

JK envi s.r.o.

Vyšehradská 320/49

128 00 Praha 2



Novostavba základní školy v Kolovratech

PODROBNÝ INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ A HYDROGEOLOGICKÝ PRŮZKUM

Mgr. Petr Zimola



Objednatel: **Obec Kolovraty**
Mírová 364/34
103 00, Praha – Kolovraty

Praha, listopad 2021

Obsah:

1	Úvod	3
2	Lokalizace a průzkumné práce.....	3
3	Popis projektované investice.....	5
4	Geologické a hydrogeologické poměry.....	5
5	Geotechnické vlastnosti zemin a hornin	9
6	Inženýrskogeologické poměry.....	13
7	Zatřídění těžitelnosti a vrtatelnosti zemin a hornin.....	15
8	Vsakování srážkových vod.....	16
9	Závěr	20

Vázané přílohy:

1. **Přehledná mapa s vyznačením zájmového území**
2. **Situace sond v měřítku 1:400**
3. **Geologické řezy A-A' až D-D' v měřítku 1:400/80**
4. **Dokumentace nově provedených a archivních sond**
5. **Výsledky laboratorních zkoušek zemin, podzemní vody a zkoušek hornin**
6. **Graficko-numerické vyhodnocení nálevové vsakovací zkoušky**
7. **Fotodokumentace**

1 Úvod

Na základě objednávky od starosty městské části Praha – Kolovraty pana Antonína Klecandy jsme vypracovali předkládaný podrobný inženýrskogeologický průzkum a hydrogeologický průzkum pro vsakování srážkových vod pro výstavbu nové základní školy v Praze v Kolovratech.

Průvodní zpráva obsahuje základní geologické a hydrogeologické údaje o území včetně jeho zhodnocení s ohledem na projektovanou výstavbu. Vázané přílohy tvoří přehledná mapa s vyznačením zájmového území, situace sond, geologické řezy s vysvětlivkami a dokumentace nově realizovaných a archivních vrtů. Dále jsou přiloženy protokoly laboratorních rozborů zemin, podzemní vody, zkoušek pevnosti hornin a fotodokumentace. V kapitole č. 8 je uveden popis provedené hydrodynamické zkoušky, graficko-numerické vyhodnocení nálevové vsakovací zkoušky tvoří vázanou přílohu č. 6.

2 Lokalizace a průzkumné práce

Zájmové území se nachází na severním okraji městské části Praha – Kolovraty, na parcelách č. 1263/757 a 1263/756 k. ú. Kolovraty [668591]. Zájmové území je v současnosti z jihu lemováno ulicí Měsíčkova. Z dalších světových stran je obklopen pouze ornou půdou. V budoucnu je, podle dodaných podkladů, plánována výstavba hřiště z východní strany objektu školy a objekt dostupného bydlení ze západní strany. Lokalizace je zřejmá z přehledné mapy, která tvoří vázanou přílohu č. 1.

Povrch území je mírně svažité se sklonem k jihozápadu. Nadmořská výška stávajícího terénu se v areálu nové školy, podle zaměření námi provedeného v rámci vytyčování sond, pohybuje v rozmezí kót 322,6 m n.m. až 325,9 m n.m. V současnosti je povrch zájmového využíván k zemědělství, v době provádění průzkumu byl na poli zaset ozim.

Podle mapového serveru ČGS nejsou na posuzovaném území vyhlášena a stanovena ložiska nerostných surovin, dobývací prostory ani chráněná ložisková území. Taktéž předmětná lokalita nespadá do území s výskytem poddolování.

Jako podklad pro zpracování průzkumu jsme od objednatele obdrželi v digitální podobě situaci s vyznačením půdorysu projektovaného objektu včetně požadovaného umístění průzkumných sond.

Situování průzkumných sond bylo navrženo vzhledem k zastavovacímu plánu a požadavku projektanta. K ověření geologických a hydrogeologických poměrů pro výstavbu objektu byly provedeny čtyři jádrové vrty o celkové metráži 30,25 b.m. Vrtné práce pro nás v subdodávce provedla firma TEXGEO, s.r.o. vrtnou soupravou UGB50M/PVS3, technologií rotačního jádrového vrtání na sucho. Pro možnost realizace hydrodynamické zkoušky byla realizována také jedna zarážená sonda do hloubky 2 m, která byla následně vystrojena PVC pažnicí. Vrtné jádro všech sond bylo makroskopicky popsáno (příloha č. 4), zhodnoceno a fotograficky zdokumentováno. Fotodokumentace je uvedena jako vázaná příloha č. 7. Z vrtného jádra dvou vrtů byly odebrány dva vzorky zemin pro stanovení indexových vlastností. Laboratorní zkoušky zeminy byly provedeny ve firmě Gematest s.r.o. – Laboratoř geomechaniky Praha. Dále byly odebrány dva vzorky hornin, na kterých byla pevnost horniny v tlaku stanovena dle kritérií ČSN EN ISO 14689-1. Výsledky laboratorních rozborů zemin, podzemní vody a zkoušek hornin jsou uvedeny v příloze č. 5.

