

Název zakázky : Opava - parkovací dům - IG a HG průzkum
Číslo úkolu : 5 37 099
Objednatel : PPS Kania s.r.o.
Evidováno u ČGS
Geofondu pod č. : 2985/2017 ze dne 7. 7. 2017

Opava - parkovací dům - IG a HG průzkum

Závěrečná zpráva inženýrsko-geologického a hydrogeologického průzkumu

Zpracoval: **Ing. Tomáš Schoffer**
*osvědčení odborné způsobilosti MŽP č. 2093/2009
v oboru inženýrská geologie
osvědčení odborné způsobilosti MŽP č. 2138/2011
v oboru hydrogeologie*

Přezkoumal: **Ing. Ondřej Lubojacký**

Schválil: **Ing. Luboš Štancí**
ředitel společnosti

Ostrava, září 2017

Výtisk č. – elektronická verze

Obsah	str.
1. ÚVOD.....	4
1.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE ZHOTOVITELE	4
1.2 CÍLE PRŮZKUMNÝCH PRACÍ.....	4
2. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	5
2.1 GEOGRAFICKÉ VYMEZENÍ ÚZEMÍ	5
2.2 GEOMORFOLOGICKÉ, KLIMATICKÉ A HYDROLOGICKÉ POMĚRY	5
2.3 GEOLOGICKÉ POMĚRY ŠIRŠÍHO OKOLÍ.....	6
2.4 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY ŠIRŠÍHO OKOLÍ.....	6
2.5 ÚZEMÍ SE ZVLÁŠTNÍ OCHRANOU	6
2.6 DOSAVADNÍ PROZKOUMANOST	7
3. ROZSAH A METODIKA PRACÍ.....	8
3.1 PŘÍPRAVNÉ PRÁCE	8
3.2 PRŮZKUMNÉ PRÁCE	8
3.2.1 Vrtné práce.....	8
3.2.2 Dynamická penetrace.....	8
3.2.3 Terénní měření a vzorkovací práce	9
3.2.4 Laboratorní práce	9
3.2.5 Sled a řízení terénních prací.....	9
3.2.6 Vyhodnocovací práce	9
4. VÝSLEDKY PROVEDENÝCH PRACÍ.....	10
4.1 INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ POMĚRY ZÁJMOVÉ LOKALITY	10
4.1.1 GT 0a Antropogenní nesoudržné navážky.....	11
4.1.2 GT 0b Antropogenní soudržné navážky.....	11
4.1.3 GT 1a Eolické prachovité jíly.....	12
4.1.4 GT 1b Glacifluviální jíly.....	13
4.1.5 GT 2 Glacifluviální štěrky	14
4.1.6 GT 3 Glacifluviální písky	15
4.2 POSOUZENÍ ZEMNÍ PLÁNĚ A AKTIVNÍ ZÓNY.....	16
4.3 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY	16
4.3.1 Posouzení podmínek pro zasakování.....	18
4.4 HYDROCHEMICKÉ POMĚRY	19
5. DOPORUČENÍ PRO VÝSTAVBU	21
6. SYNTÉZA DAT, TECHNICKÉ ZÁVĚRY	22
7. POUŽITÁ LITERATURA A PODKLADOVÉ MATERIÁLY.....	23
7.1 POUŽITÉ NORMY.....	23

Seznam tabulek:

Tabulka č. 1	Dlouhodobé průměrné srážkové úhrny ze stanice Mošnov s procentuálním zastoupením dlouhodobého normálu včetně srážkových úhrnů za období 1961-1990.	5
Tabulka č. 2	Přehled provedených průzkumných prací.....	9
Tabulka č. 3	Schematický vrstevní sled s uvedením geotechnických typů	10
Tabulka č. 4	Geotechnické charakteristiky zemin GT 0b.....	12
Tabulka č. 5	Geotechnické charakteristiky zemin GT 1a.....	13
Tabulka č. 6	Geotechnické charakteristiky zemin GT 1b.....	14
Tabulka č. 7	Přehled výsledků stlačitelnosti v edometru zemin GT 1b	14
Tabulka č. 8	Geotechnické charakteristiky zemin GT 2.....	15
Tabulka č. 9	Geotechnické charakteristiky zemin GT 3.....	16
Tabulka č. 10	Úroveň hladiny podzemní vody ze dne 18. 8. 2017	18
Tabulka č. 11	Posouzení agresivity podzemní vody.....	19

Seznam příloh:

Příloha č.1.	Přehledná situace okolí zájmového území
Příloha č.2.	Podrobná situace lokality s vyznačením průzkumných prací
Příloha č.3.	Geologické profily realizovaných vrtů
Příloha č.4.	Interpretace dynamické penetrace
Příloha č.5.	Geologické profily archivních vrtů
Příloha č.6.	Schematické geotechnické řezy
Příloha č.7.	Laboratorní protokoly zemin – fyzikálně-mechanické parametry zemin
Příloha č.8.	Laboratorní protokoly – chemické analýzy podzemní vody
Příloha č.9.	Technické zpráva vrtných prací a sond dynamické penetrace
Příloha č.10.	Protokoly dynamické penetrace
Příloha č.11.	Technická zpráva měřičských prací
Příloha č.12.	Fotodokumentace průzkumných prací

Na realizaci průzkumu se podíleli:

Ing. Tomáš Schoffer	- řešitel úkolu, koordinace, řízení a vyhodnocení prací
Mgr. Hana Záleská	- grafické práce
Ing. Ondřej Lubojacký	- grafické práce

Rozdělovník:

Tato zpráva obsahuje 23 stran textu a 12 textových a grafických vevázaných příloh.

Výtisk č. 1 – 5:	PPS Kania s.r.o.
Výtisk č. 6:	Česká geologická služba – Geofond
Výtisk č. 7:	AZ GEO, s.r.o. (elektronicky)

Seznam použitých symbolů a zkratek

Fyzikální symboly

r	$[\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}]$	objemová hmotnost zeminy
$c_{\text{ef}}, (c_u)$	$[\text{kPa}]$	efektivní (totální) soudržnost zeminy
E_{def}	$[\text{MPa}]$	modul přetvárnosti základové půdy
I_c	$[1]$	stupeň konzistence
I_D	$[1]$	relativní hutnost
I_p	$[\%]$	index plasticity
k_f	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$	koeficient filtrace
Q	$[\text{l} \cdot \text{s}^{-1}]$	vydatnost/průtok
T	$[\text{m}^2/\text{s}]$	transmisivita
w_L	$[\%]$	vlhkost na mezi tekutosti
w_n	$[\%]$	přírozená vlhkost zemin
w_p	$[\%]$	vlhkost na mezi plasticity
β	$[1]$	součinitel pro převod mezi modulem přetvárnosti
γ	$[\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}]$	objemová tíha zeminy
ν	$[1]$	Poissonovo číslo
$\varphi_{\text{ef}}, (\varphi_u)$	$[\circ]$	efektivní (totální) úhel vnitřního tření zeminy

Použité zkratky

CBR	Kalifornský poměr únosnosti
ČGS	Česká geologická služba
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
HG	hydrogeologický
HGP	hydrogeologický průzkum
HPV (USH)	hladina podzemní vody (ustálená hladina)
IG	inženýrsko-geologický
k. ú.	katastrální území
m n. m.	metry nad mořem
m p. t.	metry pod terénem
MP MŽP	metodický pokyn Ministerstva životního prostředí
NH	naražená hladina
p. č.	parcelní číslo

1. ÚVOD

Na základě objednávky podané společností PPS Kania s.r.o. (objednatel) u společnosti AZ GEO, s.r.o. (zhotovitel) dne 13. 6. 2017, evidované pod značkou objednatele RK/072/17 a zhotovitele 537 099, byl proveden podrobný inženýrsko-geologický průzkum pod názvem „Opava - parkovací dům - IG a HG průzkum“.

1.1 Identifikační údaje zhotovitele

AZ GEO, s.r.o.	Kořenského 1262/40, 703 00 Ostrava zapsaný v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Ostravě v oddílu C, vložce 9916
zastoupený:	Mgr. Mirkem Jašurkem, jednatelem společnosti Ing. Lubošem Štanclem, prokuristou
IČO:	25358944

1.2 Cíle průzkumných prací

Cílem prací bylo provedení podrobného inženýrsko-geologického průzkumu, včetně hydrogeologických poměrů pro stavbu parkovacího domu na parcele č. 752/1 v k.ú. Opava - Předměstí. Jedná se o několika podlažní objekt, jehož nejnížší podlaží bude vzhledem k lokální svažitosti terénu částečně zapuštěno. Podrobný rozsah, specifikace a zdůvodnění průzkumných prací jsou uvedeny v kapitole č. 3 Rozsah a metodika prací.

Vyhodnocení průzkumných prací stanovilo charakteristiky a popis základových poměrů na dané lokalitě, včetně základních hydrogeologických charakteristik.

- stanovení charakteristik a popis základových poměrů, znázornění údajů nezbytných pro založení stavebních objektů výše uvedené akce z hlediska typu, druhu a třídy základových konstrukcí, složitosti základových poměrů, včetně navržení způsobu založení dle platných norem;
- zařazení a posouzení základových půd dle ČSN 73 1001, ČSN 72 1002 a ČSN EN ISO 14688-1 a 2 (ČSN EN ISO 14688-1 (72 1003)), dále bylo provedeno posouzení vrtatelnosti zemín pro piloty dle přílohy č. 1 Katalogu 800-2 a zařazení zemín z hlediska těžitelnosti dle ČSN 73 6133 a ČSN 73 3050;
- posouzení hydrogeologických poměrů na zájmové lokalitě ve vztahu k úrovni hladiny podzemní vody a její agresivity na beton a ocel a zároveň možnost zasakování dešťových vod.

2. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

2.1 Geografické vymezení území

Zájmové území tvořené plochou projektovaného parkovacího domu v Opavě se nachází v Moravskoslezském kraji, jihovýchodně od intravilánu města Opavy. Přirozené hranice lokality tvoří na severovýchodě a severozápadě místní komunikace (ul. Skladištní a Nádražní Okruh), na jihozápadě lokalita sousedí s železničním svrškem a na jihovýchodě pokračuje parcela č. 752/1, na které jsou dále umístěny železniční budovy. Lokalita spadá do katastrálního území Opava - Předměstí (číslo k.ú. 711578).

Přehledná situace lokality je zobrazena v příloze č. 1 a podrobná situace lokality s realizovanými průzkumnými pracemi je znázorněna v příloze č. 2.

2.2 Geomorfologické, klimatické a hydrologické poměry

Regionální *geomorfologická* rajonizace reliéfu ČR (Demek et al., 1987) zahrnuje zájmové území do Hercynského systému, provincie Středoevropské nížiny, subprovincie Středopolské nížiny (VII), oblasti Slezská nížina (VIIA), celku Opavská pahorkatina (VIIA-1), podcelku Poopavská nížina (VIIA-1B) a okrsku Otická nížina (VIIA-1B-a). Geomorfologický podcelek Poopavská nížina je nížinná rovina nacházející se ve střední a jižní části Opavské pahorkatiny, budovaná z nezpevněných čtvrtohorních sedimentů se širokou nivou řeky Opavy.

Terén lokality je v generelu téměř rovinný, jen velmi mírně se severovýchodu se sklonem a pohybuje se v nadmořské výšce cca 252 až 255 m n. m.

Zájmové území se podle *klimatologického* členění Quitta (1971) nachází v mírně teplé oblasti MT 10. Klimatická oblast **MT 10** je charakterizována dlouhým teplým a mírně suchým létem, krátkým přechodným obdobím s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem a mírně teplou, velmi suchou a krátkou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky. Průměrná teplota v lednu činí -2 až -3 °C, v červenci dosahuje průměrná teplota hodnot 17 až 18 °C. Dlouhodobý průměrný srážkový úhrn ve vegetačním období se pohybuje okolo 400 až 450 mm a v zimním období klesá na 200 až 250 mm. Průměrný počet dnů se srážkami většími než 1 mm je v této klimatické oblasti 100 až 120 dnů.

Bližší srážkové poměry dané oblasti vystihuje následující tabulka, ve které jsou uvedeny srážkové úhrny ze stanice Mošnov za roky 2011 až 2016, včetně dlouhodobých srážkových úhrnů za období 1961 - 1990 a procentuálního vyjádření úhrnu srážek oproti dlouhodobému normálu (ČHMÚ, informace o klimatu).

Tabulka č. 1 Dlouhodobé průměrné srážkové úhrny ze stanice Mošnov s procentuálním zastoupením dlouhodobého normálu včetně srážkových úhrnů za období 1961-1990.

měsíc/rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	S rok
	srážkový úhrn [mm]												
1961-1990	26,7	30,2	34	52,4	91,2	104,4	91,1	91,8	58,8	42,3	44,6	34,3	701,8
2011	17.1	4.5	24.3	54.6	103.5	90.7	168.3	73.0	21.7	41.6	0.2	15.0	614.5
%	<i>64</i>	<i>15</i>	<i>71</i>	<i>104</i>	<i>113</i>	<i>87</i>	<i>185</i>	<i>80</i>	<i>37</i>	<i>98</i>	<i>0</i>	<i>44</i>	88
2012	49.0	16.3	18.4	24.2	37.0	114.7	67.9	53.2	74.9	92.0	27.6	21.0	596.2
%	<i>184</i>	<i>54</i>	<i>54</i>	<i>46</i>	<i>41</i>	<i>110</i>	<i>75</i>	<i>58</i>	<i>127</i>	<i>217</i>	<i>62</i>	<i>61</i>	85
2013	38.0	23.1	26.4	16.1	112.4	122.6	43.0	62.3	76.0	22.4	24.6	14.9	581.8
%	<i>142</i>	<i>76</i>	<i>78</i>	<i>31</i>	<i>123</i>	<i>117</i>	<i>47</i>	<i>68</i>	<i>129</i>	<i>53</i>	<i>55</i>	<i>43</i>	83
2014	23.5	26.8	13.0	49.9	108.9	74.1	107.0	140.5	109.9	41.3	31.0	27.6	753.5
%	<i>88</i>	<i>89</i>	<i>38</i>	<i>95</i>	<i>119</i>	<i>71</i>	<i>117</i>	<i>153</i>	<i>187</i>	<i>98</i>	<i>70</i>	<i>80</i>	107
2015	48.9	20.9	29.0	27.1	82.2	53.9	32.5	28.8	35.6	28.0	27.2	15.6	429.7

měsíc/rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	S rok
	srážkový úhrn [mm]												
%	183	69	85	52	90	52	36	31	61	66	61	45	61
2016	17.4	69.5	24.7	71.1	29.6	65.1	123.6	56.8	34.0	108.3	42.1	5.3	647.5
%	65	230	73	136	32	62	136	62	58	256	94	15	92

Podle hydrologického členění ČR náleží zájmové území do dílčího povodí IV. řádu Opava (č.h.p. 2-02-01-0890-0-00), s plochou dílčího povodí 12,01 km² (hydroekologický informační systém VÚV T.G.M.).

2.3 Geologické poměry širšího okolí

Geologickou stavbu horninového prostředí zájmové lokality a jejího širšího okolí můžeme rozdělit na předkvartérní podloží a kvartérní sedimentární pokryv.

Přímé předkvartérní podloží je v prostoru zájmového území a v jeho širším okolí budováno spodnobádanskými marinními sedimenty, reprezentovanými vápnitými jíly (místy jsou prachovité nebo slabě písčité), převážně šedé barvy, tuhé až pevné konzistence (při styku s hladinou podzemní vody vyvinutou v nadložních propustných sedimentech mohou mít až měkkou konzistenci).

Kvartérní sedimenty nasedající na neogenní podloží jsou v zájmovém území a v jeho nejbližším okolí zastoupeny ledovcovými sedimenty, v jejichž nadloží se nachází vrstvy zemin fluvialní a eolické geneze. Ledovcové uloženiny nasedající přímo na předkvartérní podklad jsou zde zastoupeny především tily (glacigenními) a písčitémi až šterkopísčitémi vodně-ledovcovými (glacifluviálními) sedimenty sálského až mladšího elsterského zalednění. V jejich nadloží se nachází polohy fluvialních písčitých šterků pleistocenního stáří a svrchní vrstvy jsou tvořeny vrstvami spraší a sprašových hlín, místy částečně nahrazených vrstvami antropogenních navážek.

2.4 Hydrogeologické poměry širšího okolí

Zájmová oblast je z pohledu **hydrogeologického** rajónování ČR (Olmer a kol., 2002; hydroekologický informační systém VÚV T.G.M.) řazena do subrajónu 1520 Kvartér řeky Opavy v povodí Odry s plochou subrajónu 124,714 km². Hlavním využívaným kolektorem je průlinový kolektor kvartérních fluvialních sedimentů (písky a šterky údolních niv a teras). Jedná se o území s hodnotou koeficientu transmisivity v rozpětí $T = 1 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Hladina podzemní vody v tomto kolektoru je volná až napjatá. Předpokládaný směr proudění podzemní vody je v generelu severovýchodním až východním směrem. Lokalita se nachází v území s podzemními vodami vyžadujícími složitější úpravu (vody II. kategorie).

Nadložní sprašové hlíny z hydrogeologického hlediska plní funkci poloizolátoru, který umožňuje velmi omezené proudění srážkové vody pouze ve vertikálním směru. Jejich koeficient filtrace kolísá v závislosti na obsahu jemnozrnné frakce a dosahuje hodnot $n \cdot 10^{-8}$ až $n \cdot 10^{-10} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, což dle Jetela (1977) odpovídá prostředí s nepatrnou propustností.

2.5 Území se zvláštní ochranou

Lokalita leží mimo ochranná pásma vodních zdrojů (dle §30 Zákona č.254/2001 Sb., o vodách, v platném znění), stejně tak není součástí velkoplošného ani maloplošného, zvláště chráněného území (dle § 14 Zákona č.114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění) a není ani součástí Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV).

Dle Registru svahových nestabilit ČGS není v širším okolí evidováno žádné sesuvné území.

2.6 Dosavadní prozkoumanost

Dle databáze geologické prozkoumanosti ČGS - Geofondu bylo v blízkém okolí lokality v minulosti provedeno několik geologických průzkumných prací. Níže uvádíme přehled vybraných nejbližších geologických průzkumných prací:

- **Krobot, P., 2004:** Opava - ul. Jánská, terminál, Závěrečná zpráva. GHE , a.s. Ostrava.

V blízkosti zájmového území (cca 10 m jihozápadně) byl realizován vrt J-4 do hloubky 3,0 m p.t. Posudek je evidován u ČGS - Geofondu pod značkou GF P109603.

- **Zoglobossou, H., 2013:** Opava, Slezské zemské muzeum - Centrální depozitář, IGP a HGP, Závěrečná zpráva. G-Consult, spol. s r.o. Ostrava.

