



**Ověření inženýrskogeologických poměrů  
v místě plánovaného rozšíření vodní  
nádrže „Kozlák“ v k.ú. Lužec nad  
Cidlinou, kraj Královéhradecký**

Závěrečná zpráva

*Praha, říjen 2020*



**EKOHYDROGEO Žitný s.r.o.**  
Světská 1418  
198 00 Praha 9



www.ehgzitny.cz

e-mail:

tel./fax:

**Název zakázky:** Lužec nad Cidlinou - VN Kozlák - IG průzkum  
**Číslo zakázky:** 2020076

**Objednatel:** NDCon s.r.o.  
Zlatnická 10/1582  
110 00 Praha 1

**Ověření inženýrskogeologických poměrů v místě  
plánovaného rozšíření vodní nádrže „Kozlák“ v k.ú.  
Lužec nad Cidlinou, kraj Královéhradecký**

**Závěrečná zpráva**

**Zpracoval:**

**Odpovědný řešitel:**

**Kontroloval:**

**Za společnost:**

Praha, 7. 10. 2020

Výtisk č. 1/3

## OBSAH:

<b>1</b>	<b>GEOLOGICKÝ ÚKOL A ÚDAJE O ÚZEMÍ .....</b>	<b>2</b>
1.1	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O ÚKOLU .....	2
1.2	CÍL ÚKOLU.....	2
1.3	ÚDAJE O ÚZEMÍ.....	2
1.3.1	Vymezení a využití zájmového území a jeho okolí.....	2
1.3.2	Informace o stavebním záměru .....	3
1.3.3	Geomorfologické poměry .....	3
1.3.4	Geologické poměry.....	3
1.3.5	Hydrogeologické poměry .....	4
1.3.6	Hydrologické poměry .....	5
1.3.7	Klimatické poměry.....	5
1.3.8	Zvláště chráněná území, ochranná pásma .....	5
<b>2</b>	<b>PROVEDENÉ PRÁCE .....</b>	<b>6</b>
2.1	METODICKÝ POSTUP PROVEDENÝCH PRACÍ .....	6
2.1.1	Věcné etapy provedených prací.....	6
2.1.2	Metodika věcných etap.....	6
2.2	TECHNOLOGICKÝ POSTUP A ROZSAH GEOLOGICKÝCH PRACÍ .....	8
2.2.1	Sondovací práce .....	8
2.2.2	Odběr vzorků .....	8
2.2.3	Laboratorní analýzy .....	9
2.2.4	Střety zájmů .....	9
<b>3</b>	<b>VÝSLEDKY PROVEDENÝCH PRACÍ.....</b>	<b>10</b>
3.1	UPŘESNĚNÍ INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝCH POMĚRŮ .....	10
3.2	GEOTECHNICKÉ VLASTNOSTI ZASTIŽENÝCH ZEMIN .....	11
3.3	UPŘESNĚNÍ HYDROGEOLOGICKÝCH POMĚRŮ .....	12
<b>4</b>	<b>VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PROVEDENÝCH PRACÍ.....</b>	<b>16</b>
4.1	GEOTECHNICKÉ TYPY .....	16
4.2	ZALOŽENÍ OBJEKTU .....	16
4.3	PODZEMNÍ VODA .....	17
4.4	VYUŽITELNOST A TĚŽITELNOST MATERIÁLU .....	17
<b>5</b>	<b>ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ.....</b>	<b>19</b>
5.1	VYUŽITELNOST A LIMITY VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ .....	19
5.2	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ .....	19
5.3	DOPORUČENÍ .....	22
<b>6</b>	<b>MÍSTO A ZPŮSOB ULOŽENÍ HMOTNÉ GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE... </b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>23</b>

## PŘÍLOHY:

1. Situace širšího okolí zájmového území (1 : 50 000)
2. Situace zájmového území s vyznačením průzkumných sond (1 : 1 000)
3. Geologická dokumentace průzkumných sond
4. Certifikáty laboratorních rozborů zemin a vody

# 1 GEOLOGICKÝ ÚKOL A ÚDAJE O ÚZEMÍ

## 1.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O ÚKOLU

Název geologického úkolu: Lužec nad Cidlinou – VN Kozlák - IG průzkum

Katastrální území: Lužec nad Cidlinou, kód 689 271

Obec: Lužec nad Cidlinou

Kraj: Královéhradecký, kód CZ 052

## 1.2 CÍL ÚKOLU

Na základě objednávky společnosti NDCOn s.r.o. ze dne 18.8.2020, byly provedeny společností EKOHYDROGEO Žitný s.r.o. práce směřující k ověření inženýrskogeologických poměrů v místě plánovaného rozšíření vodní nádrže „Kozlák“ v k.ú. Lužec nad Cidlinou.

Hlavním cílem úkolu bylo upřesnění inženýrskogeologických poměrů v místech plánovaného rozšíření vodní nádrže a plánované obslužné komunikace. Součástí úkolu bylo také ověření geotechnických vlastností zemín a hornin vyskytujících se ve stávající hrázi a v budoucí zátopové oblasti vodní plochy nádrže a posouzení možnosti jejich využití do homogenní hráze. Cílem prací bylo také ověření úrovně hladiny podzemní vody, zjištění možných agresivních vlastností vůči betonovým konstrukcím a ověření možnosti využití těžených zemín ze zátopové oblasti pro následné využití, včetně možnosti uložení těchto zemín na povrchu terénu, případně odstranění takto vzniklého odpadu na skládce příslušné kategorie.

