
ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Roztoky u Prahy – ul. Jana Palacha a Puchmajerova Geotechnický průzkum pro rekonstrukci komunikací

Číslo úkolu: 22/14

Účel: Rekonstrukce – oprava komunikací

Etapu: Jednoetapový průzkum

Objednatel: Město Roztoky
Odbor správy, rozvoje města a životního prostředí
Nám. 5. května 2
252 63 Roztoky

Zhotovitel: ENVIREX, spol. s r.o.
Petrovická 861
592 31 Nové Město na Moravě

Odpovědný řešitel: RNDr. Ladislav Pokorný

Vypracoval: Ing. Jiří Zielina

Datum: leden 2014

Výtisk číslo: 1 2 3 4 5 6

Evidenční číslo ČGS: 00151/2014

Obsah:

1.	ÚVODNÍ ČÁST.....	2
1.1.	Základní údaje.....	2
1.2.	Požadavky na průzkumné práce, dodané podklady	2
1.3.	Metodika a rozsah průzkumných prací	2
2.	VŠEOBECNÁ ČÁST.....	4
2.1.	Geomorfologie území.....	4
2.2.	Geologická stavba území a hydrogeologické poměry	4
2.3.	Geomechanická stabilita území	5
3.	PODROBNÁ ČÁST.....	5
3.1.	Geologická dokumentace průzkumných sond	5
3.2.	Inženýrskogeologické poměry staveniště.....	7
3.2.1.	Podzemní voda	7
3.2.2.	Mechanika zemin.....	8
3.2.3.	Zemní práce	8
3.4.	Hodnocení podloží in situ rekonstruované vozovky.....	8
4.	Závěr	12

Přílohy:

- 1 Situace lokality v měřítku 1 : 2 000
- 2a-h Situace pozic průzkumných vrtaných sond 1 : 200
- 3 Osvědčení odborné způsobilosti

Rozdělovník:

- Výtisk č. 1 – 4: objednatel – Město Roztoky, Nám. 5. května 2, 252 63 Roztoky
- Výtisk č. 5: zhotovitel – ENVIREX s.r.o., Petrovická 861, 592 31 Nové Město n. M.
- Výtisk č. 6: ČGS Geofond Praha

1. ÚVODNÍ ČÁST

1.1. Základní údaje

V předkládané zprávě jsou prezentovány výsledky geotechnického průzkumu uskutečněného ve dnech 13. a 14. 01. 2014 v Roztokách u Prahy na ulici Jana Palacha a ulici Puchmajerově. Průzkum byl uskutečněn jako jeden z podkladů pro zpracování projektové dokumentace pro realizaci rekonstrukce a oprav dvou místních komunikací. Ve smyslu členění IG průzkumných prací podle § 3 vyhl. 369/2004 Sb. se jedná o průzkum jednoetapový, podrobný, mající primárně za cíl zjištění konstrukce stávajících vozovek a dále geotechnických poměrů plání pod vozovkami navržených k rekonstrukci a stanovení inženýrsko-geologických podmínek pro provádění rekonstrukce.

Geologicko-průzkumné práce byly provedeny na základě písemné objednávky Města Roztoky č. 15/14/SRM ze dne 16. 1. 2014, která vycházela z nabídky prací na zhotovení průzkumu /ENVIREX, Pokorný, 18.12.2014/.

Lokalita se nachází v kraji Středočeském, okr. Praha – západ, v katastrálním území 539627 Roztoky u Prahy.

1.2. Požadavky na průzkumné práce, dodané podklady

Rozsah GT průzkumu vychází z nabídky prací, zpracované, upřesněné a odsouhlasené smluvními stranami ve spolupráci s projektantem stavby. Úkolem průzkumu bylo zajištění potřebných geotechnických podkladů pro předprojektovou, projektovou a realizační část rekonstrukčních prací. Jako podklad byla dodána situace lokality a okolí v pozemkové mapě v měř. 1 : 2000, dále podrobná situace úseků vybraných pro provedení sondážních prací v měř. 1 : 200 se zakreslenými průběhy podzemních sítí a vedení.

V návaznosti na ustanovení technických podmínek pro návrh, provádění a vyhodnocování geotechnických průzkumných prací TP 76 sleduje průzkum podloží vozovek zejména:

- zjištění potřebných geotechnických podmínek
- zjištění fyzikálněmechanických parametrů zemin/hornin
- zjištění hydrogeologických poměrů

1.3. Metodika a rozsah průzkumných prací

V rámci průzkumu byly uskutečněny následující práce: sondážní, vzorkovací, geologické, geodetické a vyhodnocovací.