Cca 130 m jihozápadním směrem od zájmového území byl realizován vrt JV-03 do hloubky 20,0 m p.t. Posudek je evidován u ČGS - Geofondu pod značkou GF P140079.

- **Boehm, et al., 2012:** Opava - Smetanovy sady, zdroj vody na parcele č. 520/1, k.ú. Opava-Město. Závěrečná hydrogeologická zpráva o provedení průzkumného vrtu OP-4. Ing.Petr Ulahel.

Cca 100 m severovýchodním směrem od zájmového území byl realizován vrt OP-4 do hloubky 22,0 m p.t. Posudek je evidován u ČGS - Geofondu pod značkou GF P139297.

- **Tichý, Z., 1989:** Zpráva inženýrskogeologického průzkumu pro budovu č. 9, Nádražní okruh v Opavě, Bytprům, Výrobní družstvo v Ostravě.

Cca 170 m severovýchodním směrem od zájmového území byly realizovány kopané sondy KS-1, KS-2 a KS-3 do hloubky 4,0 m p.t. Posudek je evidován u ČGS - Geofondu pod značkou GF P064513.

- **Králík, R., 2016:** Opava – IVC – nástavba haly IZS - IGP, AZ GEO, s.r.o., Ostrava.

Cca 800 m jihovýchodním směrem od zájmového území byl realizován vrt IJ-1 do hloubky 11,7 m p. Posudek je evidován u ČGS - Geofondu pod značkou GF P150055.

3. ROZSAH A METODIKA PRACÍ

Dle vyhlášky 269/2004 Sb. o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, inženýrsko-geologický průzkum odpovídá rozsahem podrobné etapě. Pro doplnění informací byly rovněž použity i výsledky dříve provedených průzkumných prací z archivu ČGS - Geofondů. Následující kapitoly podrobněji popisují metodiku a rozsah prací včetně jejich zdůvodnění.

3.1 Přípravné práce

Součástí přípravných prací bylo naplnění nezbytných ohlašovacích a evidenčních povinností plynoucích ze zákona č. 62/1988 Sb. a vyhlášky 369/2004 Sb. o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací. Následně byla provedena obhlídka lokality a geodeticky vytyčena místa realizace projektovaných průzkumných vrtů a sond dynamické penetrace. Polohopisné vytyčení průzkumných prací bylo v systému S-JTSK a výškopisné zaměření v systému Balt p.v. Geodetické práce provedla společnost R&M GEODATA s.r.o. pomocí přístrojů GNSS Topcon GRS-1 s příslušenstvím. Technická zpráva geodetických prací včetně seznamu souřadnic je uvedena v příloze 11.

Přípravné práce rovněž zahrnovaly sběr a rešeršní práce veškeré geologické prozkoumanosti z blízkého okolí řešeného území. Získané údaje byly uceleně zpracovány a využity pro projektování a vyhodnocení geologických prací.

3.2 Průzkumné práce

Předmětem terénních prací v rámci průzkumu byla především realizace 2 ks IG vrtů, 2 sond dynamické penetrace a dokumentace vrtného jádra, kvalifikovaný odběr vzorků zemin a podzemní vody a zaměření její hladiny.

V průběhu provádění prací byly dodržovány příslušné normy řady ISO a ČSN. Zhotovitel má zavedený systém řízení jakosti v souladu s požadavky mezinárodní normy **ČSN ISO 9001:2001** a systém řízení ochrany životního prostředí podle normy **ČSN ISO 14001:2005**. Zajištění kvality prací a ochrany životního prostředí je podrobně popsáno v systémové dokumentaci zhotovitele.

3.2.1 Vrtné práce

Průzkumné vrty byly provedeny v období 16. – 17. 8. 2017. Inženýrsko-geologické jádrové vrty IJ-1 a IJ-2 provedla společnost GEOSTA Ostrava, s.r.o. mobilní vrtnou soupravou HVS 04 A. Podrobné informace jsou uvedeny v technické zprávě vrtných prací v příloze č. 9. Po ukončení vrtných prací byl proveden odběr vzorků zemin a následně byly všechny IG vrty dočasně zapaženy a ponechány nejméně 24 hodin otevřené pro zaměření ustálené hladiny podzemní vody. HG vrty byly dočasně vystrojeny PVC zárubnicí DN75 s řezaným štěrbínovým filtrem ve spodní části (10 až 12 m p.t.). Po odběru vzorků podzemní vody byly vrty zlikvidovány dusaným záhozem. Přehled provedených vrtů uvádíme v následující tabulce. Geologické profily realizovaných vrtů jsou uvedeny v příloze č. 3.

3.2.2 Dynamická penetrace

Průzkumné sondy těžké dynamické penetrace DP-3 a DP-4 byly provedeny na vytyčených místech společností GEOSTA Ostrava, s.r.o. dne 18. 8. 2017. Dynamická penetrace byla realizována jako těžké dynamické penetrační sondování (DPH). Použita byla mobilní souprava typu Borros ZDP 50x500 s hmotností beranu 50 kg, výškou pádu 500 mm, průměrem penetračního soutyčí 32 mm, s hrotem na ztraceno o ploše průřezu 15 cm², průměrem hrotu 43,7 mm a vrcholovým úhlem 90°.

Vyhodnocení a geologická interpretace sond dynamické penetrace jsou uvedeny v příloze č. 4. Technickou zprávu z penetračních prací uvádíme v příloze č. 9.

Tabulka č. 2 Přehled provedených průzkumných prací

Označení sondy	Typ objektu	X (JTSK)	Y (JTSK)	Z (B.p.v.)	Hloubka objektu [m]	Datum realizace
IJ-1	IG vrt	1 088 076,75	496 534,92	254,90	12,0	16. 8. 2017
IJ-2		1 088 130,00	496 509,80	253,17	12,0	17. 8. 2017
DP-3	Dynamická penetrace	1 088 089,45	496 550,40	252,88	12,0	18. 8. 2017
DP-4		1 088 128,70	496 490,00	253,38	17,0	18. 8. 2017

3.2.3 Terénní měření a vzorkovací práce

Ve všech vrtech byla minimálně po 24 hodinách změřena ustálená hladina podzemní vody elektroakustickým hladinoměrem OAL 20 s přesností ± 1 cm. Během vrtných prací byla prováděna geologická dokumentace vrtného jádra a odběry vzorků zemin a následně i vzorků podzemní vody. Typ vzorků byl podmíněn charakterem zastižených zemin. Vzorky byly odebírány z litologických vrstev, důležitých z hlediska předpokládaného založení stavby tak, aby poskytly potřebné podklady pro návrh jejího založení.

Z kvartérních zemin byly pro stanovení fyzikálně mechanických vlastností odebrány 2 neporušené a 4 poloporušené a porušené vzorky zemin. Pro stanovení základního chemismu a agresivity podzemní vody byly odebrány 2 vzorky podzemní vody. Odběr vzorků byl proveden dle pracovních postupů uchazeče definovaných v dokumentaci pro zajištění kvality prováděných prací.

3.2.4 Laboratorní práce

Laboratorní analýzy neporušených a poloporušených vzorků provedla Laboratoř mechaniky zemin a hornin, GEODRILL s.r.o., Zkušební laboratoř č. 1596 akreditovaná ČIA. Analytické rozborů pro stanovení agresivity podzemní vody a kontaminaci zemin provedla akreditovaná laboratoř ALS CZECH REPUBLIC s.r.o., veškerá stanovení jsou akreditovanými zkouškami ČIA. Protokoly laboratorních analýz uvádíme v přílohách č. 7 a 8 této zprávy.

3.2.5 Sled a řízení terénních prací

Geologické práce zahrnovaly sled a řízení terénních prací (dokumentace geologického profilu, stanovení intervalů vzorkování apod.). Terénní práce byly řízeny odborníkem v oboru inženýrská geologie a hydrogeologie a osobou s odbornou způsobilostí vydanou MŽP (na základě zákona č. 62/1998 Sb. o geologických pracích v platném znění) v uvedených oborech.

3.2.6 Vyhodnocovací práce

Z archivních dokumentů a údajů vrtné prozkoumanosti z databáze Geofondu byla zpracována rešerše dosavadní prozkoumanosti z blízkého okolí řešeného území. Vyhodnocovací práce zahrnovaly zpracování výsledků rešeršních prací, inženýrsko-geologického a hydrogeologického průzkumu, zařazení hornin a zemin, stanovení přetvárných a deformačních parametrů.

Závěrečná zpráva byla vypracována osobou odborně způsobilou projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce v oboru inženýrská geologie a hydrogeologie. Pro zpracování dat z průzkumu byly využity programy Microsoft®Word 2007, Microsoft®Excel 2007, Microsoft®Access 2007, AutoCAD LT 2012, Surfer v12, databázový program gdBase v4.

4. VÝSLEDKY PROVEDENÝCH PRACÍ

Geologický profil zájmového území byl ověřen 2 průzkumnými inženýrsko-geologickými vrtly IJ-1 a IJ-2 do hloubky 12 m a 2 sondami těžké dynamické penetrace do hloubky 12 a 17 m. Pro hodnocení geologické stavby lokality a blízkého okolí byly dále využity 3 archivních průzkumné vrtly. Podrobný popis odkryvných prací s ověřeným geologickým profilem je uveden v přílohách č. 3 a 5, interpretace sond dynamické penetrace je uvedena v příloze č. 4. Prostorově je geologická stavba formou geologických řezů zobrazena v příloze č. 6, kde jsou podrobně znázorněny jednotlivé geotechnické typy zemin.