K doplnění informací o geologických a hydrogeologických poměrech zájmového území jsme použili podrobnou inženýrskogeologickou mapu v měř. 1:5000, list Praha 1-6 (M. Kleček; PÚDIS Praha, r. 1978). Dále jsme z mapy vrtné prozkoumanosti, uvedené na portálu České geologické služby, využili dokumentaci jedné archivní sondy, její dokumentace je součástí přílohy č.4. Sonda byla kriticky zhodnocena zejména s ohledem na skutečnost, že její popis byl prováděn podle norem v době realizace tohoto průzkumu již neplatných. Lokalizace všech dokumentačních bodů včetně linií geologických řezů je zřejmá ze situace sond v měřítku 1:400 – vázaná příloha č.2. Přílohu č. 3 tvoří geologické řezy A-A' až D-D' v měřítku 1:400/80.

Nově provedené sondy byly předem vytyčeny a zaměřeny za využití metody GNSS. Pro zaměření byl využit přístroj GNSS South S-82T s kontrolní jednotkou vybavenou softwarem SurvCE. Polohopisné souřadnice v systému JTSK a výškové v systému Balt p. v. jsou uvedeny v záhlaví dokumentace každé sondy. Vytyčení sond splňuje 3. třídu přesnosti, ve které odchylka polohopisu nesmí být větší než 0,14 m.

2.1 Tabulka průzkumných prací a odebraných vzorků

Přehled technických prací a odebraných vzorků je uveden v následující tabulce:

Číslo sondy	Hloubka sondy (m)	Vzorkování	Agresivita podzemní vody	Pevnost v prostém tlaku
		Indexové zkoušky (hloubka odběru)		
J1	8,50	1,40 – 1,60 m	---	---
J2	6,00	---	---	5,50 – 5,60 m
J3	6,00	---	---	3,90 – 4,00 m
J4	9,75	2,90 – 3,10 m	4,55 m	---
ZS5	2,00	---	---	---

J – jádrový vrt, **ZS** - jádrová zarážená sonda

3 Popis projektované investice

Budova nové základní školy bude mít tvar lichoběžníku. V její centrální části se bude nacházet nádvoří. Objekt bude částečně podsklepený. Západní část budovy bude disponovat suterénními prostory, v nichž se mimo jiné bude nacházet tělocvična. Východní část podsklepena nebude, s výjimkou přístupové chodby do tělocvičny. Škola bude mít nejvýše tři nadzemní podlaží. Z východní strany budovy bude zřízeno parkoviště pro osobní vozidla. Úroveň ± 0 pro objekt školy byla stanovena na kótě 324,50 m n.m.

4 Geologické a hydrogeologické poměry

Z hlediska geomorfologického členění patří zájmové území k Poberounské soustavě, celku Pražská plošina, podcelku Říčanská plošina. Povrch zájmového území je mírně svažité ve směru k JZ a pohybuje se přibližně v rozmezí kót 322,6 m n.m. až 325,9 m n.m.

Skalní podklad je v místě zájmového území tvořen proterozoickými horninami štěchovické skupiny. Jde o nejmladší jednotku proterozoika Barrandienu. Jedná se o šedé prachové břidlice, mají jemnou laminaci, která představuje původní horizontální zvrstvení. Vrstevnatost bývá deskovitá až tence lavicovitá, k rozpadu na destičky a hranolky dochází podle souboru výrazných ploch foliace (kliváž, vrstevnatost, foliace).

Důležitým faktorem ovlivňujícím charakter svrchní zóny horninového masívu jsou zvětrávací procesy. Specifickým znakem širšího okolí zájmové oblasti je přítomnost dvou základních typů zvětrání, které se zde s větší nebo menší intenzitou uplatňují. Prvním typem je *fyzikální zvětrání* skalního masívu vázané převážně na pleistocenní klima.

Projevuje se úlomkovitým rozpadem podle ploch nespojitosti. Intenzita tohoto typu zvětrávání směrem do hloubky relativně rychle slábne (zasažena je poměrně málo mocná svrchní část horninového masivu) a horninový masiv postupně nabývá na kvalitě. Druhým typem je tzv. *"fossilní" zvětrání*, kdy dochází k chemickému rozkladu minerálů. „Fossilní“ lze chápat jako předkvartérní, kdy se mohl výrazněji uplatnit vliv vlhkého a teplého subtropického až tropického klimatu. Horninový masiv je v tomto případě postižen zvětráváním do značných hloubek, přičemž charakteristickým znakem je, že jeho geotechnická kvalita v dosahu vlivů fossilního zvětrávání příliš směrem do hloubky nenarůstá. Jedná se převážně o horninu zvětralou na jíl (chemickým působením dochází k rozkladu minerálů) s pevnějšími úlomky. Výsledkem působení fossilního chemického a fyzikálního zvětrávání v geologickém čase je nerovnoměrně zvětralý povrch skalního masivu, kde lze současně sledovat jak vlivy fyzikálního, tak i chemického (fossilního) zvětrávání. Výše diskutovaná obecná situace dobře odpovídá i podmínkám kvality horninového masivu na lokalitě tak, jak bylo zjištěno sondážními pracemi. Jižní část je charakteristická výskytem poměrně kvalitní horniny relativně mělčeji pod povrchem terénu, přičemž zde převažují projevy fyzikálního zvětrávání. Naopak v severní části je horninový masiv postižen zvětrávacími procesy do větší hloubky a za dominantní typ zvětrání lze označit zvětrávání fossilní (chemické).

