

Rekreační přístav Hodonín

Inženýrskogeologický průzkum

Září 2022

Zakázka: Rekreační přístav Hodonín, inženýrskogeologický průzkum

Dokument: Rekreační přístav Hodonín, inženýrskogeologický průzkum
– závěrečná zpráva

Objednatel: Ředitelství vodních cest ČR
Nábř. L. Svobody 12/1222
110 15 Praha 1
IČ: 67981801 DIČ: CZ67981801

Zhotovitel: SONDEO s.r.o.
Gajdošova 3255/102, 615 00 Brno
IČ: 02870819 DIČ: CZ02870819

Číslo zakázky objednatele: S/RVC/162/9/SoD/2021
Číslo zakázky zhotovitele: 210140

Odpovědní řešitel: doc. Ing. Antonín Paseka, CSc.




Ing. Jaroslav Lossmann, Ph.D.



Vypracovali: Mgr. Miroslav Švehla

Ing. Martin Rychtecký



ROZDĚLOVNÍK

Tato zpráva je vyhotovena v 6 výtiscích:

Výtisk č. 1–4	–	Ředitelství vodních cest ČR
Výtisk č. 5	–	ČGS (ev. č. ČGS/254/2022)
Výtisk č. 0	–	spisovna SONDEO s.r.o

Obsah

1	Úvod	8
1.1	Vymezení zájmového území	9
2	Dosavadní prozkoumanost	11
3	Přírodní poměry	12
3.1	Geomorfologické poměry	12
3.2	Klimatické poměry	12
3.3	Geologické poměry	13
3.4	Hydrogeologické poměry	14
3.5	Hydrologické poměry	15
3.6	Chráněná oblast přirozené akumulace vod	15
3.7	Ochranná pásma vodních zdrojů	15
3.8	Záplavová území	15
3.9	Svahové nestability a poddolovaná území	15
4	Metodika průzkumných prací	16
4.1	Terénní průzkumné práce	16
4.1.1	Přípravné práce	16
4.1.2	Geodetické práce	16
4.1.3	Práce vrtné a hydrogeologické	17
4.1.4	Dynamické penetrace	18
4.1.5	Hydrodynamické zkoušky	19
4.2	Laboratorní a vzorkovací práce	19
5	Vymezení a charakteristika geotechnických typů	21
5.1	GT0 Antropogenní uloženiny	22
5.2	GT1 Svrchní vrstvy	22
5.3	GT2 Kvarterní nivní sedimenty, povrchová souvrství údolních niv	23
5.3.1	GT2a Fluviální jíly – svrchní patro	23
5.3.2	GT2b Fluviální jíly – spodní patro	24
5.3.3	GT2c Fluviální jíly písčité – báze spodního patra	25
5.3.4	GT3 Fluviální písky	26
5.3.5	GT4 Fluviální štěrky	28
5.4	GT5 Neogenní sedimenty	29
5.4.1	GT5 Neogenní jíly a hlíny	29
6	Vyhodnocení laboratorních zkoušek	30
6.1	Laboratorní zkoušky	30

6.2	Výsledky laboratorních zkoušek zemin a jejich vyhodnocení.....	30
6.2.1	Laboratorní zkoušky zemin	31
6.2.2	Technologické zkoušky PS, CBR a IBI.....	32
6.2.3	Technologické zkoušky na upravených zeminách	33
6.2.4	Stanovení kontaminace zemin	35
6.2.5	Zhodnocení kvality zemin dle Vyhlášky č. 294/2005 Sb.	35
6.3	Výsledky laboratorních zkoušek kapalného prostředí.....	36
6.3.1	Agresivita kapalného prostředí.....	36
6.3.2	Stanovení kvality podzemní a povrchové vody.....	36
6.4	Hydrodynamické zkoušky	38
6.4.1	Metodika	38
6.4.2	Výsledky HDZ.....	39
6.5	Vyhodnocení dat ČHMÚ	44
7	Geotechnické zhodnocení stavby	46
7.1	Vhodnost zemin v podloží vozovek	46
7.2	Beranění ocelových štetovnic	46
7.3	Využitelnost zemin pro budování hrází	47
7.3.1	Zakládání hráze.....	47
7.3.2	Těsnicí část hráze.....	48
7.3.3	Homogenní část hráze	48
7.3.4	Stabilizační část hráze	48
7.4	Založení objektu přístavu	50
8	Závěr.....	53
9	Použitá literatura	55

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Přehledná situace

Příloha č. 2 – Podrobná situace

M 1:1000

Příloha č. 3 – Příčné inženýrsko-geologické profily

M 1:200

3.1 Příčný řez A-A‘

3.2 Příčný řez B-B‘

Příloha č. 4 – Geologická dokumentace a fotodokumentace

Příloha č. 5 – Terénní zkoušky

5.1 Dynamické penetrace

5.2 Geotechnická interpretace

Příloha č. 6 – Výsledky laboratorních zkoušek

Příloha č. 7 – Hydrogeologické práce

7.1 Přehledná situace HG objektů

7.2 Mapa hydroizohyps

7.3 Data ČHMÚ

7.4 Dynamické vzorkování podzemní vody

7.5 Výsledky analýz podzemní vody

Příloha č. 8 – Měřičská zpráva

Příloha č. 9 – Technická zpráva

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Souřadnice a hloubky jádrových vrtů a penetrací

Tabulka 2 – Posuny sond oproti projektu

Tabulka 3 – Přehled odběrů vzorků zemin pro stanovení fyzikálně-mechanických vlastností

Tabulka 4 – Přehled geotechnických typů

Tabulka 5 – Základní statistické parametry fyzikálně-mechanických a geotechnických vlastností fluvialních jílu – svrchní patro

Tabulka 6 – Základní statistické parametry fyzikálně-mechanických a geotechnických vlastností fluvialních jílu – spodní patro

Tabulka 7 - Základní statistické parametry fyzikálně-mechanických a geotechnických vlastností fluvialních písčitých jílu – báze spodního patra

Tabulka 9 – Základní statistické parametry fyzikálně-mechanických a geotechnických vlastností fluvialních štěrků

Tabulka 10 – Základní statistické parametry fyzikálně-mechanických a geotechnických vlastností neogenních jílu

Tabulka 11 – Přehled odebraných vzorků zemin

Tabulka 12 – Přehled vybraných fyzikálních parametrů odebraných vzorků

Tabulka 13 – Přehled výsledků technologických rozborů bez úpravy pojivem

Tabulka 14 – Přehled výsledků technologických rozborů s aditivou

Tabulka 15 – Přehled překročených limitních hodnot dle Vyhlášky č. 294/2005 Sb.

Tabulka 16 – Posouzení agresivity podzemní a povrchové vody ČSN EN 206+A2

Tabulka 17 – Posouzení agresivity podzemní a povrchové vody ČSN 03 8375

Tabulka 18 – Přehled geotechnického typu vod

Tabulka 19 – Fyzikálně-chemické parametry rozboru podzemní a povrchové vody

Tabulka 20 – Přehled parametrů hydrodynamických zkoušek

Tabulka 21 – Charakteristické údaje hydrodynamických zkoušek

Tabulka 22 – Zjištěné parametry zvodněného horninového prostředí

Tabulka 23 – Proveditelnost štětového pažení dle typů zemin a hornin

Tabulka 24 – Vhodnost zemin pro různé zóny hutnění hrází

Tabulka 25 – Charakteristické vlastnosti zemin

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Přehledná situace projektovaného přístaviště

Obrázek 2 – Klimatické pásy podle Quitta, 1971, upraveno

Obrázek 3 – Geologická mapa oblasti 1:25 000, www.geology.cz, upraveno

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 – Průběh hydrodynamické zkoušky na vrtu HP1

Graf 2 – Průběh hydrodynamické zkoušky na vrtu HP2

Graf 3 – Průběh hydrodynamické zkoušky na vrtu HP3

Graf 4 – Průběh hydrodynamické zkoušky na vrtu HP4

Graf 5 – Průběh hydrodynamické zkoušky na vrtu HP5

Graf 6 – Průběh hydrodynamické zkoušky na vrtu HP6

Graf 7 – Rozkvy hladiny podzemní vody ve vrtu VB0357

Graf 8 – Rozkvy hladin podzemní vody v nově realizovaných hydrogeologických vrtech

Graf 9 – Množství srážek spadnutých za sledované období 1/2022–8/2022

SEZNAM ZKRATEK

ČGS – Česká geologická služba

ČHMÚ – Český hydrometeorologický úřad

DÚR – dokumentace územního rozhodnutí

HEIS – hydroekologický informační systém

GTP – geotechnický průzkum

CHOPAV – chráněná oblast přirozené akumulace vod

MD – Ministerstvo dopravy ČR

MŽP – Ministerstvo životního prostředí ČR

SO – stavební objekt

ZFCHR – základní fyzikálně-chemický rozbor

1 Úvod

Předkládaný projekt podrobného inženýrskogeologického průzkumu (dále IGP) stavby Rekreační přístaviště Hodonín byl vypracován na základě objednávky o poskytování služeb uzavřené mezi objednatelem, Ředitelství vodních cest ČR a společností SONDEO s.r.o. pod č. S/ŘVC/162/9/SoD/2021.

Inženýrskogeologický průzkum, jehož náplň odpovídá etapě podrobného průzkumu, bude jedním z podkladů pro investiční akci „Rekreační přístav Hodonín“, což je investiční akce rozvoje veřejné infrastruktury vnitrozemských vodních cest. Předkládaný projekt zahrnuje soubor prací potřebných ke zjištění inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrů v místě projektované stavby rekreačního přístaviště.

Úkolem podrobného geologického a hydrogeologického průzkumu bude ověřit geologické a hydrogeologické podmínky pro založení stavebních objektů projektovaného přístavu, zhodnotit využitelnost vytěžených zemin pro použití do zemních hrází, vybudovat monitorovací systém podzemních vod. Výsledky průzkumných prací, prezentované v závěrečné zprávě, budou zahrnovat:

- Zhodnocení inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrů lokality – tj. popis jednotlivých vrstev geologického profilu, sestrojení geologických řezů. Údaje o podzemní vodě – hladinové úrovně, kolísání hladiny v závislosti na průtocích v Moravě (data ČHMÚ), popis kolektorů podzemní vody, směr proudění podzemní vody.
- Geotechnické zhodnocení jednotlivých typů zemin na základě dokumentace průzkumných sond a vyhodnocení laboratorních zkoušek. Zatřídění zemin podle ČSN 73 6133 s udáním jejich geotechnických hodnot.
- Posouzení využitelnosti vytěžených zemin na vybudování homogenních zemních hrází – podle dokumentace sond a laboratorních zkoušek (klasifikační, Proctor standard) s využitím ČSN 75 2410.
- Posouzení vhodnosti zemin v podloží nových vozovek s návrhem úpravy v případě jejich nevhodnosti dle ČSN 73 6133.
- Zatřídění zemin podle těžitelnosti.
- Laboratorními zkouškami ověřit složení vytěžených zemin – pro rozhodnutí jejich uložení na povrch terénu, nebo na skládku – dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. – dle tab. 2.1, 4.1, 10.1 a 10.2.
- Laboratorními rozbory ověřit agresivitu podzemních a povrchových vod na stavební materiály, stanovit základní chemicko-fyzikální vlastnosti vod a obsah C10-C40.
- Vybudovat monitorovací systém pro kontrolu podzemních vod se zabezpečenou nadzemní částí monitorovacích vrtů. Hydrodynamickými zkouškami v trvání 4 hodin s měřením rychlosti nástupu hladiny stanovit základní hydraulické parametry kolektoru podzemní vody.
- Doporučení pro zakládání stavebních objektů, zabezpečení stavebních jam, možnosti beranění svislých prvků).

Vrtné práce probíhaly v termínu od 14.2. 2022 do 15.2. 2022 a následně musely být kvůli podmáčenému terénu (niva) přerušeny a pokračovaly až od 2.8. do 5.8. 2022. Z tohoto důvodu upozorňujeme na větší rozptyl v konzistencích zastižených zemin, kdy v době

letních měsíců vykazují zeminy nižší konzistenci a jsou mnohem více únosné. Úroveň ustálené hladiny podzemní byla v únoru cca 0,2–0,4 m p.t a během srpna poklesla až na úroveň 0,7–1,0 m p.t.

Stavební dispozice zájmové oblasti:

Účelem záměru je zřízení plnohodnotného veřejného přístavu pro rekreační plavidla pro město Hodonín. Přístav bude mít následující parametry a bude zajišťovat následující funkce:

- plnohodnotný veřejný rekreační přístav s kapacitou cca 80 plavidel,
- krátkodobé, střednědobé a dlouhodobé stání plavidel,
- nástup a výstup veřejnosti,
- servisní služby (připojení na pitnou vodu a elektrickou energii, odčerpání fekálních a odpadních vod, odběr komunálního odpadu a možnost tankování pohonných hmot) – plovoucí servisní centrum,
- sjezd pro spouštění plavidel,
- ochranná a zimní funkce,
- pozemní část přístavu včetně objektů provozního zázemí (provozní budova, sociální zázemí) a napojení na dopravní infrastrukturu včetně parkoviště pro cca 34 motorových vozidel.

Přístav bude součástí stávající sledované dopravně významné využívané vodní cesty dle zákona č. 114/1995 Sb., o vnitrozemské plavbě, ve znění pozdějších předpisů.

Výstupem průzkumu budou závěrečné zprávy hydrogeologické a geotechnické části průzkumu. Výsledky průzkumných prací budou sloužit jako podklad pro zpracování **dokumentace pro územní rozhodnutí** stavby.

1.1 Vymezení zájmového území

Zájmové území z hlediska správního členění náleží do:

- katastrálního území:	Hodonín	kód	640417
- obce:	Hodonín	kód	586021
- okresu:	Hodonín	kód	CZ0645
- kraje:	Jihomoravský	kód	CZ064

Obrázek 1 – Přehledná situace projektovaného přístaviště



Rekreační přístav Hodonín, inženýrskogeologický průzkum

2 Dosavadní prozkoumanost

V zájmovém území a jeho blízkém okolí byly dle databáze České geologické služby v minulosti provedeny následující průzkumy:

- **Jakubíček, L. a Urbášek, Z. (1962):** Zpráva o výsledku průzkumných vrtů základní plošné sítě podzemních vrtů na Moravě, v povodí řeky Střední Morava 2, v roce 1961, 1962. Stavba, lidové družstvo, Brno.
- **Kolesík, M. (1948):** Strukturní vrt Cf-H-172 na naftu v Hodoníně. Československé naftové doly, Hodonín.
- **Papoušek, Z.; Ševčík, A.; Valík, R. (1968):** Zpráva o inženýrskogeologickém a hydrogeologickém průzkumu pro generální řešení průplavu DOL větev dunajská. IGHP, závod Brno.
- **Plasgura, V. (1998):** Závěrečná zpráva stavebně geologického průzkumu pro výstavbu inženýrských sítí a komunikací lokality "Rybáře" v Hodoníně. ELGEO, Frýdlant nad Orlicí.
- **Vrána, T. (2014):** Plavební komora Hodonín, Archivní rešerše dostupných inženýrskogeologických podkladů. AGROGEOLOGIE, Praha.
- **Fiala, M. (1985):** Hydrogeologický průzkum Hodonín – Ocovský Jarek. Vodní zdroje, Praha, závod Holešov.

3 Přírodní poměry

3.1 Geomorfologické poměry

Zájmové území leží dle geomorfologického členění ČR v Dolnomoravském úvalu v oblasti Vídeňské pánve. Vídeňská pánev je geneticky tektonickou sníženinou, která je složitým systémem zlomů rozdělena na hrást'ovo-příkopový systém. Sedimenty, které jsou mořskými usazeninami středního a svrchního miocénu, obsahují ložiska lignitu a ropy. Pánev na území ČR vybíhá severním výběžkem podél toku Moravy k Napajedlům, osu tvoří Dyjsko-moravská niva, kterou lemují nížinné pahorkatiny s erozně-akumulačním povrchem.