Sondážní práce

V kontextu s konkrétními požadavky na podrobnost průzkumu byla sondáž provedena vrtnými sondami. Vrtané práce proběhly ve dnech 13. a 14. 01. 2014. Sondy byly odvrtny vrtnou soupravou URB 2A. Vrtáno bylo jádrově na sucho, za použití vrtných korunek o Ø 175 mm a 156 mm. Návrty byly prováděny o max. délce 0,5 m, při vrtání bylo dosahováno 100% výnosu jádra. Celkem bylo odvrtno 8 ks jádrových vrtů a celkové odvrtné metráži 18 m. Přehled délek vrtů je uveden v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1: Sondy vrtané – délka

Index sondy	Délka vrtu (m)
J-1	3,0
J-2	1,5
J-3	1,5
J-4	3,0
J-5	1,5
J-6	3,0
J-7	1,5
J-8	3,0

Po vyhloubení každé sondy byla bezprostředně provedena prvotní geologická dokumentace odvrtného jádra, po provedení geologické dokumentace, odběru vzorků zemin a proměření sond na výskyt podzemní vody byly sondy likvidovány záhozem vytěženou zeminou a vozovka opravena živíčnou směsí.

Vzorkovací práce

Pro užší zařazení dokumentovaných zemin a hornin byly odebírány dokumentační vzorky. Laboratorní stanovení nebyla prováděna, vzorky podloží byly využity pouze v kamerální vyhodnocovací fázi pro detailnější posouzení kvalitativních vlastností základových půd.

Geodetické práce

Polohově byly sondy zaměřeny měřičským pásmem přiměřením k stávajícím okolním objektům zobrazených v dodaných mapových podkladech.

Geologické a vyhodnocovací práce

Odpovědný geolog prováděl řízení, sled a koordinaci prací, vč. odběru vzorků a hydrogeologických pozorování a měření. V návaznosti na terénní práce bylo provedeno vyhodnocení průzkumně-geologických prací formou vypracování závěrečné zprávy. Opěrným bodem průzkumu byly sondážní práce. V průběhu sondážních prací byla prováděna prvotní geologická dokumentace vertikálního profilu sond, dokumentace byla následně ve fázi kamerální doplněna (upřesněna) o výsledky užšího posouzení odebraných vzorků hornin a zemin. Na základě prvotní dokumentace a užšího posouzení, vycházejícího z makropopisu a odhadu kvalitativních znaků byly zeminy a horniny klasifikovány dle ČSN 73 6133 - Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací (tato nová norma přebrala klasifikaci zemin a hornin ze zrušené ČSN 73 1001 – Základová půda pod plošnými základy). Na základě klasifikace dle uvedených norem byly pro jednotlivé vrstvy základových půd odvozeny směrné normové charakteristiky a hodnoty tabulkové výpočtové únosnosti dle příloh č. 5 a 6 ČSN 73 1001.

Pozn.1: ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy byla zrušena od 1.4.2010. Některá ustanovení normy jsou přebírána zaváděnými evropskými normami, tzv. Eurokódy, zrušeny však byly směrné normové charakteristiky zemin, které byly v rámci ČSN 73 1001 doposud využívány. Na národní příloze zaváděné EN pro navrhování geotechnických konstrukcí (ČSN EN 1997-1) se v současnosti pracuje. Výpočty plošných základů podle první skupiny mezních stavů jsou v nově zaváděném eurokódu ČSN EN 1997-1 založeny na obdobném postupu jako v ČSN 73 1001. **Jelikož nový Eurokód klade důraz na srovnatelnou zkušenost projektanta a obezřetný odhad vlastností zemin, lze v praxi využívat dosavadních zkušeností z dlouholetého používání zrušené ČSN 73 1001.** Ustanovení této normy však již nejsou závazná.

Pozn.2: Od 1.2.2010 byla zrušena i norma ČSN 73 3050 Zemní práce, která byla mj. využívána na zařazení hornin podle rozpovitelnosti a těžitelnosti. V současnosti lze pro zařazení těžitelnosti používat novelizovanou ČSN 73 6133. Pro úplnost obtížnost rozpojování (těžitelnost) hornin uvádíme podle obou normativů – staré, doposud používané i nově zavedené normy.

2. VŠEOBECNÁ ČÁST

2.1. Geomorfologie území

Lokalita se nachází v blízkosti centrální části města Roztoky. Morfologicky zaujímá pozici v podmínkách plochého, rovinatého terénu, který se východně od lokality začne postupně uklánět směrem k údolí Vltavy. Okolí je ze všech stran zastavěno hustou městskou zástavbou, převážně se jedná o obytné domy.