Všemi nově realizovanými průzkumnými vrtů byl zastižen skalní podklad. Povrch skalního podkladu se podle dokumentace těchto vrtů nachází v hloubce 2,60 – 3,40 m pod úrovní terénu.

Na základě popisu nově realizovaných vrtů a provedených zkoušek pevnosti hornin v prostém tlaku jsme stanovili celkem čtyři geotechnické typy skalního podkladu. Jde o jeden geotechnický typ fossilně zvětralých břidlic a tři geotypy různého stupně mechanického zvětrání břidlic..

- Poloha fossilně zvětralých proterozoických břidlic – geotechnický typ **GT3** byla zastižena pouze nově provedeným vrtem J4 v hloubkovém intervalu 8,00 až 9,35 m pod terénem, tzn. v mocnosti 1,35 m. Dále byla tímto typem zvětrání zastižena také 7,00 m mocná poloha v archivním vrtu RV316 68, který leží jihovýchodně od zájmového území. Jde o horninu charakteru hnědého, žlutě a červeně smouhovaného jílu pevné konzistence. V nově provedeném vrtu J4 byly při bázi fossilního zvětrání zastiženy také úlomky břidlic.

- S výjimkou vrtu J2 byla všemi nově provedenými vrty svrchní zvětralínová zóna hornin skalního podkladu zastižena v podobě hnědošedé, drobně úlomkovitě rozpadavé, velmi zvětralé prachovité břidlice. Takto zvětralou horninu jsme označili jako geotyp **GT4**. Poloha byla zastiženými vrty zdokumentována v mocnosti 0,60 až 0,80 m.

- Všemi nově provedenými vrty byla zastižena šedá až hnědošedá mírně zvětralá břidlice – geotyp **GT5**. Povětšinou byla v úrovni výskytu takto zvětralé břidlice mezerní výplň charakteru písčité hlíny až písčitého jílu. Množství mezerní výplně však kolísá. Nejmnocnější poloha tohoto geotechnického typu (3,75 m) byla zastižena vrtem J1. Na základě výsledku zkoušky lze tuto zónu zařadit podle ČSN P 731005 do pevnostní třídy R4.

- Šedé slabě, slabě zvětralé, kusovitě rozpadavé břidlice, místy s limonitem na diskontinuitách, byly zastiženy všemi nově provedenými vrty. V úrovni jejich výskytu byl vždy vrt ukončen. Ve vrtu J4 byly zastiženy také v intervalu 5,90 až 6,60 m pod terénem, avšak směrem do hloubky došlo ke zvýšené intenzitě zvětrání. Toto nelineární zvětrání je dáno výskytem fosilního (chemického) zvětrání. Na základě výsledku zkoušky lze tuto zónu podle ČSN P 731005 klasifikovat na rozhraní pevnostní třídy R4/R3.

Kvartérní sedimenty pokrývají v zájmovém území horniny skalního podloží souvislou vrstvou. Svrchní poloha pokryvných útvarů je tvořena humózními hlínami. Pokryvné útvary jsou dále zastoupeny sprašemi (eolické sedimenty) a deluviálními sedimenty. Celková mocnost zemin pokryvných útvarů se pohybuje od 2,60 do 3,40 metrů.

Zastižené spraše jsou hnědé barvy s četnými vápnitými žilkami. Deluviální sedimenty, jejichž mocnost je v zájmovém území jen několik desítek centimetrů, jsou charakteru jílu s četnými úlomky částečně opracovaných břidlic.

Na základě vyhodnocení nově provedených průzkumných prací, laboratorních rozborů a dostupných mapových údajů jsme stanovili dva geotechnické typy kvartérních sedimentů. Ornici jsme neurčili jako samostatný geotechnický typ. Jde tedy o jeden geotechnický typ reprezentující eolické sedimenty a jeden geotyp, který je zastoupen deluviálními sedimenty.

- Humózní horizont, reprezentovaný hnědou jílovitou humózní hlínou byl zastižen všemi nově realizovanými sondami v mocnosti 0,30 až 0,50 m. V rámci přípravy staveniště bude provedena skrývka ornice.
- Pod polohou orné půdy byl ve všech případech zastižen eolický sediment geotypu **GT1**. Jde o hnědou spraš tuhé konzistence s ojedinělými vápnitými žilkami. Celková mocnost zemin tohoto geotypu se v zájmovém území pohybuje v rozmezí 2,30 až 2,80 m. Na základě provedeného laboratorního rozboru lze zeminu zatřídit dle ČSN P 731005 do třídy F5.
- Báze pokryvných útvarů byla ve všech vrtech, s výjimkou sondy J3, tvořena deluviálním sedimentem – geotechnický typ **GT2**. Jde o světle hnědou štěrkovitou hlínu pevné konzistence, kde štěrková frakce je tvořena částečně opracovanými úlomky proterozoických břidlic v maximální velikosti 3 cm. Nejmocnější poloha tohoto sedimentu (0,50 m) byla zastižena vrtem J4 v hloubce 2,85 m. Na základě provedeného laboratorního rozboru lze zeminu zatřídit dle ČSN P 731005 do třídy F1.

