění terénních průzkumných prací, spojenou mimo jiné s popisem a fotodokumentací vrtného jádra, vzorkováním, zaměřením naražené a ustálené hladiny podzemní vody a podrobnou rekognoscací tělesa násypů.

Vyhodnocovací práce obsahovaly syntézu a interpretaci zjištěných skutečností, včetně využití archivních údajů (viz. následující kapitola), v rozsahu vyplývajícím ze zadání. Tyto poznatky jsou podrobně rozpracovány v následujících kapitolách zprávy.

Na vytipovaných místech, byly provedeny geotechnické výpočty stability násypového tělesa a jeho podloží a to v příčných řezech. Výpočty stability byly provedeny programovým systémem Geo 4 a Geo 5 společnosti FINE, moduly „Stabilita svahu“.

Geologické práce, včetně vyhodnocení, zpracování závěrečné zprávy, reprodukce a práce zahrnující oblast výpočetní techniky prováděli pracovníci fy. K-GEO s.r.o.

1.2 Archivní prozkoumanost

Na základě informací čerpaných z mapy vrtné prozkoumanosti ze serveru ČGS ČR jsou v okolí evidovány následující průzkumné práce:

- P084321 - Čelák, J.: Obchvat Osek – přeložka silnice II/254. HCH geo s.r.o., Praha. 1995. (vrty J-102 až J-109)
- P082501 – Čelák, J.: Předběžný IG průzkum pro akci Osek – obchvat, přeložka silnice II/254. Pragoprojekt, a.s., Praha. 1994. (vrt J-2)

Dále jsme využili informací ze sond realizovaných naší firmou v rámci geotechnického průzkumu pražcového podloží:

- Dostálík, R.: Oldřichov u Duchcova (mimo) – Litvínov, revitalizace a elektrifikace trati ČD. K-GEO s.r.o. Ostrava, 2017. (V, DP, KS s označením km)

Přehledný seznam všech archivních průzkumných sond, včetně odebraných typů vzorků je uveden v tabulce č. 3. Pozice archivních průzkumných děl v blízkosti geologických řezů je znázorněná v příloze č. 2, u ostatních archivních geologických profilů vrtů jsou uvedeny souřadnice JTSK, v případě sond v trati je v názvu uveden km (viz příloha č. 4).

Nadmořské výšky, uvedené v archivní geologické dokumentaci byly při použití v geologických řezech v některých případech upraveny, a to z důvodů, že se jedná o vrty realizované před více než 20-ti lety, které nebyly geodeticky zaměřeny a dále s ohledem na poddolovanost území a výrazné antropogenní úpravy v širším okolí zájmového prostoru.

Sonda	Název	Hloubka (m)	Vzorky (počet)			
			N	PP	P	voda
ARCHIVNÍ průzkumné sondy						
IG Vrtý	J-102	4,0				
	J-104	5,0				
	J-106	5,0				
	J-107	5,0				
	J-108	6,0				
	J-109	5,0				
	J-2	6,0				
Sondy v trati	KS-48,200	0,8			1	
	V-48,220	5,9				
	KS-48,350	0,8			1	
	KS-48,525	0,6			1	
	V-48,545	5,5		1		
	KS-48,795	0,8			1	
	V-48,815	3,5				
	KS-49,100	0,8			1	
	KS-49,350	0,8			1	
	V-49,370	3,5				
	KS-49,600	0,8			1	
	KS-49,850	0,7			1	
	V-49,870	3,0			1	
	KS-50,850	0,8			1	
	KS-51,100	0,9				
	V-51,120	3,0				
	KS-51,350	0,8			1	
	V-51,370	3,0				
DP v trati	DP-48,200	6,0				
	DP-48,350	3,0				
	DP-48,525	10,0				
	DP-48,795	10,0				
	DP-49,100	3,0				
	DP-49,350	5,0				
	DP-49,600	4,0				
	DP-49,850	4,0				
	DP-50,100	4,7				
	DP-50,350	4,0				
	DP-50,600	9,0				

Tabulka 3: Archivní průzkumné práce v tělese násypů z popelovin

2. PŘÍRODNÍ POMĚRY

2.1 Geologické a geomorfologické poměry

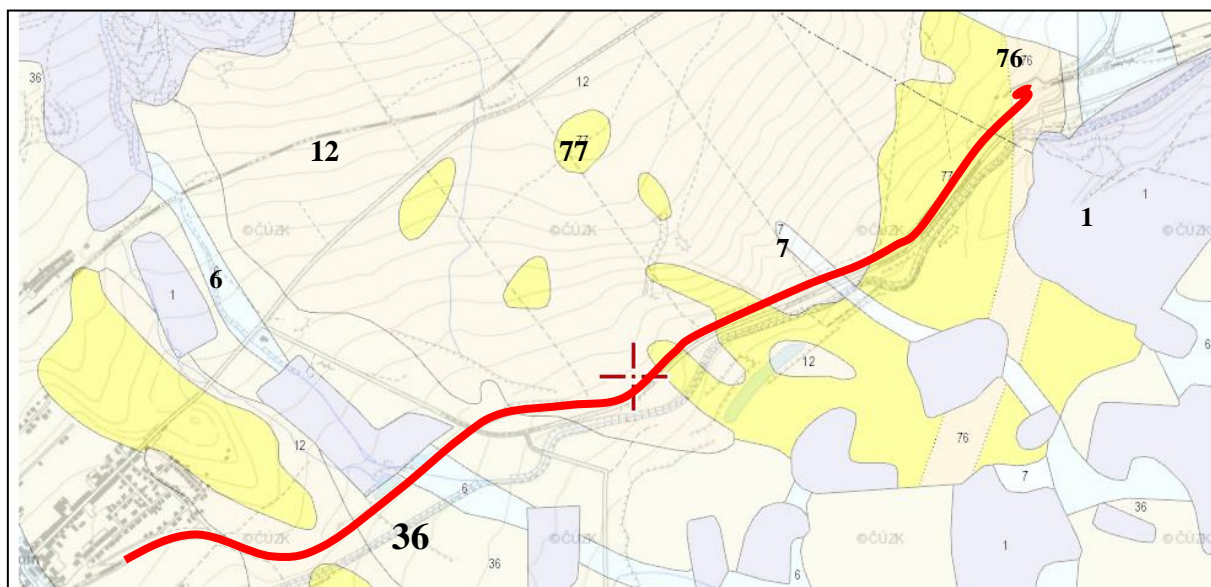
Z geomorfologického hlediska patří území do provincie Česká vysočina, Krušnohorská soustava, celku Mostecká pánev, podcelku Chomutovsko-teplická pánev, okrsku Duchcovská pánev, která vytváří pleistocenní destrukční reliéf na miocenních jezerních jílech a písčích. Povrch je výrazně porušený antropogenní činností, v zájmovém území se vyskytují poměrně rozsáhlé navážky a pozůstatky po důlní činnosti.

Z regionálně geologického hlediska se těleso násypu nachází v prostoru neogenních sedimentů Chomutovsko-mostecko-teplické pánve, konkrétně v její mostecké části.

Předkvartérní podloží je tvořeno miocenním nadložním souvrstvím, ve kterém převažují jíly a jílovce většinou šedohnědých až hnědožlutých barev, místy bývají i menší polohy šedobílých a modrošedých barev. Převážně jsou nepísčité, nevrstevnaté. Jsou kaolinicko-illitické, s různě silnou příměsí montmorillonitu. Méně často se vyskytují polohy tence lupenitě vrstevnatých jílu až jílovců. V prostoru Duchcova a Hrdlovky se v rámci tohoto souvrství vyskytují polohy zvodněných písků mocných 2-10 m.

Kvartérní pokryvné útvary jsou z velké části tvořeny proluviálními sedimenty, jejichž vznik je vázán především na chladná periglaciální období. Jsou to přívalové zahliněné šterky vytvářející dejekční kužele na úpatí Krušných hor. Mocnost těchto sedimentů je často větší než 10 m.

Dále se v zájmovém území vyskytují také deluviální svahové sedimenty charakteru písčitých jílu s příměsí úlomků hornin, jejichž mocnost nepřevyšuje 2 m. V blízkosti vodních toků je kvartérní sedimentace původu fluvialního, tvořeného jíly a šterky.



Vysvětlivky:

- | | |
|----|---|
| 1 | navážka, halda, výsypka, odval; <i>holocén</i> |
| 6 | nivní sediment, hlína, písek, šterk; <i>holocén</i> |
| 7 | smíšený sediment, nezpevněný, převážně jemnozrnný; <i>holocén</i> |
| 12 | písčitohlinitý až hlinitopísčitý sediment; <i>kvartér</i> |
| 36 | nevytřídněné šterky; <i>střední pleistocén</i> |
| 77 | mostecké souvrství – svrchní část; <i>spodní miocén</i> |

Obrázek č. 2: Geologická mapa a vysvětlivky; zájmový úsek červeně

2.2 Hydrogeologické poměry, agresivita podzemní vody

Hydrograficky je zájmové území řazeno k povodí Labe. Číslo pramenných úseků hydrologických pořadí povodí je 1-14-01-0620-0-00 (Loučenský potok) a 1-14-01-0614-0-00 (Radčický potok).

Dle hydrogeologické rajonizace ČR na základní vrstvy leží lokalita v rajónu 2131 Mostecká pánev – severní část, útvar podzemních vod 21310 Mostecká pánev – severní část (zdroj: www.heis.vuv.cz).

Podzemní vody mělkého oběhu (kvartérní) jsou vázány na průlinově propustný kolektor fluvialních a proluviálních písčitých štěrků s jílovitou příměsí, popř. lokálně i na granulometricky příznivé polohy navážek. Výskyt těchto štěrkovitých zemin byl potvrzen v jihozápadní části území, cca od km 49,850.

V převážné části náspu tvoří přímé podloží náspu předkvartérní miocénní jíly, představující izolátory. Podzemní vody jsou zde vázány pouze na průlinově propustné polohy miocénních písků nebo průlinově-puklinové pískovce či puklinové kolektory uhelných slojí.

Hladina podzemní vody v těchto systémech bývá zpravidla napjatá, směr proudění podzemní vody předpokládáme generelně k jihu.

Zájmové území je odvodňováno především mechanismem hypodermického odtoku (mělký podpovrchový a povrchový odtok) a částečně evapotranspirací. Dešťová voda přitéká z vyšších úrovní retenční oblasti ve směru úklonu terénu (globálně k JV až k JJV) a povrchově saturuje danou oblast.

Dotace vody do geohydrodynamického systému je výhradně z atmosférických srážek s delší dobou zdržení. K povrchu blízko vystupující miocénní jíly, stejně jako kvartérní sedimenty (deluviální hlíny, soudržné navážky) vytvářejí hydraulickou překážku, zpomalující infiltraci a zvyšují bezprostřední povrchový a mělký odtok. Terénní prolákliny v těchto sedimentech, spolu s uměle vytvořenými překážkami (hlavně tělesa násypů železnice a silnice) zadržují přirozený odtok a důsledkem toho vznikají v zájmovém prostoru podmáčená území. Podrobněji je této problematice věnována kapitola 4 Násypové těleso.