**Pro realizaci a vyhodnocení prací byly použity zejména následující vstupní podklady:**

- topografické podklady zájmového území se zakreslením projektované stavby objektu projektantem
- geologické a hydrogeologické mapy
- archivní podklady týkající se stavebních, geologických a hydrogeologických poměrů v zájmovém území a jeho okolí
- místní šetření v oblasti zájmového území konané v průběhu terénních prací
- výsledky terénních prací
- výsledky laboratorních analýz

Průzkumné práce byly koncipovány tak, aby zjištěné výsledky mohly být použity pro finální návrh rozšíření vodní nádrže Kozlák včetně obslužné komunikace.

## 1.3 ÚDAJE O ÚZEMÍ

### 1.3.1 Vymezení a využití zájmového území a jeho okolí

Zájmové území je tvořeno pozemky p.č. 2288, 2289, 2283, 2284, 1411 a 2291 - 2295 v k.ú. Lužec nad Cidlinou. Pozemky se nachází při jihozápadním okraji katastrálního území Lužec nad Cidlinou v údolí bezejmenného pravostranného přítoku Lužeckého potoka, ve vzdálenosti cca 1,1 km západně od budovy Obecního úřadu Lužec nad Cidlinou. V současné době se v zájmovém území nachází vodní nádrž Kozlák, která má být v budoucnosti rozšířena. Situace zájmového území je uvedena v příloze č. 1 a 2.

### 1.3.2 Informace o stavebním záměru

Stavebním záměrem je rozšířit stávající vodní nádrž Kozlák. Plánované práce lze rozdělit na tři části – úprava stávající hráze a zátopové oblasti vodní plochy, vybudování obslužné komunikace a revitalizace stávajícího koryta bezejmenného přítoku do rybníka viz níže.

#### Malá vodní nádrž (MVN) Kozlák

Jedná se o zvětšení stávající průtočné nádrže (rybník Kozlák) z výměry 0,25 ha na rozlohu 2,1 ha. Součástí MVN Kozlák bude vybudování zemní homogenní hráze o délce 430 m o šířce koruny hráze 3 m. Hráz bude pojezdná (viz níže). Projekt počítá s vybudováním sdruženého objektu pro převod vody z bezpečnostního přelivu kašnového typu. Zhloubení v prostoru rozšířené části zátopy se předpokládá do hloubky 1,5 až 2,5 m pod stávající terén.

#### Přístupové polní cesty

Pro zpřístupnění MVN je nutné vybudovat cestu v délce cca 235 m (kategorie vedlejší cesty P4,0/20 zpevněná účelová komunikace) a polní cestu v délce cca 200 m (kategorie doplňkové cesty P3,0/20 zpevněná účelová komunikace). Podle požadavku obce budou obě cesty se šterkovým povrchem.

#### Revitalizace koryta RK1

Stávající koryto přítoku do rybníka Kozlák je narovnané. Projekt předpokládá jeho rozvolnění, vybudování meandru, realizaci brodu, tůň a výsadby stromového a keřového patra. Šířka průlehu pro meandrující koryto je 30 m. Délka meandrujícího koryta necelých 700 m.

### 1.3.3 Geomorfologické poměry

Z hlediska geomorfologického členění se zájmové území nachází v jihozápadní části okrsku Novobydžovská tabule, podcelek Cidlinská tabule, celek Východočeská tabule, oblast Česká tabule. Širší okolí zájmového území má charakter ploché pahorkatiny v povodí Cidliny se slabě rozčleněným erozně denudačním reliéfem se sprašovými pokryvy a závěsemi, zbytky říčních teras Cidliny a strukturně denudačními plošinami (Kozlák a kol. 1987). Zájmové území leží v údolí bezejmenného pravostranného přítoku Lužického potoka, jehož sklon je k JV. Nadmořská výška terénu se pohybuje v rozmezí cca 233 - 236 m n.m.

### 1.3.4 Geologické poměry

Z regionálně geologického hlediska se zájmové území nachází v centrální části české křídové pánve. Podloží křídý je v hloubce až cca 450 m budováno černošedými břidlicemi a jílovitými prachovci ordoviku. V nadloží křídových sedimentů vystupuje kvartérní pokryv dosahující v širším okolí rozdílných mocností.

Sedimenty svrchní křídý náležejí k centrální části české křídové pánve. Určujícím strukturním prvkem je vrásové uspořádání s podřízenými zlomovými strukturami. Zájmové území je situováno na jihozápadním křídle výrazné asymetrické synklinály, označené jako hradecká. Její osa probíhá ve vzdálenosti cca 14 km sv. směrem od zájmového území v generálním směru SZ-JV. Sedimentární výplň hradecké synklinály je v zájmovém území charakteristická úplným stratigrafickým vývojem od cenomanu (perucko-korycanské souvrství) až po coniac (březenské souvrství). Vzhledem k tomu, že zájmové území se nachází v blízkosti elevace předkřídového podloží, jsou zde sedimenty bazálního perucko-korycanské souvrství s největší pravděpodobností zastoupeny pouze korycanskými vrstvami s minimální mocností (Kozlák a kol. 1987).

(1999). Pro bělohorské až březenské souvrství hradecké synklinály je typický monotónní vývoj vápnitých pelitů a podřadněji i vápenců, který je označován jako labský. Nejsvrchnější březenské souvrství je v zájmovém území tvořeno komplexem vápnitých jílovců a slínovců.