Geomorfologicky dle členění Demka spadá zájmové území do okrsku VA-2B-c *Turská plošina* (Demek et al., Hory a nížiny 1987). *Turská plošina* je severní částí Kladenské tabule. Jde o členitou pahorkatinu na proterozoických břidlicích a drobách s buližníky a spility (spilitová série), se zbytky cenomanských a spodnoturonských slepenců, jílovců a spongilitů. Plošina má rozčleněný denudační reliéf polygenetického původu, s exhumovaným předkřídovým zarovnaným povrchem s hluboce zařízlými údolími Vltavy a přítoků a staropleistocenními říčními terasami Vltavy, místy se sprašovými pokryvy a závějemi.

V místě průzkumné činnosti je reliéf terénu plochý, antropogenně upravený, zastavěný. Nadmořská výška terénu se pohybuje okolo 230 m n. m.

2.2. Geologická stavba území a hydrogeologické poměry

Dle regionálně-geologického členění se zájmová oblast nachází ve středočeské oblasti (bohemiku), v jednotce *barrandienské proterozoikum*. Barrandienské svrchní proterozoikum je tvořeno souborem eugeosynklinárních aleuropelitických a drobových sedimentů a hojných produktů submarinního iniciačního vulkanismu bazaltového a ryolitového složení. Svrchní proterozoikum bylo během kadomské orogeneze intenzivně zvrásněno a slabě metamorfováno. Sedimenty spodního kambria na ně nasedají s výraznou úhlovou konkordancí. Naprosto převažujícími horninami svrchního proterozoika jsou droby, prachovce a jílovce, které se střídají v různých mocnostech. ***Dle základní geologické mapy ČR se vlastní lokalita nachází na podloží budovaném neoproterozoikem kralupsko-zbraslavské skupiny. Z hornin jsou ponejvíce zastoupeny droby, prachovce a břidlice.***

Horniny neoproterozoika jsou překryty uloženinami kvartéru. Kvartérní pokryv je na lokalitě tvořen terasovými štěrkopísky středněpleistocenního stáří (terasy Vltavy období mindel, würm). Terasové štěrkopísky jsou z větší části překryty proměnlivě mocnou vrstvou spraší a sprašových hlín, místy vystupují na den.

Ve smyslu hydrogeologického členění je území příslušné do hydrogeologického rajonu **6250 – Proterozoikum a paleozoikum v povodí přítoků Vltavy**. Hlavním kolektorem tohoto rajonu je přípovrchová zóna (maximální mocnost 30 – 40 m). V ní je vytvořena nejednotná zvodeň s volnou nebo polonapjatou hladinou podzemní vody. Volná hladina je konformní s morfologií terénu. Výška hladiny podzemní vody je přímo závislá na srážkách, které jsou hlavní dotací kolektoru. V horninách Cermanu má proudění směr k SV, v ostatních k místním erozním bázím, kde dochází postupně k drenáži. Hlavní erozní bází je tok Vltavy.

2.3. Geomechanická stabilita území

Území v místě stavby a okolí je jako celek ploché, postupně v. směrem od lokality sklonité. Dle mapy sesuvných území (Geofond Praha) se na lokalitě ani v okolí nevyskytují žádné aktivní ani potencionální sesuvy. *Morfologie terénu na lokalitě a stavba a charakter geologického podloží nevytvářejí podmínky pro vznik náchylnosti ke svahovým nestabilitám (sesuvným pohybům).*

3. PODROBNÁ ČÁST

3.1. Geologická dokumentace průzkumných sond

Průzkum základových poměrů v prostoru staveniště byl proveden osmi vrtanými sondami *J-1 až J-8*. *Sondy J-1 až J-6 byly situovány na ulici Jana Palacha, sondy J-7 a J-8 na ulici Puchmajerově.* Hloubka sond činila min. 1,5 m, některé sondy jsou prohloubeny na 3 m v zájmu zdokumentování podloží. V dalším textu (tabulkovém přehledu) uvádíme geologickou dokumentaci sond. Dokumentace je rozšířena o klasifikaci dokumentovaných hornin, resp. základových půd, dle příslušných normativů uvedených v kap. 3.2. a pro upřesnění uvádíme rovněž stupeň obtížnosti jejich rozpojování při zemních pracích (třidu těžitelnosti).