Pro posouzení agresivity podzemní vody na základové konstrukce byl z kopané sondy KS-6 odebrán a analyzován vzorek podzemní vody. Z provedených rozborů vyplývá, že se jedná o vodu slabě zásaditou (pH = 8,1), tvrdou ($T_{\text{celk}} = 3,7 \text{ mmol/l}$). Z hlediska agresivních účinků na základové konstrukce hodnotíme danou vodu ve smyslu ČSN 03 8375 („Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi“) jako **velmi vysoce agresivní na ocelové konstrukce** (st. IV.) vlivem vodivosti a obsahu CO_2 agres. dle Heyera. Ve smyslu ČSN EN 206-1 (Beton – část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda) dosahuje voda stupně agresivity XA1 viz tabulky č. 4 a 5.

	velmi nízká	střední	zvýšená	velmi vysoká
konduktivita (mS/m)				218
pH	8,1			
$\text{SO}_3 + \text{Cl}$ (mg/l)		182,2		
CO_2 agres. dle Heyera (mg/l)				13,2

Tabulka č. 4: Agresivita na kovová potrubí dle ČSN 03 8375

SO_4^{2-} (mg/l)	pH	CO_2 agr. Heyer (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	STUPEŇ AGRESIVITY
208	8,1	13,2	3,5	23,8	XA1

Tabulka č. 5: Agresivita na beton dle čsn en 206-1

2.3 Klimatické poměry

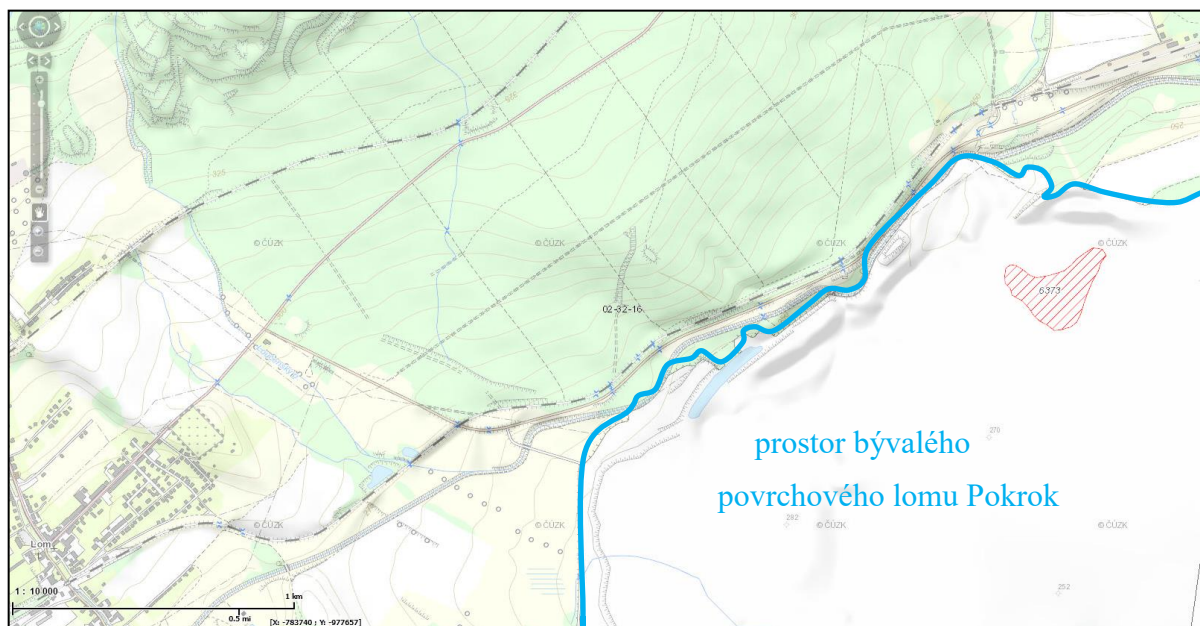
Zájmové území náleží dle Quittovy klasifikace klimatických oblastí k teplé oblasti W2 (zdroj: Atlas podnebí Česka, 2007). Základní charakteristiky teplé oblasti W2 jsou obsahem tabulky č. 6.

Klimatická oblast W2	
Počet letních dnů	50-60
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	160-170
Počet mrazových dnů	100-110
Počet ledových dnů	30-40
Průměrná teplota v lednu	-2 až -3 °C
Průměrná teplota v červenci	18 až 19 °C
Průměrná teplota v dubnu	8 až 9 °C
Průměrná teplota v říjnu	7 až 9 °C
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	90-100
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350-400 mm
Srážkový úhrn v zimním období	200-300 mm
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40-50

Tabulka č. 6: Klimatické charakteristiky oblasti W2

2.4 Stabilitní poměry a poddolování

Dle informací z centrálního registru svahových nestabilit ČGS Praha se v okolí začátku předmětného tělesa násypů železniční trati nachází evidovaná sesuvná aktivita (viz níže obrázek č. 3). Konkrétně se jedná o aktivní sesuv, které je v databázi ČGS Praha bez bližší specifikace veden pod kódovým označením 6373 (Hrdlovka); dokumentační záznamy do databáze ČGS byl pořízen v roce 1987, poslední aktualizace stavu zde pak byla provedena v roce 1997.



Obrázek č. 3: Plochy registrovaných aktivních sesuvů v okolí řešeného úseku trati ČD a vyznačení bývalého povrchového lomu Pokrok

Předmětný násyp se dle registru ČGS Praha nachází v poddolovaných územích Hrdlovka (ID 1514, uhlí hnědé) a Lom u Mostu (ID 1454, uhlí hnědé).

Trasa železničního náspu je od začátku úseku až po cca km 49,9 vedena okrajem (závěrným svahem) bývalého povrchového velkolomu Pokrok jak je vyznačeno v obrázku č. 3. Lom později sloužil jako výsypka dolu Bílina, byl tedy zavezen a nyní je jeho část rekultivována na park.

2.5 Zhodnocení seizmického zatížení

Zhodnocení seizmického zatížení zájmové oblasti bylo provedeno podle novelizované normy ČSN EN 1998-1 Eurokód 8: „Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby“. Podle mapy seizmických oblastí ČR (obrázek NA.1), uvedené ve výše citované normě, platí pro zájmové území hodnota referenčního zrychlení základové půdy podloží $ag_R = 0,04g$. Podle článku 3.2.1 v národní poznámce 2.7 a 2.8 na str. 165 se za případy malé seizmicity v ČR považují oblasti, ve kterých hodnota součinu ag_S (součin referenčního zrychlení ag_R a součinitele podloží S) není větší než $0,10g$. Při hodnotě součinu $ag_S \leq 0,05g$ jsou pak příslušné oblasti považovány za případy velmi malé seizmicity. Dále lze podle tabulky 3.1 Typy základových půd v článku 3.1.2 této normy (mocné sedimenty středně ulehlého nebo ulehlého písku, šterk nebo tuhý jíl v tloušťce od několika desítek do stovek metrů) klasifikovat základové podmínky jako **podloží třídy C s průměrnou rychlostí šíření smykových vln $v_{S,30} = 180-360 \text{ m.s}^{-1}$** .

3. GEOTECHNICKÁ CHARAKTERISTIKA ZEMIN

Pro stanovení geotechnických charakteristik jednotlivých typů zemin a hornin ověřených v zájmovém úseku trasy byly využity výsledky fyzikálně – mechanických vlastností stanovené na základě provedených laboratorních analýz.

Jednotlivé geotechnické typy zemin a hornin byly zaříděny a hodnoceny podle SŽDC S4 Železniční spodek (10/2008), respektive ČSN P 73 1005 Inženýrskogeologický průzkum (11/2016).

3.1 Geotechnické typy zemin - členění

V této kapitole uvádíme základní členění a charakteristiku jednotlivých geotechnických typů zemin a hornin zastižených v zájmovém území. Zjištěné poznatky o fyzikálně – mechanických vlastnostech zemin a hornin jsou interpretovány ve formě hodnocení jednotlivých geotechnických typů (dále jen GT).

KVARTÉR (Q)	
GT Ia	Zeminy tvořící násypové těleso – tmavé až černé nesoudržné zeminy (strusky, škváry a jiné popeloviny, v podstatně menší míře úlomky cihel, kamení a balvany, kusy betonu) (<i>třídy: Y/S3, Y/S4, Y/G1, Y/G2, Y/G3</i>)
GT Ib	Navážky upravující terén v okolí násypového tělesa – nesoudržné zeminy charakteru především šterku s příměsí jemnozrné zeminy až šterku jílovitého (strusky, škváry, kamenivo, stavební odpad) (<i>třídy: Y/G3-Y/G5</i>)
GT Ic	Navážky upravující terén v okolí násypového tělesa – soudržné zeminy především charakteru jílu s nízkou plasticitou, jílu s vysokou plasticitou a jílu písčitého, humózní hlíny (<i>třídy: Y/F8, Y/F6, Y/F4</i>)
GT II	Deluviální jíly s jednoznačnou převahou jílu s nízkou až vysokou plasticitou, světle hnědé až šedohnědé barvy, převažující konzistence tuhé až pevné, s obsahem ojedinělých drobných klastik a šterkových valounků. (<i>třídy: F8</i>)
GT III	Proluviální šterky s příměsí jemnozrné zeminy, místy až jílovité, tmavě šedé až hnědé barvy, převážně střední až balvanité, středně ulehle (při horní hranici intervalu), (<i>třídy G3 až G5</i>)
TERCIÉR (T), NEOGÉN - MIOCÉN	
GT IV	Předkvartérní podloží – fluviolakustrinní a lakustrinní nepravidelně prachovitopísčité jíly až jílovce, hnědé až šedohnědé barvy (<i>třída: R6/F8</i>)

Tabulka č. 7: Rozdělení zastižených zemin a hornin do GT typů

3.2 Geotechnické typy zemin - hodnocení

V následujících tabulkách uvádíme geotechnické charakteristiky zastižených GT typů zemin a hornin (hodnoty průkazné, popř. odvozené).

3.2.1 GT I Antropogenní navážky

Antropogenní navážky byly vzhledem k jejich charakteru a způsobu využití rozděleny do tří GT podtypů Ia, Ib a Ic.

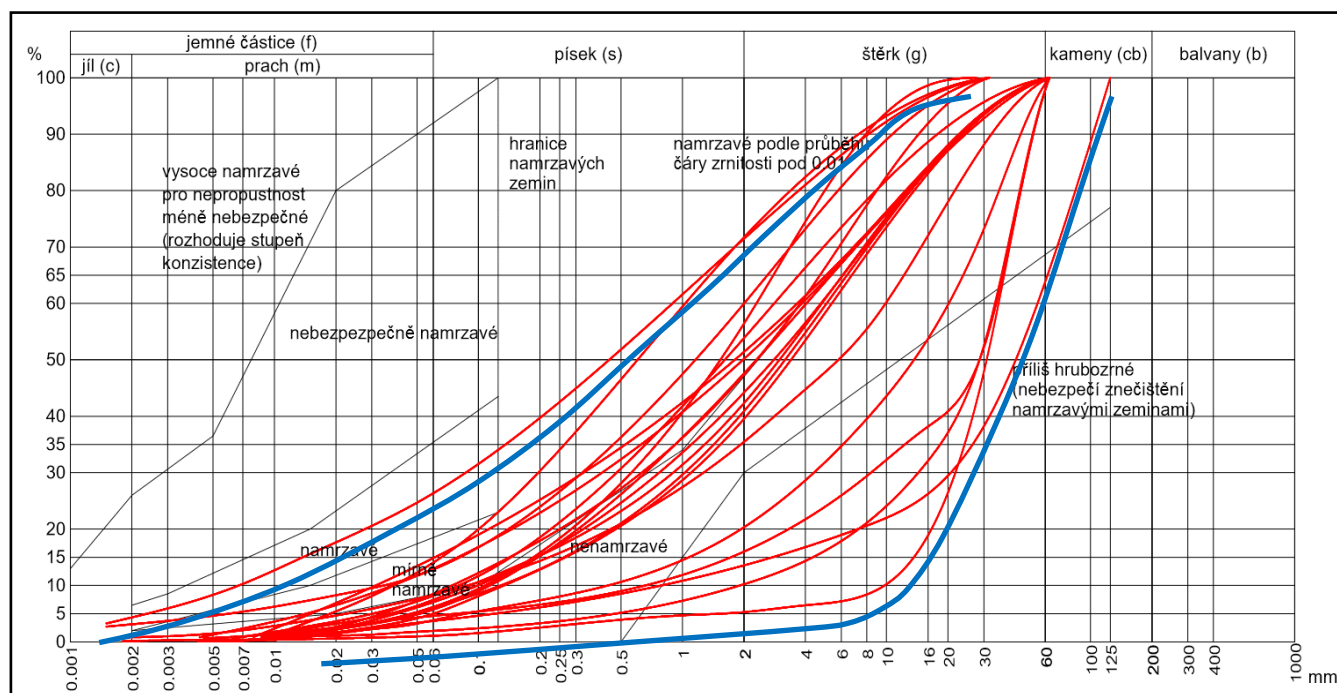
GT Ia představuje materiál násypového tělesa tvořený nesoudržnými zeminami (popeloviny, strusky, škváry s malou (podružnou) příměsí drobného kameniva, případně drceného stavebního odpadu). Materiál tělesa násypů je makroskopicky v celém tělese prakticky totožný. Ojediněle (v zanedbatelném množství) se zde mohou vyskytovat i soudržnější polohy s větším podílem jílovitější frakce. Materiál násypového tělesa byl ověřen všemi vrty, kopanými sondami a penetračními sondami, které byly realizovány v rámci GTP PP v koruně násypového tělesa. Aktuálně byly popeloviny ověřeny všemi kopanými sondami situovanými v patě tělesa násypů. Materiál násypů je označen symbolem Y, který je dále na základě zrnitostního rozboru řazen do tříd G1 GW (šterk dobře zrněný), G2 GP (šterk špatně zrněný), G3 G-F (šterk s příměsí jemnozrné zeminy), S3 S-F (písek s příměsí jemnozrné zeminy) a S4 SM (písek hlinitý). Ze zpracovaných vzorků zemin násypového tělesa byla provedena obalová zrnitostní křivka – viz obrázek č. 4, ze které je patrné poměrně širší granulometrické rozpětí zastižených zemin. Z hlediska zrnitostního diagramu pak bude