Kvartérní pokryv je v oblasti zájmového území zastoupen převážně zvětralinami podložních křídových sedimentů. Větších mocností (5 - 7 m) dosahuje kvartérní pokryv v širším severním okolí zájmového území, kde jej tvoří i sprašové hlíny a odvápněné spraše a dále deluviální hlinité až hlinitokamenité sedimenty. V blízkosti toku bezejmenné vodoteče a Lužeckého potoka jsou zachovány fluviální a deluviofluviální hlinité, hlinitopísčité až štěrkovité sedimenty.

Přímo v zájmovém území byl v roce 2009 proveden IG průzkum pro malou vodní nádrž, v rámci kterého bylo vyhloubeno 8 průzkumných vrtů (V1 až V8) do hloubky 2 - 4 m (2009). Výsledky tohoto průzkumu byly částečně převzaty do této závěrečné zprávy.

### 1.3.5 Hydrogeologické poměry

Z hlediska hydrogeologického rajónování se zájmové území nachází v jižní části rajónu základní vrstvy 4360-Labská křída. Z vodohospodářského hlediska se nejedná o významnou oblast.

V prostoru hradecké synklinály je z regionálního hlediska jediný kolektor - bazální kolektor A vázaný na sedimenty perucko-korycanského souvrství v převážně pískovcovém vývoji. Je charakteristický napjatou hladinou, vysokou mineralizací podzemní vody a transmisivitou v rozmezí hodnot  $1 \cdot 10^{-6}$  -  $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  (1987). Odvodnění bazálního kolektoru je směrem k hlavní regionální drenážní bázi Labe, přímá hydraulická spojitost se svrchním kolektorem (viz dále) v zájmovém území není. Vzhledem k blízkosti elevace předkřídového podloží však v oblasti zájmového území tento kolektor pravděpodobně chybí, případně je jeho mocnost minimální. Nadložní křídové sedimenty turonu a coniacu v pelitickém labském vývoji mají funkci mocného regionálního izolátoru.

V oblasti zájmového území, kde na povrch vycházejí sedimenty březenského souvrství, se vytváří svrchní kolektor v pásmu přípovrchového rozvolnění a rozpojení puklin vápnitých jílovců a slínovců, zasahujícího do hloubek cca 15-25 m pod terén. Pukliny bývají velmi hojné, avšak často zatěsněné produkty zvětrávání. Transmisivita tohoto kolektoru se pohybuje v rozmezí hodnot  $1 \cdot 10^{-5}$  -  $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  (1987). Hladina podzemní vody v puklinovém kolektoru je převážně volná, místy i napjatá. K dotaci podzemní vody do horninového prostředí dochází přímou infiltrací srážek přes kvartérní pokryv. V důsledku nízké propustnosti však převážná část srážkových vod stéká po povrchu a jen malá část srážkových vod infiltruje hlouběji do skalního podkladu. K živějšímu oběhu podzemní vody pak může docházet zejména v oblasti významnějších tektonických poruch, případně jejich křížení. K drenáži kolektoru dochází v místě lokálních drenážníchází, kterými jsou v zájmovém území údolí Lužeckého potoka a jeho přítoků. Generelní směr proudění podzemní vody v okolí zájmového území je k jihozápadu.

Nadložní kvartérní sedimenty zastoupené fluviální a deluviofluviální hlinité až hlinitopísčité sedimenty akumulované na dně údolí bezejmenné vodoteče a Lužeckého potoka plní funkci kvarterního kolektoru s omezenou průlinovou propustností.

Hladina podzemní vody byla v zájmovém území zastižena pouze třemi archivními vrty (Kozlák 2009), vrtem V2 v hloubce 3,0 m pod terénem – tj. 230,3 m n.m. a V3 v hloubce 3,6 m pod terénem tj. 229, 5 m n.m. v kolektoru tvořeném zcela zvětralými slínovci a vrtem V8 v hloubce 1,3 m pod terénem - tj. 231,6 m n.m. v kvartérním kolektoru. Po dovtání se hladina podzemní vody ustálila ve vrtu V2 v hloubce 2,2 m (tj. 231,1 m n.m.), ve vrtu V3 v hloubce 1,6 m (tj.231,5 m n.m.) a ve vrtu V8 v hloubce 1,3 m (tj. 231,6 m n.m.). Ostatními vrty nabyla hladina podzemní vody do hloubky 2 – 3 m zastižena. Podzemní voda v zájmovém území vykazovala dle ČSN EN 206-1 zvýšenou koncentrací síranů slabou agresivní prostředí vůči betonovým konstrukcím (XA1).

### 1.3.6 Hydrologické poměry

Hydrograficky je zájmové území součástí povodí řeky Cidliny, která protéká v generálním směru od V k Z ve vzdálenosti cca 8,4 km jižním směrem od předmětného pozemku. Území se nachází v dílčím povodí Lužického potoka č.h.p. 1-04-02-0600-0-00 (zdroj: HEIS VÚV TGM), který protéká na dně plochého údolí ve vzdálenosti cca 1,1 km sv. směrem od předmětného pozemku. Povrchové odvodnění zájmového území zprostředkovává bezejmenný pravostranný přítok Lužického potoka, který protéká v generálním směru od SZ k JV po severním okraji zájmového území. Ve vzdálenosti cca 2,2 km vjv. směrem od zájmového území se vlévá do Lužického potoka.