Podle regionálního členění reliéfu (Demek et. al., 2014) náleží širší zájmové území do následujících geomorfologických jednotek (od nejvyšší k nejnižší):

Provincie: Pannonská pánev
Soustava: Vídeňská pánev
Podsoustava: Jihomoravská pánev
Celek: Dolnomoravský úval
Podcelek: Středomoravská niva

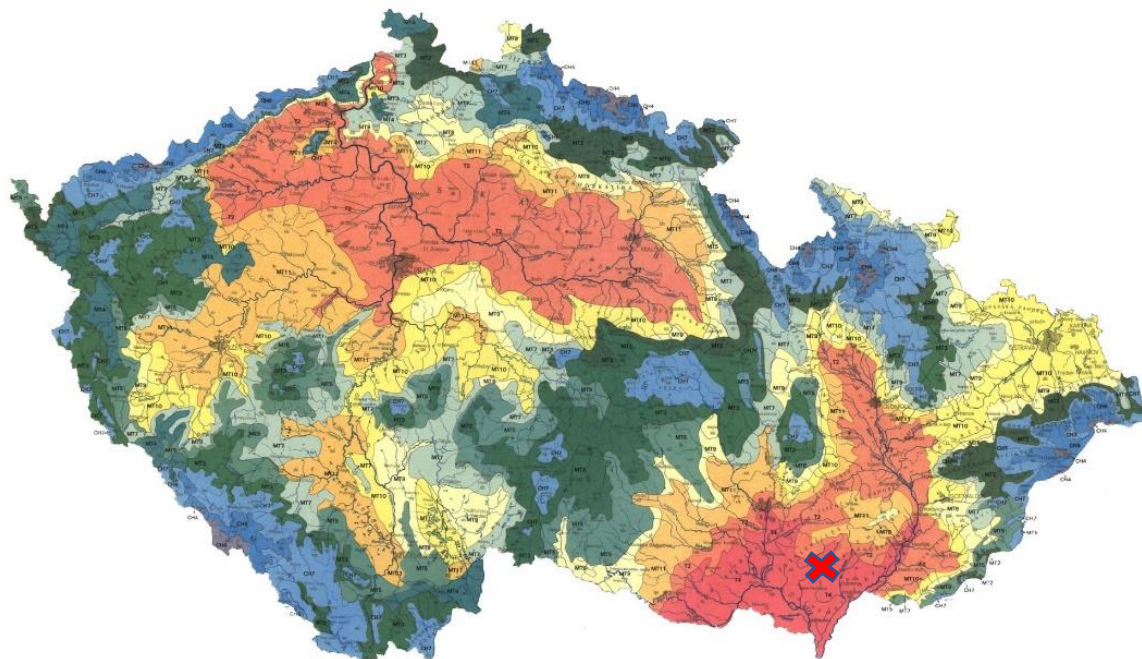
3.2 Klimatické poměry

Zájmové území se podle Quittovy (1971) klimatické rajonizace nachází v teplé oblasti (T2), která zaujímá převážnou část polabské nížiny. Průměrná roční teplota vzduchu kolísá mezi 7-8°C.

- průměrné roční úhrny srážek se pohybují v rozmezí 600–650 mm
- průměrný počet mrazových dnů v roce je 100–120
- průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou je 60–80
- průměr sezónních maxim výšky sněhové pokrývky je 20–30
- průměrné datum prvního dne se sněhovou pokrývkou je 20.11. – 30.11.
- průměrné datum posledního dne se sněhovou pokrývkou je cca 20.3. – 31.3.

Z výše uvedených klimatických charakteristik vyplývá, že se jedná o oblast teplou, s mírnou zimou, se slabším prouděním vzduchu, průměrným výskytem slunečního záření, podprůměrným výskytem srážek.

Obrázek 2 – Klimatické pásy podle Quitta, 1971, upraveno



Pozn: Červeným křížem je vyznačená přibližná poloha zájmové oblasti.

3.3 Geologické poměry

Z hlediska regionálně-geologického členění spadá zájmové území do Vídeňské pánve. Vídeňská pánev je geneticky tektonickou sníženinou, která je složitým systémem zlomů rozdělena na hrášťovo-příkopový systém. Výplň pánve tvoří neogenní a kvartérní sedimenty. Sedimenty, které jsou mořskými usazeninami středního a svrchního miocénu, obsahují ložiska lignitu a ropy (Chlupáč 2020).

Horniny předkvartérního podkladu

Předkvartérní podklad zájmového území je tvořeno neogenními pestrými jíly vídeňské pánve, ty jsou převážně prachovité, často s příměsí písku, tuhé až pevné konzistence.

V rámci průzkumu byly zjištěny výrazně prachovité jíly, místy až hlinitého charakteru tuhé konzistence na úrovni cca 154,0 m n. m.

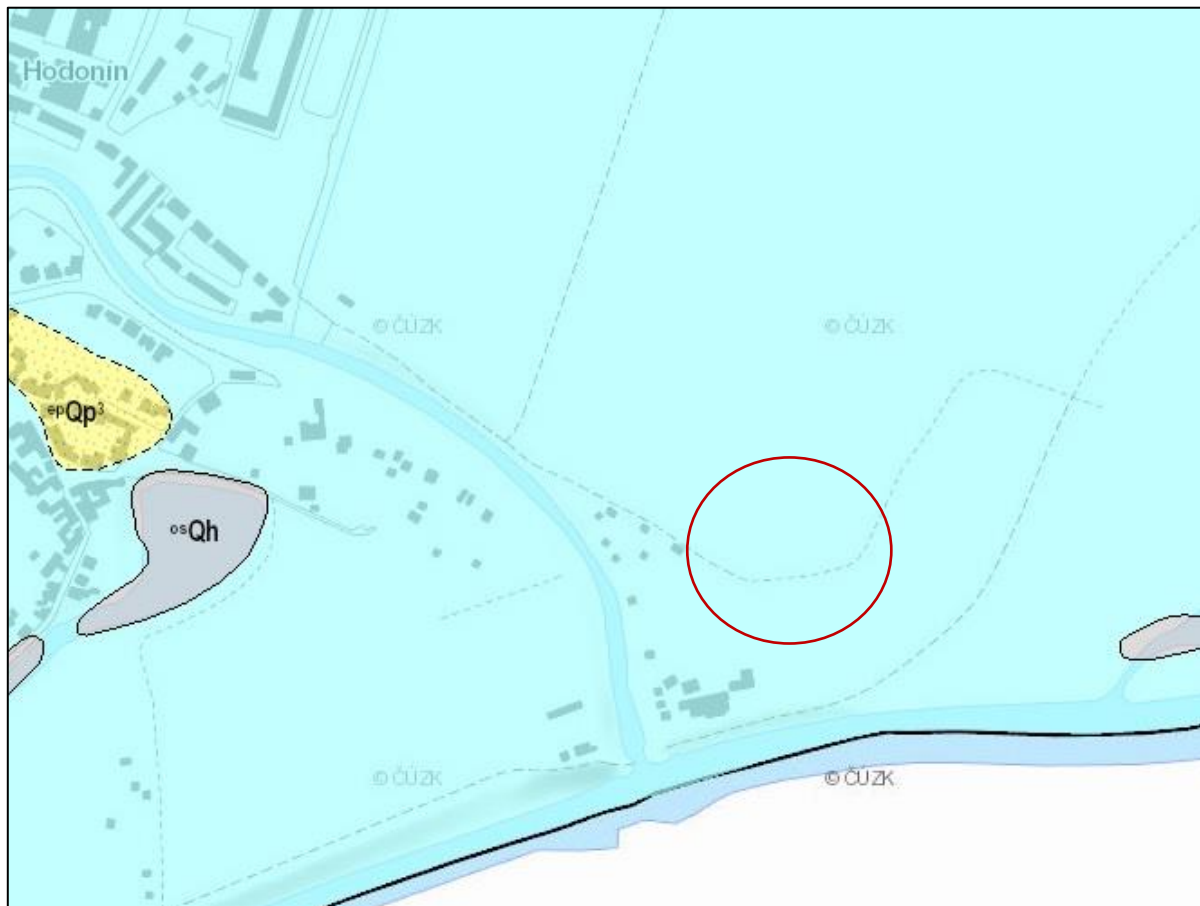
Kvartérní souvrství

Kvartérní souvrství reprezentují výlučně fluvialní sedimenty řeky Moravy, které nasedají na povrch neogenních jíků a dosahují mocnosti 4–8 m. Převažují nesoudržné sedimenty charakteru písků a polymiktních štěrků. Archivní sondy (zasahující do neogenního podloží) zachycují jejich proměnlivou mocnost od 3,5 do 10,2 m. Vrstva těchto štěrků a písků je překryta náplavovými zeminami – hlíny proměnlivě písčité či jílovité, ojediněle s příměsí organického materiálu. Tyto sedimenty jsou archivními sondami zachyceny do hloubky 1,1 – 4,5 m (158,8 – 162,0 m n. m.)

V rámci průzkumu byly do hloubky cca 3 m zastíženy povodňové hlíny a jíly tuhé, méně měkké konzistence, při bázi s písčitou příměsí. Následně byly zjištěny jílovito-hlinité písky, při bázi s příměsí drobného štěrčku s valouny do 3 cm nasedající na štěrkovito-písčité horizont. Štěrky

jsou jemnozrnné, písčité se zaoblenými valouny velikosti do 5 cm. Štěrký jsou zvodnělé, středně uhlé, s mocností okolo 3 m.

Obrázek 3 – Geologická mapa oblasti 1:25 000, www.geology.cz, upraveno



Vysvětlivky k mapě: **fQh** – kvartérní fluviální hlinitopísčité sedimenty nečleněné + sedimenty vodních nádrží, **osQh** – organické sedimenty, slatiny, **epQp3** – naváté písky

3.4 Hydrogeologické poměry

Z hlediska hydrogeologické rajonizace (Olmer et al., 2006) patří zájmové území do hydrogeologického rajonu svrchní vrstvy 1652 Kvartér soutokové oblasti Morava a Dyje a ve vrstvě bazální 2250 do Dolnomoravského úvalu – severní část (v terciálních a křídových pánevních sedimentech).

Rajón 2250 Dolnomoravský úval představuje neogenní sedimenty. Neogenní sedimenty jsou v převážné tvořeny jíly a vápnitými jíly s příměsí písku. Tyto jíly jsou prakticky nepropustné a vytváří mladším kvartérním sedimentům nepropustné podloží. Pokud se v jílech vyskytují vrstvy jemnozrnných písků, představují tzv. průlinové kolektory různých mocností se samostatným odvodněním a infiltračním územím. Bodově se zjištěné součinitele filtrace pohybují okolo hodnot $k = 1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Pouze ojediněle byly zjištěny jemnozrnné neogenní písky při bázi mladších kvartérních a vytvářejí s nimi jednotný zvodnělý režim.

Podzemní voda mělkého oběhu je vázána zejména na štěrkopísky a písčité štěrky údolních niv, uložené při bázi kvartérního souvrství. Koeficient filtrace se zde pohybuje v hodnotách $1,2 \cdot 10^{-4}$ až $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Povodňové hlíny v nadloží štěrků jsou málo propustné: $n \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Kolegarová, A. a Novotný, R., 2011). Spodní izolátor místnímu zvodnělému systému tvoří podloží tvořené neogenními jíly a písčitými jíly.

V rámci průzkumu byly u štěrků, štěrkopísků a písků zjištěny hodnoty koeficientu filtrace v rozmezí $1,1 \cdot 10^{-4}$ – $4,2 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Povodňové hlíny jsou charakterizovány koeficientem filtrace v rozmezí $4,72 \cdot 10^{-7}$ – $7,85 \cdot 10^{-10} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Spodní izolátor, který je tvořen neogenními prachovitými jíly až hlínami má koeficient filtrace $1,12 \cdot 10^{-8}$ – $6,72 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Naražená hladina podzemní vody byla archivními vrty v okolí lokality zastižena v hloubkách 0,8 až 2,2 m pod úrovní stávajícího terénu, ustálená hladina podzemní vody byla změřena v úrovních 0,8 – 2,05 m pod povrchem.

V rámci průzkumu byla ustálená hladina podzemní vody v úrovni okolo 0,2–0,4 m p.t (zimní měsíce) až 0,7–1,0 m p.t. (letní měsíce).

3.5 Hydrologické poměry

Hydrologicky náleží projektované přístaviště do povodí I. řádu 4 povodí Dunaj, II. Řádu 4-13 Dřevnice a Morava od Dřevnice po Dyji, III. Řádu 4-13-02 Morava od Olšavy po Myjavu. V detailnějším členění prochází trasa 2 povodími IV. řádu:

- Městské rameno (číslo hydrologického pořadí 4-13-02-0922-0-00, plocha dílčího povodí 13,071 km²)
- Morava (číslo hydrologického pořadí 4-13-02-0750-0-00, plocha dílčího povodí 2,409 km²)

3.6 Chráněná oblast přirozené akumulace vod

Zájmové území spadá dle databáze HEIS VÚV TGM do chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) Kvartér řeky Moravy (ID 219).

3.7 Ochranná pásma vodních zdrojů

Zájmová lokalita se nachází mimo ochranná pásma vodních zdrojů i mimo území chráněných pro akumulaci povrchových vod.

3.8 Záplavová území

V místě projektované přístaviště se dle databáze HEIS VÚV TGM nenachází záplavové území. Pouze v místě projektovaného kanálu zasahuje záplavové území řeky Moravy Q5 až Q100.

3.9 Svahové nestability a poddolovaná území

Podle údajů z archivních geologických průzkumů, ani v rámci rekognoskace terénu nebyly v zájmovém území shledány žádné projevy svahových deformací. Také podle registru mapových nestabilit spravovaného Českou geologickou službou se v místě navržené stavby a jejím blízkém okolí nenachází žádné evidované sesuvy. Zájmové území se dále nachází zcela mimo oblast vlivů důlní činnosti.

4 Metodika průzkumných prací

Vlastní průzkumné práce lze rozdělit do tří hlavních celků – jsou to terénní průzkumné práce, navazující laboratorní práce a finální zpracovatelská část průzkumu.

4.1 Terénní průzkumné práce

Terénní průzkumné práce zahrnují práce přípravné, geodetické, vrtné a hydrogeologické práce, terénní zkoušky a hydrodynamické zkoušky.

4.1.1 Přípravné práce

V rámci přípravných prací byl inženýrskogeologický průzkum v souladu s § 7 zákona č. 62/1988 Sb. v platném znění, o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu zaevidován u ČGS – Geofond pod č. **ČGS/254/2022**. V souladu s § 14 výše uvedeného zákona byla s vlastníky dotčených pozemků uzavřena dohoda o vstupu na pozemek a v souladu s § 9a provedeny oznamovací povinnosti o zahájení geologických prací. V místech projektovaných vrtů byl ověřen výskyt podzemních i nadzemních inženýrských sítí u jednotlivých správců, popřípadě vytýčení průběhu těchto sítí.

4.1.2 Geodetické práce

Geodetické práce zahrnují vytýčení, výškové a polohové zaměření všech odkryvných prací (jádrové vrty, dynamické penetrace) v systémech Bpv. a S-JTSK. Tyto práce byly rozděleny do dvou fází. Prvotní vytýčení geologem navržených průzkumných sond s respektováním přístupnosti terénu včetně hlediska současného využívání pozemků a respektování průběhu podzemních i nadzemních inženýrských sítí. A následně konečné polohopisné a výškové geodetické zaměření sond po jejich realizaci. Seznam polohopisných a výškopisných souřadnic nově provedených jádrových vrtů spolu s konečnými dosaženými hloubkami a údaji o hladině podzemní vody jsou uvedeny v **tabulce 1**, zaměření je uvedeno v polohopisném systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Tabulka souřadnic nově provedených sondážních prací je též součástí měřické zprávy v **příloze 8**. Situování odkryvných prací je uvedeno v celkové situaci v **příloze 2**.

Celkem je projektováno 22 ks vrtů o hloubce 5 až 10 m, s celkovou metráží 141 bm a 5 ks dynamické penetrace s celkovou metráží 50 bm.

Tabulka 1 – Souřadnice a hloubky jádrových vrtů a penetrací

Označení vrtu	X (JTSK)	Y (JTSK)	Z-terén (B.p.v)	Z-zhlaví (B.p.v)	Hloubka projektovaná /dosažená (m)	Podzemní voda (m p.t.) naražená/ustálená
JV1	1203315.6160	563109.7610	162.36	–	5,0/5,0	2,8/0,79
JV2	1203300.8210	563143.2220	162.26	–	10,0/10,0	4,8/1,0
JV3	1203348.1150	563075.9530	162.28	–	5,0/5,0	2,3/0,60
JV4	1203353.6550	563130.7780	162.32	–	10,0/10,0	2,3/0,70
JV5	1203345.8180	563202.4810	162.20	–	5,0/5,0	2,7/0,73
JV6	1203357.1940	563186.1450	162.37	–	10,0/10,0	2,7/0,72
JV7	1203404.0920	563126.0190	162.37	–	5,0/5,0	2,8/0,75
JV8	1203386.3590	563212.2770	162.25	–	10,0/10,0	2,5/0,75
JV9	1203435.5670	563249.9200	162.31	–	5,0/5,0	3,5/0,65
JV10	1203519.8750	563224.2420	162.36	–	5,0/5,0	0,8/0,15
JV11	1203495.2310	563204.7700	162.25	–	5,0/5,0	3,1/0,70
JV14	1203593.6320	563206.8750	163.35	–	5,0/5,0	1,9/0,90
JV15	1203593.4690	563185.7570	162.83	–	5,0/5,0	1,8/0,85
JV16	1203692.5220	563188.7860	161.27	–	5,0/5,0	0,3/0,15
JV17	1203687.4880	563168.8250	162.65	–	5,0/5,0	0,4/0,15
JV18	1203711.5630	563169.5140	163.10	–	10,0/10,0	0,4/0,15
Celková hloubka projektovaná/dosažená					105,0/105,0	
HP1	1203280.7950	563152.4270	162.40	163.18	6,0/6,0	4,9/0,80
HP2	1203438.0570	563225.5330	162.38	163.21	6,0/6,0	3,6/0,76
HP3	1203529.0520	563274.0890	162.58	163.25	6,0/6,0	0,4/0,15
HP4	1203678.8550	563199.1260	163.56	164.18	6,0/6,0	1,3/1,0
HP5	1203697.7250	563150.9280	162.86	163.49	6,0/6,0	0,3/0,15
HP6	1203391.9680	563114.7090	162.30	163.13	6,0/6,0	2,6/0,65
Celková hloubka projektovaná/dosažená					36,0/36,0	
DP1	1203328.9800	563106.3670	162.36	–	10,0/10,0	–
DP2	1203326.0490	563164.1410	162.17	–	10,0/10,0	–
DP3	1203381.1660	563153.5090	162.37	–	10,0/10,0	–
DP4	1203418.1620	563234.3360	162.24	–	10,0/10,0	–
DP7	1203723.7110	563176.1750	165.62	–	10,0/10,0	–
Celková hloubka projektovaná/dosažená					50,0/50,0	

Vzhledem k obtížnému přístupu k většině sond (lužní les a nízko položená niva) prezentujeme v **tabulce 2** důvod posunu sond proti projektové dokumentaci.