Pro stanovení místních hodnot fyzikálně-mechanických vlastností zemin byly využity vzorky zemin z nově provedených průzkumných prací a také vzorky zemin z archivních vrtů z blízkého okolí zájmové lokality.

4.1 Inženýrsko-geologické poměry zájmové lokality

V následujícím textu jsou vymezeny jednotlivé geologické kvazihomogenní vrstvy vyskytující se v území plánované stavby. Jednotlivé vrstvy jsou označeny jako geotechnické typy (GT) stejných fyzikálně-mechanických vlastností. Tyto parametry vycházejí jednak z provedeného makroskopického zařazení vrtného jádra, laboratorních analýz vzorků zemin a dále dle stratigrafického a genetického zařazení.

Zeminy byly rozčleněny na 6 základních geotechnických typů, jejichž jednotlivé rozčlenění je podrobně rozpracováno v následující tabulce.

Tabulka č. 3 Schematický vrstevní sled s uvedením geotechnických typů

Stratigrafie	Genetický typ	Litologický Typ	Zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-2	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Označení geotechnického typu	Ověřená mocnost [m]
Antropogén	antropogenní	nesoudržné navážky: char. štěrku písčitého, stavební suť, úlomky cihel, betonu, písek	Mg G3	Y G3	GT 0a	0,5 – 1,2
		soudržné navážky: redeponované písčité jíly	Mg F4	Y F4	GT 0b	0,6 – 1,4
Kvartér	eolické sedimenty	prachovité jíly, nízké plasticity	siCl	F6 CL	GT 1a	0,6 – 3,0
	glacifluviální sedimenty	jíl s nízkou plasticitou, jíl písčitý	siCl, saCl	F6 Cl, F4 CS	GT 1b	0,3 – 4,1
		štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy, štěrk jílovitý	saGr, saclGr	G3 G-F, G5 GC	GT 2	0,3 – 7,0
		písek hlinitý	clSA	S4 SM	GT 3	1,3 - > 5,6

Následující text hodnotí jednotlivé geotechnické typy z hlediska jejich plošného výskytu v ploše projektované stavby a jejich geotechnických vlastností a parametrů. Pro jednotlivé geotechnické typy uvádíme odvozené hodnoty z laboratorních a terénních zkoušek, jež jsou reprezentativní pro celou popisovanou vrstvu. Hodnoty parametrů jednotlivých geotechnických typů uvedené v této kapitole mají vypovídající hodnotu pro každou geotechnickou kategorii v rámci celé stavby a v rozsahu všech litogenetických typů patřících do konkrétní geotechnické kategorie.

Pro popis mocností a výškového rozsahu jednotlivých geotechnických kategorií byly využity pouze průzkumné objekty lokalizované na vlastní lokalitě (IJ-1, IJ-2, DP-3 a DP-4). Pro popis fyzikálně-mechanických parametrů byly využity laboratorní výsledky vzorků zemin z nově realizovaných vrtů a sond IJ-1, IJ-2, DP-3 a DP-4 a rovněž archivních vrtů J-4 a JV-03.

4.1.1 GT 0a Antropogenní nesoudržné navážky

Nejvyšším kvartérním členem na zájmové lokalitě jsou antropogenní navážky. Jedná se o konstrukční vrstvy příjezdových komunikací, jsou to zeminy **charakteru štěrku písčitého třídy G3 G-F**, s obsahem úlomků cihel, kameniva, s kousky pórovitého betonu velikosti 1 - 4 cm, příměs skleněných střepů, dřevěných úlomků. V době realizace průzkumu byla tato vrstva suchá. Dle realizované dynamické penetrace jsou tyto zeminy kypré až ojediněle středně ulehle ($I_D = 0 - 0,83$). Zeminy jsou značně proměnlivého složení i mocností.

Tyto polohy navážek byly na lokalitě ověřeny vrty IJ-1, IJ-2 a sondami DP-3 a DP-4. Tyto antropogenní navážky se vyskytují na lokalitě ve velmi odlišných mocnostech cca 0,5 až 1,2 m s Ø hodnotou 0,9 m, báze se pohybuje v hloubce od 0,5 do 1,2 m p. t., tj. na kótě 251,78 až 254,20 m n. m.

Zeminy geotechnické kategorie **GT 0a** jsou dle ČSN 73 6133 zeminy třídy G3 G-F, které jsou mírně namrzavé. Ve smyslu ČSN 73 6133 je tento typ řazen do speciální skupiny zemin označovaných jako sypaný zemní materiál. Dle ČSN EN ISO 14688 náleží do skupiny nazvané výsypky, sypaniny a nakládání s nimi vyžaduje zvláštní pozornost. Na nez hutněném sypaném zemním materiálu je přípustné zakládat stavby jen s použitím zvláštních úprav a opatření. Těžitelnost antropogenních navážek GT 0a pak odpovídá dle normy ČSN 73 3050 2. - 4. třídě, dle Přílohy D ČSN 73 61 33 je rozpojitelnost I. třídy. Z důvodu nevhodnosti těchto zemin ke stavebním účelům (bez dalších úprav) a k jejich pozici ve vrstevním sledu, zde jejich fyzikálně-mechanické charakteristiky neuvádíme.

4.1.2 GT 0b Antropogenní soudržné navážky

Druhým typem antropogenních navážek na zájmové lokalitě jsou soudržné méně se vyskytující navážky – dle makroskopického popisu **charakteru písčitého jílu (F4 CS)**, místy s úlomky cihel a kamenů do 4 cm (do 10%). V době realizace průzkumu byla vrstva zaznamenána suchá. Dle realizované dynamické penetrace jsou tyto zeminy tuhé až měkké ($I_C = 0,35 - 0,60$). Na základě makroskopického popisu zařídíme zeminy dle ISO 14 688-2 jako písčité jíl (saCl).

Tyto polohy navážek označujeme jako geotechnickou kategorii **GT 0b** a byly na lokalitě ověřeny vrtem IJ-1 a sondou DP-4. Tyto soudržné navážky se vyskytují na lokalitě lokálně v odlišných mocnostech cca 0,6 až 1,4 m s Ø hodnotou 1,0 m, báze se pohybuje v hloubce od 1,8 do 2,1 m p. t., tj. na kótě 251,58 až 252,80 m n. m.

Na základě makroskopického popisu zeminu klasifikujeme dle ČSN 73 6133 jako jíl písčité (F4 CS). Zemina je nebezpečně namrzavá, při napojení vodou jsou nestabilní a rozbídná.

Zatříděním vhodnosti pro pozemní komunikace dle Tabulky A.1 ČSN 73 6133 ji hodnotíme jako podmíněčně vhodnou pro použití do násypových těles a rovněž podmíněčně vhodné pro podloží komunikace. Z hlediska těžitelnosti dle ČSN 73 3050 spadá do 2. až 3. třídy, dle TKP-4 (Přílohy D ČSN 73 6133) potom náleží do I. třídy rozpojitelnosti. Pro zeminy GT 0b uvádíme v následující tabulce směrné normové charakteristiky (F4 CS).

Tabulka č. 4 Geotechnické charakteristiky zemin GT 0b

Parametr	veličina	jednotka	rozmezí/hodnota
Efektivní soudržnost ^{*)}	c_{ef}	[kPa]	10 – 18
Efektivní úhel vnitřního tření ^{*)}	φ_{ef}	[°]	22 – 27
Poissonovo číslo ^{*)}	ν	[1]	0,35
Deformační modul ^{**)}	E_{def}	[MPa]	1,1 – 4,3

Vysvětlivky: ^{*)}směrná normová hodnota
^{**)}stanoveno z dynamické penetrace

4.1.3 GT 1a Eolické prachovité jíly

Kvartérní pokryv je v podloží navážek reprezentován eolickými sedimenty (sprašovými hlínami). Tyto zeminy jsou označeny jako geotechnický typ **GT 1a**. Tento typ se vyskytuje v celé ploše stavby – byl zastižen všemi nově realizovanými objekty. Jedná se o jíl s nízkou plasticitou (sprašová hlína), světle hnědý až hnědý, s šedým až rezavým smouhováním, tuhý až místy pevný ($I_C = 0,75 - 1,04$).

Na základě laboratorního rozboru je podíl jílovité frakce zemin GT 1a 16%, prachová složka je zastoupena 69% a písčité frakce činí 15%. Štěrková frakce není zastoupena.

Ověřená mocnost prachovito-jílovitých zemin GT 1a značně kolísá od 0,6 do 3,0 m s Ø hodnotou 1,8 m, báze se pohybuje v hloubce od 1,7 do 5,0 m p. t., tj. v úrovni 249,67 až 251,18 m n. m.

Na základě zrnitostních analýz a makroskopického popisu zatřídíme zeminy dle ISO 14 688-2 jako jílovitý prach (clSi). Dle ČSN 73 6133 zeminu klasifikujeme jako **jíl níže plastický (F6 CL)**. Zemina je nebezpečně namrzavá. Zatříděním vhodnosti pro pozemní komunikace dle Tabulky A.1 ČSN 73 6133 je hodnotíme jako podmíněčně vhodné pro použití do násypových těles a nevhodné pro podloží vozovek. Z hlediska těžitelnosti dle ČSN 73 3050 spadají do 2. třídy, dle TKP-4 (Přílohy D ČSN 73 6133) potom náleží do I. třídy rozpojitelnosti. Dle katalogu 800-2 patří vrtatelností pilot do I. třídy. Pro zeminy GT 1a uvádíme v následující tabulce průkazné geotechnické charakteristiky, pro jejichž stanovení byl použit nově odebraný vzorek zeminy a dva vzorky z archivních vrtů z blízkého okolí.