charakteristické (převládající) zrnitostní složení prakticky přímo ležet na dělicí hranici mezi šterky a písky - viz obrázek č. 5. Z hlediska propustnosti dle křivky zrnitosti budou tyto zeminy převážně ležet mezi mezní čarou propustnosti a mezní čarou nepropustnosti.

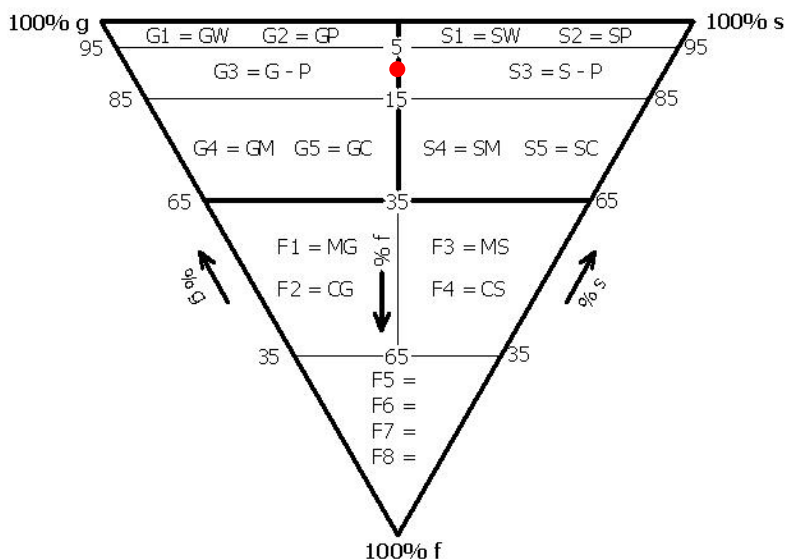
Zastižená mocnost těchto navážek odpovídá výšce násypového tělesa v předmětném úseku. Dle ČSN 73 1005 jsou materiály násypů řazeny do třídy těžitelnosti I. Výsledky fyzikálně-mechanických zkoušek vzorků zemin a jejich hodnocení je uvedeno v následující tabulce č. 8.

Veličina	Počet analýz (údajů)	Parametr	Jednotka	Hodnota	
				min - max	charakteristická
Koeficient filtrace ze zrnitost. křivky	18	K_f	(m/s)	$5 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-2}$	8×10^{-5}
Objemová hmotnost zeminy		ρ_n	(kg/m ³)	1750 – 1900	1850
Modul přetvárnosti		E_{def}	(MPa)	9 – 17	12
Parametry smykové pevnosti					
efektivní úhel vnitřního tření		φ_{ef}	(°)	27,00 – 33,00	30
efektivní soudržnost		c_{ef}	(kPa)	1-4	3
Poissonovo číslo		ν	()	0,20-0,30	0,28
Namrzavost					0
Těžitelnost dle ČSN P 73 1005					I

Tabulka č. 8: Geotechnické charakteristiky – zeminy GT Ia



Obrázek č. 4: Obalové křivky zrnitosti zemín podtypu GT Ia.



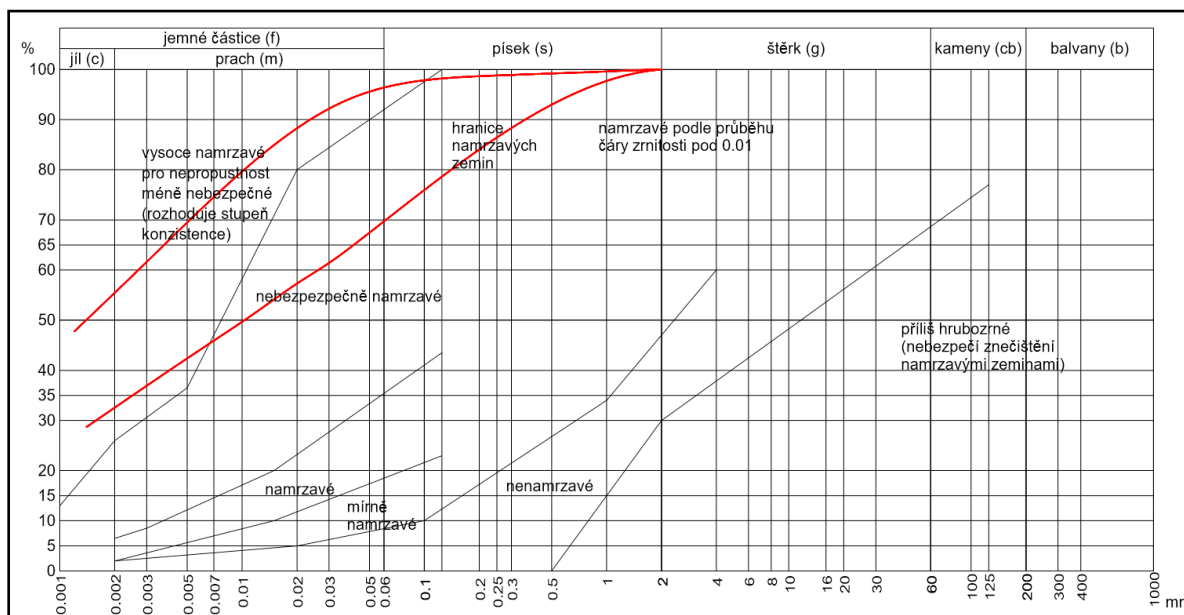
Obrázek č. 5: Červeně oblast výskytu charakteristického zrnitostního složení materiálů násypu v trojúhelníkovém diagramu zrnitosti zemín dle ČSN P 73 1005.

GT Ib zahrnuje nesoudržné navážky upravující okolní terén násypového tělesa. Tyto navážky byly ověřeny nově realizovanými vrty V-1, V-2, V-4 a V-5 v rozmezí mocností 0,3-3,5 m. Taktéž byly zastiženy i archivními vrty J2 a J-109 v mocnosti 0,5 – 1,7 m. Nejvyšší mocnosti navážek byly zjištěny vrtem V-5 (3,5 m), kde tvoří těleso silničního násypu.

Navážky tohoto GT jsou nesoudržné zeminy charakteru především šterku s příměsí jemnozrnné zeminy označené jako Y/G3 až šterku jílovitého třídy Y/G5.

GT 1c zahrnuje navážky soudržného charakteru tvořené přemístěnými místními materiály, upravující okolní terén násypového tělesa, dále je zde zahrnuta i svrchní kulturní vrstva. Navážky jílovitých zemín s občasnou příměsí šterku a kameniva byly ověřeny pouze nově realizovaným vrtem V-2 situovaným v blízkosti železničního přejezdu a to v hloubkových intervalech 1,4-20, m p.t. a 2,4-4,9 m p.t.

Navážky jsou označené symbolem Y/F6 – navážky charakteru jílu s nízkou plasticitou a Y/F8 navážky jílu s vysokou plasticitou, případně i charakteru jílu písčitého Y/F4.



Obrázek č. 6: Křivky zrnitosti zemín podtypu GT 1c

Zeminy půdního horizontu, tj. humózní hlíny s drnem travních kořenů, případně lesní hrabanka, byly ověřeny vrtem V-3 a RV-1 v mocnosti 0,1-0,2 m a dále archivními vrty J-102 až J-108.

Dle ČSN P 73 1005 jsou veškeré antropogenní navážky řazeny do třídy těžitelnosti I.

3.2.2 GT II Deluviální jíly

V podloží humózních hlín, případně navážek byly v úseku km 48,7 až 50,125, tj. průzkumnými vrty V-3 a V-4 ověřeny deluviální hlíny a to do hloubky 0,9 až 1,6 m, tj. v mocnosti 0,9 až 1,4 m.

Jedná se o jíly šedohnědých barev, místy rezavě smouhované. Lokálně obsahují malou příměs úlomků kamení velikosti do 5 cm. Konzistence je převážně pevná, místy na rozhraní tuhá – pevná.

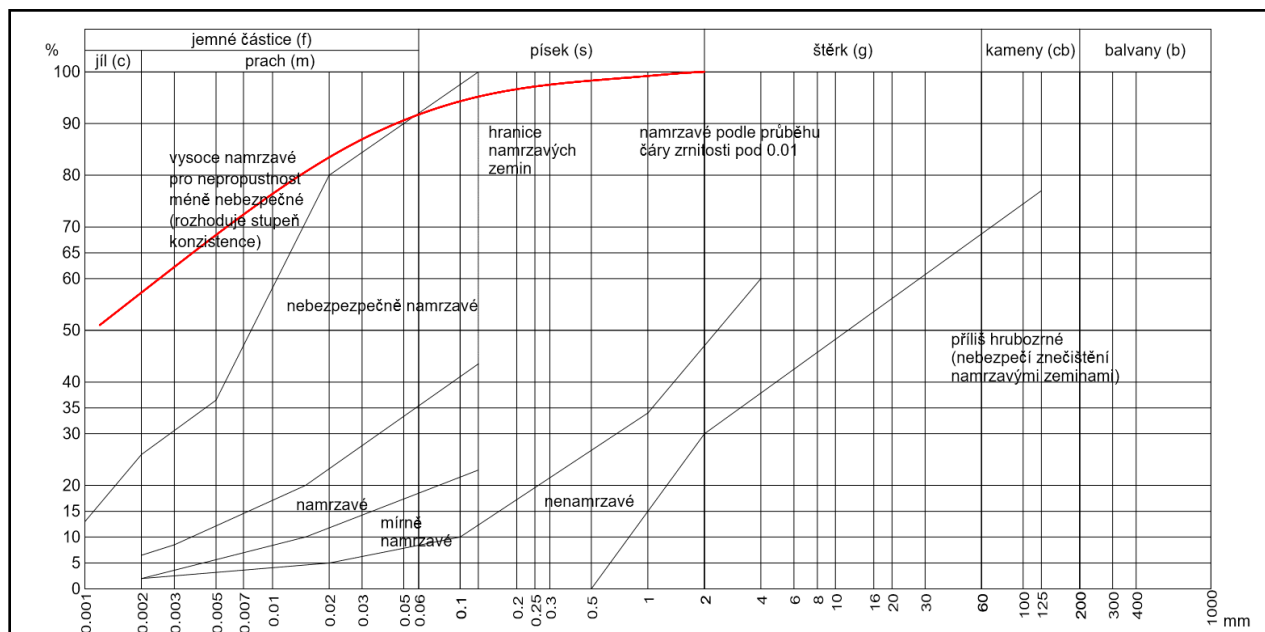
Dle ČSN P 73 1005 se jedná o zeminy třídy F8 CH (jíl s vysokou plasticitou). Těžitelnost zemin je hodnocena třídou I.