### 1.3.7 Klimatické poměry

Po stránce klimatické patří zájmové území do mírně teplé klimatické oblasti. Území je situováno v okrsku B8 (mírně teplý, vlhký, vrchovinný). Průměrné roční úhrny srážek ve srážkoměrné stanici Bílá Třemešná (322 m n.m.) vzdálené cca 7 km ssz. směrem od zájmového území. Průměrná roční teplota vzduchu se pohybuje okolo 8,2°C. Průměrné měsíční úhrny srážek za období 1951 – 1980 jsou uvedeny v tabulce č. 1.

**Tabulka č. 1. Průměrné měsíční úhrny srážek ve srážkoměrné stanici Bílá Třemešná za období 1951 – 1980 (údaje v mm/měsíc)**

<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	$\Sigma$
46	41	36	37	65	81	84	66	49	43	50	58	656

### 1.3.8 Zvláště chráněná území, ochranná pásma

Z hlediska zájmů chráněných zvláštními předpisy není zájmové území součástí zvláště chráněných území ve smyslu § 14 zák. č. 114/1992 Sb. v platném znění (zdroj: Národní geoportál INSPIRE, Mapový server ÚSOP).

Z hlediska ochrany podzemních vod není zájmové území součástí CHOPAV ani ochranných pásem vodních zdrojů (zdroj: Národní geoportál INSPIRE, HEIS VÚV TGM, mapový server Královéhradeckého kraje).

## **2 PROVEDENÉ PRÁCE**

### **2.1 METODICKÝ POSTUP PROVEDENÝCH PRACÍ**

#### **2.1.1 Věcné etapy provedených prací**

Metodický postup byl navržen tak, aby byl splněn hlavní cíl prací definovaný v části č. 1.2 této závěrečné zprávy.

Provedený průzkum lze z hlediska celkové koncepce a metodického postupu řešení rozdělit do následujících věcných etap:

1. Ověření inženýrskogeologických poměrů
2. Ověření geotechnických vlastností zemin a agresivních vlastností podzemní vody
3. Ověření úrovně a rozsahu znečištění horninového prostředí ve vztahu k vyhlášce 294/2005 Sb.,
4. Vyhodnocení průzkumných prací

#### **2.1.2 Metodika věcných etap**

##### **1. *Ověření inženýrskogeologických poměrů***

Ověření inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrů zájmového území bylo provedeno s využitím kopaných sond, které byly v zájmovém území vyhloubeny pracovníky objednatele. Sondy byly umístěny tak, aby následné vizuální posouzení výkopového materiálu v kombinaci s vyhodnocením výsledků laboratorních zkoušek mechaniky zemin, umožňovaly co nejobjektivnější interpretaci zejména inženýrskogeologických poměrů v části zájmového území, kde se předpokládá rozšíření vodní nádrže Kozlák a vybudování obslužné komunikace. Situace sond je vyznačena v příloze č. 2.

Data z geologické dokumentace, terénního měření, výsledků laboratorních zkoušek mechaniky hornin a výsledků archivního průzkumu byla základem pro doplnění znalostí o inženýrskogeologických poměrech v zájmovém území.

##### **2. *Ověření geotechnických vlastností zemin a agresivních vlastností podzemní vody***

Ověření geotechnických vlastností zemin v místě projektované výstavby bylo provedeno laboratorními analýzami vzorků odebraných z provedených sond. Odběr vzorků byl soustředěn především na ověření parametrů materiálu použitého ve stávající hrázi, v místech plánované obslužné komunikace a v místech plánovaného rozšíření zátopy VN. Byly zvoleny takové laboratorní analýzy, které přinesly základní informace o geotechnických vlastnostech jednotlivých typů materiálů, potřebné k návrhu založení, výpočtům sedání. Pro ověření možných agresivních vlastností vody byl z potoku odebrán vzorek pro laboratorní analýzy.

##### **3. *Ověření úrovně a rozsahu znečištění horninového prostředí ve vztahu k Vyhlášce 294/2005 Sb.***

Ověření úrovně a rozsahu znečištění horninového prostředí bylo provedeno pomocí odběru vzorku zeminy s následnými laboratorními analýzami a vyhodnocením výsledků.

Znečištění zemin ve vztahu k Vyhlášce 294/2005 Sb. MŽP (o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu) bylo posouzeno srovnáním zjištěných koncentrací s nejvýše přípustnými koncentracemi škodlivin využívaných na povrchu terénu,



kteřé jsou v této vyhlášce uvedeny v tabulce č. 10.1. a 10.2. Účelem analýz bylo ověření možnosti využití těžených zemin pro následné využití na povrchu terénu, případně odstranění odpadů na skládce příslušného zabezpečení.

#### **4. Vyhodnocení průzkumu**

Výsledky inženýrskogeologického průzkumu byly vyhodnoceny a porovnány s příslušnými platnými technickými předpisy, metodickými pokyny a normami. Bylo to především s ČSN 73 6133 (Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací), ČSN EN ISO 14688-1 (Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídování zemin – Část 1: Pojmenování a popis), ČSN EN ISO 14688-2 (Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídování zemin – Část 2: Zásady pro zařídování), ČSN EN ISO 14689-1 (Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídování hornin – Část 1: Pojmenování a popis), ČSN 75240 Malé vodní nádrže, ČSN P 73 1005 (Inženýrskogeologický průzkum) a ČSN 75 2410 (Malé vodní nádrže). Vybrané geotechnické parametry byly zastiženým materiálům přiřazeny také s přihlédnutím k dnes již neplatné ČSN 73 1001 (Základová půda pod plošnými základy).