Tabulka č. 2: Geologická dokumentace vrtaných sond

Interval (m)	Geologická dokumentace Roztoky	Těžitelnost ČSN 73 3050	Třída ČSN 73 1001
J-1			
0,0 – 0,1	<i>Asfaltový povrch</i>	Y	4
0,1 – 0,3	<i>Podsypový štěrk – makadam, nestejně zrnitý</i>	Y-G1	3
0,3 – 3,0	<i>Říční terasa – štěrk písčité, zahliněný, šedohnědý, ulehlý, vlhký, ojediněle i kameny</i>	G3 G-F	3
<i>Hladina podzemní vody: nezastižena</i>			
J-2			
0,0 – 0,05	<i>Asfaltový povrch</i>	Y	4
0,05 – 0,5	<i>Podsypový štěrk – makadam, nestejně zrnitý</i>	Y-G1	3
0,5 – 1,5	<i>Eolické sedimenty – sprašová hlína jílovitá, okrově hnědá, tuhá, středně plastická</i>	F6 CI	2
<i>Hladina podzemní vody: nezastižena</i>			
J-3			
0,0 – 0,1	<i>Asfaltový povrch</i>	Y	4
0,1 – 0,45	<i>Podsypový štěrk – makadam, nestejně zrnitý</i>	Y-G1	3
0,45 – 1,5	<i>Eolické sedimenty – sprašová hlína jílovitá, středně plastická, okrově hnědá, tuhá</i>	F6 CI	2
<i>Hladina podzemní vody: nezastižena</i>			

J-4			
0,0 – 0,4	<i>Štěrkový povrch</i> – makadam, zhutněný, nestejně zrnitý	Y-G1	3
0,4 – 1,9	<i>Eolické sedimenty</i> – sprašová hlína jílovitá, středně plastická, okrově hnědá, tuhá, od 1 m měkká	F6 CI	2
1,9 – 3,0	<i>Říční terasa</i> – štěrk písčitý, zahliněný, ulehlý, vlhký, šedohnědý, ojediněle i kameny	G3 G-F	3
<i>Hladina podzemní vody: nezastižena</i>			

J-5			
0,0 – 0,1	<i>Asfaltový povrch</i>	Y	4
0,1 – 0,3	<i>Podsypaný štěrk</i> – makadam, nestejně zrnitý	Y-G1	3
0,3 – 0,4	<i>Navážka</i> – škvára nekonsolidovaná, štěrk	Y – G3	2
0,4 – 0,9	<i>Eolické sedimenty</i> – sprašová hlína jílovitá, středně plastická, okrově hnědá, tuhá, od 0,6 m měkká	F6 CI	2
0,9 – 1,5	<i>Říční terasa</i> – štěrk písčitý, zahliněný, šedohnědý, ulehlý, vlhký, ojediněle i kameny	G3 G-F	3
<i>Hladina podzemní vody: nezastižena</i>			

J-6			
0,0 – 0,3	<i>Deluvium</i> – humózní hlína, slabě plastická, měkká, tmavě hnědá	F5 ML	1
0,3 – 0,9	<i>Eolické sedimenty</i> – sprašová hlína jílovitá, středně plastická, měkká až tuhá, tmavě hnědá	F6 CI	2
0,9 – 3,0	<i>Říční terasa</i> – štěrk písčitý, zahliněný ulehlý, šedohnědý, vlhký, ojediněle i kameny	G3 G-F	3
<i>Hladina podzemní vody: nezastižena</i>			

J-7			
0,0 – 0,1	<i>Asfaltový povrch</i>	Y	4
0,1 – 0,5	<i>Podsypaný štěrk</i> – makadam, nestejně zrnitý	Y-G1	3
0,5 – 0,9	<i>Eolické sedimenty</i> – sprašová hlína jílovitá, tuhá, tmavě hnědá, středně plastická	F6 CI	2
0,9 – 1,5	<i>Říční terasa</i> – štěrk písčitý s kameny, nestejně zrnitý, suchý, středně ulehlý, světle hnědošedý, není zahliněný	G1 GW	3
<i>Hladina podzemní vody: nezastižena</i>			

J-8			
0,0 – 0,05	<i>Asfaltový povrch</i>	Y	4
0,05 – 0,25	<i>Podsypaný štěrk</i> – makadam, nestejně zrnitý	Y-G1	3
0,25 – 0,5	<i>Eolické sedimenty</i> – sprašová hlína jílovitá, tmavě hnědá, tuhá, středně plastická	F6 CI	2

0,5 – 3,0	Říční terasa – štěrk písčitý s kameny, nestejně zrnitý, suchý, středně ulehlý, světle hnědošedý, není zahliněný	G1 GW	3
Hladina podzemní vody: nezastižena			

Na lokalitě byl zastižena vcelku monotónní vrstevní sled základových púd. Terén mimo vozovek kryje kulturní vrstva humózní hlíny, popř. navážky. Komunikace jsou tvořeny slabou vrstvou asfaltové živičné směsi a proměnlivá vrstva podkladního makadamu. Prostředí in situ představují sprašové hlíny a v jejich podloží následuje říční štěrkovito-písčité terasa. Zvětralé **skalní podloží** nebylo sondážními pracemi zastiženo.