Zeminy jsou nebezpečně namrzavé, pro vodu jsou velmi málo propustné až prakticky nepropustné, pro plyn (radon) jsou málo propustné. Při nasycení vodou jsou rozbídné a velmi nestabilní.

Výsledky fyzikálně-mechanických zkoušek vzorků zemin a jejich hodnocení je uvedeno v následující tabulce.

Veličina	Počet analýz (údajů)	Parametr	Jednotka	Hodnota
				*laboratorně stanovená
Koeficient filtrace ze zrnitost. křivky	1	K	(m/s)	3×10^{-11} *
Vlhkost přirozená	1	w_n	(%)	26,21*
Vlhkost na mezi tekutosti	1	w_L	(%)	58,59*
Vlhkost na mezi plasticity	1	w_p	(%)	24,68*
Index plasticity	1	I_p	(%)	33,91*
Stupeň konzistence	1	I_c	(1)	0,95*
Objemová hmotnost zeminy	1	ρ_n	(kg/m ³)	1920*
Objemová hmotnost suché zeminy	1	ρ_d	(kg/m ³)	1520*
Pórovitost	1	n	(%)	43,45*
Stupeň nasycení	1	Sr	(1)	0,92*
Modul přetvárnosti		E_{def}	(MPa)	3,0
Parametry smykové pevnosti				
efektivní úhel vnitřního tření		φ_{ef}	(°)	17
efektivní soudržnost		c_{ef}	(kPa)	8
totální úhel vnitřního tření		φ_u	(°)	0
totální soudržnost		c_u	(kPa)	80
Poissonovo číslo		ν	()	0,42
Převodní součinitel		β	()	0,37
Namrzavost				NN
Těžitelnost dle ČSN P 73 1005				I

Tabulka č. 9: Geotechnické charakteristiky – zeminy GT II



Obrázek č. 7: Křivka zrnitosti GT II

3.2.3 GT III Proluviální štěrky

Z aktuálně provedených průzkumných prací byl strop vrstvy proluviálních štěrků zastižen pouze vrtem V-2 (cca km 49,91) a to v přímém podloží navážek, v hloubce 4,9 m p.t. Ověřena mocnost štěrků byla 0,9 m. V archivních průzkumech byly štěrky dokumentovány ve vrtu J-102 (cca km 49,99) a to v hloubkovém intervalu 2,0-2,3 m. V rámci GTP pražcového podloží byly štěrky interpretovány v dynamických penetračních sondách DP-49,850, DP-50,100, DP-50,185 a DP-50,600, přičemž nejvyšší mocnost štěrků 5,0 m byla zachycena DP 50,815 situovanou v blízkosti Loučenského potoka. V ostatních sondách se mocnost štěrkové vrstvy pohybovala v rozmezí 0,6 až 1,1 m. Poloha proluviálních štěrků a písků byla ještě zjištěna vrtem V-51,370 a to od hloubky 1,2 m až po konečnou hloubku vrtu 3,0 m.

Zastižené štěrky jsou hnědé a rezavě hnědé, převážně hrubé až balvanité, pouze místy střední až drobné. Mezerní výplň je jílovitopískitá, místy jílovitá.

Na základě provedeného zrnitostního rozboru jsou štěrky zařazeny do třídy G3 G-F (štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy), na základě makroskopického popisu také do třídy G5 GC (štěrk jílovitý).

Veličina	Počet analýz (údajů)	Parametr	Jednotka	Hodnota
				*laboratorní
Koeficient filtrace ze zrnitost. křivky	1	K	(m/s)	5×10^{-3} *
Zdánlivá hustota pevných částic	1	ρ_s	(kg/m ³)	2710*
Objemová tíha zeminy		γ	(kN/m ³)	1900
Modul přetvárnosti		E_{def}	(MPa)	70
Parametry smykové pevnosti				
efektivní úhel vnitřního tření		φ_{ef}	(°)	33,00
efektivní soudržnost		c_{ef}	(kPa)	0,00
Poissonovo číslo		ν	()	0,25
Převodní součinitel		β	()	0,83
Namrzavost				0-MN
Těžitelnost dle ČSN P 73 1005				I

Tabulka č. 10: Geotechnické charakteristiky – zeminy GT IV

Štěrky jsou s ohledem na množství jílovité výplně nenamrzavé až mírně namrzavé, pro vodu jsou s ohledem na ulehlost a proměnlivou jílovitou výplň dosti silně propustné až mírně propustné, pro plyn (radon) jsou propustné.

3.2.4 GT IV Předkvartérní podloží

Miocénní jíly předkvartérního podloží byly zastiženy všemi nově realizovanými vrty a sondami, kromě KS-2, která byla ukončena již v navážkách. Dále byly ověřeny archivními vrty a některými hlubšími sondami realizovanými v rámci GTP PP z koruny násypu (V-48,545, DP-48,525, DP-48,795, DP-50,181, DP-50,600). Do km cca 49,850 byly zastiženy v přímém podloží navážek, případně diluviálních hlín, dále pak v podloží proluviálních štěrků. Strop vrstvy se tedy nachází v hloubce od cca 0,4 m p.t. do 5,8 m p.t. (hloubky mimo těleso násypu).

Miocénní jíly jsou hnědých až hnědošedých barev, místy šedě skvrnitě a smouhované. Charakteristická je pro ně vysoká až velmi vysoká plasticita a nízká objemová hmotnost (i suchá). Laboratorními rozbory v nich byl zjištěn obsah organického materiálu, jehož množství se pohybuje od 0,93% do 3,14%.

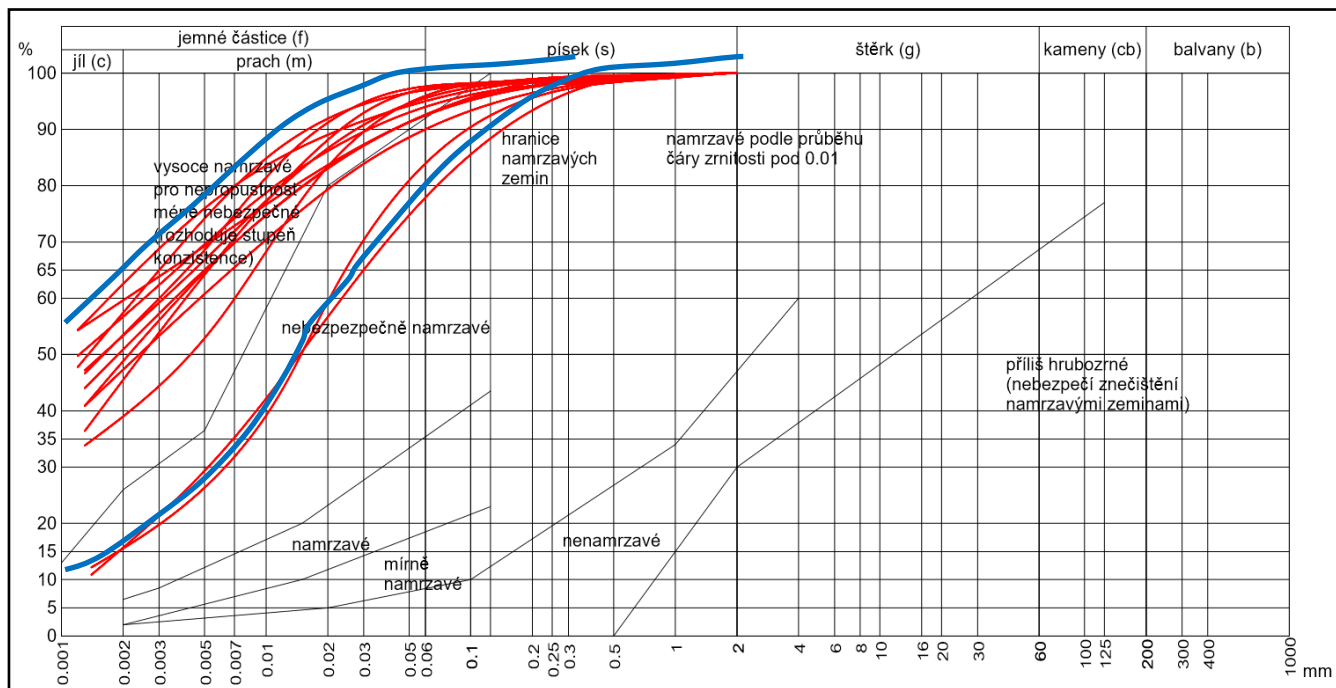
Dle ČSN P 73 1005 patří tyto jíly do třídy F8 CH (jíl s vysokou plasticitou) a F8 CV (jíl s velmi vysokou plasticitou). Těžitelnost zemin je hodnocena třídou I.

Z hlediska namrzavosti dle Scheibleho kritéria jsou nebezpečně namrzavé, pro vodu jsou velmi málo propustné až prakticky nepropustné, pro plyn (radon) jsou málo propustné. Při nasycení vodou jsou rozbídné a velmi nestabilní.

Výsledky fyzikálně-mechanických zkoušek neporušených a poloporušených vzorků zemin a jejich hodnocení je uvedeno v následující tabulce.

Veličina	Počet analýz (údajů)	Parametr	Jednotka	Hodnota	
				min - max	charakteristická
Koeficient filtrace ze zrnitosti křivky	12	K	(m/s)	$6 \times 10^{-10} - 3 \times 10^{-11}$	2×10^{-10}
Vlhkost přirozená	12	w_n	(%)	24,98 – 41,97	36
Vlhkost na mezi tekutosti	12	w_L	(%)	51,77 – 78,73	66
Vlhkost na mezi plasticity	12	w_p	(%)	24,24 – 30,78	28
Index plasticity	12	I_p	(%)	25,28 – 48,85	37
Stupeň konzistence	12	I_c	(1)	0,75 – 0,98	0,87
Objemová hmotnost zeminy	12	ρ_n	(kg/m ³)	1740 - 1950	1850
Objemová hmotnost suché zeminy	12	ρ_d	(kg/m ³)	1125 – 1560	1343
Pórovitost	12	n	(%)	41,92 – 53,40	48
Stupeň nasycení	12	Sr	(1)	0,82 – 1,00	0,91
Modul přetvárnosti		E_{def}	(MPa)	1,38 – 4,35	3,5
Oedometrický modul přetvárnosti	6	E_{oed}	(MPa)	3,73 – 11,77	8
Parametry smykové pevnosti					
efektivní úhel vnitřního tření	6	φ_{ef}	(°)	20,00 – 21,00	20
efektivní soudržnost	6	c_{ef}	(kPa)	8,00 – 11,00	10
totální úhel vnitřního tření		φ_u	(°)	0,00	0
totální soudržnost		c_u	(kPa)	80,00	80
Poissonovo číslo		ν	()	-	0,42
Převodní součinitel		β	()	-	0,37
Obsah organických látek	10	$I_{o\check{z}}$	(%)	0,93 – 3,13	-
Namrzavost					NN
Těžitelnost dle ČSN P 73 1005					I

Tabulka 11: Geotechnické charakteristiky – zeminy GT IV



Obrázek č. 8: Obalové křivky zrnitosti GT IV

4. NÁSYPOVÉ TĚLESO

Násypové těleso se nachází v km 48,025 až 51,400 mezi železničními stanicemi Osek a Lom u Mostu. Při podrobné rekognoskaci násypového tělesa byly každých 25 m hodnoceny tyto charakteristiky:

- výška svahů násypu
- šířka koruny
- vegetační pokryv
- projevy svahových deformací
- výskyt zamokřených území v patě svahů
- existence dodatečných přísypů v patě násypů

Pro lepší přehlednost byly tyto charakteristiky zpracovány graficky v podobě tabulky, která tvoří přílohu č. 5 (Podrobný záznam provedené rekognoskace terénu). Jednotlivé faktory ovlivňující násypové těleso jsou níže podrobně rozebrány.