Na základě požadavku objednatele byly výsledky laboratorních analýz znečištění zemin, vyhodnoceny na základě porovnání s hodnotami stanovenými vyhláškou 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu. V případě vyhlášky 294/2005 Sb. se konkrétně jedná o hodnocení požadavků na obsah škodlivin v odpadech využívaných na povrchu terénu (tab. 10.1 případně tab. č. 10.2).

## 2.2 TECHNOLOGICKÝ POSTUP A ROZSAH GEOLOGICKÝCH PRACÍ

### 2.2.1 Sondovací práce

Pro ověření geologických poměrů bylo dne 25.8. 2020 v zájmovém území pracovníky objednatele vyhloubeno deset průzkumných kopaných sond s označením KS-1 až KS-10. Sondy byly vyhloubeny pomocí bagru JCB 30X do hloubky 1,3 – 3,1 m pod úroveň terénu. Situace kopaných sond v zájmovém území je uvedena v příloze č. 2.

**Tabulka č. 2: Hloubky a souřadnice kopaných sond**

sonda	hloubka (m)	hloubka (m n. m.)	S – JTSK*		Bpv*
			X	Y	Z (m n. m.)
KS-1	1,4	232,35	1 038 238,14	671 378,77	233,75
KS-2	3,1	230,10	1 038 273,87	671 389,52	233,20
KS-3	2,2	232,53	1 038 301,13	671 480,35	234,73
KS-4	1,3	233,10	1 038 335,81	671 567,48	234,40
KS-5	2,4	230,72	1 038 227,76	671 470,55	233,12
KS-6	2,2	231,16	1 038 268,66	671 513,28	233,36
KS-7	2,2	232,06	1 038 188,02	671 586,66	234,26
KS-8	2,0	232,39	1 038 083,39	671 641,59	234,39
KS-9	1,9	233,39	1 037 922,96	671 770,80	235,29
KS-10	2,0	233,81	1 037 838,70	671 838,54	235,81

\* souřadnice a nadmořské výšky byly zaměřeny a předány objednatelem

Terénní dokumentace a zpracování bylo provedeno dle ČSN EN ISO 14688-1 (Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin – Část 1: Pojmenování a popis) a ČSN EN ISO 14689-1 (Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování hornin – Část 1: Pojmenování a popis).

### 2.2.2 Odběr vzorků

Odběry všech vzorků byly prováděny v souladu s interními směrnici společnosti EKOHYDROGEO Žitný s.r.o. v rámci systému řízení jakosti ISO 9001:2009 vycházejícími z příslušných ČSN.

Na základě požadavku objednatele byly z průzkumných sond odebrány 4 porušené vzorky zemin pro následné geotechnické analýzy a jeden vzorek na ověření případné kontaminace. Jejich přehled je uveden v tabulce č. 3.

**Tabulka č. 3: Přehled odebraných geotechnických vzorků zemin**

sonda	hloubka odběru porušených vzorků zemin (m)
KS-2	2,7 – 2,9
KS-3	1,3 – 1,6
KS-5	2,2 – 2,4
KS-6	0,5 – 0,8
KS-10*	0,5 – 0,7

\* vzorek na ověření případné kontaminace

Pro ověření možných agresivních vlastností podzemní vody na betonové konstrukce byl odebrán jeden vzorek podzemní vody z kopané sondy KS-2. K odběru vzorku podzemní byl použit nerezový zonální vzorkovač.

Odběry všech vzorků byly provedeny do příslušných vzorkovnic určených pro požadovaný typ laboratorního stanovení, opatřených štítkem s označením lokality, odběrového místa, hloubky odběru, data odběru a požadované analýzy. Vzorky byly po odběru uloženy v osobním autě a přepraveny do akreditovaných laboratoří.

### **2.2.3 Laboratorní analýzy**

Rozsah laboratorních analýz byl zvolen s ohledem na cíle průzkumu. Na odebraných vzorcích zemin (4 ks) byly určeny základní geotechnické vlastnosti, jako jsou vlhkost, mez tekutosti a plasticity, index plasticity, konzistence a křivky zrnitosti, na dvou vybraných vzorcích také stanovení zhutnitelnost - Proctor standard a na jednom vzorku zkoušku lineárního bobtnání. Laboratorně zjištěné údaje byly doplněny o odpovídající geotechnické charakteristiky pro dané horniny s přihlédnutím k celkové geologické situaci na lokalitě. Vzorky zemin byly podle výsledků laboratorních zkoušek zaříděny dle ČSN EN ISO 14688-2 (Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídění zemin – Část 2: Zásady pro zařídění), ČSN EN ISO 14689-2 (Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídění hornin – Část 2: Zásady pro zařídění), ČSN P 73 1005 (Inženýrskogeologický průzkum) a ČSN 75 2410 (Malé vodní nádrže). Využito bylo také tabulkových hodnot z dnes již neplatné ČSN 73 1001.

Vzorek podzemní vody byl analyzován s ohledem na případné agresivní působení vody na betonové konstrukce dle ČSN EN 206:2014 a na agresivitu na ocel dle ČSN 03 8375.

Laboratorní analýzy vzorku odebraného ze sondy KS-10 byly zaměřeny na stanovení škodlivin pro odpady, které mohou být využívány na povrchu terénu dle tabulky č. 10.1 a 10.2 Vyhlášky 294/2005 Sb.