Tabulka č. 5 Geotechnické charakteristiky zemin GT 1a

Parametr	veličina	jednotka	Rozmezí	Æ hodnota
Přirozená vlhkost	W_n	[%]	16,20 – 21,98	19,27
Vlhkost na mezi tekutosti	W_L	[%]	30,00 – 34,50	32,27
Vlhkost na mezi plasticity	W_P	[%]	17,00 – 18,39	17,89
Index plasticity	I_P	[%]	13,00 – 16,11	14,38
Stupeň konzistence ^{**)}	I_C	[1]	0,75 – 1,04	0,94
Zdánlivá hustota zeminy	ρ_s	[g.cm ⁻³]	2,72 – 2,73	2,72
Objemová hmot. vlhké zeminy	ρ	[g.cm ⁻³]	2,06 – 2,14	2,09
Objemová hmot. suché zeminy	ρ_d	[g.cm ⁻³]	1,69 – 1,79	1,75
Pórovitost	n	[%]	34,28 – 37,91	35,75
Stupeň nasycení	S_r	[%]	82,0 – 100,0	93,33
Koeficient filtrace	k_f	[m.s ⁻¹]	$4,0 \times 10^{-9}$ – $2,3 \times 10^{-8}$	$1,4 \times 10^{-8}$
Efektivní soudržnost ^{*)}	c_{ef}	[kPa]	8 - 16	12
Efektivní úhel vnitřního tření ^{*)}	φ_{ef}	[°]	17 - 21	19
Deformační modul ^{**)}	E_{def}	[MPa]	6,9 – 14,0	11,3
Poissonovo číslo ^{*)}	ν	[1]	0,40	0,40
Totální soudržnost ^{*)}	c_u	[kPa]	50	50
Totální úhel vnitřního tření ^{*)}	φ_u	[°]	0	0

Vysvětlivky: ^{*)}směrná normová hodnota

^{**)}stanoveno z dynamické penetrace

4.1.4 GT 1b Glacifluviální jíl

Níže pod horizontem sprašových jíľů se nachází glacifluviální sedimenty v podobě jíľů se střední plasticitou až jíľů písčitých. Tyto zeminy jsou označeny jako geotechnický typ **GT 1b**. Tento typ zemin byl zastižen všemi nově realizovanými objekty IJ-1, IJ-2, DP-3 a DP-4 a to až ve třech vrstvách nad sebou, většinou prokládaných písky nebo šterky. Jedná se o jíľy se střední plasticitou, šedé, modrošedé až světle hnědé, dle laboratorních analýz (nových i archivních) je konzistence převážně tuhá až měkká ($I_C = 0,35 - 0,92$), na základě provedené dynamické penetrace je místy až pevná ($I_C = 0,37 - 1,19$).

Na základě laboratorního rozboru je podíl jílovité frakce zemin GT 1a 23%, prachová složka je zastoupena 58% a písčítá frakce činí 19%. Šterková frakce není zastoupena.

Ověřená mocnost prachovito-jílovitých zemin GT 1a rovněž značně kolísá od 0,3 do 4,1 m s Ø hodnotou 1,5 m, báze jednotlivých vrstev se pohybuje v hloubce od 2,5 do 16,7 m p. t., tj. v úrovni 236,68 až 250,38 m n. m.

Na základě zrnitostních analýz a makroskopického popisu zatřídíme zeminy dle ISO 14 688-2 jako prachovitý jíľ (siCl) a písčítý jíľ (saCl). Dle ČSN 73 6133 zeminu klasifikujeme jako **jíľ se střední plasticitou (F6 CI) až jíľ písčítý (F4 CS)**. Zemina je nebezpečně až vysoce namrzavá. Zatříděním vhodnosti pro pozemní komunikace dle Tabulky A.1 ČSN 73 6133 je hodnotíme jako podmíněčně vhodné pro použití do násypových těles a podmíněčně vhodné až nevhodné pro podloží vozovek. Z hlediska těžitelnosti dle ČSN 73 3050 spadají do 2. až 3. třídy, dle TKP-4 (Přílohy D ČSN 73 6133) potom náleží do I. třídy rozpojitelnosti. Dle katalogu 800-2 patří vrtatelností pilot do I. třídy. Pro zeminy GT 1b uvádíme v následující tabulce průkazné geotechnické charakteristiky, pro jejichž stanovení byly použity nově odebrané vzorky zeminy i vzorky z archivních vrtů z blízkého okolí.

Tabulka č. 6 Geotechnické charakteristiky zemin GT 1b

Parametr	veličina	jednotka	Rozmezí	Æ hodnota
Přírozená vlhkost	W_n	[%]	13,87 – 24,25	21,05
Vlhkost na mezi tekutosti	W_L	[%]	27,00 – 35,26	29,31
Vlhkost na mezi plasticity	W_P	[%]	13,00 – 18,40	15,60
Index plasticity	I_P	[%]	12,00 – 16,86	13,71
Stupeň konzistence	I_C	[1]	0,35 – 0,92	0,59
Zdánlivá hustota zeminy	ρ_s	[g.cm ⁻³]	2,70 – 2,73	2,71
Objemová hmot. vlhké zeminy	ρ	[g.cm ⁻³]	2,03 – 2,23	2,10
Objemová hmot. suché zeminy	ρ_d	[g.cm ⁻³]	1,64 – 1,96	1,74
Pórovitost	n	[%]	27,47 – 40,03	35,85
Stupeň nasycení	S_r	[%]	98,0 - 100,0	99,0
Koeficient filtrace	k_f	[m.s ⁻¹]	$1,2 \times 10^{-8}$ – $2,2 \times 10^{-8}$	$1,6 \times 10^{-8}$
Efektivní soudržnost ^{**)}	\acute{c}	[kPa]	14,7	14,7
Efektivní úhel vnitřního tření ^{**)}	ϕ	[°]	28,3	28,3
Poissonovo číslo ^{*)}	ν	[1]	0,35 – 0,40	0,38
Totální soudržnost ^{*)}	c_u	[kPa]	50	50
Totální úhel vnitřního tření ^{*)}	ϕ_u	[°]	0	0

Vysvětlivky: ^{*)}směrná normová hodnota
^{**)} stanoveno ze vzorku zemin z vrtu IJ-2

Tabulka č. 7 Přehled výsledků stlačitelnosti v edometru zemin GT 1b

Vrt / hloubka vz. [m]	Edometrický modul E _{oed} [MPa] pro obor napětí [MPa]				Převodní součinitel b [-]	Odvozený modul přetvárnosti E _{def} [MPa] pro obor napětí [MPa]			
	7,3	4,8	7,2	9,7		3,4	2,3	3,4	4,6
IJ-2 / 4,8 – 5,0	0,10-0,40	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40	0,47	0,10-0,40	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40

4.1.5 GT 2 Glacifluviální šterky

Pod horizontem jílu byly vrtem IJ-1 a sondami DP-3 a DP-4 ověřeny glacifluviální písčité šterky až jílovité šterky. Jedná se o šterky s příměsí jemnozrnné zeminy až šterky jílovité, šedorezavé, světle hnědé až hnědé, v celé mocnosti zvodnělé. Dle dynamické penetrace převážně středně ulehlé až ulehlé, méně kypré. Valouny šterků jsou polooválné, dosahují velikosti 0,5 až 6 cm, ojediněle až 10 cm v delší ose a jsou tvořeny převážně křemenem. Ve vrstvách šterků písčitých se místy vyskytují vložky jílu tuhé konzistence o mocnosti do 1 cm. Tyto zeminy jsme vyčlenili jako geotechnický typ **GT 3**.

Dle laboratorní analýzy vzorku zemin (G5 GC) je jemnozrnná frakce (jíl + prach) zastoupena 27%, obsah písku činí 30%. Hrubě klastická složka je tvořena polooválnými zrny jejichž podíl činí 43%. Mezerní výplň (G5 GC) má dle laboratorní analýzy konzistenci $I_C = 1,32$.

Mocnost šterků ověřená v zájmovém území značně kolísá a činí 0,3 až 7,0 m s průměrnou mocností 2,2 m. Ověřená báze zemin GT 2 je v hloubce 3,8 až 16,0 m p.t., tj. na kótě 237,38 až 249,08 m n.m.

Na základě zrnitostních analýz a makroskopického popisu zařídíme zeminy dle ISO 14 688-2 jako písčité štěrky (saGr) až písčito-jílovité štěrky (sacGr). Dle ČSN 73 6133 zeminu klasifikujeme jako **štěrk s příměsí jemnozrné zeminy (G3 G-F) až štěrky jílovité (G5 GC)**.

Těžitelností dle normy ČSN 73 3050 náleží do 3. třídy a dle Přílohy D ČSN 73 6133 je rozpíjitelnost I. třídy. Dle katalogu 800-2 patří vrtatelností pilot do II. třídy. Pro tyto štěrkovité zeminy uvádíme v následující tabulce průkazné geotechnické charakteristiky.