Tabulka 2 – Posuny sond oproti projektu

Označení vrtu	Posun (m)	Důvod posunu
JV18	1,5	Posun pod patu hráze z projektované polohy na hrázi
HP5	5,0	Posun pod patu hráze z projektované polohy na hrázi

4.1.3 Práce vrtné a hydrogeologické

V oblasti plánovaného rekreačního přístavu bylo v rámci IGP realizováno 16 jádrových vrtů a 6 hydrogeologických vrtů. Jádrové vrty byly odvrtny pomocí pásové vrtné soupravy JANO HVS-254 vedením vrtmistra pana Antonína. Během průzkumu bylo odvrtno celkem **105 bm**. Hloubení vrtů bylo provedeno technologií rotačního vrtání jednoduchou jádrovou TK korunkou o průměru 220, 156 a 137 mm. K zajištění vrtu během vrtání bylo použito technického pažení o průměru 178 mm. Vrtné práce provedli pracovníci firmy LT Geo s.r.o. Vrtné práce probíhaly v termínu od 14.2 do 15.2. 2022 a následně od 2.8 do 5.8 2022.

Jádrové hydrogeologické vrty byly odvrtny pomocí pásové vrtné soupravy Jano pod vedením vrtmistra pana Antonína. Během průzkumu bylo odvrtno celkem **36 bm**. Hloubení vrtů bylo provedeno technologií rotačního vrtání jednoduchou jádrovou TK korunkou o průměru 220 a 156 mm. K zajištění vrtu během vrtání bylo použito technického pažení o průměru 178 mm. Vrtné práce provedli pracovníci firmy LT Geo s.r.o. Vrtné práce probíhaly v termínu 14.2. a následně od 2.8 do 5.8 2022.

Vrty byly po dovrtní do konečné projektované hloubky vystrojeny PVC pažnicí DN 110 mm s hrdlovými spoji a perforací s šířkou štěrbiny 1,0 mm. Výstroj v úseku od perforované části po povrch terénu tvoří plnostěnná pažnice. Mezikruží perforované části bylo vyplněno kačírskem o velikosti zrna 4–8 mm. Nad perforovanou částí bylo mezikruží vyplněno bentonitovou směsí o mocnosti 1 m. Ústí vrtu bylo osazeno ocelovou chráničkou a výtyčkou. Podrobný popis vystrojení je obsažen v technické zprávě, která je součástí **přílohy 9**.

Vrtná jádra, uložená v plastových 3 přihrádkových bednách, byla po provedení prvotní dokumentace, odběru vzorků zemin řádně skartována vrtnou firmou. Pracoviště bylo uvedeno do původního stavu. Výnos jádra se převážně pohyboval kolem hodnoty 100 %. V průběhu vrtání byly zaznamenány úrovně naražených a ustálených hladin podzemní vody. Během vrtání byl po celou dobu na místě přítomen zodpovědný geolog, který upřesňoval vrtné práce a úrovně vzorkování zemin.

Technická zpráva o provedení vrtných prací, náčrty výstroje jednotlivých sond jsou součástí prvotní dokumentace a jsou uloženy v archivu naší společnosti. Geologická a fotografická dokumentace nově provedených vrtů je uvedena v **příloze 4**.

Vzorky zemin byly odebírány z jádrových vrtů tak, aby následně provedené laboratorní zkoušky zjistily všechny potřebné fyzikálně – mechanické vlastnosti jednotlivých zastižených typů zemin pro plánovanou stavbu. Odběry vzorků prováděl přítomný geolog. Výsledky laboratorních zkoušek jsou ve formě protokolů uvedeny v **příloze 6**. Laboratorní zkoušky mechaniky zemin byly provedeny v akreditované laboratoři firmy GEODRILL s.r.o. Chemické rozborů podzemních vod byly provedeny v akreditované laboratoři ALS Czech Republic s.r.o.

4.1.4 Dynamické penetrace

Sondy dynamické penetrace jsou navrženy pro stanovení geotechnických parametrů především nesoudržných zemin, upřesnění rozhraní jednotlivých vrstev geologického profilu a ověření možnosti beranění ocelových prvků.

Sondy dynamické penetrace budou provedeny mobilní soupravou ZDP 50x500, metodicky dle ČSN EN 22476-2. Při zkoušce je do zeminy zaráženo ocelové soutyčí o průměru 32 mm, opatřené kuželovým hrotem. K zarážení je použit beran o hmotnosti 50 kg a výškou pádu 50 cm. Principem zkoušky je měření počtu úderů, potřebných k zarážení hrotu o 10 cm. Při penetraci bude v intervalu 0.5 m měřen krouticí moment M_v (zaznamenávány budou 2 měření po $\frac{3}{4}$ otáčky, celkem bude soutyčí pootočeno o $1\frac{1}{2}$ otáčky). Potřebný počet úderů na vnik hrotu do normové hloubky 0.1 m je pouze orientačním údajem. Pro vyhodnocení geologického prostředí bude uvažováno s hodnotou měrného dynamického odporu q_d . Hodnoty N_{10} budou vyhodnoceny tak, aby udávaly jednotkový odpor na hrotu r_d a dynamický odpor na hrotu q_d . Hodnota r_d je odhadem zarážecí práce vykonané při penetraci zeminy. Další výpočet k získání

q_d pozměňuje hodnotu r_d tak, aby byla vzata do úvahy setrvačnost soutyčí a beranu po dopadu na kovadlinu. Vyhodnocení sond bude provedeno dle ČSN EN ISO 22476-2 kvalitativně formou vykreslení grafu o počtu úderů N_{10} a penetračního odporu q_d vůči normové hloubce.

4.1.5 Hydrodynamické zkoušky

Na hydrogeologických vrtech, o hloubce 6 m a celkovou metráží 36 bm, byla provedena 6 x hydrodynamická zkouška pro ověření odporových parametrů horninového prostředí (stanovení transmisivity a koeficientů hydraulické vodivosti). U pěti vystrojených HG vrtů byly provedeny ověřovací hydrodynamické zkoušky (HDZ), které spočívaly v provedení čerpací zkoušky (ČZ) a následně stoupací zkoušky (SZ).

Jejich vyhodnocení musí být v souladu s normou ČSN 75 9010. Zkoušky budou provedeny v hydrogeologických vrtech dle ČSN 75 9010.

Metodika a výsledky hydrodynamických zkoušek jsou podrobně uvedeny v kapitole 6.4.

4.2 Laboratorní a vzorkovací práce

Vzorky zemin byly odebírány z jádrových vrtů tak, aby následně provedené laboratorní zkoušky zjistily všechny potřebné fyzikálně – mechanické vlastnosti jednotlivých zastižených typů zemin pro plánovanou stavbu. Odběry vzorků prováděla osádka vrtné soupravy bezprostředně po jejich odvrtání podle pokynů přítomného zodpovědného geologa. Vzorkovací práce budou prováděny dle požadavků TP-76, ČSN EN 1997-2 a ČSN EN ISO 22475-1. Identifikace každého odebraného vzorku bude zajištěna štítkem. Bude zabráněno průniku vlhkosti ke štítku a jeho znehodnocení. Štítek bude obsahovat následující údaje: název projektu, číslo projektu, datum odběru vzorku, označení vrtu, hloubka odběru v m p. t., třída kvality a kategorie odběru vzorku, jméno vzorkaře, identifikace zhotovitele IGP.

Tabulka 3 – Přehled odběrů vzorků zemin pro stanovení fyzikálně-mechanických vlastností

Třída kvality vzorku zeminy a kategorie odběru vzorku (ČSN EN ISO 22475-1)	3B	3B	4B
Laboratorní označení vzorku	TV	PLP (PP)	P
Popis vzorku	technologický vzorek zeminy (se zachováním přírozené vlhkosti)	porušený vzorek zeminy (se zachováním přírozené vlhkosti zeminy)	porušený vzorek zeminy
Způsob odběru vzorku	odběr do PE pytle	odběr do PE sáčku	
Množství vzorku	15–50 kg (dle zrnitosti materiálu a rozsahu zkoušky)	do 5 kg (dle zrnitosti materiálu a rozsahu zkoušky)	
Projektovaný rozsah počtu vzorků (ks)	5	26	

Pro předběžné **zhodnocení možné kontaminace zemin** byly odebrány 2 ks vzorků zemin pro posouzení nutnosti uložení na skládku, nebo možnosti využití na povrchu terénu v rozsahu dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. a 383/2001 Sb., tabulek 2.1, 4.1, 10.1 a 10.2.

Vzorky podzemní byly odebrány z vrtů při naražení hladiny podzemní vody. Vzorky byly odebrány vzorkovačem do PE lahve o objemu 2 l a PE lahve o objemu 0.25 l se stabilizací práškovým mletým mramorem. Celkem bylo odebráno 4 ks vzorků podzemní a povrchové vody z vystrojených IG vrtů a z koryta Moravy. Dále byl proveden odběr 7 ks vzorků podzemní a povrchové vody z koryta Moravy pro stanovení základního fyzikálně-chemického rozboru a C10-C40.

Výsledky laboratorních zkoušek jsou ve formě protokolů uvedeny v **příloze 5**. Laboratorní zkoušky mechaniky zemin a chemické rozborů podzemních vod byly provedeny v akreditované laboratoři firmy GEODRILL s.r.o., a ALS Czech Republic s.r.o.

5 Vymezení a charakteristika geotechnických typů

Vymezení jednotlivých geotechnických typů, které mají obdobné mechanicko-fyzikální vlastnosti, bylo provedeno na základě makroskopického popisu vrtných jader, stratigrafického a genetického zařazení jednotlivých typů zemín, odebraných neporušených a porušených vzorků, které byly dále zkoušeny v akreditované laboratoři GEODRILL s.r.o.

Z geotechnického hlediska bylo v rámci této etapy průzkumu provedeno rozdělení geologického prostředí do 5 hlavních geotechnických typů (včetně navážek). Jednotlivé geotypy byly seřazeny především podle jejich genetického původu a zrnitostního složení, tj. antropogenní navážky (GT0), svrchní kulturní vrstvy (GT1), kvartérní sedimenty údolních niv a náplavy (GT2), kvartérní fluviální sedimenty a sedimenty údolních niv (GT3 a GT4), neogenní sedimenty (GT5). Přehled popsanych geotechnických typů v celém vyšetřovaném prostoru stavby je spolu s převodní tabulkou geotechnických typů přehledně uveden v následující **tabulce 4**.

V rámci IGP jsou uvedeny pouze výsledky zkoušek a z nich odvozené hodnoty. Tyto odvozené hodnoty geotechnických parametrů nebo součinitelů jsou získávány z výsledků zkoušek pomocí teorie, korelací nebo zkušenosti. Následně za definitivní výběr charakteristických hodnot již odpovídá zpracovatel zprávy o geotechnickém návrhu geotechnické konstrukce (projektant). Charakteristická hodnota geotechnického parametru se musí vybrat jako obezřetný odhad hodnoty ovlivňující výskyt mezního stavu. To je z toho důvodu, proč tyto hodnoty definuje projektant, protože mají přímou vazbu na relevantní typ mezního stavu. V souladu s výše uvedeným na závěr přehledu pro jednotlivé geotechnické typy uvádíme návrhové hodnoty geotechnických parametrů zemín a hornin z laboratorních a terénních zkoušek.

Tabulka 4 – Přehled geotechnických typů

Stratigrafické zařazení	Genetický původ zemín	Litologické složení	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-2	Označení geotypu
Recent	Antropogén	Navážky – zásypy SO a rekultivace infrastrukturních prvků	Y/F5 MI	–	GT0
Kvartér	Svrchní vrstvy	Humózní– hlíny s nízkou a střední plasticitou	F5 MI	Si	GT1
	Náplavové sedimenty – povrchová souvrství údolních niv	Hlíny a jíly, místy s písčitou příměsí, tuhé až měkké konzistence	F6 CI, F8 CH, F8 CV	siCI	GT2a
		Jíly vysoce plastické, místy s písčitou příměsí, tuhé až měkké konzistence	F8 CH, F8 CV	CI	GT2b
		Jíly písčité, místy vyvinuté na bázi souvrství	F4 CS	saCI, clSa	GT2c
	Fluviální sedimenty	Písky s příměsí jemnozrnných zemín a písky jílovité	S3 S-F, S4 SM, S5 SC	grSa, clSa, grclSa, Sa	GT3
		Šterky s příměsí jemnozrnné zeminy	G3 G-F	saGr	GT4
Neogén	Fluviální sladkovodní sedimenty	Jíly a hlíny s vysokým obsahem prachovité frakce	F5MI, F6 CI	Si	GT5

5.1 GT0 Antropogenní uloženiny

stratigrafie, geneze: recent, antropogén

výskyt a makroskopický popis: Navážky tvoří svrchní vrstvu zájmového území generelně v blízkosti zastavěného území. Můžeme je charakterizovat jako zásypy stavebních objektů nebo jako rekultivaci infrastrukturních prvků. V rámci průzkumu byly zastíženy pouze vrtem HP104 a penetrací DP7. Litologicky se jedná o hlinité navážky s úlomky různorodého antropogenního materiálu tuhé konzistence (beton, cihly, aj.). V případě DP7 se jedná o zhutněné jíly v rámci pravé hráze řeky Moravy. Dle normy ČSN 73 6133 jsou třídy Y/F5, resp. Y/F6–F8. V rámci navážek nebyl odebrán vzorek zeminy pro laboratorní zkoušky.

zatřídění dle ČSN 73 6133:	Y/F5, Y/F6-F8
zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-2:	grSi, saCl, Cl
znak skupiny dle ČSN 75 2410:	ML, CL
konzistence:	tuhá až pevná
propustnost:	—
těžitelnost dle ČSN 73 6133:	I
vrtatelnost dle ceníku 800-2:	I
namrzavost:	nebezpečně namrzavé
mocnost:	0,5 – 3,0 m

5.2 GT1 Svrchní vrstvy

stratigrafie, geneze: kvartér, náplavy, půdní horizont

výskyt a makroskopický popis: Svrchní vrstvy náplavových hlín tvoří nejsvrchnější vrstvu sedimentů v celé zkoumané oblasti v mocnosti 10–20 cm, ojediněle více. Jsou tvořeny jílovitou hlínou obsahující travní drn, zbytky rostlin, kořeny apod. Mají převážně tuhou konzistenci a dle normy ČSN 73 6133 je řadíme do třídy F5 MI. V rámci kulturních vrstev nebyl odebrán vzorek zeminy pro laboratorní zkoušky.

zatřídění dle ČSN 73 6133:	F5 MI
zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-2:	Si
znak skupiny dle ČSN 75 2410:	ML
vhodnost do AZ ČSN 73 6133:	nevhodné
vhodnost do NT ČSN 73 6133:	podmínečně vhodné
konzistence:	tuhá
propustnost:	—
těžitelnost dle ČSN 73 6133:	I
vrtatelnost dle ceníku 800-2:	I
namrzavost:	nebezpečně namrzavé
mocnost:	0,2 – 0,8 m

5.3 GT2 Kvartérní nivní sedimenty, povrchová souvrství údolních niv

5.3.1 GT2a Fluviální jíly – svrchní patro

stratigrafie, geneze: kvartér, náplavové sedimenty

výskyt a makroskopický popis: Tvoří svrchní a zároveň nejmladší vrstvu v rámci nivních sedimentů. Jejich výskyt je dán morfologicky a jsou vyvinuty v celé zkoumané oblasti. Litologicky se jedná o jíly se střední, vysokou až velmi vysokou plasticitou dle normy ČSN 73 6133 třídy F6 CI, resp. F8 CH a F8 CV. Jsou hnědošedé až šedé a mají tuhou až měkkou konzistenci (velmi vysoká hladina podzemní vody) a obsahují jemnozrnnou písčitou příměs. Ve vrstevním sledu nasedají na modrošedé vysoce plastické jíly, příp. písky a štěrky. V rámci těchto sedimentů bylo odebráno 6 vzorků pro laboratorní zkoušky.