Podloží tělesa násypů

Archivními a provedenými průzkumnými sondami bylo ověřeno podloží násypu, které je z převážné části tvořeno miocenními jíly mosteckého souvrství (viz kap. 2.1). Malou část podloží násypu (úsek v rozmezí cca km 49,850 až cca km 50,200) pak tvoří proluiální sedimenty ve formě štěrků (viz DP 50,185, V-2). V malé mocnosti se mohou objevit v přímém podloží násypového tělesa i deluviální sedimenty, které však svými geotechnickými vlastnostmi jsou velmi podobné výše uvedeným deluviálním jílům. Prakticky lze konstatovat, že přímé podloží násypového tělesa je tvořeno z převážné části jílovitými sedimenty (všechny níže uvedené jílovité sedimenty mají i přes rozdílnou genezi velmi podobné geotechnické vlastnosti), pouze lokálně pak proluiálními štěrky.

Miocénní jíly (GT IV) se vyznačují vysokou až velmi vysokou plasticitou a malou objemovou hmotností (i suchou), z hlediska namrzavosti dle Scheibleho kritéria jsou nebezpečně namrzavé, pro vodu jsou velmi málo propustné až prakticky nepropustné, pro plyn (radon) jsou málo propustné. Při nasycení vodou jsou rozbídné a velmi nestabilní. Dále byl provedenými laboratorními rozbory zjištěn v miocénních jílech obsah organického materiálu, jehož množství se pohybuje od 0,93% do 3,14%.

Deluviální jíly (GT II) vykazují – dle provedených laboratorních rozborů - obdobné vlastnosti jako výše popsané miocénní jíly.

Proluviální štěrky (GT III), ověřené sondou V-2 DP-50,185 v přímém podloží násypového tělesa, jsou dle penetračního záznamu ulehle, hrubé až balvanité.

Zeminy násypů

Dle archivních a provedených průzkumných sond (kopané sondy, dynamické penetrace, vrty) realizovaných v km 48,000 až 51,400 je těleso násypu pod vrstvou kolejového lože z drčeného kameniva frakce 32-123 mm mocnosti 0,3 - 0,7 m tvořeno především nesoudržnými zeminami šterkovitého až písčitého charakteru (GT Ia). Tyto zeminy jsou především tmavé až černé barvy, jsou reprezentovány dominující škvárou s nepravidelným podílem popelovin, struskou, v menší míře i úlomky stavebního odpadu. Tyto materiály jsou velmi sypké.

Předpokládáme, že v podloží násypového tělesa se místy vyskytuje „sanační“ vrstva tvořená hrubším kamenivem, popř. šterkem. Z průběhu penetračních sond, které tuto vrstvu zachytily, usuzujeme, že tato vrstva je tvořena především kamennou sypaninou tvořenou klastiky o velikosti 10 až 15 cm. Tato vrstva byla ověřena některými sondami DP, které byly realizovány z koruny násypového tělesa. Ostatní provedené sondy – vrty a kopané sondy však tuto vrstvu neověřily (šířka násypů v patě je dnes jistě větší než při stavbě).

Zeminy násypů – hydrogeologické charakteristiky

Pro vodu jsou zeminy násypového tělesa (GT I) v převážné míře mírně až dosti silně propustné (dle Jetela). Laboratorně zjištěný koeficient filtrace K_f se pohybuje v rozmezí $5 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$, přičemž hodnotu $5 \cdot 10^{-7}$ lze považovat za velmi ojedinělou (v návaznosti na výše zmíněný výskyt soudržnějších poloh s vyšším obsahem jílovitější frakce). Medián (nejčastěji vyskytující se hodnota) zjištěného koeficientu filtrace K_f se pak pohybuje v okolí hodnoty 8×10^{-5} , což umožňuje srážkové vodě přirozeně filtrovat násypovým tělesem až po povrch miocénních jíků, jejichž strop je v km 49,700 až km 51,400 v relativní rovině s malým spádem k JJV. V úseku mezi km 47,025 až km 49,700 se pak sklon miocénních jíků zvyšuje až na cca 7°, směr úklonu pak globálně zůstává k JV.

Dešťová voda procházející násypem způsobuje odnos jílovitých a prachovitých částic z tělesa násypu a vytváří tak lokálně v tělese násypu kaverny (vnitřní eroze, sufoze). Hladina podzemní vody nebyla v tělese násypu zatížena žádnou z provedených sond s výjimkou kopané sondy KS-6, kde byla hladina podzemní vody ověřena v hloubce 0,5 m p.t. Tuto hladinu podzemní vody dáváme do souvislosti s málo funkčními silničními propustky, které způsobují vznik podmačených území mezi silničním a železničním násypem – viz níže.

Propustky, zamokřená území

Jak již bylo zmíněno výše, dešťová voda v zájmovém území stéká z retenční oblasti k recipientu ve směru úklonu terénu – tj. globálně k JV až k JJV. Úkolem železničních propustků nacházejících se v tělese násypů je převést dešťové vody bezpečně násypovým tělesem z pravé (ve směru staničení), retenční strany, na stranu recipientu – tj. na stranu levou. Propustky nacházející se v násypovém tělese (podrobné hodnocení jednotlivých propustků viz předcházející etapa průzkumu) jsou však z převážné části málo funkční (řada propustků je díky přispívání násypového tělesa nastavovaná, přičemž jednotlivé nastavované části na sebe mnohdy nenavazují), popř. se nedají ani in situ dohledat (jsou zřejmě zasypané materiálem ze svahu). Situaci navíc komplikuje těleso silnice č. 254, která vede v km. 48,000 až 50,00 souběžně po levé straně násypového tělesa. Lze konstatovat, že i stávající silniční propustky jsou z velké části málo funkční (z velké části zanesené).

Na levé straně násypového tělesa (ve směru staničení) tak díky těmto silničním propustkům dochází ke kumulaci dešťových vod mezi železničním a silničním násypem a vznikají tak dočasná, ale i trvalá zamokřená území. Svou negativní roli v hromadění vody v tomto prostoru sehrávají i zanesené silniční příkopy, mnohdy i se špatným sklonem.

Vznik a existence podmáčených území na pravé straně násypového tělesa je pak ponejvíce spojen s depresemi v povrchu miocénních jíílů (v tomto případě stávající povrch terénu kopíruje povrch miocénních jíílů). V těchto depresích se pak kumuluje srážková voda a vznikají tak trvale zamokřená území, bezodtoké příkopy, popř. i souvislé vodní plochy.

Domníváme se, že nastavované (nekompaktní) či jinak poškozené propustky způsobují v tělese násypů značný podpovrchový odnos materiálu. Tento odnos materiálu se na povrchu projevuje sufozními trychtýři. Celý tento, pro násypové těleso, negativní jev má za následek vytváření kaveren (dutých prostor) v násypovém tělese viz níže.

Tvar, výška a sklon svahů

Tvar násypového tělesa vyplývá především z úklonu povrchu terénu (km 48,000 až 49,800), popř. z navážkami upraveného terénu v blízkém okolí žst. Lom (km 51,250 až 51,375), přičemž se dá konstatovat, že v těchto místech má násypové těleso asymetrický tvar, kdy jsou svahy na levé straně násypového tělesa (ve směru staničení) vyšší než na straně pravé. V místech s relativně rovným povrchem pak má násypové těleso tvar víceméně symetrický. Tvar násypového tělesa se taktéž měnil v průběhu času, kdy docházelo – zřejmě vzhledem k problémům se stabilitou - ke stabilizačním přísypům na levou stranu násypu. O této praxi svědčí i nastavování mnoha propustků především v oblasti vysokých levostranných svahů – tj. v km 48,125 až 49,325. V neposlední řadě bylo násypové těleso stabilizováno i přísypem z kamenné sypaniny v patě levostranného svahu, jejíž výskyt je zdokumentován v příloze č. 5.

Výška svahů se pohybuje v rozmezí 0,8 až 7,3 m na pravé straně (ve směru staničení) a 2,0 až 8,8 m na levé straně (ve směru staničení).

Provedeným geodetickým zaměřením byly v charakteristických profilech přesně zjištěny sklony svahů násypového tělesa. Sklony (generelní) se pohybují v tomto rozmezí:

- 21° až 35° levá strana násypu
- 27° až 40° pravá strana násypu (bráno ve směru staničení)

Vegetační pokryv svahů

Svahy násypového tělesa jsou většinou částečně nebo až zcela porostlé vegetací ve formě nízkých travin a bylin, popř. ojedinelých keřů. Můžeme zde ale v menší míře najít i úseky zcela bez vegetace, popř. úseky, na kterých se nacházejí vzrostlé stromy či bujný křovinatý porost.

Lze konstatovat, že zatímco travní, či nízký křovinatý porost zabraňuje povrchovému odnosu a slézání materiálu, tak vzrostlé stromy naopak mohou negativně ovlivnit stabilitu svahů a to svou náchylností k vývrátům způsobenou kombinací výšky vzrostlých stromů a sypkosti materiálů násypového tělesa. Při vývratu se vytvoří kořeny ve svahu díra, která je pak základem k dalším erozním jevům, při kterých je odnášen sypký jemnozrnný materiál ze svahu. Traťová údržba je si zřejmě takového nebezpečí vědoma, neboť vzrostlé stromy ze svahů náspu pravidelně odstraňuje.

Negativní roli s ohledem na stabilitu svahů pak mají i úseky zcela bez vegetace, kde dochází – zvláště při přivalových srážkách – k značnému odnosu materiálu z násypového tělesa. Obdobný vliv jako přivalové srážky mají v těchto úsecích bez vegetace i živočišné at' již drobní hlodavci, kteří svou činností narušují mělce podpovrchovou vrstvu, či vyšší savci, kteří přechodem přes násypové těleso zakládají budoucí erozní stružky.

4.1 Stabilita náspu, geotechnické výpočty

V centrálním registru sesuvných území ČGS Praha není v předmětné lokalitě oficiálně evidována žádná sesuvná aktivita a území není registrováno ani jako oblast potenciálního sesuvu.

- Při podrobné rekognoskaci prováděné v rámci geotechnického průzkumu železničního tělesa byly shledány projevy drobných svahových nestabilit vyplývajících především z výšky, sklonu a geotechnických parametrů zemin náspu. Jedná se především o mělké pohyby typu creep (slézání materiálu ze svahu), erozní rýžky, erozní stružky, ale i povrchové projevy svědčící o podpovrchovém odnosu materiálu – tvorba kaveren v násypovém tělese s propagací směrem k povrchu terénu v km 48,200 a 50,380 viz. obrázky č. 9. a 10.



Obrázek č. 9: Km 50,380, pravá strana (ve směru staničení); propad v povrchu koruny násypového tělesa svědčící o podpovrchovém odnosu materiálu – tzv. sufoze; Foto autor



Obrázek č. 10: Km 48,200, pravá strana (ve směru staničení); Povrchové projevy tvorby kaveren uvnitř násypového tělesa; Foto autor

Hlubší smykové plochy, popř. svahové nestability fatálně ohrožující násypové těleso nebyly aktuálně detekovány.

4.1.1 Teoretické základy geotechnických výpočtů

Stabilitní výpočty byly prováděny na čtyřech charakteristických řezech v různých místech násypů s největším sklonem svahů (řezy GT-1 km 50,824 a GT-2, km 49,912) s rovinným průběhem podloží a v místě s nejvyšším náspem (řezy GT-8 s přísypovou bermou km 48,545 a řez bez přísypové bermy v km 48,525) na šikmo ukloněné podložce z předkvarterních hornin. Použity přitom byly hodnoty fyzikálně mechanických parametrů zemin uvedené v kapitole 3.