Tabulka č. 8 Geotechnické charakteristiky zemin GT 2

Parametr	veličina	jednotka	rozmezí	Æ hodnota
Přírozená vlhkost	W_n	[%]	12,62	12,62
Vlhkost na mezi tekutosti	W_L	[%]	23,00 – 26,28	24,64
Vlhkost na mezi plasticity	W_P	[%]	15,00 – 15,95	15,47
Ulehlost ^{*)}	I_D	[1]	0,3 – 1,5	0,76
Zdánlivá hustota zeminy	ρ_s	[g.cm ⁻³]	2,71	2,71
Koeficient filtrace	k_f	[m.s ⁻¹]	$5,5 \times 10^{-6}$ – $1,1 \times 10^{-4}$	$5,6 \times 10^{-5}$
Efektivní soudržnost ^{**)}	c_{ef}	[kPa]	0 - 10	4
Efektivní úhel vnitřního tření ^{*)}	φ_{ef}	[°]	20 - 30	25
Deformační modul ^{*)}	E_{def}	[MPa]	61 - 296	209
Relativní ulehlost ^{*)}	I_D	[1]	0,30 – 1,50	0,76
Poissonovo číslo ^{**)}	ν	[1]	0,25 – 0,30	0,28

Vysvětlivky: ^{*)} stanoveno z dynamické penetrace
^{**)} směrná normová hodnota

4.1.6 GT 3 Glacifluviální písky

V kvartérních sedimentech byly všemi průzkumnými objekty ověřeny glacifluviální písčité sedimenty. Jedná se převážně o písky hlinité, světle šedé, šedé až šedohnědé, v celé mocnosti zvodnělé. Dle dynamické penetrace jsou převážně kypré až středně uhlé. V některých polohách až 0,5 m mocných je písek hrubozrný s příměsí křemenných valounů do 4 cm (do 10%). Ojedinele výskyt zvýšeného obsahu jílu – vrstva jílu písčitého, tuhé konzistence o mocnosti 0,3 m. Tyto zeminy jsme vyčlenili jako geotechnický typ **GT 3**.

Dle laboratorní analýzy vzorku zemin (S4 SM) je podíl jílovité frakce zemin 7%, prachová složka je zastoupena 12%, písčité frakce činí 79% a štěrková složka 2%. Mezerní výplň (S4 SM) má dle laboratorní analýzy konzistenci $I_C = 0,87$.

Ověřená mocnost písků v zájmovém území rovněž značně kolísá a činí 1,3 až 5,6 m s průměrnou mocností 2,8 m. Ověřená báze jednotlivých vrstev zemin GT 3 byla ověřena v hloubce 8,9 až 10,0 m p.t., tj. na kótě 243,98 až 244,90 m n.m.

Na základě zrnitostních analýz (nových i archivních) a makroskopického popisu zařídíme zeminy dle ISO 14 688-2 jako jílovitý písek (clSa) až prachovitý písek (siSa). Dle ČSN 73 6133 zeminu klasifikujeme jako **písek hlinitý (S4 SM) až písek jílovitý (S5 SC)**.

Těžitelností dle normy ČSN 73 3050 náleží do 1. třídy a dle Přílohy D ČSN 73 6133 je rozpíjitelnost I. třídy. Dle katalogu 800-2 patří vrtatelností pilot do I. třídy. Pro tyto písčité zeminy uvádíme v následující tabulce průkazné geotechnické charakteristiky.

Tabulka č. 9 Geotechnické charakteristiky zemin GT 3

Parametr	veličina	jednotka	rozmezí	Æ hodnota
Přírozená vlhkost	W_n	[%]	12,82	12,82
Vlhkost na mezi tekutosti	W_L	[%]	14,91 – 21,00	17,95
Vlhkost na mezi plasticity	W_P	[%]	12,51 – 13,00	12,76
Ulehlost ^{*)}	I_D	[1]	0,24 – 0,51	0,34
Zdánlivá hustota zeminy	ρ_s	[g.cm ⁻³]	2,68	2,68
Koeficient filtrace	k_f	[m.s ⁻¹]	$5,8 \times 10^{-7} - 8,4 \times 10^{-6}$	$4,5 \times 10^{-6}$
Efektivní soudržnost ^{**)}	c_{ef}	[kPa]	0 - 12	6,5
Efektivní úhel vnitřního tření ^{*)}	φ_{ef}	[°]	29 - 33	31
Deformační modul ^{*)}	E_{def}	[MPa]	19 - 30	26
Relativní ulehlost ^{*)}	I_D	[1]	0,24 – 0,51	0,34
Poissonovo číslo ^{**)}	ν	[1]	0,30 – 0,35	0,33

Vysvětlivky: ^{*)}stanoveno z dynamické penetrace
^{**)}směrná normová hodnota

4.2 Posouzení zemní pláně a aktivní zóny

Po provedení skrývky svrchních nevhodných vrstev a provedení HTÚ je zřejmé, že konstrukční vrstvy komunikací, příp. podlahových konstrukcí budou založeny v horizontu sprašových hlín GT 1a. Jedná se o jíly nízké plasticité F6 CL a jsou dle tabulky A.1 ČSN 73 6133 hodnoceny jako nevhodné pro podloží komunikací (pro aktivní zónu) a podmíněně vhodné do násypů.

Zeminy v aktivní zóně jsou nebezpečně namrzavé a vysoce vzlínavé, při napojení vodou jsou nestabilní a snadno rozbředavé. Vodní režim zemní pláně hodnotíme vlivem výšky kapilárního vzlínání v jemnozrnných zeminách $H_s = 3,29$ m, výskytem zavěšené kapilární tránsně a hloubky promrzání cca 1,0 m jako difúzní, tj. nepříznivý.

Zatříděním vhodnosti pro pozemní komunikace dle Tabulky A.1 ČSN 73 6133 je hodnotíme jako podmíněně vhodné pro použití do násypových těles a nevhodné pro podloží vozovek. Z hlediska těžitelnosti dle ČSN 73 3050 spadají do 2. třídy, dle TKP-4 (Přílohy D ČSN 73 6133) potom náleží do I. třídy rozpojitelnosti.

Z předešlého vyplývá, že v úrovni pláně budou zastiženy zeminy nepříznivé a které nemohou být v aktivní zóně ve znění ČSN 736133 „Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“ ponechány bez úpravy.

Pro výstavbu vozovek je důležité, aby byly dodrženy normové požadavky na únosnost zemní pláně. Kontrolu sanace zemin doporučujeme ověřit statickou zatěžkávací zkouškou kruhovou deskou dle ČSN 72 1006 – Kontrola zhutnění zemin a sypanin. Současně je nutné vhodným způsobem zabránit komunikaci (zejména zdržování pod vozovkou) povrchové vody s tělesem vozovky účinným odvodněním.

Při návrhu dočasných sklonů svahů, např. ve stavební jámě, jsme vycházeli z doporučení již neplatné ČSN 73 3050. V jílovitých zeminách GT 1a a nad hladinou podzemní vody je možné sklon dočasných svahů v poměru 1 : 0,25 až 1 : 0,50.

4.3 Hydrogeologické poměry

Vrtnými pracemi byl ověřen geologický profil kvartérních sedimentů do hloubky 12,0 m p.t., sondami dynamické penetrace do hloubky až 17,0 m p.t. Na lokalitě byla hladina podzemní vody zastižena průzkumnými vrty IJ-1 a IJ-2. Archivní vrt J-4 (hloubka 3,0 m p.t.) podzemní

vodu nezastihl a v sondách dynamické penetrace nebylo možné zaměřit ustálenou hladinu z důvodu bezprostředního sevření stvolu sondy jílovitými zeminami.

Průlinový kolektor byl zastižen vrty IJ-1 a IJ-2 v polohách glacifluviálních štěrkopísčitých zemin, na který je vázána hlavní freatická zvodně. Ze zjištěné geologické stavby a zaměření naražené a ustálené úrovně hladiny podzemní vody jednoznačně vyplývají hydrogeologické vlastnosti jednotlivých geologických vrstev.

Jednotlivé vrstvy na lokalitě lze z hydrogeologického hlediska charakterizovat takto:

- **Antropogenní navážky - směs stavební suti charakteru štěrku písčitého** byl zaznamenán ve vrtech IJ-1 a IJ-2 a v obou sondách dynamické penetrace DP-3 a DP-4. Tvoří lehce propustnou vrstvu pro infiltraci srážkových vod do hlubších vrstev horninového prostředí.
- **Antropogenní navážky - směs jílovitých zemin** s úlomky stavební suti se vyskytuje lokálně (IJ-1) a je pro vodu vrstva málo propustná a tvoří svrchní poloizolátor omezující infiltraci srážkových vod do hlubších vrstev horninového prostředí.
- **Eolické jíly** - plní funkci nadložního izolátoru kvartérní zvodně a omezují infiltraci povrchových vod do hlubších vrstev horninového prostředí.
- **Glacifluviální jíly a písčité jíly** - plní funkci izolátoru až poloizolátoru kvartérní zvodně a omezují infiltraci povrchových vod do hlubších vrstev horninového prostředí. V podložním kolektoru rovněž tvoří vrstvy poloizolátoru, které omezují vertikální pohyb podzemní vody ve vlastním kolektoru.
- **Glacifluviální písčité štěrky a písky** - plní v prostoru zájmové lokality funkci průlinového kolektoru s hlavní freatickou zvodní s napjatou hladinou podzemní vody. Dle dostupných mapových podkladů má zvodněný kolektor průměrnou transmisivitu v rozpětí $T = 1 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Naražená hladina podzemní vody byla v nově realizovaných vrtech IJ-1 a IJ-2 zastižena v hloubce cca 5,3 a 6,0 m p.t. a ustálila se v hloubce cca 4,20 a 4,64 m p.t. (tj. 248,97 a 250,26 m n. m.). Generelní směr proudění podzemní vody směrem k východu až severoseverovýchodu tedy k erozní bázi řeky Opavy. Úroveň hladiny podzemní vody je při vydatných atmosférických srážkách v jarních a podzimních měsících o něco vyšší a v průběhu kalendářního roku může kolísat s amplitudou cca 0,5 m, výjimečně až 1,0 m. Hydrogeologický kolektor na zájmové lokalitě tvoří průlinově propustné vrstvy kvartérních fluvialních štěrků a písků. Freatická zvodně tohoto kolektoru má napjatou hladinu. Propustnost štěrkopísčitého kolektoru charakterizována koeficientem filtrace K_f , se pohybuje od $1 \cdot 10^{-4}$ až $8 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (dle Jetelovy klasifikace, 1973, mírná až dosti slabá propustnost). Štěrkopísčitý kolektor je v celé své mocnosti zvodnělý.