4.1 Hydrogeologické poměry

Obecné hydrogeologické poměry území jsou závislé především na místní geologické stavbě, tj. zejména na propustnosti pevného prostředí, dále na přirozených zdrojích podzemních vod (povrchové vodoteče a atmosférické srážky), morfologii terénu a na případných antropogenních vlivech. Skalní masív, tvořený proterozoickými břidlicemi, se vyznačuje filtrační nestejnorodostí podmíněnou zejména rozdílným stupněm tektonického porušení a zvětrání masívu. Není zde tedy pravidlem, že by hladina podzemní vody vytvářela souvislou zvrstvení. Obecně se však jedná o prostředí s omezenou puklinovou propustností a v rozloženém skalním masívu i velmi omezenou průlinovou propustností, v obou případech s velmi nízkou vydatností podzemních vod.

Ve vrtu J4 byla naražena hladina podzemní vody v hloubce 7,00 m pod terénem a ustálila se v hloubce 4,55 m pod terénem (tj. na kótě 318,29 m n.m.). V dalších sondách již hladina podzemní vody do jejich konečné hloubky nebyla zastižena. Podzemní voda je zde mírně napjatá a je vázaná na svrchní zvětralinovou zónu skalního podkladu.

Na základě výsledku laboratorního rozboru vzorku podzemní vody, odebraného ze sondy J4 z hloubky 4,55 m, se jedná o vodu zásadité reakce ($\text{pH} = 7,5$), s obsahem síranových iontů $\text{SO}_4 = 151 \text{ mg/l}$. Obsah agr.CO_2 nebyl zjištěn. Dle kritérií ČSN EN 206-1 jsou všechny analyzované ukazatele pod úrovní, která odpovídá slabé agresivitě, tzn. že podzemní voda je označena jako neagresivní. Protokol o chemickém rozboru podzemní vody je uveden v příloze č. 5.

5 Geotechnické vlastnosti zemin a hornin

Podle popisu vrtného jádra nově provedených vrtů, archivního vrtu, nově provedených laboratorních rozborů a zkoušek jsme zastížené zeminy a horniny rozdělili do následujících šesti geotechnických typů GT1 až GT6. K popisu geotechnických vlastností a pojmenování jsme použili jednak neplatnou, ale osvědčenou ČSN 731001 „Základová půda pod plošnými základy“, jednak ČSN EN ISO 14688-1 a 2 „Geotechnický průzkum a zkoušení – pojmenování a popis“ a ČSN P 731005 „Inženýrskogeologický průzkum“.

- GT1:** spraš – tuhá konzistence; třída F5, symbol Si
- GT2:** štěrkovitá hlína – pevná konzistence; třída F1, symbol siGr
- GT3:** zcela zvětralá (fossilně) břidlice, třída F6, symbol sasiCl
- GT4:** velmi zvětralá břidlice, třída R5
- GT5:** mírně zvětralá břidlice, třída R4
- GT6:** slabě zvětralá břidlice, třída R4/R3

Z hloubkové úrovně výskytu geotypu **GT1** byl z vrtného jádra sondy J2 odebrán porušený vzorek, podle výsledků laboratorní zkoušky byla zemina tohoto geotypu zařazena podle ČSN P 731005 do třídy F5; symbol MI (vzorek odebrán z hloubky 1,40 – 1,60 m). Podle ČSN EN ISO 14688-2 „Pojmenování a zatřídování zemin“ je zemina zařazena do skupiny označené symbolem Si. Zrnitostní skladba je podle provedeného laboratorního testu následující :

jemnozrnná složka – f :	87%
písčítá složka - s :	10%
štěrková složka - g :	3%

Další vzorek byl odebrán ze sondy J4 z hloubky 2,90 – 3,10 m (geotyp **GT2**), na základě analýzy tohoto vzorku byla zemina dle ČSN P 731005 zařazena do třídy F1; symbol MG. Podle ČSN EN ISO 14688-2 byla zemina zařazena do skupiny označené symbolem siGr.

Zrnitostní skladba je podle provedeného laboratorního testu následující:

jemnozrnná složka - f : 39%
písčítá složka - s : 11%
štěrková složka - g : 50%

Na dvou odebraných vzorcích hornin byly provedeny zkoušky pevnosti hornin v prostém tlaku dle kritérií ČSN EN ISO 14689-1, ve smyslu tabulky 5 (Polní stanovení pevnosti v prostém tlaku). Na základě výsledků polních a laboratorních zkoušek byly horniny jednotlivých geotypů zařazeny do tříd pevnosti podle ČSN P 73 1005. Přehled provedených zkoušek na vzorcích je patrný z následující tabulky. Protokoly s výsledky laboratorních zkoušek zemin a zkoušek hornin jsou uvedeny v příloze č. 5.

Vrt	Hloubka odběru	Geotechnický typ	Typ zkoušky	Pevnost v prostém tlaku (δ_c)	Třída pevnosti podle ČSN P 73 1005
J3	3,90 – 4,00 m	GT5	Polní	5 – 15 MPa	R4
J4	5,50 – 5,60	GT6	Polní	10 – 25 MPa	R4/R3

V následujících tabulkách uvádíme vybrané geotechnické vlastnosti zemin a hornin, které se v zájmovém území vyskytují a mohou být zastiženy při zemních pracích a zakládání objektu:

Tab. 1. Geotechnické hodnoty zemin kvartérních sedimentů :

geneze / stratigrafie	eolické sedimenty	deluviální sedimenty
petrografické složení	spraš	šterkovitá hlína
geotechnický typ	GT1	GT2
ČSN EN ISO 14688-2 „Pojmenování a popis zemin“	Si	siGr
ČSN 731001 „Základová půda pod plošnými základy“ – zatřídění	F5 MI	F1 MG
konzistence	tuhá	pevná
tabulková výpočtová únosnost R_{dt} /kPa/	150	300
objemová hmotnost v přirozeném uložení /kg.m ⁻³ /	2000	1900
modul deformace E_{def} /MPa/	3-5	12-21
Poissonova konstanta $\nu/1/$	0,40	0,35
soudržnost efekt. c_{ef} /kPa/	8-16	8-16
úhel vnitř. tření efekt. ϕ_{ef} /°/	19-23	26-32
ČSN 736133 vhodnost do silničního podloží	nevhodná	podmínečně vhodná
ČSN 736133 vhodnost do násypů	podmínečně vhodná	podmínečně vhodná
ČSN 736133 / ČSN 733050 třída těžitelnosti	I / 3	I / 4
třída vrtatelnosti pro piloty	I	I

Tabulka 2: Geotechnické hodnoty hornin skalního podkladu

geneze / stratigrafie	Proterozoikum – Štěchovická skupina			
petrografické složení	zcela zvětřalá (fossilně) břidlice	velmi zvětřalá břidlice	mírně zvětřalá břidlice	slabě zvětřalá břidlice
geotechnický typ	GT3	GT4	GT5	GT6
ČSN 731001 „Základová půda pod plošnými základy“ – zatřídění	F6 sasiCl	R5	R4	R4/R3
pevnost v prostém tlaku σ /MPa/	---	1-5	5-15	10-25
hustota ploch nespojitosti (pro horninové prostředí)	konzistence pevná	Velmi velká	velká	střední až velká
tabulková výpočtová únosnost R_{dt} /kPa/	200	300	400	500
objemová hmotnost v přiroz. uložení /kg.m ⁻³ /	2100	2150	2250	2250-2350
modul deformace E_{def} /MPa/	8-15	45-60	80-100	120-200
Poissonova konstanta ν /1/	0,40	0,30	0,25	0,25-0,20
soudržnost zdánlivá c' /kPa/	13-15 *	30	35-40	30-50
úhel pevnosti ϕ' /°/	24-26 **	26	28-30	30-34
ČSN 736133 / ČSN 733050 třída těžitelnosti	I / 3	I / 4	I-II / 4-5	II-III / 5-6
třída vrtatelnosti pro piloty	I	I	II	II-III

* - soudržnost efektivní c_{ef} /kPa/** - úhel vnitřního tření efektivní ϕ_{ef} /°/

6 Inženýrskogeologické poměry

Podle předaných podkladů je záměrem investora výstavba nové základní školy. Objekt bude mít tvar lichoběžníku, v jeho centrální části se bude nacházet nádvoří. Budova bude částečně podsklepená. Západní část budovy disponovat suterénními prostory, v nichž se mimo jiné bude nacházet tělocvična. Východní část podsklepena nebude, s výjimkou přístupové chodby do tělocvičny. Škola bude mít nejvýše tři nadzemní podlaží. Z východní strany budovy bude zřízeno parkoviště pro osobní vozidla.

Projektované objekty budou mít ve smyslu ČSN EN 1997-1 (Eurokód 7) a podle ČSN P 731005 „Inženýrskogeologický průzkum“ náročnou konstrukci, a to zejména z důvodu založení objektu v různých úrovních (částečné podsklepení). Složité základové poměry jsou dané výskytem prosedavých zemin (spraší) v půdorysu projektované budovy a možností zastižení poloh fosilního zvětrání hornin skalního podkladu, které se vyznačuje svojí nepravidelností ve vertikálním i horizontálním směru. Na základě těchto skutečností lze konstatovat, že pro stanovení požadavků na geotechnický návrh je nutné ve smyslu ČSN EN 1997-1 Eurokód 7 „Navrhování geotechnických konstrukcí“ postupovat podle zásad 3. geotechnické kategorie.

Geologické poměry jsou zřejmé z geologických řezů A-A' až D-D'. Úroveň ±0 objektu byla stanovena na kótě 324,50 m n.m.

6.1 Základové poměry projektovaných objektů

Přírozeně uložené zeminy, tvořící v celém půdorysu objektu podloží humózních hlín, jsou spraše **GT1**. Jde o méně únosné, nebezpečně namrzavé zeminy s nepříznivými geotechnickými vlastnostmi pro plošné zakládání. Orientačně lze pro ně uvažovat při tuhé konzistenci hodnotu tabulkové výpočtové únosnosti $R_{dt} = 150 \text{ kPa}$. Plošné založení většího a staticky náročného objektu je zde proto poměrně komplikované. Problémem je zejména založení budovy ve dvou různých úrovních, kdy přízemní části budovy budou založeny v úrovni výskytu právě spraší GT1 a suterénní budovy již budou založeny v zeminách nebo horninách, které mají příznivější geotechnické vlastnosti pro zakládání. V takovém případě hrozí nerovnoměrné sedání objektu.