Pro modelové stabilitní výpočty byl použit programový systém Geo 4 a Geo 5 společnosti FINE s.r.o. Stabilita svahu byla prověřována jak metodami mezní rovnováhy (MMR) tak orientačně i na principu metody konečných prvků (MKP). V metodách mezní rovnováhy byl uplatněn jak model Bishopův a Pettersonův (kruhové smykové plochy), Sarmův (plochy obecného tvaru) a v případě MKP pak nelineární model Mohr-Coulombovský, uvažující neomezené elastické přetváření za předpokladu hydrostatické napjatosti. Matematické vyjádření plochy plasticity zde pak představuje určitou podmínku porušení (funkci plasticity). Překročení této podmínky vede k vývoji trvalých (nevratných) plastických deformací. Program při výpočtu stability redukuje zadané hodnoty smykových parametrů zemin a hledá okamžik, kdy dojde ke zplastizování konstrukce a tedy vzniku nestabilního stavu. Výsledkem je pak stupeň stability F_s , ekvivalentní klasickým výpočtovým metodám. Vizualizace výpočtů je provedena znázorněním ekvivalentních poměrných plastických přetvoření v nedeformovaném stavu.

4.1.2 Požadované hodnoty stupně stability

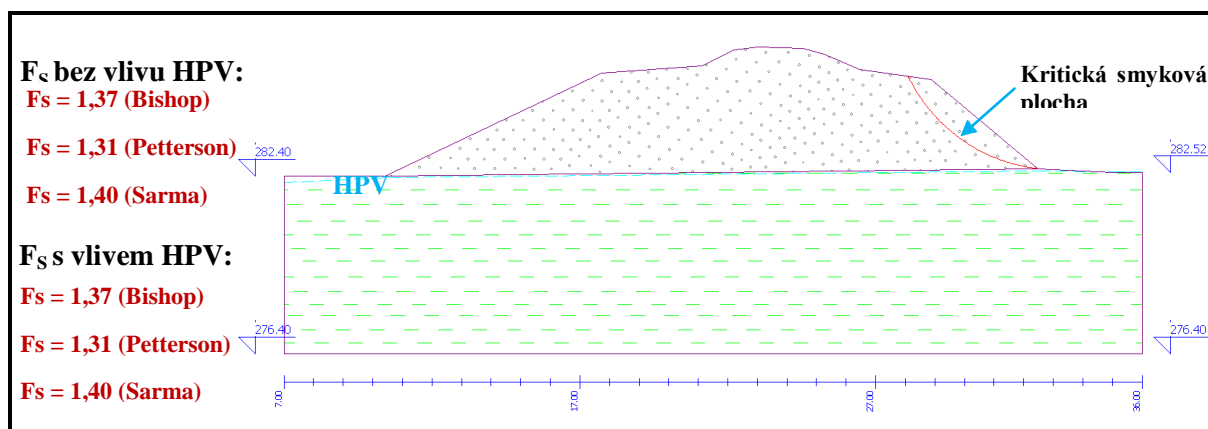
Řešení vycházelo z efektivních (charakteristických) parametrů smykových pevností zemin, které již nebyly dále upraveny dalšími součiniteli ($\gamma_m = 1,0$).

S ohledem na granulometrii násypů jsou nejpravděpodobnější obecné smykové plochy a jako nejlépe vypovídající výpočetní model tedy doporučujeme stabilitní model Sarmův.

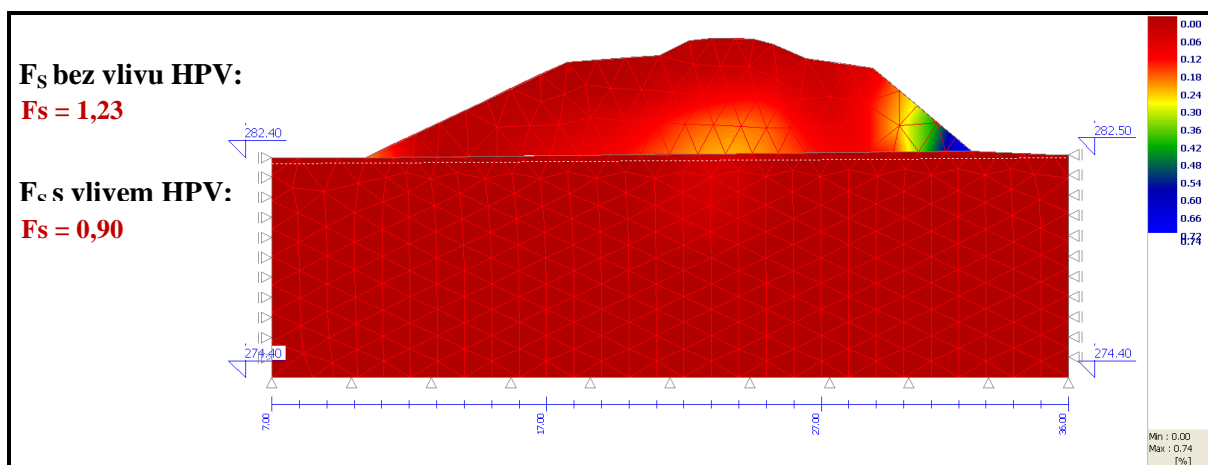
Stabilita svahu je charakterizována stupněm stability F_s . Pro hodnocení dosažených výsledků jsme použili článku 8.6 ČSN 73 6301 (Projektování železničních drah).

Ve smyslu tohoto článku lze považovat daný případ za **násep na málo únosném podloží** (miocenní jíly) a požadovaný stupeň stability je tedy nutno dosáhnout v hodnotě $F_s \geq 1,5$.

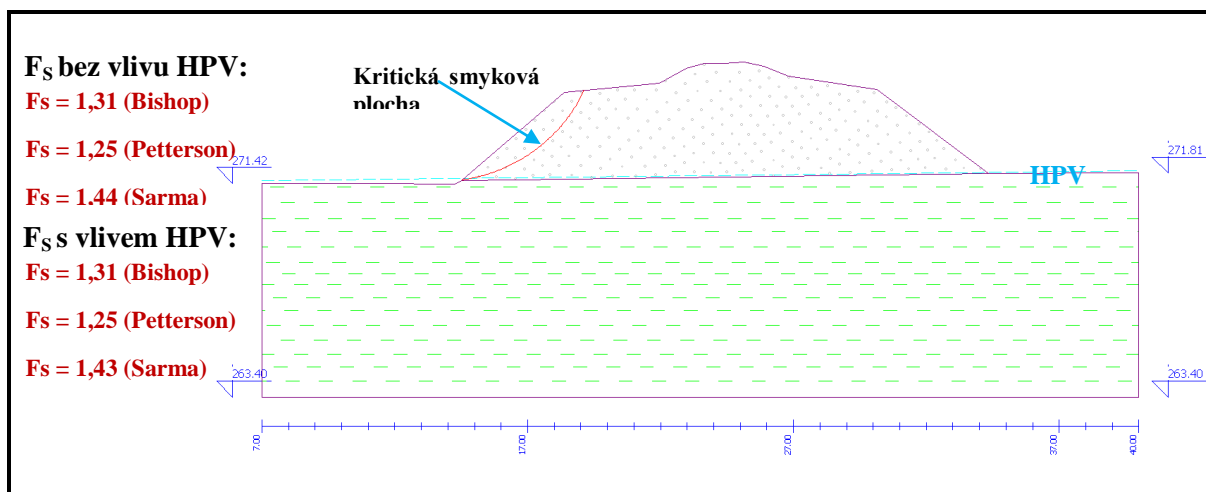
4.1.3 Dosažené výsledky



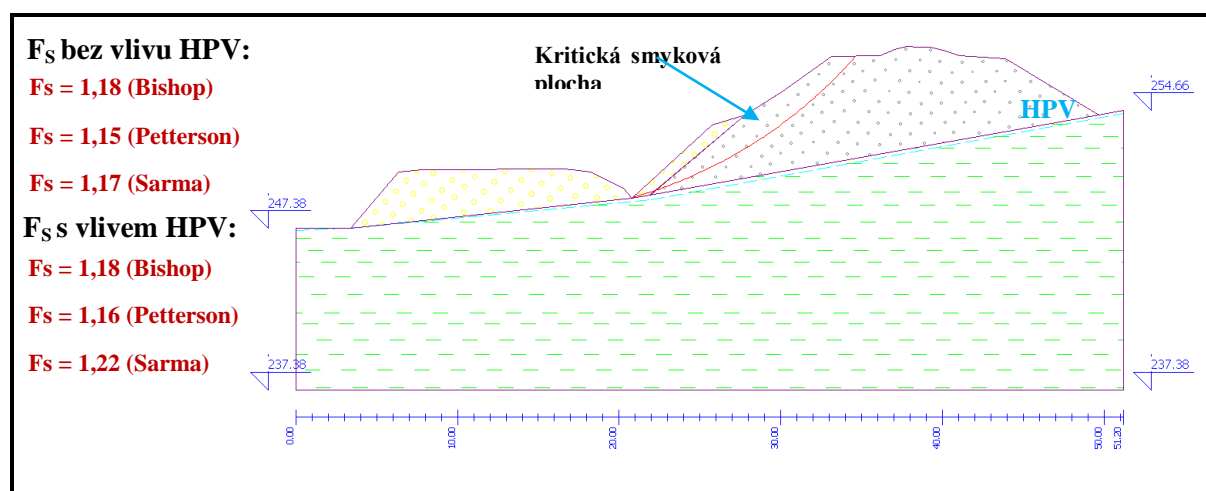
Obrázek č. 11: Stabilitní výpočty svahu řezu 1, km 50,824 – metody mezní rovnováhy (stupeň stability dle Bishopa, Pettersona a Sarma).



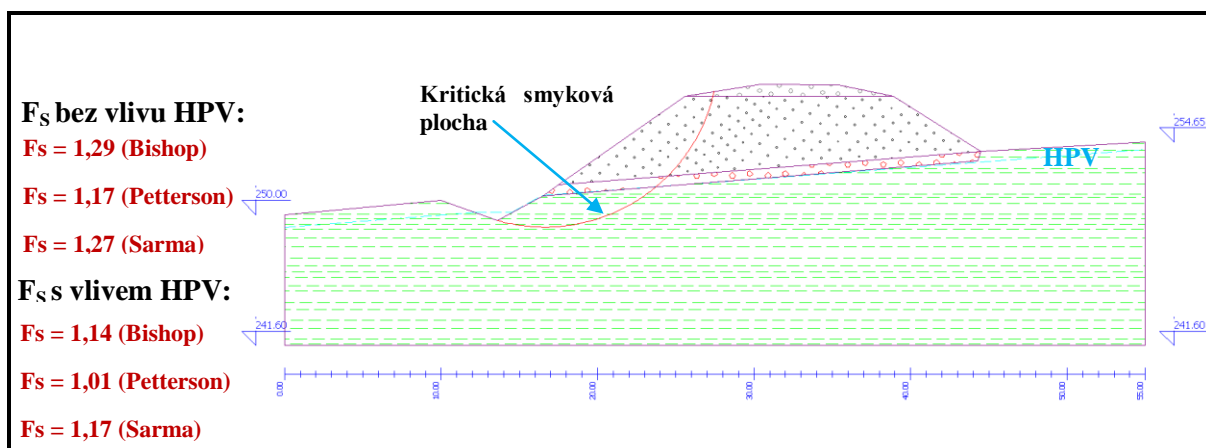
Obrázek č. 12: Stabilitní výpočty řezu 1, km 50,824 – metoda konečných prvků (znázornění ekvivalentních poměrných plastických přetvoření v nedeformovaném stavu).