Kulturní vrstva, navážky

Terén mimo vozovek kryje kulturní vrstva humózní hlíny, popř. navážky. Tato asi 0,3 až 0,4 m mocná vrstva se vyskytuje v celé ploše ulic Jana Palacha a Puchmajerova, pochopitelně mimo komunikace. Je zastoupena měkkými humózními hlínami, tř. F5 ML. Navážky jsou zastoupeny ztuhlou vrstvou štěrku.

Eolické (váté) sedimenty

Jde o kvartérní naváté jemné **prachovito-jílovité hlíny** převážně tuhé konzistence. V běžné praxi jsou označovány jako **sprašové hlíny a spraše**. Granulometricky se jedná o **jíly se střední plasticitou, tř. F6 CI**. Směrem k bázi místy přecházejí do konzistence měkké. **Stáří je kvartérní**. Vyskytují se prakticky v celé ploše staveniště a následují hned pod kulturní vrstvou zemin, navážek nebo komunikací. V okolí sondy J-1 chybí, patrně zde byly v minulosti zčásti nebo úplně odtěženy. Mocnost eolických sedimentů v místech výskytu kolísá mezi 0,25 až 1,50 m. Pro vodu jsou téměř nepropustné a představují dobrý svrchní krycí izolátor.

Říční náplavové sedimenty

V podloží sprašových hlín byly v celé lokalitě zastiženy **říční naplavené sedimenty** kvartérního stáří, které ve svém vývoji zaznamenaly transport způsobený unášecí schopností tekoucí vody. V praxi jsou tyto sedimenty běžně označovány jako **říční terasové štěrkopískky**. Granulometricky se jedná převážně o opracované hrubé **štěrky nestejně zrnité s podílem písčité, jemnozrné (hlinité), ale i kamenité frakce, tř. G3 G-F, popř. i G1 GW**. Tyto sedimenty se na lokalitě vyskytují v hloubce od **0,3 až asi 1,9 m**. Jejich báze nebyla vrtnými pracemi zastižena, tudíž jejich celková mocnost nebyla zjištěna. Jsou dobře průlinově propustné, ale nebyly zde zaznamenány přítoky podzemní vody.

3.2. Inženýrskogeologické poměry staveniště

3.2.1. Podzemní voda

Podzemní voda nebyla během vrtných prací naražena. Průzkum byl prováděn začátkem zimního období, kdy se stavy hladin podzemní vody začínají teprve postupně doplňovat. Během roku pak hladina podzemní vody **osciluje** v závislosti na klimatických poměrech. Nelze vyloučit, že zejména v jarním období může být při výkopových pracích zastižena a může tak dojít k sezonnímu kontaktu podzemní vody se základovými konstrukcemi komunikace. Předpokládáme, že podzemní voda bude cirkulovat v bazálních partiích dobře průlinově propustných štěrkopísků.

3.2.2. Mechanika zemin

Pro základní orientaci v problematice uvádíme **směrné normové charakteristiky** základových půd na lokalitě, zastižených sondovacími pracemi (převzato z ČSN 73 1001 – s přihlédnutím ke konzistenci, příp. ulehlosti). Po zrušení citované normy v r. 2010 se tato stala **nezávaznou**, ale vzhledem k dřívějším zkušenostem je možné k ní v praxi přihlížet.

Tabulka č. 3: *Směrné normové charakteristiky zemin (dle ČSN 73 1001)*

Třída ČSN 73 1001	Konzistence/ ulehlost	γ (kN/m ³)	E_{def} (MPa)	c_u (kPa)	φ_u (°)	c_{ef} (kPa)	φ_{ef} (°)
F6 CI	měkká	21,0	1,5 – 3	25	0	8 – 12	17 – 18
F6 CI	tuhá	21,0	3 – 6	50	0	12 – 16	18 – 19
G3 G-F	ulehlý	19,0	90 – 100	-	-	0	33 – 38
G1 GW	stř. ulehlý	21,0	250 – 390	-	-	0	36 – 41

3.2.3. Zemní práce

Povrchovou vrstvu obalované asfaltové živice v celkové mocnosti **cca 0,05 až 0,1 m** řadíme dle ČSN 73 3050 **do 4 tř. těžitelnosti**. **Sprašové hlíny** řadíme do **2. třídy těžitelnosti**. **Štěrkopísky říční terasy** řadíme do **3. třídy těžitelnosti**. Zemní práce budou prováděny s velkou převahou v těchto zeminách. Upozorňujeme na zvýšenou **lepivost** jílovitých zemin. Těžbu lze provádět běžnými výkopovými mechanismy.

Přibližné sklony šikmých svahů v **jílovitých zeminách (sprašové hlíny)** v dočasných výkopech doporučujeme **svahovat v poměru 1 : 0,25 až 1 : 0,50** (poměr výšky k půdorysné délce svahu). **Štěrkopísky** v poměru **1 : 1**.