S ohledem na výše uvedené hodnocení zemin (zejména s ohledem na jejich horší geotechnické vlastnosti a nízkou únosnost) doporučujeme pro založení školy uvažovat s

alternativou hlubinného způsobu založení na vrtaných pilotách, kdy paty pilot budou na potřebnou délku vetknuty do hornin geotypu **GT6 slabě zvětralých břidlic třídy R4/R3** nebo. Případně je možno využít kombinace plošného způsobu pro podsklepené části objektu a hlubinného pro přízemní část. Zde je však třeba upozornit na možný výskyt tzv. fosilního zvětrání, kdy se mohou geotechnické vlastnosti skokově a výrazně měnit. Tento případ nelze podchytit ani inženýrskogeologickým průzkumem, který je prováděn pomocí vrtů, tedy bodově. Při variantě hlubinného způsobu založení upozorňujeme na nutnost důsledného dočištění paty piloty tak, aby základovou spáru v patě piloty tvořila již rostlá hornina stanovené pevnostní třídy. V případě, že budou zemní práce a piloty prováděny v období zvýšených srážek, je nutno do rozpočtové části projektu zahrnout i ochrannou vrstvu proti poškození pláně při vrtání pilot (z recyklátu, ze štěrkodrtě a pod.). Při betonáži pilot je nutno používat „sypákovou rouru“, dále je třeba zajistit, aby betonáž nebyla prováděna do vrtu, ve kterém se vystavila podzemní voda. Při přípravě betonu pro piloty není třeba uvažovat s realizací opatření proti agresivitě podzemní vody.

Předpokládaná délka pilot se bude v rámci půdorysu budovy výrazně měnit, to je dáno následujícími faktory. Svažitostí terénu – v rámci půdorysu budovy je převýšení povrchu stávajícího terénu cca 3 m. Přestože výškové usazení objektu, vlivem založení ve dvou různých úrovních, částečně svažitost terénu kompenzuje, rozdíly v délkách pilot zde vzniknou. Zásadní komplikací však může být výskyt fosilního zvětrání. V rámci průzkumu byla zjištěna ve vrtu J2 slabě zvětralá břidlice **GT6** již v hloubce 4,25 m pod terénem. Naopak vrtem J4 byla ve větší mocnosti zastižena až v hloubce 9,35 m pod terénem. Archivní sondou RV316 68, ležící cca 40 m JV směrem od zájmového území, byla hornina geotypu **GT6** zastižena dokonce až v hloubce 13,00 m pod terénem. Z následujících zjištění plyne, že při potřebě vetknutí pilot alespoň do hloubky 1 m do **slabě zvětralé břidlice GT6**, se může délka pilot pohybovat v intervalu cca 3 až 8 m v případě vrtání pilot pro část objektu s podzemním podlažím a 5 až 10 m pro nepodsklepenou část. Nelze však vyloučit ani lokální výraznější mocnost fosilního zvětrání, které by způsobilo nutnost prodloužení pilot.

Z výše zmíněných důvodů důrazně doporučujeme, aby po celou dobu provádění zemních prací a vrtání pilot, byl na stavbě přítomný geotechnický dozor.

6.2 Obslužná komunikace a parkovací plochy

Podle hodnoty modulu deformace, požadovaného pro jednotlivé konstrukce, tj. komunikace a zpevněné plochy je nutno, aby plán a aktivní zóna měly požadovanou únosnost, danou modulem deformace z druhé větve statické zatěžovací zkoušky $E_{def,2}$. Na pláni komunikace a zpevněných plochách je možno předpokládat (pokud projektant nestanoví jinak) hodnotu $E_{def,2} = 60 \text{ MPa}$ při poměru $E_{def,2}/E_{def,1} < 2,5$.

Při současných znalostech lze konstatovat, že v pláni a aktivní zóně budou po odtěžení navážek zastiženy výhradně spraše tuhé konzistence geotypu GT1. Na základě laboratorní zkoušky technologického vzorku spraší, odebraného z vrtu J2, byla zemina zařazena do třídy F5 (symbol M1). Tento typ zemin je dle tabulky A.1 ČSN 736133 „Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“ klasifikován jako podmíněčně vhodný pro použití do násypu a nevhodný pro silniční podloží. Spraše jsou namrzavé až nebezpečně namrzavé, při napojení vodou nestabilní a velmi rozbídné.

V čl. 4.1 ČSN 736133 je uvedeno, že tyto zeminy jsou vzhledem ke svým vlastnostem nevhodné pro podloží komunikací a bez úpravy je nelze použít. Pro zlepšení deformačních parametrů a vyšší odolnosti pláň vůči nepříznivým klimatickým a mechanickým vlivům bude nutné spraš v aktivní zóně komunikace a parkovacích ploch stabilizovat 2% vápna a následně zhutnit. Možné je uvažovat i s jejich náhradou za jinou zeminu. Obecně však vychází zlepšení finančně příznivěji, než odvoz málo vhodných až nevhodných zemin a dovoz zemin vhodných.

7 Zatřídění těžitelnosti a vrtatelnosti zemin a hornin

Zatřídění těžitelnosti zemin a hornin dle ČSN 733050 „Zemní práce“, ČSN 736133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“ a vrtatelnosti pro piloty dle ceníku 800-2 „Zvláštní stavební práce“:

	ČSN 733050	ČSN 736133	ceník 800-2
Humózní hlína	2.tř.	třída I	I. tř.
spraš (GT1)	3.tř.	třída I	I. tř.
šterkovitá hlína (GT2)	4.tř.	třída I	I. tř.
zcela (fosilně) zvětralá břidlice (GT3) .	3.tř.	třída I	I. tř.
velmi zvětralá břidlice (GT4)	4.tř.	třída I	I. tř.
mírně zvětralá břidlice (GT5)	4.-5.tř.	třída I-II	II. tř.
slabě zvětralá břidlice (GT6)	5.-6.tř.	třída II-III	II-III.