zatřídění dle ČSN 73 6133:	F6 CI, F8 CH, F8 CV
zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-2:	siCl
znak skupiny dle ČSN 75 2410:	CH
vhodnost do AZ ČSN 73 6133:	nevhodné
vhodnost do NT ČSN 73 6133:	podmínečně vhodné (F6) až nevhodné (F8)
konzistence:	měkká až tuhá ($I_c=0,63 - 0,85$)
propustnost:	$1,63 \cdot 10^{-9} - 1,29 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
těžitelnost dle ČSN 73 6133:	I
vrtatelnost dle ceníku 800-2:	I
namrzavost:	nebezpečně namrzavé
mocnost:	2,2 až 3,8 m

Tabulka 5 – Základní statistické parametry fyzikálně-mechanických a geotechnických vlastností fluviálních jílu – svrchní patro

Parametr	Vlhkost w_n (%)	Index plasticity I_p (%)	Stupeň konzistence I_c (%)	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Pórovitost n (%)	Stupeň nasycení S_r (%)	Propustnost k (m/s)
Zatřídění dle ČSN 73 6133	F6 CI						
min.	31,2*	30*	0,63*	2,10	–	–	$1,29 \cdot 10^{-8*}$
max.	31,2*	30*	0,63*	2,10	–	–	$1,29 \cdot 10^{-8*}$
medián	31,2	30	0,63	2,10	–	–	$1,29 \cdot 10^{-8}$
průměr	31,2	30	0,63	2,10	–	–	$1,29 \cdot 10^{-8}$
počet vzorků	1	1	1	–	–	–	1
Parametr	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Modul deformace E_{def} (MPa)	Poissonovo číslo ν	Úhel vn. tření efektivní ϕ_{ef} (o)	Soudržnost efektivní c_{ef} (kPa)	Úhel vn. tření totální ϕ_u (o)	Soudržnost totální c_u (kPa)
min.	2,10	4	0,40	18	10	0	50
max.	2,10	5 ^P		18	10	0	54 ^P
medián	2,10	4,5		18	10	0	52
průměr	2,10	4,5		18	10	0	52

počet vzorků	–	–	–	–	–	–	–
Parametr	Vlhkost w_n (%)	Index plasticity I_p (%)	Stupeň konzistence I_c (%)	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Pórovitost n (%)	Stupeň nasycení S_r (%)	Propustnost k (m/s)
Zatřídění dle ČSN 73 6133	F8 CH, CV						
min.	24,8*	37*	0,77*	1,84*	–	–	$1,63 \cdot 10^{-9*}$
max.	37,5*	49*	0,85*	1,98*	–	–	$2,07 \cdot 10^{-8*}$
medián	28,7	39,5	0,79	1,92	–	–	$1,92 \cdot 10^{-9}$
průměr	29,5	40	0,77	1,92	–	–	$1,25 \cdot 10^{-9}$
počet vzorků	5	5	5	5	–	–	5
Parametr	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Modul deformace E_{def} (MPa)	Poissonovo číslo ν	Úhel vn. tření efektivní ϕ_{ef} (o)	Soudržnost efektivní c_{ef} (kPa)	Úhel vn. tření totální ϕ_u (o)	Soudržnost totální c_u (kPa)
min.	1,84*	3	0,42	14	4	0	40
max.	1,98*	4,4 ^P		14	6	0	46 ^P
medián	1,92	3,7		14	5	0	43
průměr	1,92	3,7		14	5	0	43
počet vzorků	5	–	–	–	–	–	–

Pozn.: hodnoty jsou navrženy dle odborného geotechnického odhadu

*hodnoty jsou dle výsledků lab. rozborů, ^P hodnoty z dynamických penetrací

5.3.2 GT2b Fluviální jíly – spodní patro

stratigrafie, geneze: kvartér, náplavové sedimenty

výskyt a makroskopický popis: Tvoří spodní vrstvu v rámci nivních sedimentů. Jejich výskyt je dán morfologicky a jsou vyvinuty v celé zkoumané oblasti. Litologicky se jedná o jíly s vysokou až velmi vysokou plasticitou dle normy ČSN 73 6133 třídy F8CH, resp. F8 CV. Mají tuhou konzistenci, ojediněle měkkou konzistenci (velmi vysoká hladina podzemní vody) a při bázi obsahují jemnozrnnou písčitou příměs. Ve vrstevním sledu nasedají na písky a šterky. V rámci těchto sedimentů bylo odebráno 5 vzorků pro laboratorní zkoušky.

zatřídění dle ČSN 73 6133:	F8 CH, F8 CV
zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-2:	CI
znak skupiny dle ČSN 75 2410:	CH
vhodnost do AZ ČSN 73 6133:	nevhodné
vhodnost do NT ČSN 73 6133:	nevhodné
konzistence:	měkká až tuhá ($I_c=0,66-0,81$)
propustnost:	$7,85 \cdot 10^{-10} - 1,12 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
těžitelnost dle ČSN 73 6133:	I
vrtatelnost dle ceníku 800-2:	I
namrzavost:	nebezpečně až vysoce namrzavé
mocnost:	0,4 až 1,3 m

Tabulka 6 – Základní statistické parametry fyzikálně-mechanických a geotechnických vlastností fluvialních jíly – spodní patro

Parametr	Vlhkost w_n (%)	Index plasticity I_p (%)	Stupeň konzistence I_c (%)	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Pórovitost n (%)	Stupeň nasycení S_r (%)	Propustnost k (m/s)
Zatřídění dle ČSN 73 6133	F8 CH, CV						
min.	29*	37*	0,66*	2,05	–	–	$7,85 \cdot 10^{-10}$ *
max.	42,6*	60*	0,81*	2,05	–	–	$1,19 \cdot 10^{-8}$ *
medián	39,8	50	0,69	2,05	–	–	$1,21 \cdot 10^{-9}$
průměr	38,66	49,4	0,72	2,05	–	–	$4,71 \cdot 10^{-9}$
počet vzorků	5	5	5	–	–	–	5
Parametr	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Modul deformace E_{def} (MPa)	Poissonovo číslo ν	Úhel vn. tření efektivní ϕ_{ef} (o)	Soudržnost efektivní c_{ef} (kPa)	Úhel vn. tření totální ϕ_u (o)	Soudržnost totální c_u (kPa)
min.	2,05	3	0,42	12	4	0	40
max.	2,05	4,6 ^P		14	6	0	48,3 ^P
medián	2,05	3,8		13	5	0	44
průměr	2,05	3,8		13	5	0	44
počet vzorků	–	–	–	–	–	–	–

Pozn.: hodnoty jsou navrženy dle odborného geotechnického odhadu

*hodnoty jsou dle výsledků lab. rozborů, ^P hodnoty z dynamických penetrací

5.3.3 GT2c Fluvialní jíly písčité – báze spodního patra

stratigrafie, geneze: kvartér, náplavové sedimenty

výskyt a makroskopický popis: Tvoří bázi spodní vrstvy v rámci nivních sedimentů. Nebyly zatíženy v celé zkoumané oblasti. Litologicky se jedná o jíly písčité dle normy ČSN 73 6133 třídy F4 CS. Mají tuhou až měkkou konzistenci. Ve vrstevním sledu nasedají na písky či šterky. V rámci těchto sedimentů byly odebrány 2 vzorky pro laboratorní zkoušky.

zatřídění dle ČSN 73 6133: F4 CS

zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-2: saCl, clSa

znak skupiny dle ČSN 75 2410: CS

vhodnost do AZ ČSN 73 6133: podmíněčně vhodné

vhodnost do NT ČSN 73 6133: podmíněčně vhodné

konzistence: měkká až tuhá ($I_c=0,35-0,78$)

propustnost: $4,72 \cdot 10^{-7} - 2,31 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

těžitelnost dle ČSN 73 6133: I

vrtatelnost dle ceníku 800-2: I

namrzavost: nebezpečně namrzavé až namrzavé

mocnost: 0,3 až 1,5 m

Tabulka 7 - Základní statistické parametry fyzikálně-mechanických a geotechnických vlastností fluvialních písčitých jíílů – báze spodního patra

Parametr	Vlhkost w_n (%)	Index plasticity I_p (%)	Stupeň konzistence I_c (%)	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Pórovitost n (%)	Stupeň nasycení S_r (%)	Propustnost k (m/s)
Zatřídění dle ČSN 73 6133	F4 CS						
min.	23,2*	13*	0,35*	1,85	—	—	$4,72 \cdot 10^{-7*}$
max.	25,5*	37*	0,78*	1,85	—	—	$2,30 \cdot 10^{-6*}$
medián	24,3	25	0,56	1,85	—	—	$1,38 \cdot 10^{-6}$
průměr	24,3	25	0,56	1,85	—	—	$1,38 \cdot 10^{-6}$
počet vzorků	2	2	2	—	—	—	—
Parametr	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Modul deformace E_{def} (MPa)	Poissonovo číslo ν	Úhel vn. tření efektivní ϕ_{ef} (o)	Soudržnost efektivní c_{ef} (kPa)	Úhel vn. tření totální ϕ_u (o)	Soudržnost totální c_u (kPa)
min.	1,85	3	0,35	22	10	0	$49,5^P$
max.	1,85	5		23	12	0	50
medián	1,85	4		22,5	11	0	50
průměr	1,85	4		22,5	11	0	50
počet vzorků	—	—	—	—	—	—	—

Pozn.: hodnoty jsou navrženy dle odborného geotechnického odhadu

*hodnoty jsou dle výsledků lab. rozborů, ^P hodnoty z dynamických penetrací

5.3.4 GT3 Fluvialní písky

stratigrafie, geneze: kvartér, sedimenty říčních teras

výskyt a makroskopický popis: Jejich výskyt je vázán na terasový stupeň meandrů řeky Moravy. Průzkumem byl písčitý horizont ověřen téměř všemi vrty. Litologicky se jedná o písek s příměsí jemnozrnné zeminy až písek hlinitý a jílovitý dle normy ČSN 73 6133 třídy S3 S-F, S4 SM a S5 SC. Písek je slídnatý, jemnozrnný a zvodnělý až tekutý. V rámci fluvialních písků bylo odebráno 12 vzorků zemin pro laboratorní zkoušky.

zatřídění dle ČSN 73 6133:	S3 S-F, S4 SM, S5 SC
zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-2:	grSa, clSa, grclSa, Sa
znak skupiny dle ČSN 75 2410:	SP, SM, SC
vhodnost do AZ ČSN 73 6133:	podmínečně vhodné
vhodnost do NT ČSN 73 6133:	podmínečně vhodné až vhodné
ulehlost:	středně ulehlé
propustnost:	$8,28 \cdot 10^{-6} - 1,03 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
těžitelnost dle ČSN 73 6133:	I
vrtatelnost dle ceníku 800-2:	I
namrzavost:	nenamrzavé až mírně namrzavé
mocnost:	0,7 až 2,0 m

Tabulka 8 – Základní statistické parametry fyzikálně-mechanických a geotechnických vlastností fluvialních písků

Parametr	Vlhkost w_n (%)	Index plasticity I_p (%)	Ulehlost	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Pórovitost n (%)	Stupeň nasycení S_r (%)	Propustnost k (m/s)
Zatřídění dle ČSN 73 6133	S3 S-F						
min.	10,7*	5*	–	1,75	–	–	$4,41 \cdot 10^{-5*}$
max.	22,1*	5*	–	1,75	–	–	$1,03 \cdot 10^{-4*}$
medián	19,6	5	–	1,75	–	–	$2,19 \cdot 10^{-5}$
průměr	17,5	5	–	1,75	–	–	$3,09 \cdot 10^{-5}$
počet vzorků	9	1	–	–	–	–	9
Parametr	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Modul deformace E_{def} (MPa)	Poissonovo číslo ν	Úhel vn. tření efektivní ϕ_{ef} (o)	Soudržnost efektivní c_{ef} (kPa)	Úhel vn. tření totální ϕ_u (o)	Soudržnost totální c_u (kPa)
min.	1,75	14,4 ^P	0,30	28,3 ^P	0	–	–
max.	1,75	23,7 ^P		31,5 ^P	0	–	–
medián	1,75	19		29,9	0	–	–
průměr	1,75	19		29,9	0	–	–
počet vzorků	–	–	–	–	–	–	–
Parametr	Vlhkost w_n (%)	Index plasticity I_p (%)	Ulehlost	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Pórovitost n (%)	Stupeň nasycení S_r (%)	Propustnost k (m/s)
Zatřídění dle ČSN 73 6133	S4 SM, S5 SC						
min.	9,6*	16*	–	1,80	–	–	$8,28 \cdot 10^{-6*}$
max.	26,4*	16*	–	1,85	–	–	$4,21 \cdot 10^{-5*}$
medián	22	16	–	1,825	–	–	$1,65 \cdot 10^{-5}$
průměr	19,3	16	–	1,825	–	–	$2,23 \cdot 10^{-5}$
počet vzorků	3	1	–	–	–	–	3
Parametr	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Modul deformace E_{def} (MPa)	Poissonovo číslo ν	Úhel vn. tření efektivní ϕ_{ef} (o)	Soudržnost efektivní c_{ef} (kPa)	Úhel vn. tření totální ϕ_u (o)	Soudržnost totální c_u (kPa)
min.	1,80	8	0,30–0,35	27	5	–	–
max.	1,85	12		29	8	–	–
medián	1,825	10		28	5	–	–
průměr	1,825	10		28	6	–	–
počet vzorků	–	–	–	–	–	–	–

Pozn.: hodnoty jsou navrženy dle odborného geotechnického odhadu

*hodnoty jsou dle výsledků lab. rozborů, ^P hodnoty z dynamických penetrací

S ohledem na kolísání hladiny podzemní vody je nutno u objemových hmotností uvažovat u písčitéch vrstev s nadloží vodou.

5.3.5 GT4 Fluviální štěrky

stratigrafie, geneze: kvartér, sedimenty říčních teras

výskyt a makroskopický popis: Jejich výskyt je vázán na terasový stupeň meandrů řeky Moravy. Štěrky jsou zvodnělé se středně zrnitou písčitou příměsí a valouny velikosti 0,5–5 cm. Valouny jsou převážně tvořeny křemenem a drobou. Dle normy ČSN 73 6133 odpovídají třídě G3 G-F. V rámci fluviálních štěrků byly odebrány 2 vzorky zemin pro laboratorní zkoušky.

zatřídění dle ČSN 73 6133:	G3 G-F
zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-2:	saGr
znak skupiny dle ČSN 75 2410:	GM (GP)
vhodnost do AZ ČSN 73 6133:	vhodné
vhodnost do NT ČSN 73 6133:	vhodné
ulehlost:	středně ulehlé
propustnost:	$3,75 \cdot 10^{-4} - 5,78 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
těžitelnost dle ČSN 73 6133:	I
vrtatelnost dle ceníku 800-2:	II
namrzavost:	nenamrzavé
mocnost:	1,0 až 2,0 m

Tabulka 9 – Základní statistické parametry fyzikálně-mechanických a geotechnických vlastností fluviálních štěrků

Parametr	Vlhkost w_n (%)	Index plasticity I_p (%)	Ulehlost	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Pórovitost n (%)	Stupeň nasycení S_r (%)	Propustnost k (m/s)
Zatřídění dle ČSN 73 6133	G3 G-F						
min.	9,3*	–	–	1,9	–	–	$3,75 \cdot 10^{-4*}$
max.	13,4*	–	–	1,9	–	–	$5,78 \cdot 10^{-4*}$
medián	11,3	–	–	1,9	–	–	$4,77 \cdot 10^{-4}$
průměr	11,3	–	–	1,9	–	–	$4,77 \cdot 10^{-4}$
počet vzorků	2	–	–	–	–	–	2
Parametr	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Modul deformace E_{def} (MPa)	Poissonovo číslo ν	Úhel vn. tření efektivní ϕ_{ef} (o)	Soudržnost efektivní c_{ef} (kPa)	Úhel vn. tření totální ϕ_u (o)	Soudržnost totální c_u (kPa)
min.	1,9	90	0,25	32	0	–	–
max.	1,9	90		36	0	–	–
medián	1,9	90		34	0	–	–
průměr	1,9	90		34	0	–	–
počet vzorků	–	–	–	–	–	–	–

Pozn.: hodnoty jsou navrženy dle odborného geotechnického odhadu

*hodnoty jsou dle výsledků lab. rozborů, ^P hodnoty z dynamických penetrací

S ohledem na kolísání hladiny podzemní vody je nutno u objemových hmotností uvažovat u štěrkovitých vrstev s nadloží vodou.

5.4 GT5 Neogenní sedimenty

5.4.1 GT5 Neogenní jíly a hlíny

stratigrafie, geneze: neogén, fluvialní sedimenty

výskyt a makroskopický popis: Tvoří nepropustnou bázi geologických profilů od hloubky 7,7 až 8,2 m do > 10,0 m. Charakterem jsou to šedé prachovité vápnité jíly až hlíny, tuhé, hlouběji pevné konzistence. V rámci jílu a hlín byly odebrány 2 vzorky zeminy pro laboratorní zkoušky.