Vzorky byly analyzovány v akreditovaných laboratořích společnosti 4G consite s.r.o. a Monitoring, s.r.o. Certifikáty laboratorních rozborů jsou uvedeny v příloze č. 4.

Certifikáty laboratorních rozborů jsou uvedeny v příloze č. 4.

### **2.2.4 Střety zájmů**

K dotčení žádného zájmu chráněného zvláštním předpisem provedenými pracemi nedošlo.

### 3 VÝSLEDKY PROVEDENÝCH PRACÍ

#### 3.1 UPŘESNĚNÍ INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝCH POMĚRŮ

Hlavním cílem úkolu bylo upřesnění inženýrskogeologických poměrů v místech plánovaného rozšíření vodní nádrže Kozlák. Za tímto účelem bylo pracovníky objednatele vyhloubeno celkem deset průzkumných kopaných sond.

V místě plánované úpravy přístupové cesty k rybníku Kozlák byly vyhloubeny celkem čtyři kopané sondy KS-1 až KS-4 a dále pro vyhodnocení byly využity dva archivní vrty V1 a V2. Sondami byla ve svrchní vrstvě horninového prostředí zastižena hlinitopísčítá, kamenitá a štěrkovitá navážka místy s příměsí betonu a cihel (geotechnický typ 1). Mocnost navážky dosahovala 0,4 – 0,6 m. V podloží navážky byla sondami zastižena, až do hloubky 0,9 - 1,8 m pod terén, převážně jílovitá, místy i slabě písčítá a slídnatá hlína až písčité jíl s ojedinělými valouny křemene do 2 cm, tuhé až pevné místy i měkké konzistence (geotechnický typ 2). Tyto sedimenty byly průzkumnými sondami zastiženy o mocnosti 0,5 - 1,3 m. Kromě sondy KS-1 a V1 byl pod hlínami a jíly zastižen jílovito-písčitý štěrk, s valouny křemene do 8 cm místy i středně zrnitý, jílovitý písek s příměsí štěrku (geotechnický typ 3). Sonda KS-3 (2,2 m) a KS-4 (1,3 m) byla v těchto štěrkovitých sedimentech ukončena. Štěrkovité sedimenty byly sondami zastiženy o mocnosti 0,3 až 1,0 m. Pod štěrkovitými sedimenty (KS-2) případně pod hlinitými a jílovitými sedimenty (KS-1 a V2) byl zastižen plastický slín tuhé až pevné konzistence místy s ojedinělými úlomky zcela zvětřalého slínovce (geotechnický typ 4). Archivním vrtem V2 byl pod hlinitými a jílovitými sedimenty zastižen zvětřalý až rozložený, slabě zpevněný, šedý slínovec (geotechnický typ 5).

Složení stávající hráze bylo ověřeno kopanou sondou KS-2. Materiál hráze tvoří ve svrchní vrstvě do hloubky 0,5 m hlinitopísčítá a kamenitá navážka s příměsí betonu a cihel (geotechnický typ 1). Pod navážkou se až do hloubky 1,8 m pod terén nachází slabě písčítá, místy jílovitá, slídnatá hlína s ojedinělými valouny křemene do 2 cm, tuhé až pevné konzistence (geotechnický typ 2). V podloží hlíny byl zastižen do hloubky 2,1 m jílovitý štěrk s jílovitopísčitou výplní tuhé konzistence, s valouny křemene do 6 cm (geotechnický typ 3) a až do konečné hloubky sondy (3,1 m) byl zastižen plastický slín s ojedinělými úlomky zcela zvětřalého slínovce (geotechnický typ 4).

Svrchní vrstvu horninové prostředí v místě plánovaného rozšíření zátopové oblasti vodní plochy rybníku tvoří dle zastiženého geologického profilu sondy KS-5 až KS-7 a archivních vrtů V5-V8 jílovitá, místy slabě slídnatá případně s ojedinělými valouny křemene do 4 cm hlína až plastický místy písčitý jíl, tuhé až pevné konzistence (geotechnický typ 2). Mocnost hlín a jílu byla zmíněnými sondami zastižena 0,5 – 1,2 m. Sondami KS-5, KS-6 a V8 byl v podloží hlín a jílu zastižen uhlý, jílovito-písčitý štěrk s valouny až do 12 cm místy i středně až hrubě zrnitý jílovitý písek s ojedinělými valouny křemene do 3 cm (geotechnický typ 3). Štěrkovité sedimenty dosahovaly mocnosti 0,1 – 0,6 m (tj. do hloubky 1,2 – 1,5 m pod terén). Sondou KS-7 a archivními vrty V5 – V7 nebyly štěrky zastiženy. Pod štěrkovitými sedimenty nebo přímo pod hlinitými sedimenty byl zastižen slín s velmi vysokou plasticitou, tuhé až pevné konzistence místy s polohami písčitého písku a valounů křemene o mocnosti 0,6 – 1,3 m, tj. do hloubky 1,8 m až více jak 2,5 m pod terén (geotechnický typ 4). Sondy KS-6 a KS-7 zastihly až do jejich konečné hloubky (2,2 m) zcela zvětřalé slínovce charakteru pevného jílu s úlomky slínovce do 3 cm (geotechnický typ 5).