Vrstvy sprašových hlín a glacifluviálních jílu v nadloží kolektoru tvoří přirozený stropní izolátor, který do značné míry omezuje přímou infiltraci atmosférických srážek do kolektoru. Jejich koeficient filtrace byl stanoven dle laboratorního rozboru vzorku zeminy $2 \cdot 10^{-8}$ a dle Jetela (1973) se jedná o propustnost velmi slabou. Díky její nízké propustnosti jsou dešťové srážky po nasycení půdního horizontu odváděny zejména povrchovým odtokem, který převládá nad infiltrací srážek do hlubších horninových vrstev.

Přehled dokumentačních bodů záměrů úrovní hladiny podzemní vody na lokalitě uvádí následující tabulka.

Tabulka č. 10 Úroveň hladiny podzemní vody ze dne 18. 8. 2017

Objekt	X JTSK	Y JTSK	Z Bpv	NH [m p.t.]	USH [m p.t.]	Z-USH [m n.m.]
IJ-1	1 088 076,75	496 534,92	254,90	5,30	4,64	250,26
IJ-2	1 088 130,00	496 509,80	253,17	6,00	4,20	248,97

Vysvětlivky: NH.....naražená hladina

USH.....ustálená hladina

4.3.1 Posouzení podmínek pro zasakování

Geologické a hydrogeologické poměry lokality byly popsány v kapitolách 4.1 a 4.3. Na lokalitě byla vrstva soudržných a nesoudržných navážek. Tyto vrstvy byly zaznamenány suché a jejich báze se nachází v úrovni 0,5 až 2,1 m p.t. (tj. 251,58 až 254,20 m n.m.). Tyto vrstvy jsou značně heterogenní a ke vsakování srážkových vod **nejsou vhodné**.

V podloží navážkových vrstev GT 0(a,b) se střídají různě mocné vrstvy jílu, písku a štěrku, často ve více vrstvách nad sebou. Vhodné vrstvy pro vsakování srážkových vod jsou vrstvy geotechnické kategorie GT 2 glacifluviální štěrky a GT 3 glacifluviální písky.

Eolické a glacifluviální jíly GT 1 (a,b) se na lokalitě vyskytují rovněž v proměnlivé mocnosti, které často vyklíňují. Na celém zájmovém území byly tyto vrstvy zemin zaznamenány v mocnostech 0,3 až 4,1 m a jsou tvořeny jíly se střední až nízkou plasticitou až písčitými jíly. Laboratorně byl pro jíly se střední až nízkou plasticitou stanoven průměrný **koeficient filtrace $1,4 \times 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$** . Dle ČSN 73 6133 tyto jílovité zeminy klasifikujeme jako F6 CL, F6 CI a F4 CS a dle tabulky E.1 přílohy E ČSN 75 9010 řadíme tyto zeminy do skupiny V.3. Tyto zeminy jsou z důvodu jejich minimální propustnosti ke vsakování srážkových vod **nejsou vhodné**.

Glacifluviální štěrky GT 2 jsou nejvíce vyvinutými vrstvami na lokalitě. Dle ČSN 73 6133 se jedná se o štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy až štěrk jílovitý. Jejich mocnost je v rámci lokality značně proměnlivá a pohybuje se od 0,3 do 7,0 m. Laboratorně byl stanoven průměrný **koeficient filtrace $5,6 \times 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$** . Dle ČSN 73 6133 tyto štěrkovité zeminy klasifikujeme jako G3 G-F a G5 GC a dle tabulky E.1 přílohy E ČSN 75 9010 řadíme tyto zeminy do skupin V.1 - V.2. Zeminy označené jako GT 2, jsou z důvodu jejich poměrně dobré propustnosti ke vsakování srážkových vod **vhodné**.

Glacifluviální písky GT 3 jsou méně vyvinutými vrstvami na lokalitě. Dle ČSN 73 6133 se jedná převážně o písky hlinité, jejich ověřená mocnost je v rámci lokality značně proměnlivá a pohybuje se od 1,3 do 5,6 m. Laboratorně byl stanoven průměrný **koeficient filtrace $4,5 \times 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$** . Dle ČSN 73 6133 tyto písčité zeminy klasifikujeme jako S4 SM a dle tabulky E.1 přílohy E ČSN 75 9010 řadíme tyto zeminy do skupin V.2. Zeminy jsou z důvodu jejich poměrně dobré propustnosti ke vsakování srážkových vod **vhodné**.

Ustálená **hladina podzemní vody** freatické zvodně kvartérních štěrkovitých a písčitých sedimentů byla dané oblasti zaznamenána ve vrtech IJ-1 a IJ-2 **v úrovni 4,20 až 4,64 m p.t.**, t.j. 248,97 až 250,26 m n.m. K uvedené úrovni podzemní vody je nezbytné počítat s rozkyvem hladiny způsobeným ročním obdobím a souvisejícím množstvím srážek v zájmovém území cca $\pm 0,5$ m. Pro stanovení parametrů zasakovacího objektu je doporučená úroveň hloubky podzemní vody minimálně 1,0 m pod dnem zasakovacího objektu.

Vsakování srážkových vod však musí probíhat do svrchních vrstev zemin kategorie GT 2 (štěrky) a GT 3 (písky). Srážkové vody doporučujeme vsakovat v jednom či více

samostatných vsakovacích objektech umístěných v dostatečné vzdálenosti od projektované stavby.

Na základě výše uvedeného lze konstatovat, že zeminy vhodné pro zasakování neznečištěných srážkových vod představují štěrky a písky kategorie GT 2 a GT 3. Na základě zjištěných vlastností horninového prostředí lze předpokládat koeficient vsaku $k_{vs} = 5,0 \times 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$. Vzhledem k velikosti projektované budovy a příjezdových komunikací je nutné pro konkrétní návrh vsakovacích objektů provést doplňkový hydrogeologický průzkum v místě lokalizace vsakovacích objektů zahrnující vsakovací zkoušku v terénu (dle ČSN 75 9010).

Na lokalitě se vyskytují štěrkovitopísčité zeminy vhodné pro zasakování (dle tabulky E.1 spadající převážně do skupiny V.1 až V.2) avšak geologická skladba není monotónní v horizontálním ani vertikálním směru, hodnotíme podmínky pro zasakování dle klasifikace uvedené v ČSN 75 9010 jako složité. Vsakování na lokalitě doporučujeme realizovat pomocí několika vsakovacích šachet (studní) či vsakovacích rýh vyplněných vsakovacími boxy či tunely do vrstev písků až štěrků GT 2 a GT 3 při dodržení ostatních podmínek dle ČSN 75 9010.

4.4 Hydrochemické poměry

V rámci průzkumných prací byla zaznamenána hladina podzemní vody v inženýrsko-geologických vrtech IJ-1 a IJ-2 a to ve zvodni lokalizované **v horizontu kvartérních štěrkopísčitých sedimentech**. Z těchto vrtů byly odebrány 2 vzorky podzemní vody pro stanovení agresivity na beton a kov. Posouzení agresivity podzemní vody na základě chemických rozborů je shrnuto v tabulce.

Tabulka č. 11 Posouzení agresivity podzemní vody

Vzorek		IJ-1	IJ-2
Datum analýzy / jednotka		18. 8. 2017	18. 8. 2017
ČSN 03 8375			
Vodivost (25°)	mS/m	114	93,4
pH	-	7,46	7,90
Tvrdost	mmol/l	3,86	3,86
Cl	mg/l	99,6	74,2
SO ₃	mg/l	< 1,00	< 1,00
CO ₂ agresivní	mg/l	0	0
ČSN EN 206-1			
pH	-	7,46	7,90
CO ₂ agresivní dle Heyera	mg/l	0	0
NH ₄ ⁺	mg/l	3,14	3,78
SO ₄ ²⁻	mg/l	129	106
Acidita (pH 8,3)	mmol/l	< 0,150	< 0,150
RL sušené (105°)	mg/l	684	540
Alkalita (pH 4,5)	mmol/l	4,89	5,09
Ca	mg/l	112	116
Mg ²⁺	mg/l	25,9	23,5
Hodnocení dle ČSN 03 8375			
Vodivost	mS/m	II. střední	I. velmi nízká
pH	-	I. velmi nízká	I. velmi nízká
CO ₂ agresivní	mg/l	I. velmi nízká až II. střední	I. velmi nízká až II. střední
Hodnocení dle ČSN EN 206-1			
pH	-	-	-
CO ₂ agresivní dle Heyera	mg/l	-	-

Vzorek		IJ-1	IJ-2
Datum analýzy / jednotka		18. 8. 2017	18. 8. 2017
NH ₄ ⁺	mg/l	-	-
SO ₄ ²⁻	mg/l	-	-
Mg ²⁺	mg/l	-	-

Vysvětlivky: - hodnoty posuzovaných parametrů jsou nižší než dolní mezní hodnota XA1

Všechny hodnoty laboratorně zjištěných základních chemických vlastností podzemní vody z kvartérního kolektoru jsou uvedeny v kopii protokolů laboratorních rozborů v příloze č. 8. Srovnáním nově provedených laboratorních analýz s limity pro agresivní prostředí a zhodnocením základních chemických parametrů vyplývá následující:

- dle ČSN 03 8375 vykazuje podzemní voda velmi nízkou až střední agresivitu na ocel a ocelové konstrukce z hlediska agresivního CO₂ a vodivosti, velmi nízkou agresivitu vlivem pH;
- pro zařazení dle normy ČSN EN 206-1, stanovující skupiny agresivity na vodostavební beton, nevytváří podzemní voda agresivní prostředí z žádného uváděného hlediska (hodnoty posuzovaných parametrů jsou nižší než dolní mezní hodnota XA1 pro slabou agresivitu).