Pozn: Z důvodu vysokého obsahu prachovitých částic spadají dle křivky zrnitosti uvedené zeminy na hranu mezi jílovité (třída F6) a prachovité zeminy (třída F5). Hranice mezi zkoušenými vzorky hlín ($I_p=12\%$) a jílu ($I_p=18\%$) je dle indexu plasticity $I_p=17\%$.

zatřídění dle ČSN 73 6133:	F5 MI, F6 CI
zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-2:	Si
znak skupiny dle ČSN 75 2410:	CL
vhodnost do AZ ČSN 73 6133:	nevhodné
vhodnost do NT ČSN 73 6133:	podmínečně vhodné až nevhodné
konzistence:	tuhá ($I_c=0,51-0,68$)
propustnost:	$6,71 \cdot 10^{-9} - 1,12 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
těžitelnost dle ČSN 73 6133:	I
vrtatelnost dle ceníku 800-2:	I
namrzavost:	vysoce namrzavé
mocnost:	> 2,3 m

Tabulka 10 – Základní statistické parametry fyzikálně-mechanických a geotechnických vlastností neogenních jílu

Parametr	Vlhkost w_n (%)	Index plasticity I_p (%)	Stupeň konzistence I_c (%)	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Pórovitost n (%)	Stupeň nasycení S_r (%)	Propustnost k (m/s)
Zatřídění dle ČSN 73 6133	F5 MI, F6 CI						
min.	31,9*	12*	0,51*	2,0	–	–	$6,71 \cdot 10^{-9*}$
max.	33,9*	18*	0,68*	2,1	–	–	$1,12 \cdot 10^{-8*}$
medián	31,9	15	0,59	2,05	–	–	$8,93 \cdot 10^{-9}$
průměr	33,9	15	0,59	2,05	–	–	$8,93 \cdot 10^{-9}$
počet vzorků	2	2	2	–	–	–	–
Parametr	Objemová hmotnost (Mg.m-3)	Modul deformace E_{def} (MPa)	Poissonovo číslo ν	Úhel vn. tření efektivní ϕ_{ef} (o)	Soudržnost efektivní c_{ef} (kPa)	Úhel vn. tření totální ϕ_u (o)	Soudržnost totální c_u (kPa)
min.	2,0	3	0,40	18	8	0	40
max.	2,1	5		20	12	0	60
medián	2,05	4		19	10	0	50
průměr	2,05	4		19	10	0	50
počet vzorků	–	–	–	–	–	–	–

Pozn.: hodnoty jsou navrženy dle odborného geotechnického odhadu

*hodnoty jsou dle výsledků lab. rozborů, ^p hodnoty z dynamických penetrací

6 Vyhodnocení laboratorních zkoušek

Úkolem laboratorních a terénních zkoušek je zjistit mechanicky významné charakteristiky zemin, které leží v prostoru přístaviště v Hodoníně. Veškeré laboratorní a terénní zkoušky byly prováděny podle používaných norem nebo podle uznávaných metodik a postupů.

6.1 Laboratorní zkoušky

V průběhu vrtných prací byly v zájmovém území pro účely geotechnického průzkumu odebrány následující vzorky, které jsou rozděleny dle ČSN EN ISO 22475-1:

- 29 porušených vzorků zemin (P/PLP) – kategorie B, třída 3 a 4 (odebíraných do PE sáčků),
- 2 porušených vzorků zemin (P/PLP) – kategorie B, třída 4 (odebíraných do PE sáčků) pro stanovení kontaminace zemin v rozsahu dle platných právních předpisů dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. (dle tab. 2.1. 4.1, 10.1, 10.2),
- z 4 průzkumných vrtů byly odebrány vzorky podzemní vody (V) pro zjištění její agresivity na základové betony dle ČSN EN 206+A2,
- z 6 průzkumných vrtů a řeky Moravy byly dynamicky odebrány vzorky podzemní a povrchové vody (V) pro zjištění hodnot ZFCHR a C₁₀–C₄₀.

V akreditované laboratoři mechaniky zemin a hornin GEODRILL s.r.o. byly u všech vzorků zemin zjištěny parametry pro zařazení zemin dle normy ČSN EN ISO 14688-2 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin – Část 2: Zásady pro zařizování a ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací.

Na porušených (P) vzorcích byly provedeny běžné indexové zkoušky platné pro porušené vzorky (především to byla zrnitost, vlhkost a Atterbergovy meze).

Rozsah zkoušek byl stanoven zpracovatelem průzkumu v souladu se schváleným nabídkovým projektem IGP, detailní metodiky jednotlivých zkoušek byly upřesněny v součinnosti s odbornými laboratořemi. Souhrnné výsledky vybraných laboratorních zkoušek uvádíme v tabulce společně se symbolem pro zastižený geotechnický typ. Výsledky laboratorních zkoušek jsou ve formě protokolů uvedeny v **příloze 6**.

6.2 Výsledky laboratorních zkoušek zemin a jejich vyhodnocení

Během vrtných prací proběhlo odebrání porušených a neporušených vzorků zemin a hornin z průzkumných sond. Jejich následné zpracování a provedení proběhlo v akreditované laboratoři. Přehled odebraných vzorků zemin a některé jejich výsledky jsou uvedeny v **tabulce 10**. Kompletní výsledky laboratorních zkoušek jsou součástí **přílohy 6**.

Tabulka 11 – Přehled odebraných vzorků zemin

Sonda	Hloubka odběru (m)	Druh vzorku	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-2	Název zeminy dle ČSN 73 6133
JV1	1,8–2,0	P	F4 CS	saCl	Jíl písčité
JV1	4,5–4,8	P	S3 S-F	grSa	Písek s příměsí jemnozrnné zeminy
JV4	0,5–1,5	P	F8 CH	saCl	Jíl s vysokou plasticitou
JV4	7,5–8,0	P	G3 G-F	saGr	Štěrka s příměsí jemnozrnné zeminy
JV4	9,0–9,3	P	F6 CI	Si	Jíl s nízkou plasticitou
JV5	1,5–2,5	P	F8 CH	saCl	Jíl s vysokou plasticitou
JV5	2,7–3,0	P	F4 CS	clSa	Jíl písčité
JV5	4,7–5,0	P	S3 S-F	Sa	Písek s příměsí jemnozrnné zeminy
JV7	2,0–2,5	P	F8 CH	saCl	Jíl s vysokou plasticitou
JV7	4,5–5,0	P	S3 S-F	grSa	Písek s příměsí jemnozrnné zeminy
JV8	0,5–1,5	P	F8 CV	Cl	Jíl s velmi vysokou plasticitou
JV8	4,5–5,0	P	S3 S-F	Sa	Písek s příměsí jemnozrnné zeminy
JV8	9,5–10,0	P	F5 MI	Si	Hlína se střední plasticitou
JV9	2,0–2,5	P	F8 CV	Cl	Jíl s velmi vysokou plasticitou
JV9	4,0–4,5	P	S3 S-F	Sa	Písek s příměsí jemnozrnné zeminy
JV14	0,5–2,0	T	F8 CH	Cl	Jíl s vysokou plasticitou
JV14	4,7–5,0	P	S5 SC	clSa	Písek jílovitý
JV17	2,4–2,6	P	F8 CV	Cl	Jíl s velmi vysokou plasticitou
JV17	4,0–4,2	P	S4 SM	clSa	Písek hlinitý
JV18	3,4–3,6	P	F8 CV	Cl	Jíl s velmi vysokou plasticitou
JV18	4,4–4,6	P	S3 S-F	Sa	Písek s příměsí jemnozrnné zeminy
JV18	8,7–9,0	P	S4 SM	grclSa	Písek hlinitý
HP1	4,0–4,5	P	S3 S-F	Sa	Písek s příměsí jemnozrnné zeminy
HP2	1,0–2,0	P	F8 CH	siCl	Jíl s vysokou plasticitou
HP2	5,6–6,0	P	S3 S-F	grSa	Písek s příměsí jemnozrnné zeminy
HP3	5,0–5,5	P	G3 G-F	saGr	Štěrka s příměsí jemnozrnné zeminy
HP4	4,0–4,2	P	F8 CV	saCl	Jíl s velmi vysokou plasticitou
HP5	2,4–2,6	P	F6 CI	Cl	Jíl se střední plasticitou
HP6	4,0–4,5	P	S3 S-F	Sa	Písek s příměsí jemnozrnné zeminy

6.2.1 Laboratorní zkoušky zemin

V rámci IGP byly provedeny zkoušky na porušených vzorcích. Byly stanoveny Atterbergovy meze, index plasticity, vlhkost a dle zrnitostního rozboru došlo k zařazení zemin dle ČSN 73 6133 a dle ČSN EN ISO 14688-2. V **tabulce 12** jsou přehledně uvedeny vybrané fyzikální parametry z nově provedených sond.

Tabulka 12 – Přehled vybraných fyzikálních parametrů odebraných vzorků

Sonda	G–typ	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Vlhkost zeminy w (%)	Propustnost k (m/s ⁻¹)	Objemová hmotnost zeminy ρ (Mg/m ³)	Stupeň konzistence I_c	Vhodnost do násypu	Vhodnost do podloží
JV1	GT2c	F4 CS	23,2	4,72E-07	–	0,78	PV	PV
JV1	GT3	S3 S-F	12,3	4,41E-05	–	–	V	PV
JV4	GT2a	F8 CH	26,6	8,34E-09	1,95	0,85	N	N
JV4	GT4	G3 G-F	9,2	5,78E-04	–	–	V	V
JV4	GT5	F6 CI	33,9	1,12E-08	–	0,51	PV	N
JV5	GT2c	F8 CH	24,8	2,08E-08	1,92	0,8	N	N
JV5	GT2c	F4 CS	25,5	2,31E-06	–	0,35	PV	PV
JV5	GT3	S3 S-F	20,3	1,20E-05	–	–	V	PV
JV7	GT2b	F8 CH	29	1,19E-08	–	0,73	N	N

Sonda	G–typ	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Vlhkost zeminy w (%)	Propustnost k (m/s ⁻¹)	Objemová hmotnost zeminy ρ (Mg/m ³)	Stupeň konzistence I_c	Vhodnost do násypu	Vhodnost do podloží
JV7	GT3	S3 S-F	21,7	1,97E-05	–	–	V	PV
JV8	GT2a	F8 CV	37,5	1,63E-09	1,91	0,77	N	N
JV8	GT3	S3 S-F	16,9	2,39E-05	–	–	V	PV
JV8	GT5	F5 MI	31,9	6,72E-09	–	0,68	PV	N
JV9	GT2b	F8 CV	33,5	7,85E-10	–	0,81	N	N
JV9	GT3	S3 S-F	19,6	2,00E-05	–	–	V	PV
JV14	GT2a	F8 CH	29,7	1,12E-08	1,84	0,78	N	N
JV14	GT3	S5 SC	26,4	1,65E-05	–	–	PV	PV
JV17	GT2b	F8 CV	42,6	1,21E-09	–	0,69	N	N
JV17	GT3	S4 SM	22	8,28E-06	–	–	PV	PV
JV18	GT2b	F8 CV	39,8	1,11E-09	–	0,69	N	N
JV18	GT3	S3 S-F	19,9	1,23E-05	–	–	V	PV
JV18	GT3	S4 SM	9,6	4,21E-05	–	–	PV	PV
HP1	GT3	S3 S-F	22,1	2,73E-05	–	–	V	PV
HP2	GT2a	F8 CH	27,7	1,26E-08	1,98	0,82	N	N
HP2	GT3	S3 S-F	10,7	1,03E-04	–	–	V	PV
HP3	GT4	G3 G-F	13,4	3,75E-04	–	–	V	V
HP4	GT2b	F8 CV	48,4	8,57E-09	–	0,66	N	N
HP5	GT2a	F6 CI	31,2	1,29E-08	–	0,63	PV	N
HP6	GT3	S3 S-F	14,4	1,59E-05	–	–	V	PV

6.2.2 Technologické zkoušky PS, CBR a IBI

V rámci průzkumu bylo odebráno celkem 5 ks vzorků zemín pro zjištění zhutnitelnosti. Pro stanovení vhodnosti zastižených zemín pro podloží vozovky byly na technologických vzorcích provedeny zkoušky Proctor Standard, CBR, CBR_{sat} a okamžitý poměr únosnosti IBI. Zjištěné hodnoty jsou uvedeny v **tabulce 13**. Protokoly jsou uvedeny v **příloze č. 6**.

Odkoušené vzorky zeminy geotypu GT2a (fluviální jíly s vysokou až velmi vysokou plasticitou) představují nevhodné zeminy k přímému použití do násypů a nevhodné zeminy pro použití do podloží komunikace bez úpravy. Vlhkost v přirozeném uložení u zemín geotypu GT2a je 24,8–37,5 %.

Tabulka 13 – Přehled výsledků technologických rozborů bez úpravy pojivem

Sonda	Hloubka odběru vzorku (m)	G–typ	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Maximální objemová hmotnost $\rho_{d,max}$ (kg.m ⁻³)	Optimální vlhkost w_{opt} (%)	Poměr únosnosti CBR _{sat} 5.0 (%)	Poměr únosnosti IBI 5.0 (%)	Namrzavost dle ČSN 73 6133*	Vhodnost do podloží vozovky dle ČSN 73 6133*
HP2	1,0–2,0	GT2a	F8 CH	1700	17,0	2,5	9	VN	N
JV4	0,5–1,5	GT2a	F8 CH	1610	18,0	2,0	5	VN	N
JV5	1,5–2,5	GT2a	F8 CH	1650	17,0	5,5	10	VN	N
JV8	0,5–1,5	GT2a	F8 CV	1630	17,0	2,5	5,5	VN	N

Sonda	Hloubka odběru vzorku (m)	G-typ	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Maximální objemová hmotnost $\rho_{d,max}$ (kg.m ⁻³)	Optimální vlhkost w_{opt} (%)	Poměr únosnosti CBR _{sat} 5.0 (%)	Poměr únosnosti IBI 5.0 (%)	Namrzavost dle ČSN 73 6133*	Vhodnost do podloží vozovky dle ČSN 73 6133*
JV14	0,5–2,0	GT2a	F8 CH	1580	17,0	1,5	11	VN	N

*Pozn.:

N nevhodná

VN vysoce namrzavá

Do aktivní zóny komunikace a do násypu nesmí být podle ČSN 73 6133 bez úpravy použity zeminy, pokud vlhkost na mezi tekutosti $w_L > 50\%$, stupeň konzistence $I_c < 0,5$ nebo maximální suchá objemová hmotnost $\rho_{d,max}PS > 1500 \text{ kg.m}^{-3}$ $\rho_{d,max}PS$ (pro násyp), $> 1600 \text{ kg.m}^{-3}$ (pro aktivní zónu). Obsah organických látek nebyl vyšší než 6 % a nedocházelo k objemovým změnám (prosedavosti/bobtnavosti) vyšším než 3 %. Dále pak zeminy v aktivní zóně komunikace by měly splňovat požadavek na minimální poměr únosnosti $CBR_{sat} > 15\%$ pro typ podloží PIII, 30 % pro typ podloží PII a 50 % pro typ podloží PI. Pro použití v rámci aktivní zóny se dále bez úpravy nedoporučuje zemina, která je nebezpečně namrzavá. Pokud materiál, se kterým se uvažovalo do aktivní zóny komunikace nesplňuje některé z výše uvedených kritérií, musí se zemina z aktivní zóny odstranit nebo upravit.

Odzkoušené vzorky zeminy geotypu GT2a (fluvialní jíly s vysokou a s velmi vysokou plasticitou, třídy F8 CH a F8 CV) představují nevhodné zeminy k přímému použití do násypů a nevhodné zeminy pro použití do podloží komunikace bez úpravy. Optimální vlhkost se pohybovala u zemín geotypu GT2a v rozmezí 17–19 %. Zeminy bude nutné před jejich použitím odvlhčit na hodnotu optimální vlhkosti dle laboratorních rozborů.

Zeminy geotypu GT2a náleží dle strukturního složení do skupiny podloží PIII, které by měly splňovat požadavek na minimální $CBR > 15\%$. Ze zjištěných hodnot poměru únosnosti CBR vyplývá, že zeminy geotypu GT2a nelze ponechat v zóně bez úpravy. Tento požadavek nesplňuje žádný z odzkoušených vzorků. V případě použití těchto zemín pro stavbu násypu a výskytu v podloží násypu by tyto zeminy měly splňovat požadavek na minimální hodnotu $IBI > 10\%$ při použití do násypu a $IBI > 5\%$ v případě podloží. Požadavku $IBI > 5\%$ vyhovují odzkoušené vzorky ze všech zkoušených vrtů. Naopak požadavek $IBI > 10\%$ splňují pouze vzorky z vrtů JV5 a JV14.

6.2.3 Technologické zkoušky na upravených zeminách

V rámci průzkumu byly odzkoušeny 2 vzorky zeminy pro zjištění nejúčinnějšího způsobu zlepšení. Pro technologické vzorky byla, dle typu zeminy, zvolena receptura v poměru 1 % až 3 % CaO. Protokoly a postupy zkoušek s grafickým znázorněním jsou v **příloze č. 6**. Zjištěné hodnoty jsou v níže uvedené **tabulce 14**.