V místě plánované revitalizace toku byly vyhloubeny tři kopané sondy KS-8 až KS-10 a pro vyhodnocení využit jeden archivní vrt V4. V místě archivního vrtu V4 byla ve svrchní vrstvě zastižena ulehlá, hlinito-písčítá navážka s příměsí valounů křemene do 3 cm o mocnosti 0,5 m (geotechnický typ 1). V místě kopaných sond KS-8 až KS-10 tvoří svrchní vrstvu horninového prostředí, resp. u vrtu V4 pod vrstvou navážky, písčité a jílovité hlíny až jíly, převážně tuhé až pevné ojediněle i tvrdé také i měkké konzistence místy s organickou příměsí a valouny křemene do 4 cm (geotechnický typ 2). Mocnost hlín a jílu zde dosahuje 0,6 – 0,8 m. Sondami KS-9, KS-10 a V4 byl v podloží hlín a jílu zastižen slídnatý, jílovito-písčítý štěrku, s valouny do 10 cm, ojediněle až do 20 cm, místy s polohami jílovitého písku s příměsí štěrku (geotechnický typ 3). Štěrkovité sedimenty dosahovali mocnosti 0,5 – 0,8 m (tj. do hloubky 1,1 – 1,4 m pod terén). Sondou KS-8 nebyly štěrky zastiženy. Pod štěrkovitými sedimenty nebo přímo pod hlínou (KS-8) byl zastižen plastický slín, tuhé až pevné ojediněle i tvrdé konzistence místy s příměsí valounů křemene do 1 cm (geotechnický typ 4). Uvedené sondy zastihly slíny až do jejich konečné hloubky - 1,9 - 2,0 m (vrtem V4 až do 3,0 m).

Geologická dokumentace kopaných sond je součástí přílohy č. 3.

### 3.2 GEOTECHNICKÉ VLASTNOSTI ZASTIŽENÝCH ZEMIN

Laboratorní analýzy odebraných vzorků nám pomohly ještě více upřesnit geotechnické vlastnosti materiálů tvořících geologické podloží v zámjovém území.

V následujících tabulkách uvádíme předpokládané geotechnické parametry jednotlivých vymezených geotechnických typů, vyjma navážek. Zatřídění a přiřazení parametrů pro jednotlivé geotechnické typy bylo provedeno na základě výsledků laboratorních analýz, terénních zkoušek, geologické dokumentace a místních šetření provedených v průběhu průzkumu.

**Tabulka č. 4: Hodnoty Proctor standard**

Označení vrtu	Hloubka odběru vzorku (m)	GT	Třída dle ČSN 73 1005	Příroze ná vlhkost (%)	Rozdíl přírozené a optimální vlhkosti (%)	Proctor standard	
						Optimální vlhkost korig. (%)	Max. objemová hmotnost korig. (kg/m <sup>3</sup> )
KS-3	1,3 – 1,6	3	G3 G-F	10,9	-6,0	4,9	2198
KS-6	0,5 – 0,8	2	F4 CS	18,0	-3,9	14,1	1857

Provedené zkoušky prokázaly, že maximální objemové hmotnosti dosáhneme u geotechnického typu 3 snížením přírozené vlhkosti o cca 6 % u geotechnického typu 2 o cca 4 %.

Vzorek písčitého jílu odebraného ze sondy KS-6 z hloubkové úrovně 0,5 – 0,8 m byl podroben zkoušce lineárního bobtnání. Po 288 hodinách (12 dní) došlo zvětšení objemu o 1,8 %. Zjištěné hodnoty nepřekročily kritérium použitelnosti zeminy dle TP94 – úprava zeminy, resp. ČSN EN 13286-47 (Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – Část 47: Zkušební metoda pro stanovení kalifornského poměru únosnosti, okamžitého indexu únosnosti a lineárního bobtnání).

**Tabulka č. 5: Geotechnické vlastnosti zastižených zemin**

geotechnický typ	2	3	4
vlhkost (%)	18,0**	10,9**	27,0 - 33,6**
mez tekutosti (%)	35,9**	25,3**	68,6 – 70,0**
mez plasticity (%)	18,6**	11,0**	29,5 – 30,9**
číslo plasticity (%)	17,3**	14,3**	39,1**
stupeň konzistence jemn. složky	tuhá - pevná	tuhá - pevná	tuhá - pevná
vhodnost do násypu dle ČSN 73 6133	podm. vhodná	podm. vhodná až vhodná	nevhodná
vhodnost do podloží dle ČSN 73 6133	podm. vhodná až nevhodná	podm. vhodná až vhodná	nevhodná
těžitelnost dle ČSN 73 6133	I	I	I
tot. úhel vn. tření (°)*	0 - 3		14 - 15
tot. koheze (kPa)*	50 - 60		6 - 8
ef. úhel vn. tření (°)*	19 – 22	26 - 30	0
ef. koheze (kPa)*	11 - 14	0 - 4	40 - 80
modul přetvárnosti $E_{def}$ (MPa)*	4 - 6	12 - 60	3 - 5
Poissonovo číslo*	0,35 - 0,40	0,25 - 0,35	0,42
zatřídění dle ČSN 73 6133	F3 MS, F4 CS F5 ML, F6 CL	G3 G-F, G5 GC	F8 CV, F8 CH
vrtatelnost podle VC 800-2	I	I - III	I - II
<b>vhodnost zemin pro různé zóny hutnění hrází dle tab. 5 ČSN 75 2410</b>			
homogenní hráz	málo vhodná až velmi vhodná	málo vhodná až výborná	málo vhodná
těsnicí část	vhodná až velmi vhodná	velmi vhodná až nevhodná	málo vhodná
stabilizační část	nevhodná	málo vhodná až velmi vhodná	nevhodná