Zemní práce budou probíhat v nezpevněných a nesoudržných zeminách (jíly, štěrky). Proto bude nutné svislé stěny výkopů hlubší jak 1,5 m chránit proti sesuvu **dočasným roubením**.

3.3. Konstrukce stávající vozovky

Konstrukci vozovky tvoří svrchu slabá vrstva **asfaltové živičné směsi**, mocná jen asi **5 až 10 cm**. Na mnoha místech je porušená a rozpukaná. Pod ní se nachází vrstva **štěrkového podsypu** (makadam). Ta je nepravidelně mocná v rozsahu **cca 20 až 40 cm**. Tato mocnost je dle našeho názoru zejména v některých místech **nedostatečná**. Zrnitostní skladba štěrku je dosti proměnlivá a vyskytují se hojně příměsi písku i jemnozrnných zemin, což opět nepovažujeme za nejvhodnější. Výsledkem takto provedené konstrukce vozovky a ve spojení s **převahou málo vhodných podložních zemin v aktivní zóně**, je zvlněný až havarijní stav vozovky.

3.4. Hodnocení podloží in situ rekonstruované vozovky

Během geologického průzkumu **nebyly odebírány zkušební vzorky zemin** k příslušným geotechnickým analýzám. Proto níže uvedená hodnocení vycházejí z **tabulkových normových hodnot** (bývalá ČSN 72 1002) a dřívějších **zkušeností** s podobnými typy základových půd.

- **Použitelnost zemin pro stavbu zemního tělesa (ČSN 73 6133, čl. 4):** Na základě vizuálního hodnocení a zrnitostní klasifikace zemin se v aktivní zóně pod vozovkou vyskytují převážně *nevhodné jílovité zeminy k přímému použití bez úpravy, tzn. musí se vždy upravit.*

ČSN 73 6133 doporučuje *úpravu* jílovitých zemin, spraší a sprašových hlín střední až vysoké plasticity použitím *vápna podle ČSN EN 14227-11*, popř. cementu nebo hydraulického silničního pojiva pro zeminy s nízkou plasticitou podle ČSN EN 14227-10 nebo ČSN EN 14227-13.

- **Charakteristika zhutnitelnosti E podložních zemin vychází z Proctorovy standardní zkoušky zhutnitelnosti (PS), (objemová hmotnost) na zkušebních vzorcích (dle ČSN 72 1015). Pak pro vynaložení energie E na hmotnostní jednotku zeminy platí (Vrtek, 1998 a ČSN 72 1002):**

$$E = \frac{595055}{\rho_{d \max}} (Nm \cdot kg^{-1})$$

Tab. č. 4: *Energie E (Nm·kg⁻¹), skupina zhutnitelnosti*

Zemina	Třída	Objem. hmotnost dle PS $\rho_{d \max}$ (kg/m ³)	Optimální vlhkost w_{opt} (%)	Energie E (Nm/kg)	Skupina zhutnitelnosti
Prach. hlína	F6 CI	1 700 – 1 800	12 – 20	350 – 331	3
Štěrkopísek	G3 G-F	1 900 – 2 100	12 – 18	313 – 283	3 – 2
Štěrkopísek	G1 GW	1 900 – 2 000	10 – 15	313 – 298	3 – 2

Hodnocení: skupina zhutnitelnosti 3 a 3 – 2

Zhutnitelnost sprašových hlín je vyhovující, i když materiál má vyšší energetickou náročnost již pro D = 95%. Dosažení D = 100% racionálním využitím hutnicí energie je téměř vyloučeno. D je parametr míry zhutnění (%). Za racionální množství hutnicí energie se považuje max. E = 400 Nm·kg⁻¹ (viz ČSN 72 1002). Pokud je $\rho_{d \max} < 1\,600\text{ kg/m}^3$ (*aktivní zóna*), zemina se musí upravit.

Zhutnitelnost štěrkopísků často s podílem hlinité frakce je vyhovující až dobrá. Materiál vyžaduje vyšší hutnicí energii k dosažení míry zhutnění D = 100 % PS. Dosažení D 95 % PS relativně méně náročné.

- **Únosnost podloží silničních staveb je posuzována dle kalifornského poměru únosnosti % (CBR), který je dle normových hodnot uveden v tab. č. 5.**

Vyhodnocení vhodnosti použití zemin pro podloží komunikací (aktivní zónu) je provedeno dle ČSN 73 6133 – *Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací.*

Tab. č. 5: *Hodnoty CBR (%)*

Zemina	Třída zeminy ČSN 73 6133	CBR (%) za opt. podmínek	CBR (%), za 95 % saturace vodou
Prach. hlína	F6 CI	4 – 10	2 – 6
Štěrkopísek	G3 G-F	20 – 40	15 – 30
Štěrkopísek	G1 GW	15 – 30	10 – 25

Hodnoty **CBR sprašových hlín (F6 CI)** jsou **nižší jak 15 %** (za optimálních podmínek, tj. optimální vlhkost) a tyto zeminy **není možné použít bez úprav do podloží (aktivní zóny) pozemních komunikací (CBR min. 15 %)**.