8 Vsakování srážkových vod

Od února 2012 je platná norma ČSN 759010 „Vsakovací zařízení srážkových vod“, v srpnu 2017 byla vydána „Změna Z1“ (ČSN 759010/Z1). Norma řeší problematiku vsakování z hlediska kvality a kvantity srážkových vod, bezpečnostní odstupy od budov atd. Pro návrh vsakovacích zařízení je nutné řešení jakosti srážkových povrchových vod - viz. kapitola 5 ČSN. Srážkové vody se dělí na „Srážkové povrchové vody přípustné pro vsakování“ a „Srážkové povrchové vody podmíněčně přípustné pro vsakování“ – tj. přípustné po předčištění. V závislosti na hloubce vsakovacích zařízení a hloubce základové spáry objektů v blízkosti vsakovacích zařízení je nutné stanovit „Odstupovou vzdálenost“. Postup je popsán v kapitole 6.1 ČSN „Stanovení odstupové vzdálenosti“, kde se uvádí v bodu 6.1.1 : „Vsakovací zařízení nesmí způsobit škody jak na odvodňované stavbě, tak na sousedních budovách, komunikacích a jiných zařízeních, zejména studnách pro zásobování pitnou vodou“. V bodu 6.1.2 výše citované normy je stanoveno že „Odstupová vzdálenost vsakovacího zařízení od budovy musí zajistit takovou maximální hladinu podzemní vody, která neohrozí podzemní prostory budovy“.

Dimenzování vsakovacích zařízení je nutné vypočítat dle kapitoly 6.2. ČSN 759010, resp. ČSN 759010/Z1 tak, aby retenční objem vsakovacího zařízení a doba prázdnění vsakovacího zařízení vyhověla normě.

8.1 Sondážní práce

Pro účely vsakovací zkoušky byla provedena zarážená sonda VS5, která byla následně vystrojena PVC pažnicí. Umístění sondy je patrné ze situace sond, která tvoří vázanou přílohu č. 2. Pažnice o průměru 40 mm byla v celé svojí délce (2 m). Jádro zarážené sondy bylo makroskopicky zdokumentováno (vázaná příloha č.4).

8.2 Vsakovací zkoušky

Dne 16.11.2021 byla ve vystrojené sondě VS5 realizována nálevová vsakovací zkouška. Před zahájením hydrodynamické zkoušky bylo provedeno kontrolní měření hladiny podzemní vody, ta však nebyla zastižena.

Metodika vsakovacích zkoušek

Vsakovací zkouška byla provedena dle ČSN 759010/Z1 jako zkouška s proměnnou hladinou vody. Jedná se o zjišťování hydraulických parametrů hydrodynamickými zkouškami „in situ“, jde proto o informace o fyzikálně-hydrogeologických parametrech zvodněných prostředí (kolektorů) v podstatě poloprovozního charakteru. Zkouškou samotnou je modelováno fungování vsakovacího zařízení.

Nálevová (vsakovací) zkouška představuje jednorázový nálev konkrétního objemu vody do testovaného objektu, čímž se ve vrtu zvýší hladina na určitou maximální hodnotu. Ta pak následně v důsledku infiltrace vody z vrtu do kolektoru začne postupně klesat (při stále se snižující úrovni vodního sloupce a zmenšující se vydatnosti vsaku ve vrtu). Závislost poklesu hladiny na čase je průběžně zaznamenávána. V závislosti na objemu vody infiltrované v určitém časovém intervalu se vyhodnocují základní hydraulické parametry kolektoru. Vyhodnocení bylo provedeno na základě vzorců z kapitoly 4.11.6 ČSN 759010/Z1. Průběh poklesu hladiny vody v jednotlivých časových úsecích je uveden v následující tabulce:

Sonda J8

Lokalita: Kolovraty
Hladina podzemní vody: nebyla zastižena
Rozměry : hloubka 2,00 m; průměr sondy 60 mm; průměr pažnice 40 m
Počasí : polojasno, 9°C

Datum a čas (h:min:s)	Doba (h:min:s)	Hladina pod terénem (m)
16.11.21 7:50:00	0:00:00	0,900
16.11.21 7:50:15	0:00:15	0,900
16.11.21 7:50:30	0:00:30	0,905
16.11.21 7:50:45	0:00:45	0,905
16.11.21 7:51:00	0:01:00	0,910
16.11.21 7:51:30	0:01:30	0,910
16.11.21 7:52:00	0:02:00	0,910
16.11.21 7:53:00	0:03:00	0,910
16.11.21 7:55:00	0:05:00	0,915
16.11.21 8:00:00	0:10:00	0,920
16.11.21 8:05:00	0:15:00	0,925
16.11.21 8:10:00	0:20:00	0,925
16.11.21 8:20:00	0:30:00	0,930
16.11.21 8:30:00	0:40:00	0,935
16.11.21 8:50:00	1:00:00	0,940
16.11.21 9:20:00	1:30:00	0,955
16.11.21 11:35:00	3:45:00	1,015