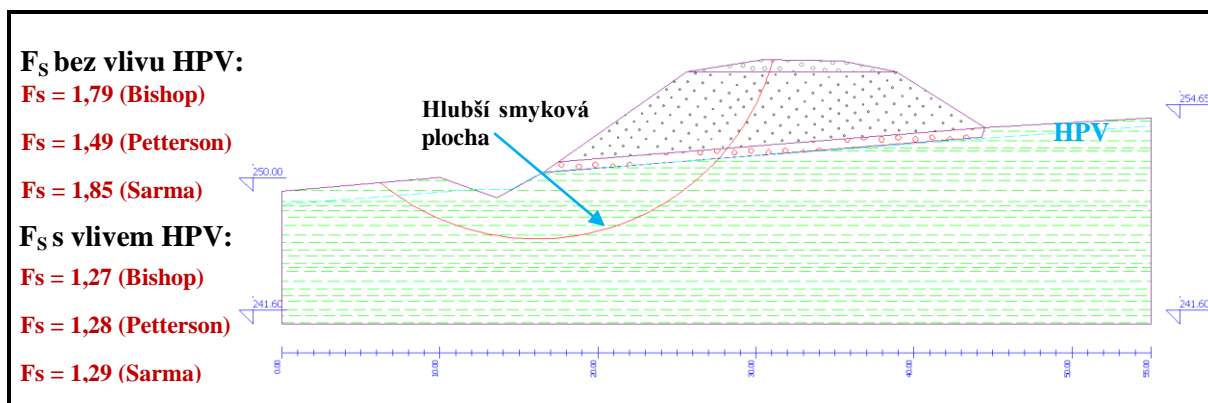
Obrázek č. 13: Stabilitní výpočty svahu řezu 2, km 49,912 – metody mezní rovnováhy (stupeň stability dle Bishopa, Pettersona a Sarma).



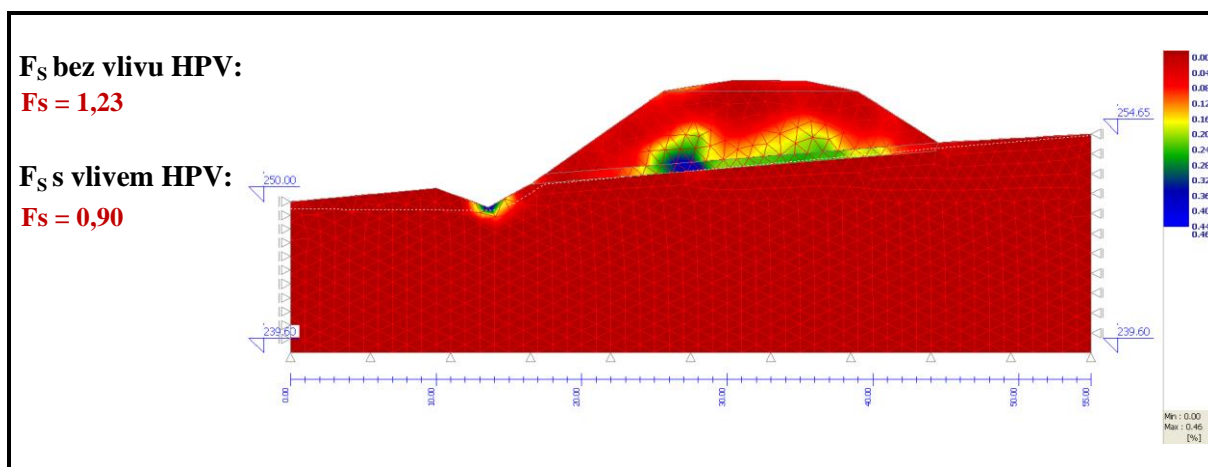
Obrázek č. 14: Stabilitní výpočty svahu řezu 8, km 48,545 – metody mezní rovnováhy (stupeň stability dle Bishopa, Pettersona a Sarma).



Obrázek č. 15: Stabilitní výpočty svahu řezu 8/1, km 48,525 – metody mezní rovnováhy (stupeň stability dle Bishopa, Pettersona a Sarma).



Obrázek č. 16: Stabilitní výpočty svahu řezu 8/1, km 48,525 – metody mezní rovnováhy (stupeň stability dle Bishopa, Pettersona a Sarmy).



Obrázek č. 17: Stabilitní výpočty řezu 8/1, km 48,525 – metoda konečných prvků (znázornění ekvivalentních poměrných plastických přetvoření v nedeformovaném stavu).

Na základě porovnání výsledků jednotlivých stabilitních řezů lze konstatovat:

- ❖ Násypy (převážně vysoké) na ukloněné podložce tvořené předkvaterními jíly stabilně nevyhovují $F_s = 1,17-1,29$. Problém jejich řešení je komplikován prostorovými dispozicemi, geometrií (šířkou v koruně, prostorem v levé svahové patě apod.).
- ❖ Násypy s rovinným podložím jsou stabilně výrazně lepší, díky poměrně vysokým sklonům svahů však v některých úsecích rovněž nevyhovují $F_s = 1,25-1,44$. Náprava změnou sklonu svahu nebo posílením paty svahu zde bude dostačující.
- ❖ Kritické smykové plochy jsou mělké, obecného tvaru a postihují přípvrchové vrstvy násypů. V terénu jsou tyto mělké pohyby patrné prakticky ve všech takto disponovaných úsecích.
- ❖ Přispávky z kamenitých sypanin byly patrně v minulosti situovány do míst kde se mělké svahové deformace vyskytovaly ve větší míře a slouží tedy především ke stabilizaci a ochraně svahových pat. Jejich příspěvek k celkové stabilitě násypů je však poměrně málo významný.
- ❖ Případné hlubší smykové plochy zasahující až do kolejiště jsou méně pravděpodobné, v terénu jejich indicie odhaleny nebyly, nicméně stupeň stability na těchto plochách je výrazně pod požadovanou hranicí, prosakuje-li patou náspu voda $F_s = 1,27-1,29$.

- ❖ Voda procházející násypovým tělesem u svahů na rovinatém podloží stabilitu mírně snižuje, významně negativním jevem je však existence trvalého zamokření svahových pat a to především na levostranných svazích (ve směru staničení) násypů na ukloněném jílovitém podloží.
- ❖ Vliv přetížení násypových korun svahů vlakovou dopravou není významný s ohledem na jejich poměrně značné šířky. Do násypových těles však uvažovaným zvýšením průjezdné rychlosti přibude významné dynamické namáhání. Tento vliv je obtížné do výpočetních modulů zavést.
- ❖ V úsecích vysokých násypů vedených na ukloněném podloží je prakticky velmi obtížné dosáhnout požadovaného stupně stability $F_s \geq 1,5$ patním přísypem a to především z prostorových důvodů. Za vhodnější se nám jeví celková změna geometrie násypových těles (zmírnění sklonu svahu položením nebo rozdělením na bermy), neboť svahové koruny jsou zde poměrně široké. Přínosem by bylo i snížení výšek násypů (je-li to z hlediska ostatních návazností možné).

5. KONSTATOVÁNÍ A DOPORUČENÍ

5.1 Konstatování

- Přímým geologickým podložím násypového tělesa jsou především miocénní, popř. deluviální jíly s obdobnými geotechnickými vlastnostmi nebo v malé míře i proluviální štěrky.
- Stávající těleso násypů je budováno problematickými zeminami – převážně popelovinami (klasické popeloviny, škvára, struska atd.), v menší míře s příměsí stavebních odpadů. Globálně nabývají tyto zeminy charakteru sypkého písku až štěrku v široké škále přechodů převážně mezi třídami G1-G3 a S3 až S4. Z hlediska zrnitostního diagramu pro zařďování zemin pak bude charakteristické (převládající) zrnitostní složení prakticky přímo ležet na dělicí hranici mezi štěrky a písky - viz obrázek č. 5. Dle zrnitosti jde o zeminy převážně málo propustné, především nenamrzavé, ale i mírně namrzavé (dle průběhu zrnitostní křivky v intervalu pod 0,125mm).
- Makroskopicky se zde nevyskytují žádné fatální projevy svahové nestability.
- Na svazích násypového tělesa v celé jeho zájmové délce lze dokumentovat projevy mělkých nestabilit typu plouživých pohybů (creepu), erozních rýh a stružek, ale i známky podpovrchového odnosu materiálu (sufoze).
- V násypovém tělese předpokládáme lokální výskyt kaveren vzniklých odnosem jemnozrnného materiálu. Toto bylo dokumentováno ve formě propadů až na povrch terénu např. v km 48,200 a 50,380 viz. obrázky č. 9 a 10.
- Především v závislosti na sklonu okolního terénu je tvar násypového tělesa lokálně asymetrický s nesterjně vysokými svahy po obou stranách.
- Výška svahů se pohybuje v rozmezí 0,8 až 7,3 m na pravé straně (ve směru staničení) a 2,0 až 8,8 na levé straně (ve směru staničení).
- V minulosti již bylo – zřejmě pro stabilitní problémy násypového tělesa – přistoupeno ke stabilizačním přísypům kamennou sypaninou, která je v současnosti lokálně

zřetelná především v úseku levostranných vysokých svahů v km 48,125 až 49,325 (podrobně viz záznam rekognoskace násypů - příloha č. 5).

- Sklony svahů se pohybují mezi 21° až 35° na levé straně násypů a 27° až 40° na pravé straně násypového tělesa (bráno ve směru staničení).
- Železniční propustky v násypovém tělese jsou převážně málo funkční nebo i nefunkční a spolu s obdobně fungujícími silničními propustky souběžné komunikace č. 254 vytváří na levé straně v patě násypu dočasně či trvale zamokřená území.
- Svahy násypového tělesa jsou převážně porostlé travinami či křovinami, které zlepšují stabilitu svahů díky bránění povrchovému odnosu (slézání) popelovin. Vzrostlé stromy, které se taktéž v menší míře lokálně objevují na svazích násypového tělesa pak mohou stabilitu ovlivňovat negativně, stejně tak jako úseky bez vegetace.

5.2 Obecná doporučení

- Základem účinnosti a úspěšnosti sanace je odvodnění násypových těles a to jak rekonstrukcí stávajících propustků, tak i revitalizací celého systému povrchového odtoku na obou stranách násypového tělesa, tak aby nedocházelo k průchodu jak povrchových, tak i mělce podpovrchových vod násypovým tělesem, resp. jeho bází a patou.
- Provést revizi propustků a uvést je opět do plně funkčního stavu.
- Zabránit pronikání dešťové vody do násypového tělesa položením nepropustné geotextilie nebo podobného prvku na upravený povrch koruny svahu. Tento prvek pak bude nutno vždy po technologicky vhodných úsecích odkanalizovat. Na upravené (definitivní) svahy pak aplikovat vegetační mřížovinu nebo zatravnovací geotextilii na niž bude možno zachytit kulturní vrstvu a osadit traviny.
- S ohledem na smykové parametry materiálů násypů lze jako doporučené hodnoty sklonů svahů (bez statických prvků) považovat svahování v poměru 1 : 1,8 (29°). Svahy výšky nad 6 m pak i ve sklonu lomeném.

5.3 Rozdělení násypového tělesa na jednotlivé kvazihomogenní bloky a specifická doporučení pro tyto úseky

Vzhledem k výše uvedeným informacím lze rozdělit násypové těleso na několik částí, které se globálně liší:

I. km 48,025 až 49,525

Tento úsek je charakteristický asymetrickým tvarem násypového tělesa, relativně velkým sklonem okolního terénu (globálně úklon k JV), vysokými levostrannými násypy, sklon svahů násypového tělesa se pohybuje od 30° do 35° na levé straně a mezi 27° až 31° na straně pravé. V minulosti zde byly provedeny četné stabilizační přísypy, propustky jsou zde díky přísypům nastavované a málo funkční, nebo i nefunkční. Souběžně s násypem vede v blízkosti jeho paty silnice č. 254, což na jednu stranu prostorově omezuje případná sanační opatření, na druhou stranu pak i komplikuje bezproblémové odvodnění prostoru mezi oběma dopravními tělesy.