Tabulka 14 – Přehled výsledků technologických rozborů s aditivem

Sonda	Hloubka odběru vzorku (m)	G–typ	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Úprava vzorků aditivem	Maximální objemová hmotnost $\rho_{d,max}$ (kg.m ³)	Optimální vlhkost w_{opt} (%)	Poměr únosnosti CBR _{sat} 5.0 (%)	Poměr únosnosti IBI 5.0 (%)	Namrzavost dle ČSN 73 6133 *	Vhodnost do podloží vozovky dle ČSN 73 6133 *
HP2	1,0–2,0	GT2a	F8 CH	–	1700	17,0	2,5	9	VN	N
				1 %	1670	17,0	22	10		
				1,5 %	1660	18,0	35	14		
				2 %	1640	19,0	35	19		
JV5	1,5-2,5	GT2a	F8 CH	–	1650	17,0	5,5	10	VN	N
				1 %	1610	17,0	24	14		
				2 %	1600	18,0	35	15		
				2,5 %	1580	19,0	45	16		

*Pozn.:

N nevhodná

VN vysoce namrzavá

Dosažené hodnoty poměru CBR byly vztaženy k požadavku uvedenému v ČSN 73 6133, tabulka 8, kdy $CBR_{sat} = \min. 15 \%$. Již po přidání 1,0 % pojiva vzorky geotypu GT2a vyhovují požadavkům pro podloží PIII ($CBR_{sat} \min. 15 \%$). Po přidání 1,5 % a 2 % pojiva splňují i požadavky pro podloží PII ($CBR_{sat} \min. 30 \%$). Výsledky zkoušek IBI nejsou relevantní z důvodu absence násypových těles v zájmovém území. Přesto jsou součástí laboratorních výsledků a jsou uvedeny v **tabulce 14**. Pouze vzorky z vrtů JV5 a JV14 splňují požadavky pro použití zemin bez úpravy pro použití do násypu ($IBI = \min. 10 \%$) dle ČSN 73 6133. Všechny vzorky splnily podmínky pro použití do podloží násypu bez úpravy ($IBI = \min. 5 \%$) dle ČSN 73 6133. Po přidání pojiva splnily podmínky pro použití do násypů všechny ze zkoumaných vzorků.

Upozorňujeme, že laboratorní zkoušky provedené v rámci průzkumných prací nenahrazují průkazní zkoušky pro úpravu zeminy pojivy do násypů a aktivní zóny dle TP 94 (příp. ČSN EN 14227-15, ČSN EN 16907-4).

V rámci tohoto průzkumu byl proveden návrh úpravy zemin, se kterými je uvažováno pro použití v rámci stavby. Tento návrh byl stanoven na základě orientačních průkazních zkoušek na technologických vzorcích. Je však nutné počítat s tím, že v průběhu realizace stavby, obvykle před zahájením stavebních prací v dané lokalitě, je nutné provést podrobné ověření výsledku orientačních průkazních zkoušek, a to s ohledem na druh použitého pojiva a technologii provádění úpravy. Pro ověření návrhu úpravy při realizaci stavby se požaduje dle TP 94 použití stejného pojiva, jaké bylo použito při orientačních průkazních zkouškách. Pokud se zhotovitel stavby rozhodne použít jiné pojivo, než se kterým byly prováděny orientační průkazní zkoušky,

je povinen provést průkazní zkoušky pro nově navrhované pojivo v plném rozsahu. Změnu pojiva může zhotovitel provést pouze v odůvodněném případě. Změnu pojiva musí odsouhlasit a povolit pouze správce stavby.

6.2.4 Stanovení kontaminace zemin

Stanovení kontaminace zemin v rozsahu dle platných právních předpisů dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. dle tab. 2.1, 4.1, 10.1, 10.2.

Na vzorcích odebraných z vrtů JV4 a JV17 byly provedeny chemické analýzy sušiny a výluhu dle Vyhlášky 294/2005 – odpad – výluh – tab. 2.1, 10.2 sl. I a II. a Vyhlášky 294/2005 – odpad – sušina – tab. 4.1, 10.1.

Výsledky laboratorních rozborů byly hodnoceny dle Metodického pokynu Ministerstva životního prostředí ČR Indikátory znečištění z 1/2014, dále vyhlášky č. 294/2005 Sb., v platném znění o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu. Podrobně jsou výsledky rozborů, dle výše zmíněných legislativ, uvedeny v **příloze 6**.

6.2.5 Zhodnocení kvality zemin dle Vyhlášky č. 294/2005 Sb.

Sušina, tab. 4.1: hodnocením dle Vyhlášky č. 294/2005 Sb. nebylo u žádného z analyzovaných vzorků zjištěno překročení limitních hodnot.

Sušina, tab. 10.1: hodnocením dle Vyhlášky č. 294/2005 Sb. zjištěno překročení limitních hodnot u ukazatele As ve vrtu JV4. Přehledně je uvedeno v **tabulce 15**.

Výluh, tab. 2.1: hodnocením dle Vyhlášky č. 294/2005 Sb. bylo zjištěno překročení limitních hodnot u ukazatele RL sušené 105° ve vrtu JV4 a JV17. Přehledně je uvedeno v **tabulce 15**.

Výluh, tab. 10.2: hodnocením dle Vyhlášky č. 294/2005 Sb. nebylo u žádného z analyzovaných vzorků zjištěno překročení limitních hodnot.

Tabulka 15 – Přehled překročených limitních hodnot dle Vyhlášky č. 294/2005 Sb.

Indikátor znečištění	Jednotka	JV4	JV17	Vyhláška č. 294/2005 Sb. Výluh I tab. 2.1 (referenční hodnoty)
RL sušené (105°)	mg/l	3610	4380	400
As	mg/l	0,0038	0,0011	0,05
Sb	mg/l	<0,0010	<0,0010	0,006
Ni	mg/l	0,0057	0,0033	0,04
Pb	mg/l	0,0024	<0,0010	0,05
Zn	mg/l	0,731	<0,0010	0,4
Ba	mg/l	0,0329	0,0168	2
Cr	mg/l	0,0074	0,0034	0,05
Indikátor znečištění	Jednotka	JV4	JV17	Vyhláška č. 294/2005 Sb. Sušina tab. 10.1 (referenční hodnoty)
As	mg/kg suš	18,9	5,41	10
Cr	mg/kg suš	32	37,7	200
Ni	mg/kg suš	27,1	30,7	80
Pb	mg/kg suš	9,7	13	100

Pozn: červeně jsou zvýrazněny překročené limity hodnot znečištění

6.3 Výsledky laboratorních zkoušek kapalného prostředí

6.3.1 Agresivita kapalného prostředí

Z vybraných průzkumných vrtů byly odebrány vzorky podzemních vod a povrchové vody z koryta toku k chemickým rozborům pro stanovení druhu a stupně agresivity kapalného prostředí vůči betonu dle ČSN EN 206+A2. V **tabulce 16** je uvedeno zhodnocení agresivity kapalného prostředí jednotlivých vzorků podzemní vody podle příslušné normy s uvedením koncentrace obsahu agresivní složky. Podrobné výsledky laboratorních zkoušek agresivity podzemní vody vůči betonovým konstrukcím jsou uvedeny v **příloze 6**.

Tabulka 16 – Posouzení agresivity podzemní a povrchové vody ČSN EN 206+A2

Sonda	Hloubka (m)	Dotováno z prostředí	pH	CO ₂ agr.	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺ (amoniak a amonné ionty)	SO ₄ ²⁻ (sírany)	Agresivita prostředí dle ČSN EN 206+A2
				mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
JV2	1,0	Fluviální sedimenty	7,29	5,0	11,7	0,497	61,2	Není agresivní
JV9	0,7	Fluviální sedimenty	7,28	26,2	10,2	0,398	29,8	XA1
JV18	0,3	Fluviální sedimenty	8,11	0	10,9	0,868	70,4	Není agresivní
Morava	0,0	Řeka	8,02	0	6,25	0,098	26,4	Není agresivní

Pozn: červeně jsou zvýrazněny překročené limity hodnot agresivity

Z odebraných vzorků vody vykazuje slabou agresivitu vůči betonu vzorek odebraný z vrtu JV9. Zvýšená hodnota byla zjištěna u parametru CO₂ agresivní. Ostatní vzorky podzemní a povrchové vody nevykazují agresivitu vůči betonovým konstrukcím.

Tabulka 17 – Posouzení agresivity podzemní a povrchové vody ČSN 03 8375

Sonda	Hloubka (m)	Dotováno z prostředí	Vodivost	pH	SO ₃ + Cl (suma síranů a chloridů)	CO ₂ agr.	Agresivita prostředí dle ČSN 03 8375
			μS/cm		mg/l	mg/l	
JV2	1,0	Fluviální sedimenty	543	7,29	104	5,0	IV.
JV9	0,7	Fluviální sedimenty	469	7,28	67,2	26,2	IV.
JV18	0,3	Fluviální sedimenty	647	8,11	119	0	IV.
Morava	0,1	Řeka	355	8,02	45,1	0	III.

Pozn: červeně jsou zvýrazněny překročené limity hodnot agresivity

Vysokou agresivitu (stupeň III.) vůči ocelovým konstrukcím vykazuje vzorek povrchové vody z řeky Moravy. Všechny ostatní odebrané vzorky podzemní vody vykazují velmi vysokou agresivitu (stupeň IV.) vůči ocelovým konstrukcím.

6.3.2 Stanovení kvality podzemní a povrchové vody

Pro určení základních parametrů podzemní vody byly z nových hydrogeologických pozorovacích vrtů a řeky Moravy odebrány vzorky podzemní a povrchové vody. Odebráno bylo celkem 7 ks dynamických vzorků podzemní vody. Všechny odebrané vzorky vody byly

podrobeny chemickým analýzám v hydrochemické zkušební ALS Czech Republic, s.r.o., v rozsahu: ZFCHR (základní fyzikálně chemický rozbor) a C₁₀–C₄₀.

Výsledky laboratorních rozborů podzemní vody byly hodnoceny dle Metodického pokynu Ministerstva životního prostředí ČR Indikátory znečištění z 1/2014, ve kterém jsou stanoveny limitní hodnoty pro jednotlivé chemické ukazatele, jejichž výsledná koncentrace může poukazovat na případné antropogenní znečištění podzemní vody. Výsledky chemismu podzemní vody byly dále porovnány s referenčními hodnotami, které jsou stanoveny vyhláškou č. 5/2011 Sb., „o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod“. Referenční hodnoty jsou koncentrace znečišťující látky nebo ukazatele znečištění v podzemních vodách, jejíž překročení indikuje vliv lidské činnosti a zhoršenou jakost těchto vod. Laboratorně zjištěné obsahy sledovaných parametrů ve vodách z HG vrtů jsou uvedeny v **tabulce 19**.

Geochemický typ vod

Určení typu vody vychází z převládajících iontů vyjádřených jako součin molární koncentrace iontu a jeho náboje – **czi**, kde **c** je molární koncentrace iontu, **z** je jeho náboj a **i** je označení iontu. U jednomocných iontů je výpočet proveden z jeho molární koncentrace, u dvojmocných iontů je do výpočtu zahrnut součin jeho molární koncentrace a náboje (2×), shodně i u vícemocných iontů. Při výpočtu se uvažují kationty jako 100 % a anionty 100 %. Pro hodnocení podzemní vody byla použita hranice 25 %. Typ vody je přehledně uveden v **tabulce 18**.

Tabulka 18 – Přehled geotechnického typu vod

Objekt	Kationty	Anionty	Typ vody
HP1	Ca-Na	HCO ₃ ⁻	Ca-Na-HCO ₃ ⁻
HP2	Ca	HCO ₃ ⁻	Ca-HCO ₃ ⁻
HP3	Ca	HCO ₃ ⁻	Ca-HCO ₃ ⁻
HP4	Ca	HCO ₃ ⁻	Ca-HCO ₃ ⁻
HP5	Ca-Na	HCO ₃ ⁻	Ca-Na-HCO ₃ ⁻
HP6	Ca-Na	HCO ₃ ⁻	Ca-Na-HCO ₃ ⁻
Morava	Ca	HCO ₃ ⁻	Ca-HCO ₃ ⁻

Z fyzikálně-chemických rozborů podzemní vody z hydrogeologických vrtů je zřejmé, že analyzovaná podzemní voda v rámci projektovaného přístavu je podle zastoupení hlavních iontů hydrochemického typu Ca-HCO₃⁻ a Ca-Na-HCO₃⁻ (hranice je 25 mval%).

Podle obsahu vápníku a hořčíku lze označit podzemní vodu jako středně tvrdou (1,76 – 2,12 mmol/l) pro HP1, HP2, HP5 a HP6 a tvrdou (2,87 mmol/l) pro HP3 a velmi tvrdou (6,68 mmol/l) pro HP4.

Podle obsahu vápníku a hořčíku lze označit povrchovou vodu jako měkkou až středně tvrdou (1,26 mmol/l) pro vzorek z řeky Moravy. Limitní hodnota mezi měkkou a středně tvrdou vodou je 1,25 mmol/l.

Tabulka 19 – Fyzikálně-chemické parametry rozboru podzemní a povrchové vody

	jednotka	HP1	HP2	HP3	HP4	HP5	HP6	Morava	MP MŽP 1/2014 (indikátory znečištění)	Vyhláška č.5/2011 Sb. (referenční hodnoty)
tvrdost	mmol/l	1,76	2,12	2,87	6,68	1,98	2,07	1,26		
CHSK-Mn	mg/l	4,18	8,09	49,2	32,7	12,4	14,2	2,98		3
CO ₂ agresivní	mg/l	0,33	0	3,18	0	0	0	0		
CO ₂ celkový	mg/l	147	174	219	542	168	157	80,7		
CO ₂ volný	mg/l	8,80	7,79	27,6	45,7	9,37	6,25	0		
RL sušené (105 °C)	mg/l	345	369	438	974	345	377	207		
amoniak a amonné ionty jako NH ₄	mg/l	3,03	0,988	0,493	0,206	1,61	0,833	0,102		0,5
chloridy	mg/l	33,6	36	60,8	84,8	41,4	36,2	22,3		200
dusitany	mg/l	0,0902	<0,0050	<0,0050	0,0130	0,104	<0,0050	0,0719	1,6	0,5
dusičnany	mg/l	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	13,6		50
fluoridy	mg/l	<0,200	0,239	0,320	0,310	<0,200	0,311	<0,200	0,62	1,5
hydrogenuličitany (HCO ₃ ⁻)	mg/l	192	230	265	688	220	209	112		
orthofosforečnany	mg/l	0,266	0,155	<0,040	<0,040	0,671	<0,040	0,178		
sírany jako SO ₄ (2-)	mg/l	41,6	41,6	57,6	158	37,1	62,8	31,2		400
uhličitany (CO ₃ 2-)	mg/l	0	0	0	0	0	0	0		
elektrická konduktivita (25 °C)	mS/m	49,6	55,3	73,6	158	55,1	56,8	35,4		
hodnota pH		7,67	7,71	7,09	7,30	7,63	7,85	8,04		
>C10-C40 frakce	µg/l	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	248	<50,0	0,5	100
Ca	mg/l	55,5	65,5	87,8	205	63,1	65,1	40,4		
Fe	mg/l	0,0094	2,30	0,0033	0,0028	0,0039	0,643	0,0152	11	
K	mg/l	3,12	3,23	2,51	0,791	4,79	3,84	3,40		
Mg	mg/l	9,25	11,7	16,5	37,9	9,79	10,9	6,26		
Mn	mg/l	1,74	1,60	3,71	6,84	2,07	1,24	0,0168	0,32	0,05
Na	mg/l	24,1	24,1	27,6	76,5	27,6	28,6	14,8		200

Z výsledků laboratorních rozborů odebrané vody z vrtů dle „MP MŽP ČR Indikátory znečištění“ bylo zjištěno překročení limitních hodnot v obsahu **C10-C40** u vrtu HP6 a limitních hodnot v obsahu **Mn** ve vrtech HP1, HP2, HP3, HP4, HP5 a HP6, což indikuje možné antropogenní znečištění podzemní vody.

Hodnocením dle vyhlášky č. 5/2011 Sb. bylo zjištěno překročení stanovených limitních hodnot u parametru **CHSK-Mn** a **Mn** u vrtů HP1, HP2, HP3, HP4, HP5 a HP6 a zvýšené hodnoty parametru **amoniak a amonné ionty jako NH₄** u vrtu HP1, HP2, HP5 a HP6 indikující zhoršenou kvalitu podzemní vody. Dále bylo zjištěno překročení limitních hodnot v obsahu **C10-C40** u vrtu HP6.

6.4 Hydrodynamické zkoušky

6.4.1 Metodika

Pro ověření odporových parametrů horninového prostředí (stanovení transmisivity a koeficientů hydraulické vodivosti) byly u 6 vystrojených HG vrtů provedeny ověřovací hydrodynamické zkoušky. Na průzkumných vrtech HP1, HP2, HP3, HP4, HP5 a HP6 byly realizovány čerpací a stoupací zkoušky.