8.3 Vyhodnocení vsakovací zkoušky

Získané hodnoty z provedené nálevové vsakovací zkoušky byly vyhodnoceny pomocí vzorců ČSN 759010/Z1, kapitola 4.11.6.1. Výsledný koeficient vsaku je uveden v tabulce:

Vrt - vsak.zkouška	ZŠ Kolovraty
Objem vsakované vody	0,00033 m ³
Čas vsaku	13500 s
Q _{zk}	2,40848E-08 m ³ /s
A _{zk}	0,002827 m ²
hloubka vrtu	2,00 m
Perforovaná pažnice	1,00 m
K _v	1,259,E-07 m/s

Pro kontrolu a porovnání jsme u vsakovací zkoušky provedli výpočet koeficientu filtrace pomocí software AquiferTestToolbox. Hodnota koeficientu filtrace, který byl používán před platností normy ČSN 759010, je pro vsakovací zkoušku provedenou v sondě VS5 $k_f = 1,54 \cdot 10^{-8}$ m/s. Graficko-numerické vyhodnocení hydrodynamické zkoušky je uvedeno v příloze č. 6.

8.4 Zhodnocení možnosti infiltrace srážek

Způsob likvidace srážkových vod zasakováním do geologického prostředí je podmíněn geologickými a hydrogeologickými poměry, klimatickými poměry i vlastním návrhem vsakovacího objektu.

Vzhledem ke spádovým poměrům oblasti byla navržena sonda za účelem provedení vsakovacích zkoušek situována do jihozápadní části zájmového území. Vsakování probíhalo výhradně v prostředí spraší (**GT1**). Zjištěná hodnota koeficientu vsaku, charakterizující zastižené eolické sedimenty, znamená, že v zájmovém území je vsakování srážek poměrně problematické, neboť se jedná o nižší hodnotu koeficientu vsaku. Vypočtená hodnota koeficientu filtrace $k_f = 1,54 \cdot 10^{-8}$ m/s je ještě více než o jeden řád nižší, v současné době však není koeficient filtrace dle nové ČSN směrodatný.

Po vyhodnocení místních podmínek je možno geologické poměry předmětné lokality hodnotit jako málo vhodné pro přímé vsakování srážkových vod. Toto hodnocení je dáno nízkými propustnostními charakteristikami pevného prostředí, které neumožňuje rychlou posoupnost akumulace vod a jejich infiltraci do podloží. Vzhledem k výše uvedeným důvodům lze pro eventuální likvidaci srážkových vod doporučit technický způsob řešení, kdy bude využito kombinace vsaku a retence.

Z hlediska hydrogeologických poměrů je možné projektovat vsakovací objekty s hloubkou maximálně 3,55 m pod úroveň stávajícího terénu, aby byla dodržena podmínka, že dno vsakovacího objektu musí být alespoň 1 m nad hladinou podzemní vody (úroveň hladiny podzemní vody byla změřena v nově provedené sondě J4 v hloubce 4,55 m pod terénem).

Rozměry vsakovacího objektu musí splňovat požadavky normy ČSN 759010, resp. ČSN 759010/Z1 na jeho retenční objem a dobu prázdnění. Při větších než návrhových úhrnech srážek může dojít k přelítí vsakovacích zařízení, a proto musí být z povrchových i podzemních vsakovacích zařízení, v souladu s bodem 6.2.5 ČSN 759010, umožněn odtok bezpečnostním přelivem. Pro hydrotechnické výpočty je nutno použít zjištěnou hodnotu koeficientu vsaku $k_v = 1,26 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Závěrem je třeba upozornit, že navržený způsob likvidace srážkových vod nesmí způsobit změny geotechnických vlastností zemin, které budou tvořit základovou půdu

stavebních objektů, resp. pláň a aktivní zónu komunikace, chodníků. Degradací zemin by mohlo dojít ke snížení jejich únosnosti i požadovaných modulů deformace $E_{\text{def},2}$. Vsakovací objekt musí splňovat požadavky normy ČSN 75 9010, zejména odstupová vzdálenost vsakovacího objektu od budov musí být v souladu s bodem 6.1.2 a přílohou C této normy.

9 Závěr

Na základě objednávky od starosty městské části Praha – Kolovraty pana Antonína Klecandy jsme vypracovali předkládaný podrobný inženýrskogeologický průzkum a hydrogeologický průzkum pro vsakování srážkových vod pro novostavbu základní školy v Praze – Kolovratech.

Výsledky inženýrskogeologického průzkumu jsou v této zprávě popsány na základě realizace a vyhodnocení čtyř nově provedených vrtů a jedné zarážené sondy. Využita byla také archivní sonda a mapové podklady. Ve zprávě jsou popsány geologické a hydrogeologické poměry lokality, v kapitole č. 5 jsou v tabulce uvedeny geotechnické charakteristiky zastižených zemin a hornin, které jsou potřebné pro statické výpočty. Geologické poměry zájmového území jsou zřejmé z přiložených geologických řezů A-A' až D-D', které tvoří vázanou přílohu č. 3. V kapitole č. 8 je v rámci průzkumu pro vsakování srážek provedeno vyhodnocení hydrodynamické zkoušky, která byla realizována v sondě VS5.

V Praze dne 25. listopadu 2021

Odpovědný řešitel pro inženýrskou
geologii a hydrogeologii:

Mgr. Jaroslav Voltr

Vypracoval:

Mgr. Petr Zimola