5. DOPORUČENÍ PRO VÝSTAVBU

Plánovaný objekt parkovacího domu, kterého se projektované stavební práce týkají, je umístěn v mírně ukloněném terénu na parcele č. 752/1 v k.ú. Opava - Předměstí.

Základová půda se v rozsahu zájmové lokality může měnit, jednotlivé vrstvy zemin jsou horizontálně uloženy avšak nemají stálou mocnost. Zeminy jsou do hloubky cca 1,8 až 2,1 m p.t. tvořeny antropogenními navážkami, pod kterými se nachází polohy eolických jílu s bází 1,7 až 5,0 m p.t. Níže bylo ověřeno souvrství glacifluviálních sedimentů, které jsou představovány jílovitými, štěrkovitými a písčitými zeminami. Tyto glacifluviální sedimenty byly ověřeny až do hloubky 17,0 m p.t. Předkvartérní podloží (terciérní jíly) nebylo nově realizovanými vrtnými pracemi zastiženo a jeho povrch předpokládáme až v hloubce kolem cca 20 m p.t.

Ustálená hladina podzemní vody byla zaznamenána v hloubce cca 4,20 a 4,64 m p.t. (tj. 248,97 a 250,26 m n. m.), která v průběhu kalendářního roku může kolísat s amplitudou cca 0,5 m.

Na základě výše uvedeného charakterizujeme podmínky pro založení stavby jako **složitě**. Přestože nemáme podrobnější údaje o projektované stavbě a náročnosti stavebních konstrukcí, předpokládáme stavbu parkovacího domu jako nenáročnou a zařazení stavby doporučujeme do **2. geotechnické kategorie**. Při návrhu způsobu založení stavby na pilotách je třeba postupovat podle platných norem. Pro definitivní výpočet založení odkazujeme na kapitulu 4.1 Inženýrsko-geologické poměry zájmového území.

V případě nutnosti realizace stavebního výkopu a přítoku vod z atmosférických srážek do něj, je nutné tyto vody ze dna výkopu odčerpávat, aby nedošlo k degradaci jílovitých zemin pod základovou spárou objektu. Při provádění hlubšího stavebního výkopu na lokalitě je nutné stavební jámu buď pažit nebo svahovat ve vhodném sklonu. Mělké stavební výkopy prováděné nad hladinou podzemní vody je možné svahovat. Pro jílovité zeminy je přípustný sklon svahu 1:0,25 - 1:0,5, pro vrstvy štěrkopísků 1:1 a svrchní polohy nehomogenních antropogenních navážek doporučujeme svahovat rovněž ve sklonu 1:1. Při nedostatku místa pro stabilizaci stěn stavebního výkopu svahováním či v případě provádění hlubších výkopů pod úrovní ustálené hladiny podzemní vody doporučujeme zajištění stability stěn výkopu provést pažením (např. záporovým pažením nebo pomocí štětovnic).

V případě realizace výkopů, dle ČSN 73 3050 budou tyto prováděny v zeminách 2. třídy (plastické jíly a jílovité polohy antropogenních navážek) až 4. třídy (nesoudržné antropogenní navážky). Hlubší výkopy zasahující do vrstev tvořených polohami písčitých štěrků nepředpokládáme. Dle ČSN 73 6133 řadíme všechny zastižené vrstvy zemin na lokalitě do I. třídy rozpojitelnosti.

V závislosti na výsledcích rozboru podzemní vody ve vztahu k její agresivitě na ocelové konstrukce (dle ČSN 03 8375) je zapotřebí zajistit ochranu případných ocelových konstrukcí, umístěných pod úrovní ustálené hladiny podzemní vody.

6. SYNTÉZA DAT, TECHNICKÉ ZÁVĚRY

Tato závěrečná zpráva obsahuje výsledky podrobného inženýrsko-geologického průzkumu pro stavbu parkovacího domu na parcele č. 752/1 v k.ú. Opava - Předměstí. Na základě výsledků provedených geologických prací lze vyslovit následující závěry.

Z inženýrsko-geologického hlediska byly na základě litologie a geomechanických vlastností (uvedených v kapitole č. 4.1) vyčleněny následující geotechnické typy zemin:

- GT 0a Antropogenní nesoudržné navážky
 - GT 0b Antropogenní soudržné navážky
 - GT 1a Eolické prachovité jíly
 - GT 1b Glacifluviální jíly
 - GT 2 Glacifluviální štěrky
 - GT 3 Glacifluviální písky
- q Geologické poměry ověřené průzkumnými pracemi až do úrovně 17 m pod terénem jsou detailně znázorněny v přílohách č. 3 až č. 5, jež dokumentují nově provedené i archivní odkryvné práce – průzkumné vrty a dynamické penetrace. Schématické geotechnické řezy jsou zpracovány v příloze č. 6.
- q Na zájmovém území je vyvinuta freatická zvědeň s napjatou hladinou podzemní vody. Tato zvědeň je vázána na průlinový kolektor vyvinutý ve vrstvách glacifluviálních štěrků a písků. Naražená hladina podzemní vody byla vrty IJ-1 a IJ-2 zastižena v hloubce cca 5,3 a 6,0 m p.t. a ustálila se v hloubce cca 4,20 a 4,64 m p.t. (tj. 248,97 a 250,26 m n. m.). Generelní směr proudění podzemní vody je směrem k východu až severoseverovýchodu tedy k erozní bázi řeky Opavy. Úroveň hladiny podzemní vody může v průběhu kalendářního roku kolísat s amplitudou cca 0,5 m.
- q Analyzovaná voda vykazuje dle ČSN 03 8375 vykazuje velmi nízkou až střední agresivitu na ocel a ocelové konstrukce z hlediska agresivního CO₂ a vodivosti, velmi nízkou agresivitu vlivem pH. Pro zařazení dle normy ČSN EN 206-1, stanovující skupiny agresivity na vodostavebný beton, nevytváří podzemní voda agresivní prostředí z žádného uváděného hlediska.

Zpracovatelé geologického průzkumu si vyhrazují právo na neprodlené kontaktování řešitelské organizace v případě zjištění odlišností od popisovaných předpokladů a výsledků dosavadních průzkumných prací s důsledkem možných změn v interpretacích inženýrsko-geologických nebo hydrogeologických poměrů. Zároveň nabízíme další součinnost formou geotechnického dozoru při realizaci stavby.

V Ostravě, dne 4. září 2017

7. POUŽITÁ LITERATURA A PODKLADOVÉ MATERIÁLY

- [1] Demek J. (editor), 1987: Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Československá akademie věd Praha
- [2] Jetel, J., 1973: Logický systém pojmů - základní podmínka formalizace a matematizace v hydrogeologii, Geol. Průzk., 15, 1, str. 13-17, Praha
- [3] Macoun et al., 1965: Kvartér Ostravska a Moravské brány, ÚÚG v NČAV, Praha
- [4] Matys et al., 1990: Poľné skúšky zemín, Vydavateľstvo Alfa, Bratislava
- [5] Quitt, E., 1971: Klimatické oblasti Československa, Studia Geographica 16, Praha
- [6] Kříž, H., Regiony mělkých podzemních vod v ČSR, 1:500 000, GgÚ ČSAV, Brno 1971
- [7] Základní geologická mapa ČR, list 15-32 Opava, měřítko 1:50 000
- [8] Základní hydrogeologická mapa ČR, list 15-32 Opava, měřítko 1:50 000

7.1 POUŽITÉ NORMY

- [1] ČSN 03 8375 - Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi
- [2] ČSN 72 1006 – Kontrola zhutnění zemin a sypanin
- [3] ČSN 73 1001 - Základová půda pod plošnými základy
- [4] ČSN 73 3050 - Zemné práce
- [5] ČSN 73 6133. Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [6] ČSN EN 206-1 Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- [7] ČSN EN ISO 14688-1. *Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin – Část 1: Pojmenování a popis*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [8] ČSN EN ISO 14688-2. *Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin – Část 2: Zásady pro zařizování*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [9] ČSN EN ISO 14689-1. *Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování hornin – Část 1: Pojmenování a popis*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [10] ČSN EN ISO 22476-2. *Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky – Část 2: Dynamická penetrační zkouška*. Praha: Český normalizační institut, 2005.