Zkoušky byly provedeny metodou neustáleného proudění s konstantní vydatností. K čerpací zkoušce bylo použito čerpadlo Grundfos SQ. Změny hladiny podzemní vody při čerpání a následné stoupací zkoušce byly měřeny pomocí instalovaného samozápisného čidla Solinst levelogger a kontrolně ověřováno pomocí ručního elektrokontaktního hladinoměru G30 NPK Europe Mfg. Čerpané množství bylo kontrolováno objemovým měřením do kalibrované nádoby o objemu 12 l. Základní údaje o vrtech na kterých byly provedeny ČZ a SZ shrnuje **tabulka 20**. Kompletní výsledky hydrogeologického průzkumu jsou uvedeny v **příloze č. 7**.

Tabulka 20 – Přehled parametrů hydrodynamických zkoušek

Čerpaný objekt	Datum	hloubka (m)	O.B. (m)	Výstroj, průměr (mm)	HPV (m od O.B.)
HP1	12.9.2022	4,78	0,75	Plast, 110 mm	0,92
HP2	12.9.2022	4,0	0,8	Plast, 125 mm	0,59
HP3	4.3.2022	3,8	0,6	Plast, 125 mm	0,52
HP4	4.3.2022	4,05	0,55	Plast, 125 mm	1,17
HP5	12.9.2022	4,2	0,7	Plast, 125 mm	0,5
HP6	12.9.2022	4,2	0,8	Plast, 125 mm	0,48

6.4.2 Výsledky HDZ

Hydrodynamické zkoušky (čerpací a stoupací) byly provedeny za účelem ověření hydraulických parametrů horninového prostředí. Zkoušky byly navrženy a proběhly v režimu, který umožňuje zkoumat okolí nejbližších metrů kolem čerpaného vrtu, což je vhodné pro účely mapování hydrogeologických parametrů v heterogenním prostředí.

Charakteristické údaje čerpacích a stoupacích zkoušek shrnuje **tabulka 21**, Grafické znázornění průběhu zkoušek ve formě grafů tvoří jsou přiloženy v závěru kapitoly.

Tabulka 21 – Charakteristické údaje hydrodynamických zkoušek

Objekt	ČZ/SZ [hod:min]	Q [l.s ⁻¹]	HPV [m p.t.]			Snížení [m]	Nástup [m]	Rozdíl h ₁ -h ₃ [m]
			h ₁	h ₂	h ₃			
HP1	0:31 / 1:42	Ø 0,02	0,92	1,89	0,98	0,97	0,91	-0,059
HP2	0:20 / 0:38	Ø 0,018	0,56	1,14	0,63	0,58	0,51	-0,07
HP3	0:50 / 1:30	Ø 0,034	0,52	2,12	0,636	1,6	1,484	-0,116
HP4	0:22 / 0:43	Ø 0,032	1,17	3,1	1,19	1,93	1,91	-0,02
HP5	0:26 / 0:10	Ø 0,123	0,5	1,26	0,48	0,76	0,78	0,02
HP6	0:29 / 0:57	Ø 0,068	0,58	1,09	0,59	0,51	0,5	-0,01

h_1 ... hladina na začátku ČZ

h_2 ... hladina na konci ČZ a začátku SZ

h_3 ... hladina na konci SZ

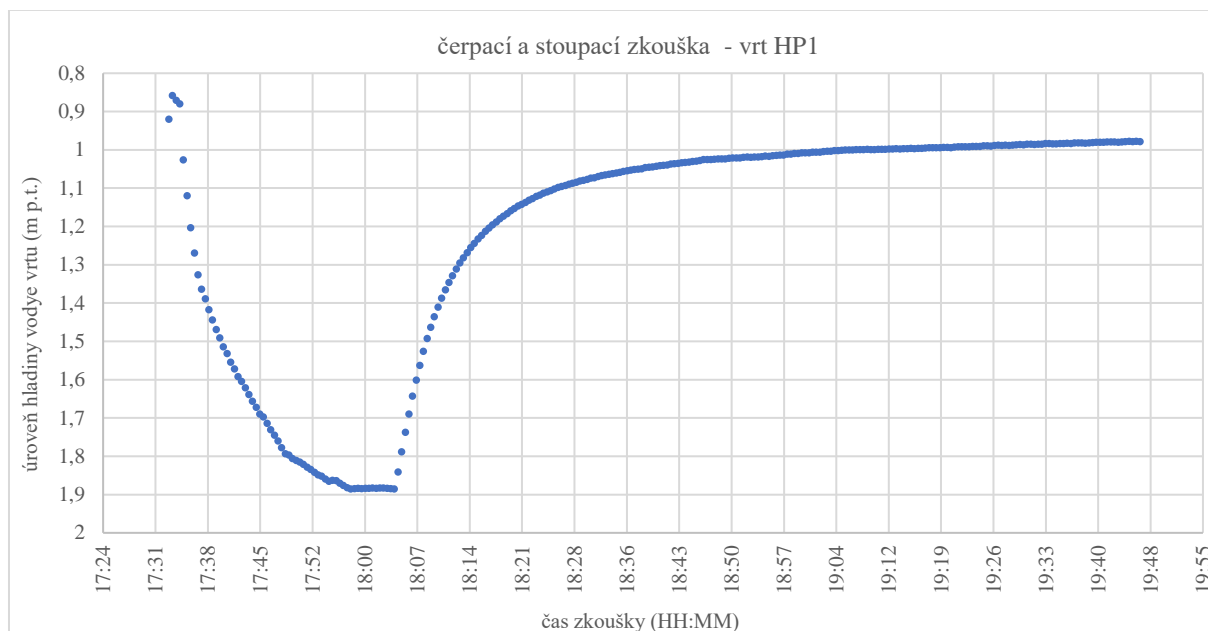
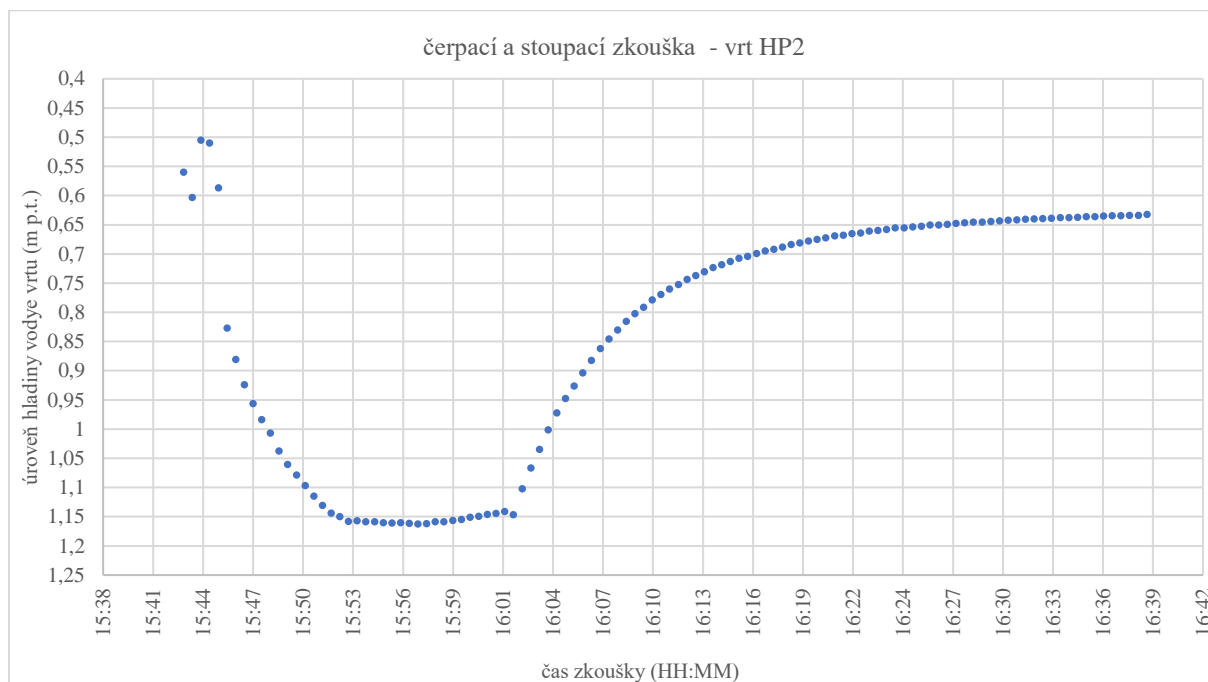
Získaná data byla vyhodnocena metodou dle Jacoba, založenou na logaritmické interpolaci dat středního úseku stoupací zkoušky. Byly zjištěny hodnoty transmisivity T a filtračního součinitele k_f . Výsledky výpočtů jsou souhrnně uvedeny v následující **tabulce 22**.

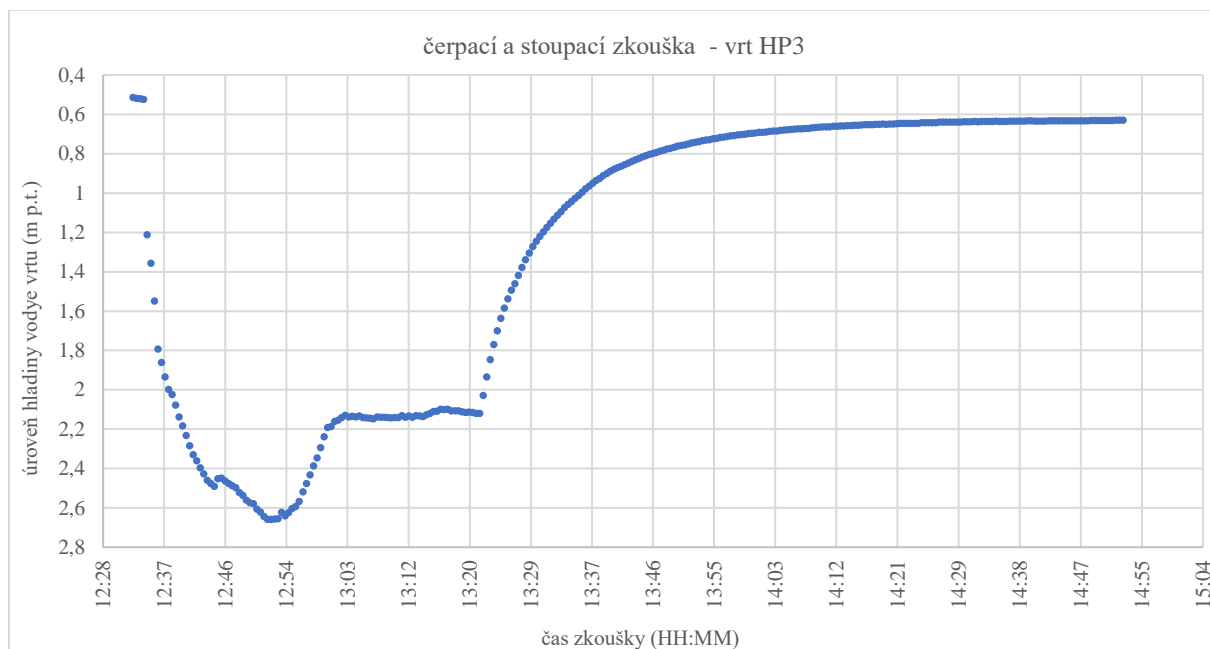
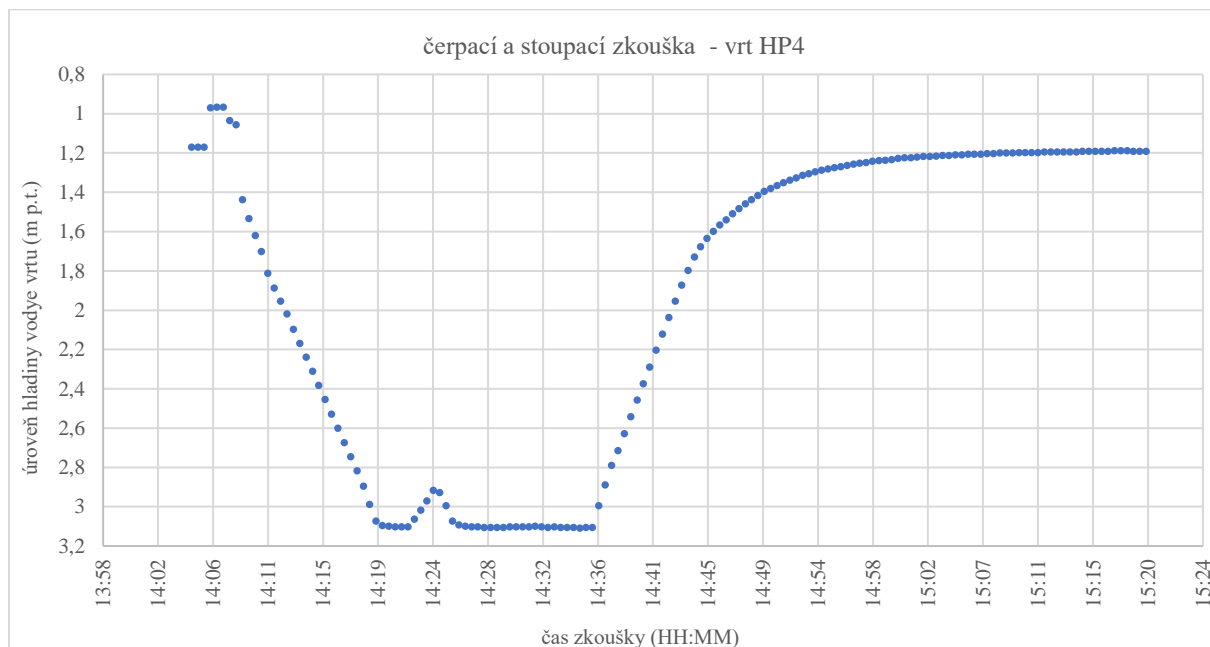
Tabulka 22 – Zjištěné parametry zvodněného horninového prostředí

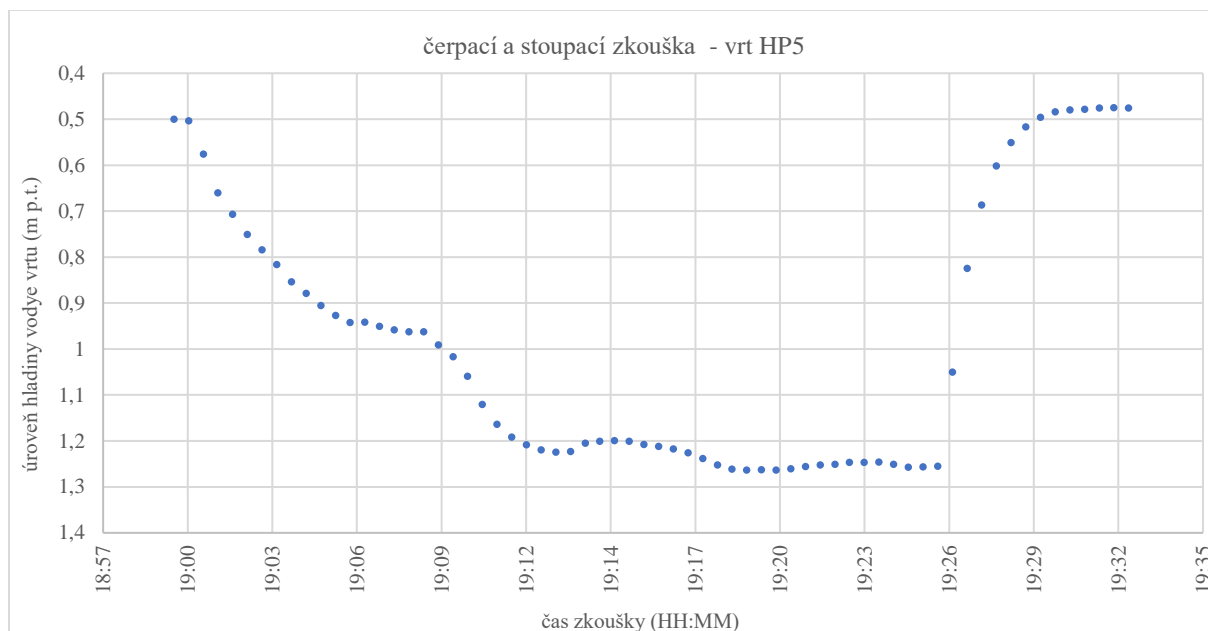
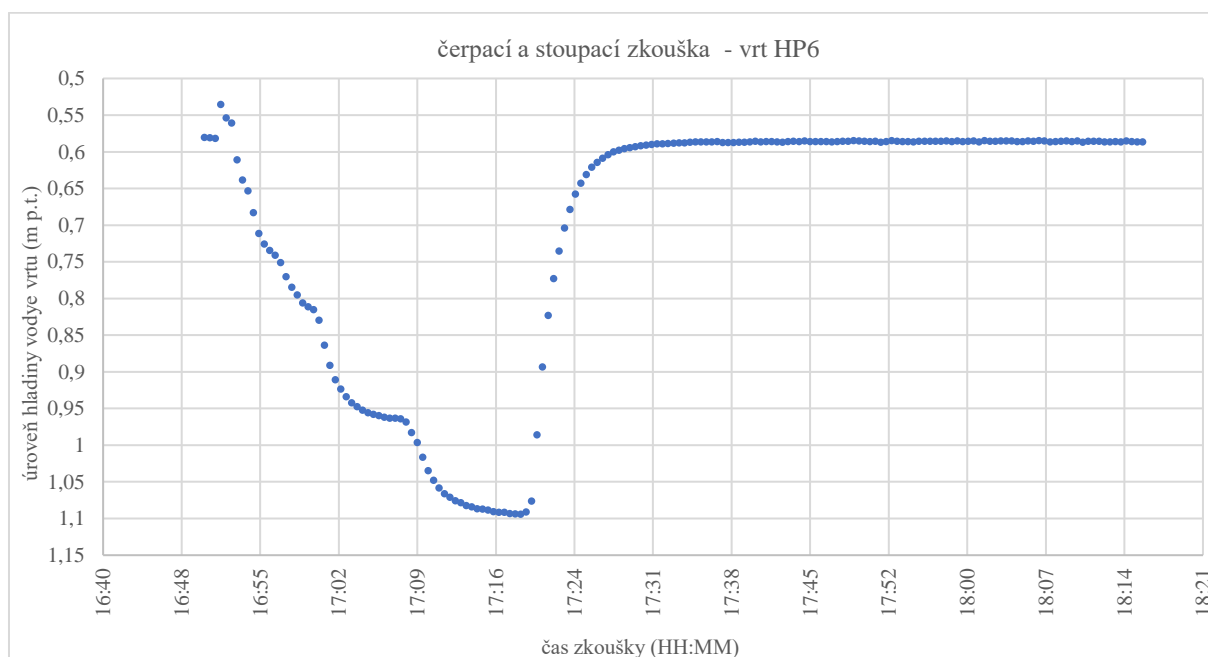
Objekt	Součinitel transmisivity T [m ² /s ⁻¹]	Klasifikace transmisivity dle Krásného (1986)		Filtrační součinitel k_f [m/s ⁻¹]	Klasifikace propustnosti dle Jetela (1973)
		Označení	Třída		
HP1	$4,79 \cdot 10^{-6}$	velmi nízká	V	$1,59 \cdot 10^{-6}$	dosti slabě propustné
HP2	$5,7 \cdot 10^{-6}$	velmi nízká	V	$1,90 \cdot 10^{-6}$	dosti slabě propustné
HP3	$5,78 \cdot 10^{-6}$	velmi nízká	V	$1,44 \cdot 10^{-6}$	dosti slabě propustné
HP4	$2,66 \cdot 10^{-6}$	velmi nízká	V	$1,06 \cdot 10^{-6}$	dosti slabě propustné
HP5	$2,89 \cdot 10^{-5}$	nízká	IV	$9,65 \cdot 10^{-6}$	mírně propustné
HP6	$1,67 \cdot 10^{-5}$	nízká	IV	$5,57 \cdot 10^{-6}$	dosti slabě propustné