Podloží násypového tělesa je zde tvořeno miocenními jíly, popř. málo mocnou deluviální vrstvou s obdobnými geotechnickými vlastnostmi, která se uklání k JV. Jako kritické z hlediska výškového (svahy nad 6m) a sklonového uspořádání lze označit úseky na pravé straně násypu v km 48,350 – 48,475 a km 48,625 – 48,710, na levé straně pak v km 48,125 – 49,275 (77% úseku).

Četné vysprávky v patě v podobě kamenitých přísypávek lze dohledat v km 48,525 – 48,710, km 48,875 – 48,975, km 49,050 – 49,075, km 49,160 – 49,175 a km 49,240 – 49,325.

Podmáčení terénu bylo při pochůzkách zjištěno v pravé svahové patě v km 48,025-48,050, km 48,225 – 48,450, km 48,810, km 48,940 – 48,950 a km 49,130. Jde o krátké, resp. i bodové úseky. Zamokření levé svahové paty dosahuje téměř 28% délky celého úseku. Jde především o km 48,087 – 48,350, km 48,875 – 48,975 a km 49,200 – 49,240.

Doporučená opatření:

- Odvodnění násypového tělesa provést vybudováním účinného odvodňovacího systému v podobě žlabů či příkopů v patě svahu. Na pravé straně vyspádovat žlaby k ústím jednotlivých propustků. Odvodňovače řádně nadimenzovat s ohledem na velký retenční prostor a sklon povrchu terénu nad pravou stranou násypového tělesa. Na levé straně vhodně vyspádovat celý prostor mezi železničním a silničním násypem do odvodňovačů. Výtoky jednotlivých propustků napojit na odvodňovací prvky, které je nutno napojit a zaústit přímo do silničních propustků.
- Zajistit dostatečné množství a kapacitu propustků – opravit stávající propustky, které jsou málo funkční nebo obnovit zcela zasypané (nefunkční). Propustky v tomto úseku jsou zpravidla délkově nastavované s ohledem na průběžné dosypávání násypového tělesa. Domníváme se, že jednotlivé nastavované části propustků na sebe již nenavazují a způsobují tak místně podpovrchový odnos jemných částic (sufoze, vnitřní eroze) s následným vznikem kaveren v násypovém tělese. Tyto jevy se projevují až na povrch násypového tělesa např. km 48,200 (zde opakovaně).
- S ohledem na možnost existence kaveren uvnitř násypového tělesa v tomto úseku doporučujeme provést ještě specializovaný geofyzikální doprůzkum, který by vyčlenil kritické úseky, tak aby se tato opatření nemusela provádět v celé kilometrāži. Tyto úseky by pak musely být zvlášť sanovány (injektáž, tamponáž, výměna zemin s vyztužením geosyntetiky apod.).
- Zlepšit stabilitu vysokých převážně levostranných svahů s velkým sklonem (s ohledem na parametry zemin) přesvahováním (zmírnění sklonu, rozčleněním na bermy), podchycením patní zídou (zdí) nebo přísypem kamenné sypaniny do paty svahu dle konkrétních geometrických dispozic v daném místě (šířky korun svahů, prostor v patě svahů).

II. km 49,525 až km 49,850

Tento úsek je také charakteristický asymetrickým tvarem násypového tělesa, relativně velkým sklonem okolního terénu (globálně úklon k JV), avšak nízkými svahy 3m násypového tělesa, sklony svahů jsou cca 13°-15° na pravé straně a 30°-35° na straně levé a blízkou souběžně s násypem vedoucí silnicí č. 254. Podloží násypového tělesa je zde tvořeno miocenními jíly, popř. málo mocnou deluviální vrstvou s obdobnými geotechnickými vlastnostmi. Velká část úseku je v levostranné patě v km 49,575 – 49,600 zamokřena.

Doporučená opatření:

- Odvodnění násypového tělesa provést vybudováním účinného odvodňovacího systému v podobě žlabů či příkopů v patě svahu. Na levé straně vhodně vyspádovat prostor mezi železničním a silničním tělesem do odvodňovačů, které je nutno napojit a zaústit přímo do systému silničních propustků.
- Zlepšit stabilitu levostranných svahů s velkým sklonem (s ohledem na parametry zemin) přesvahováním (zmírnění sklonu), podchycením patní zídka (zdí) nebo přísypem kamenné sypaniny do paty svahu dle konkrétních geometrických dispozic v daném místě (šířky korun svahů, prostor v patě svahů).

III. km 49,850 až km 50,125

Tvary násypového tělesa jsou zde většinou symetrické až mírně asymetrické, s nízkou až střední výškou svahů, se střední až velkou šířkou koruny násypového tělesa, sklon svahů násypového tělesa se pohybuje od 32° do 40° na levé straně a mezi 30° až 36° na straně pravé, sklon okolního terénu v tomto úseku přechází postupně v relativní rovinu, podloží násypového tělesa zde tvoří především jílovité navážky či proluvialní šterky, propustky jsou zde převážně funkční. Podmáčení terénu bylo při pochůzkách zjištěno v pravé svahové patě v km 49,450 – 49,475 a km 49,912 – 49,915. Zamokření levé svahové paty je patrné v km 49,475 – 49,510 a km 49,912 – 49,915.

Doporučená opatření:

- Odvodnění násypového tělesa provést vybudováním účinného odvodňovacího systému v podobě žlabů či příkopů v patě svahu. Na pravé straně vyspádovat žlaby k ústí propustu.
- Zlepšit stabilitu svahů s velkým sklonem v km 49,875 – 49,925 (s ohledem na parametry zemin) na obou stranách násypu přesvahováním (zmírnění sklonu), podchycením patní zídka (zdí) nebo přísypem kamenné sypaniny do paty svahu dle konkrétních geometrických dispozic v daném místě (šířky korun svahů, prostor v patě svahů).

IV. km 50,125 až 50,500

Tvar násypového tělesa je zde převážně mírně asymetrický až asymetrický, okolní terén je rovinný, výška násypů je převážně střední (3-6m), podloží proluvialní šterky zde přecházejí opět do miocenních jílu. Charakteristické pro tento úsek je na pravé straně trvale zamokřené území s přechodem do souvislé vodní plochy. Sklony násypu na pravé straně pak dosahují maximálního zjištěného sklonu tj. 40° při výšce 3,1 až 5,1 m. Na levé straně násypu činí globálně zjištěný sklon cca 35° při výšce od 3,2 do 4,5 m. Zamokření pravé svahové paty je patrné v km 51,150 – 50,500, tedy prakticky v celém úseku.

- Vhodným vyspádováním terénu účinně odvodnit pravou patu násypového tělesa (patrně obtížně proveditelné, nebo přímo nerealizovatelné), nebo zabránit možné abrazi (erozivním účinkům vlnění vody) a rozplavování paty násypu v místech přiléhající souvislé vodní plochy k násypu zpevněním paty např. těžkým kamenným pohozem nebo přísypem.

- Zamokření paty a současný způsob odvodnění mohou způsobovat místně podpovrchový odnos jemných částic (sufozi, vnitřní erozi) s následným vznikem kaveren v násypovém tělese. Tyto jevy se projevují až na povrch násypového tělesa např. km 50,380.
- S ohledem na možnost existence kaveren uvnitř násypového tělesa v tomto úseku doporučujeme provést ještě specializovaný geofyzikální doprůzkum, který by vyčlenil kritické úseky, tak aby se tato opatření nemusela provádět v celé délce úseku. Postižená část by pak musela být zvlášť sanována (injektáž, tamponáž, výměna zemin s vyztužením geosyntetiky apod.).
- Zlepšit stabilitu svahů s velkým sklonem (s ohledem na parametry zemin) na levé straně násypu přesvahováním (zmírnění sklonu), podchycením patní zídka (zdí) nebo přísypem kamenné sypaniny do paty svahu dle konkrétních geometrických dispozic v daném místě (šířky korun svahů, prostor v patě svahů). Zlepšení sklonových poměrů na straně pravé předpokládáme v rámci vytvoření protierozního (protiabrazního) zpevnění paty.

V. km 50,500 až 51,000

Tvar násypového tělesa je zde převážně mírně asymetrický, okolní terén je rovinný, výška násypů je zde nízká až střední, přímé podloží je zde tvořeno miocenními jíly. Sklony násypu na pravé straně pak dosahují maximálního zjištěného sklonu tj. 40° při výšce 1,8 až 4,1 m. Na levé straně násypu činí globálně zjištěný sklon cca 35° při výšce od 2,0 do 4,1 m. Zamokření v patě svahů nebylo zjištěno.

- Zlepšit stabilitu svahů s velkým sklonem (s ohledem na parametry zemin) na pravé (km 50,525 – 50,550 a km 50,750 – 50,900) a levé straně násypu (km 50,525 – 50,575 a km 50,775 – 50,925) přesvahováním (zmírnění sklonu).

VI. 51,000 až 51,400

Tvar násypového tělesa je zde asymetrický s ohledem na pravostranný terén ovlivněný navážkami, výška levostranných svahů je převážně střední, pravostranných násypů pak nízká s relativně malým sklonem, přímé podloží je zde tvořeno miocenními jíly. Pravostranný svah násypového tělesa je ovlivněn antropogenní činností (svah je místy součástí přilehlých zahrádek) – na svahu se nacházejí okrasné keře, kompost, zahradní úpravy apod., levostranný svah je porostlý převážně vzrostlými stromy. Globální sklon levostranného svahu činí cca 35° při výšce od 2,3 do 5,1 m. Vzhledem ke kombinaci výšky nad 3 m a relativně velkého sklonu levostranného svahu zde lze vyčlenit úsek:

- Zlepšit stabilitu svahů s velkým sklonem (s ohledem na parametry zemin) na levé straně násypu přesvahováním (zmírnění sklonu).

5.4 Nejistoty a rizika

Na míře nejistot a z nich generovaných rizik se podílejí převážně tyto faktory:

- **Míra prozkoumanosti geologického prostředí je relativně dobrá, avšak většina archivních vrtů je zaměřena na ložiskový průzkum, ve kterém jsou kvartérní sedimenty upozaděny.**
- **Díky obtížně dostupnému terénu (příkopy a členitost terénu, zamokření, vegetace) je problematický dojezd pro strojní průzkumné mechanismy přímo k násypovému tělesu.**
- **Granulometrická variabilita násypů použitých popelovin.**
- **Riziko míry rozšíření kaveren a jiných dutin v důsledku sufoze či vnitřní eroze. Na povrchu terénu byly nalezeny propady jen ve dvou místech.**
- **Trasa prochází po historicky poddolovaných či těžbou ovlivněných územích (hlubinná těžba, okraj velkolomu Pokrok).**
- **Budoucí vlivy dynamiky dopravy po zvýšení průjezdní rychlosti.**

6. ZÁVĚR

Předkládaná závěrečná zpráva hodnotí formou doplňku úsek násypů z popelovin označený jako rizikový v rámci průzkumu železničního spodku trati Oldřichov – Litvínov. Je nutno konstatovat, že jde o problematiku mimořádně komplikovanou a to jak z hlediska vlastních ke stavbě použitých popelovin a jejich fyzikálně-mechanických vlastností, tak i složité geometrie násypových těles a konfigurace a skladby původního terénu na kterém je násep vybudován. Specifické vlastnosti popelovin jsou navíc zhoršeny místy neúčinným odvodňováním, které v krajních případech vede k sufotickým jevům, kavernování a v několika dokumentovaných případech i propadům až na povrch terénu.

Sanace násypového tělesa v tomto úseku musí být komplexní, založená na funkčním a udržovaném povrchovém i podpovrchovém (propustky) odvodňování. Pro nasazení se zde jeví, resp. je možno kombinovat celou řadu sanačních technologií. Tyto bude nutno kombinovat a nasazovat dle konkrétních prostorových podmínek, v technologicky shodných a dostupných úsecích tak, aby výsledný návrh byl stabilně vyhovující, trvanlivý a přitom ekonomicky akceptovatelný.