\* Tabulkové hodnoty uvedených hodnot totálních a efektivních parametrů, modulu přetvárnosti a Poissonova čísla vycházejí z již neplatné ČSN 73 1001

\*\* převzato z výsledků analýz

**Tabulka č. 6: Geotechnické vlastnosti zvětralých hornin**

geotechnický typ	5
pevnost v prostém tlaku (MPa)	0,5 – 1,5
klasifikace pevnosti	extrémně nízká
modul přetvárnosti $E_{def}$ (MPa)*	10 - 15
Poissonovo číslo*	0,35 – 0,40
těžitelnost dle ČSN 73 6133	I
zatřídění dle ČSN P 73 1005	R6
vrtatelnost podle VC 800-2	II

\* tabulková hodnota dle již neplatné ČSN 73 1001

### 3.3 UPŘESNĚNÍ HYDROGEOLOGICKÝCH POMĚRŮ

K zastižení podzemní vody došlo níže uvedenými sondami. Údaje o hladině jsou uvedeny v tabulce č. 9.

**Tabulka č. 9: Zaměření hladiny podzemní vody**

sonda				hladina podzemní vody			
označení	hloubka (m)	hloubka (m n. m.)	terén (m n. m.)	naražená (m p.t.)	naražená (m n. m.)	ustálená (m p.t.)	ustálená (m n.m.)
KS-2	3,1	230,10	233,20	--	--	2,55	230,65
KS-3	2,2	232,53	234,73	1,60	233,13	1,75	232,98
KS-6	2,2	231,16	233,36	2,00	231,36	0,00	233,36
KS-10	2,0	233,81	235,81	1,00	234,81		

Průzkumnými objekty byla v místech úpravy polní cesty a zemní hráze zastižena naražena hladina podzemní vody pouze v sondě KS-3 v omezeně průlinově propustném kolektoru tvořeném kvartérními jílovito-písčitými štěrky (geotechnický typ **3**) v hloubce 1,6 m pod terénem (233,13 m n.m.). Po ukončení prací vystoupala hladina podzemní vody v sondě KS-3, resp. KS-2 do úrovně 1,75 m, resp. 2,55 m pod terén, tj. do úrovně 232,98 m n.m., resp. do 230,65 m n.m. Archivním vrtem V2, který byl vyhlouben v těsné blízkosti stávající vodní nádrže Kozlák, byla hladina podzemní vody zastižena ve zvětralém rozpukaném slínovci v hloubce 3,0 m pod terénem, tj. v úrovni 230,3 m n.m. (geotechnický typ **5**). Po dovtření se zde hladina ustálila v hloubce 2,2 m pod terénem, tj. v úrovni 231,1 m n.m.

V oblasti zátopy došlo k zastižení hladiny podzemní vody pouze sondou KS-6 v omezeně puklinově propustném kolektoru tvořeném zcela zvětralými slínovci (geotechnický typ **5**) v hloubce 2,0 m pod terénem, tj. v úrovni 231,63 m n.m. V sondě KS-5 byla zastižena pouze zvýšená vlhkost. Hladina podzemní vody se v sondě KS-6 ustálila v úrovni terénu, tzn., že sondou KS-6 byla zastižena v puklinovém kolektoru napjatá hladina podzemní voda s pozitivní výtlačnou výškou. Archivním vrtem V8, který byl vyhlouben v těsné blízkosti stávající vodní nádrže Kozlák, byla hladina podzemní vody zastižena v jílovitém písku v hloubce 1,3 m pod terénem, tj. v úrovni 232,6 m n.m. (geotechnický typ **3**), kde se také ustálila.

V místech předpokládané revitalizace stávajícího bezejmenného toku Lužického potoka byla zastižena hladina podzemní vody pouze sondou KS-10 v hloubce 1,0 m pod terénem (tj. 234,81 m n.m.) – geotechnický typ **3**, v sondě KS-8 byla zaznamenána pouze zvýšená vlhkost.

Úroveň ustálené hladiny podzemní vody v sondách (kromě sondy KS-10) byla zaměřena většinou cca 1-3 hod. po jejich vyhloubení, kdy ještě nemuselo dojít k jejímu úplnému ustálení.

Z výše uvedeného je zřejmé, že se v zájmovém území nachází převážně napjatá hladina podzemní vody v omezeně průlinově propustném kolektoru tvořeném kvartérními jílovito-písčitými štěrky (geotechnický typ **3**) nebo ve zvětralinách podložních křídových slínovců (geotechnický typ **5**). Nelze vyloučit, že oba zvodnělé kolektory nejsou místy v částečné hydraulické souvislosti. S ohledem na úroveň hladiny podzemní vody lze konstatovat, že při rozšiřování stávající vodní nádrže Kozlák je potřeba s podzemní vodou počítat.

Na základě analýzy odebraného vzorku podzemní vody lze konstatovat, že podzemní voda sondy KS-2 (z kolektoru tvořeném zcela zvětralými slínovci) nevytváří v zájmovém území dle ČSN EN 206:2014 agresivní prostředí vůči betonovým konstrukcím. Všechny sledované ukazatele jsou pod úrovní odpovídající slabé agresivitě dle již zmíněné ČSN. Avšak dle archivních analýz podzemní vody odebraných z průzkumných vrtů V2 a V3 (2009) byla zjištěna slabá agresivita (XA1) ve stanovení síranů. Zároveň povrchová voda odebraná