Za minimální tloušťku úpravy podloží vozovky se v tomto případě považuje dle citované normy hodnota **400 až 500 mm**.

Zeminy s nižší únosností jak 2 % je nutné z podloží **odstranit** a nahradit buď vhodnějším materiálem, nebo provést jejich **vylepšení** pojivy (stabilizace, příměs zrnitých zemín – štěrk, apod.), (Vrtek, 1998).

Hodnoty CBR štěrkopísků (G3 G-F, G1 GW) bývají obvykle vyšší jak 15 % a tyto zeminy je zpravidla možné použít do aktivní zóny i **bez úpravy**.

➤ **Stupeň namrzavosti a podzemní voda**

➤ **Podzemní voda**

Podzemní voda nebyla zastižena a vyskytuje v hloubce > 3,0 m pod stávajícím terénem. Celou lokalitu řadíme z hlediska hydrogeologického do **1. kategorie oběhu podzemních vod** – oběh v průlinově propustném prostředí **svrchní zvodně** v hloubce **cca > 3,0 m**. Nelze vyloučit lokální odchylky po doplnění zásob podzemní vody v jarním období, kdy může hladina dostoupit blíže k povrchu.

➤ **Určení průměrné výšky kapilární vzlínavosti H_s je v literatuře (Vrtek, 1998) udáváno následovně:**

Tab. č. 6: Výška kapilární vzlínavosti H_s

Zemina	Výška kapilární vzlínavosti	
	H_{max} [cm]	H_s [cm]
písek hrubý S1	3 – 20	0 – 3
písek jemný S2, S3	10 – 100	2 – 20
písek hlinitý S4	80 – 400	10 – 140
štěrk s příměsí G3	-	-
štěrk jílovitý G5	-	-
hlína písčité F3	200 – 600	40 – 210
spraš, sprašová hlína F6	400 – 1000	90 – 300
jíl písčitý F4	400 – 1000	90 – 300
hlína F5, F7	600 – 1800	180 – 380
jílovitá hlína F7	1400 – 6000	350 – 450
jíl F6, F8	6000	800 – 2000

Pozn.: H_{max}výška kapilární vzlínavosti maximální

H_svýška kapilární vzlínavosti saturované

Tučně jsou vyznačeny zeminy vyskytující se v aktivní zóně budoucí komunikace (převaha sprašových hlín).

➤ **Určení hloubky promrzání ($h_{pr.}$) (dle Vrtka, 1998)**

skupina dopravního zatížení **F.....5 – 25 přejezdů** těžké techniky za 24 hod... $I_{m,0,25}$

$$I_{m,0,25} = 0,9 \cdot I_{m,0,10} - 109$$

$$I_{m,0,25} = 341$$

kde: $I_{m,0,10}$ mrazový index pro danou oblast - 500°C (den),
pro střední dobu návratu 10 let

$$h_{pr} = 16 \sqrt[3]{I_{m,n}} \quad (\text{pro tuhé vozovky})$$

$$\underline{h_{pr} = 112 \text{ cm}}$$

Hloubka promrzání h_{pr} pro dané území činí asi 112 cm.

➤ **Vyhodnocení vodního režimu podloží
(dle ČSN 73 6114 Vozovky pozemních komunikací)**

- hloubka promrzání $h_{pr} = 1,12 \text{ m}$
- \emptyset hladina podzemní vody (HPV) $> 3,0 \text{ m}$
- $\emptyset H_s$ pro převažující sprašové hlíny (F6) $= 2,0 \text{ m}$
- **platí: $HPV \leq h_{pr} + H_s$**

Jedná se o **vodní režim kapilární (velmi nepříznivý)**, kdy hladina podz. vody se nachází blíže k terénu, než činí součet hloubky promrzání s \emptyset kapilární výškou. Poněvadž však neznáme přesnou hloubku hladiny podzemní vody, nelze ani vyloučit, že se bude jednat v konečném výsledku o **vodní režim pendulární (nepříznivý)**, kdy platí:

$$h_{pr} + H_s \leq HPV \leq h_{pr} + 2H_s$$

➤ **Určení potřebné celkové tloušťky nenamrzavé silniční konstrukce (H_v), (Vrtek, 1998)**

- v aktivní zóně převažují nebezpečně namrzavé sprašové hlíny F6
- kapilární vodní režim
- uvažovaná skupina max. dopravního zatížení vozovky F
(2 – 25 přejezdů těžké nákladní techniky/24 hod.)

potom $H_d = 0,70 \text{ m}$ **dovolená tloušťka vrstvy promrzlé zeminy**

platí: $H_v = H_d \cdot h_{pr}$
 $H_v = 0,70 \cdot 1,12$
 $H_v = 0,78 \text{ m}$

Pro poměr $H_v/h_{pr} = 0,70$ a kapilární režim platí, že se jedná o úsek s **1. stupněm míry ohrožení silnice promrzáním**.

Potřebná celková tloušťka nenamrzavé konstrukce (H_v) činí 0,78 m.

➤ **Zařazení zemin podle vhodnosti pro podloží (ČSN 72 1002)**

Na lokalitě převažují v aktivní zóně pod vozovkou **jílovité sprašové hlíny tř. F6**. Tyto zeminy řadíme do **skupiny vhodnosti pro podloží komunikací VIII. až X**. Jedná se o nebezpečně namrzavé zeminy, při napojení vodou jsou nestabilní a rozbídné. Poskytují **málo vhodné až**

nevhodné podloží. Únosnost je snížena jílovitou a prachovitou složkou. Jsou *velmi obtížně zhutnitelné*. Jistého zlepšení podloží lze dosáhnout příměsí vápna. Při velmi malé únosnosti je vhodné tyto zeminy z podloží odstranit. Zeminy skupiny X. se nedají zlepšit a obvykle se odstraňují.

Podložní štěrkovito-písčité zeminy jsou vhodné pro podloží komunikací, skupina I. až III.

4. Závěr

Účelem *IG průzkumu* bylo prověření stávající konstrukce vozovky na ulicích *Jana Palacha a Puchmajera v Roztokách u Prahy* a posouzení inženýrskogeologických poměrů jejich geologického podloží.

V lokalitě bylo vyvrtáno *8 sond hloubky 1,5 až 3,0 m*. Sondy byly geologicky makroskopicky zdokumentovány. Rovněž byly sledovány údaje o podzemní vodě. Poté byly sondy zasypány zároveň se skartací hmotné dokumentace.

Zatřídění zemin je provedeno podle bývalých *ČSN 73 1001 a 72 1001 a nové ČSN 73 6133*, tabulka A. Podle čl. 4, tabulky 1, citované normy se v aktivní zóně pod vozovkou vyskytují *převážně jílovité zeminy nevhodné k přímému použití bez úpravy*.

ČSN 73 6133 doporučuje *úpravu* jílovitých zemin, spráší a sprašových hlín střední až vysoké plasticity použitím *vápna podle ČSN EN 14227-11*, popř. cementu nebo hydraulického silničního pojiva pro zeminy s nízkou plasticitou podle *ČSN EN 14227-10* nebo *ČSN EN 14227-13*.

Zhutnitelnost zemin je *vyhovující až dobrá, třída zhutnitelnosti 3 a 3 až 2*.

Hodnoty *CBR jílovitých zemin (F6)* jsou *nižší jak 15 %* a tyto zeminy *není možné použít bez úprav do podloží (aktivní zóny) pozemních komunikací*. Za minimální tloušťku úpravy podloží vozovky se považuje dle citované normy hodnota 400 až 500 mm. *Hodnoty CBR štěrkopísků (G3 G-F, G1 GW) bývají obvykle vyšší jak 15 %* a tyto zeminy je zpravidla možné použít do aktivní zóny i *bez úpravy*.

Hladina podzemní vody je zakleslá *> 3 m* pod terénem, přičemž se nedají vyloučit lokální odchylky a jarní nástup hladiny. Vodní režim hodnotíme s ohledem na stav hladiny podzemní vody a přítomnost sprašových hlín jako *pendulární (nepříznivý) až kapilární (velmi nepříznivý)*.

Pod konstrukcí komunikace (aktivní zóna) se vyskytují převážně silně namrzavé, stlačitelné, rozbrídavé a prosedavé *jílovité zeminy (sprašové hlíny), skupiny vhodnosti pro podloží komunikací VIII. až X*. Poskytují *málo vhodné až nevhodné podloží*. *Podložní štěrkovito-písčité zeminy jsou vhodné pro podloží komunikací, skupina I. až III.*

Konstrukci vozovky považujeme za *nedostatečnou* s nízkým podílem kvalitního štěrkového podsypu a patrně i bez předchozí úpravy sprašových hlín v aktivní zóně. Výsledkem takto provedené konstrukce a ve spojení s převahou málo vhodných podložních zemin v aktivní zóně, je zvlněný až havarijný stav vozovky.

Území není poddolováno ani ohroženo sesuvnými jevy.