U testovaných vrtů HP1 až HP6 byl z čerpací a stoupací zkoušky zjištěn filtrační součinitel k_f charakterizující rychlost proudění podzemí vody v průlinovém prostředí kvartérních fluviálních sedimentů (nivní zahliněné písky, zahliněné štěrky), který nabývá hodnoty $1,06 \cdot 10^{-6}$ m·s⁻¹ až $9,65 \cdot 10^{-6}$ m/s. Dle klasifikace propustnosti prostředí dle Jetela (1973) charakterizuje prostředí dosti slabě až mírně propustné. Zjištěný součinitel transmisivity T nabývá hodnoty od $2,66 \cdot 10^{-6}$ až $2,89 \cdot 10^{-5}$ m²/s, což dle klasifikace Krásného (1986) odpovídá velmi nízké až nízké transmisivitě.

Níže jsou zobrazeny grafy průběhů HDZ ve vrtech HP1–HP6.

Graf 1 – Průběh hydrodynamické zkoušky na vrtu HP1

Graf 2 – Průběh hydrodynamické zkoušky na vrtu HP2


Graf 3 – Průběh hydrodynamické zkoušky na vrtu HP3

Graf 4 – Průběh hydrodynamické zkoušky na vrtu HP4


Graf 5 – Průběh hydrodynamické zkoušky na vrtu HP5

Graf 6 – Průběh hydrodynamické zkoušky na vrtu HP6


6.5 Vyhodnocení dat ČHMÚ

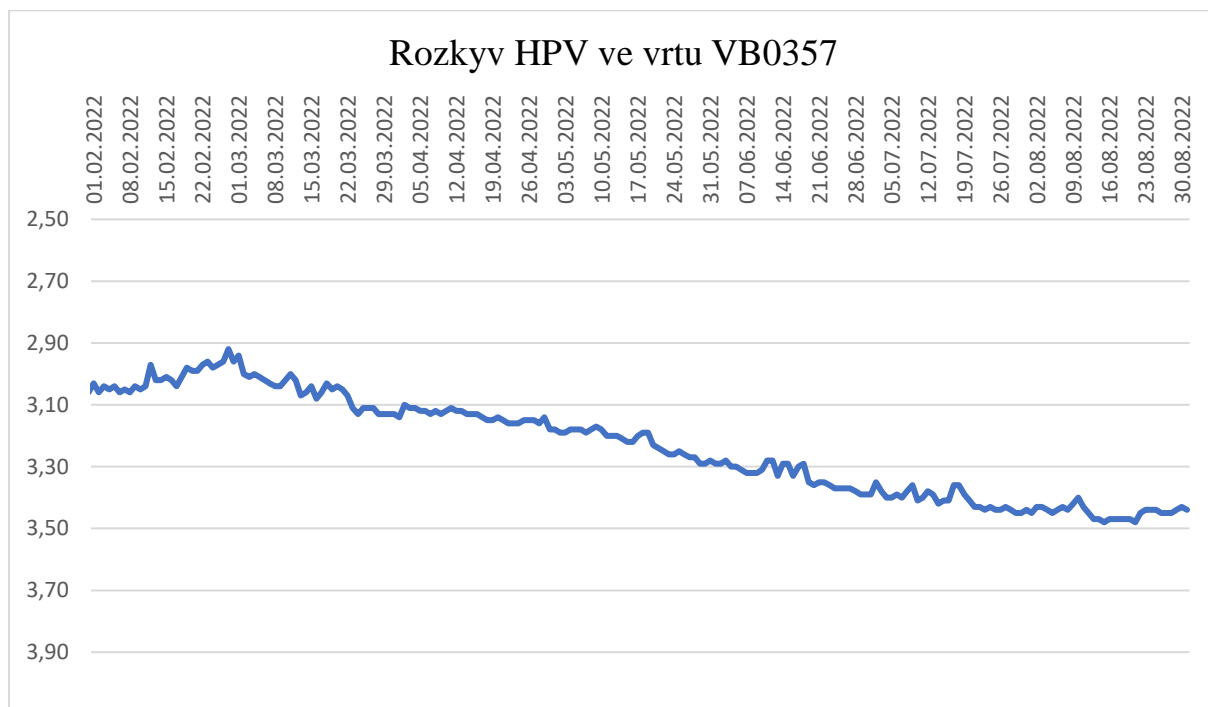
Součástí průzkumu bylo také hodnocení hladin podzemní vody z měření ČHMÚ prováděné v daném území. Pro hodnocení byly využity data ČHMÚ v okolí (vrt VB0357), a to za období 03/2021–08/2022. Získaná data byla zpracována formou měsíčních dat rozkvy hladin včetně srovnání s dlouhodobým normálem. V dalším grafu jsou pro přehlednost znázorněna naměřená data z nově vystrojených HG vrtů.

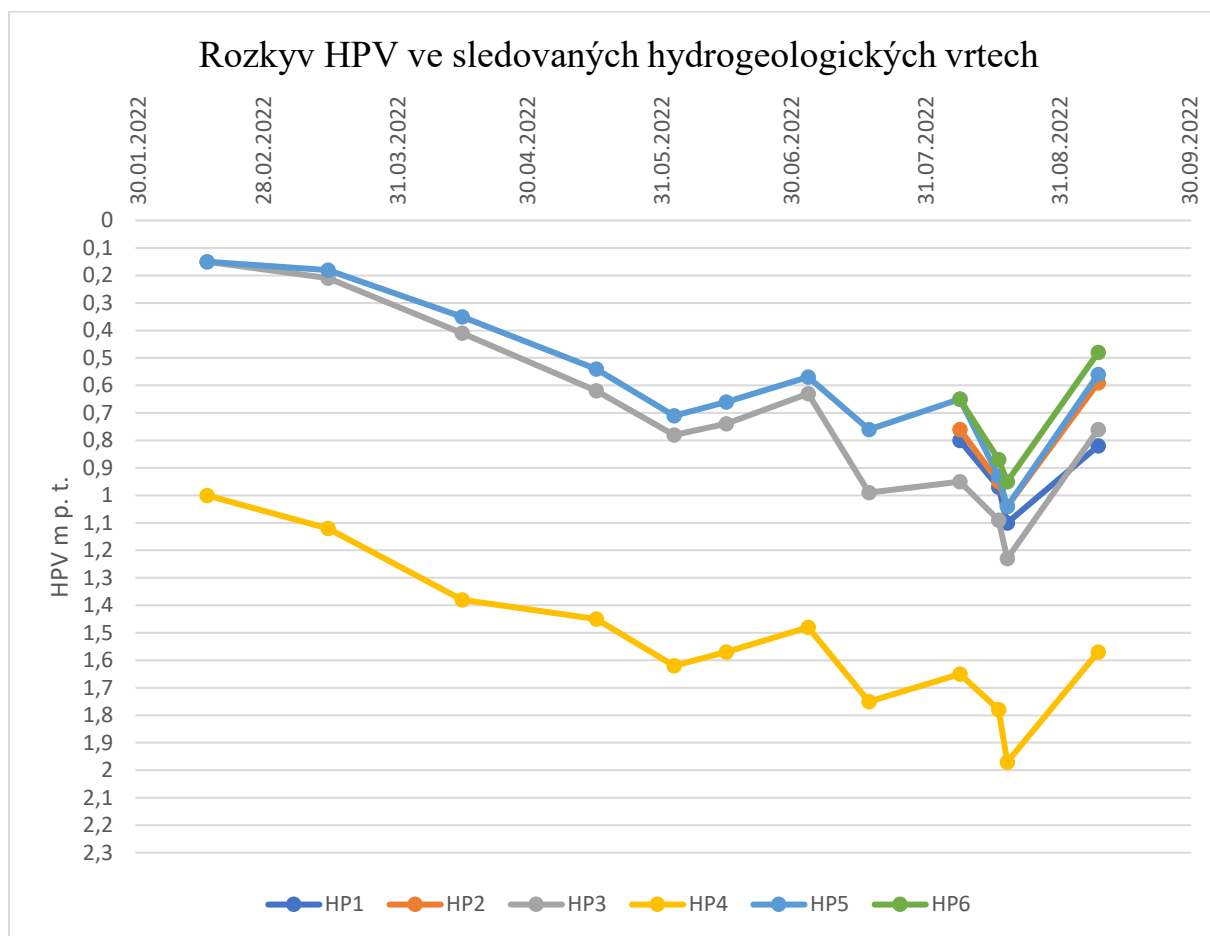
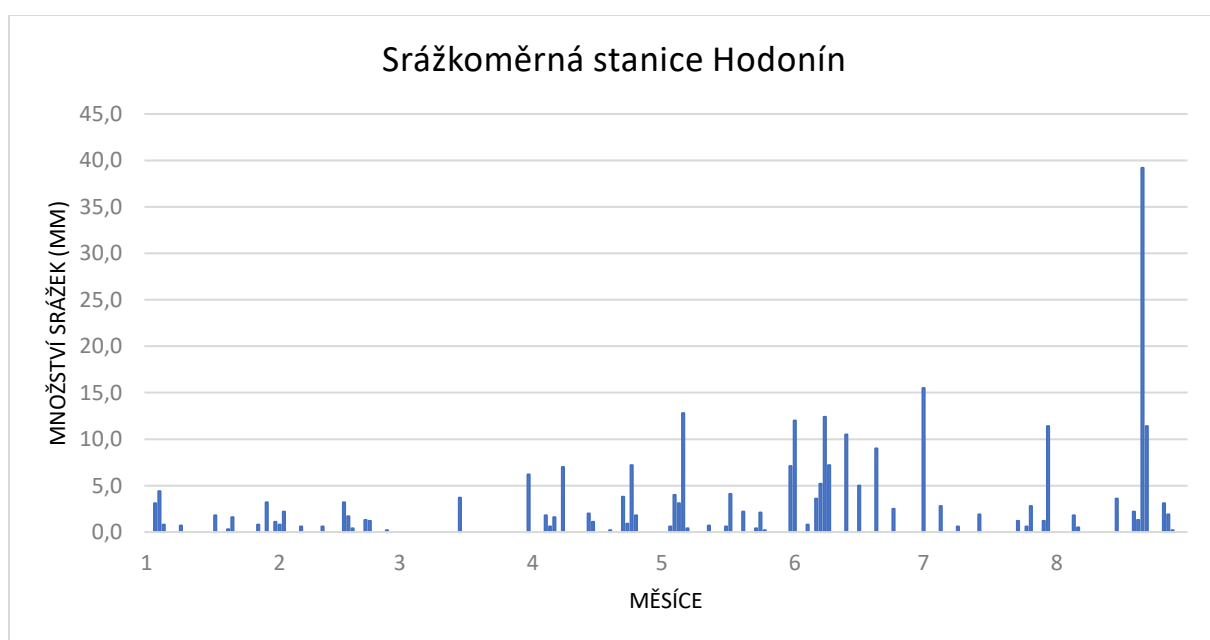
Pro zhodnocení srážkových poměrů byly použity údaje ČHMÚ o denních srážkových úhrnech ze srážkoměrné stanice v Hodoníně (B1HODO01) také za období 03/2021–08/2022.

Z obou grafů lze vyčíst následující: Za sledované období ledna 2022 lze pozorovat konstantní pokles hladiny podzemní vody s výkyvy během června a července, které korespondují se srážkami. Od začátku srpna probíhá pozvolný nástup hladiny podzemní vody odrážející větší množství srážek a menší odpar z důvodu nižší teploty vzduchu. Křivka měření na nově realizovaných vrtech je v souladu s daty poskytnutými ČHMÚ z vrtu VB0357 a srážek získaných ze srážkoměrné stanice Hodonín.

Kompletní údaje jsou součástí **přílohy č. 7.3.**

Graf 7 – Rozkvy hladiny podzemní vody ve vrtu VB0357



Graf 8 – Rozkvy hladin podzemní vody v nově realizovaných hydrogeologických vrtech

Graf 9 – Množství srážek spadnutých za sledované období 1/2022–8/2022


7 Geotechnické zhodnocení stavby

V rámci této kapitoly je popsáno geotechnické zhodnocení stavby. Dle zjištěných vlastností zemin je v následujících podkapitolách popsána vhodnost zemin v podloží vozovek, možnost beranění štětovnic, využitelnost zemin při hloubení bazénu a pro vybudování hrází a založení objektů přístavu.

7.1 Vhodnost zemin v podloží vozovek

V rámci této kapitoly je popsána vhodnost zemin do podloží komunikací v rámci přístaviště (vozovky, parkovací stání, obslužná komunikace apod.).

Pro použití zemin bez úpravy v rámci aktivní zóny komunikace nesmí být podle ČSN 73 6133 bez úpravy použity zeminy, pokud vlhkost na mezi tekutosti $w_L > 50\%$, stupeň konzistence $I_c < 0,5$ nebo maximální suchá objemová hmotnost $\rho_{d,max} PS > 1600 \text{ kg.m}^{-3}$ (pro aktivní zónu). Obsah organických látek nebyl vyšší než 6 % a nedocházelo k objemovým změnám (prosedavosti/bobtnavosti) vyšším než 3 %. Dále pak zeminy v aktivní zóně komunikace by měly splňovat požadavek na minimální poměr únosnosti $CBR_{sat} > 15\%$ pro typ podloží PIII, 30% pro typ podloží PII. Pro použití v rámci aktivní zóny se dále bez úpravy nedoporučuje zemina, která je nebezpečně namrzavá. Pokud materiál, se kterým se uvažovalo do aktivní zóny komunikace nesplňuje některé z výše uvedených kritérií, musí se zemina z aktivní zóny odstranit nebo upravit.

V rámci laboratorních zkoušek na technologických vzorcích byly provedeny zkoušky na zeminách třídy F8 CH a F8 CV geotypu GT2a.

Ze zjištěných hodnot poměru únosnosti CBR vyplývá, že zeminy geotypu GT2a nelze ponechat v zóně bez úpravy. Tento požadavek nesplňuje žádný z odzkoušených vzorků. V případě použití těchto zemin pro stavbu násypu a výskytu v podloží násypu by tyto zeminy měly splňovat požadavek na minimální hodnotu $IBI > 10\%$ při použití do násypu a $IBI > 5\%$ v případě podloží. Požadavku $IBI > 5\%$ vyhovují odzkoušené vzorky ze všech zkoušených vrtů. Naopak požadavek $IBI > 10\%$ splňují pouze vzorky z vrtů JV5 a JV14.

Již po přidání 1,0 % pojiva vzorky geotypu GT2a vyhovují požadavkům pro podloží PIII (CBR_{sat} min. 15 %). Po přidání 1,5 % a 2 % pojiva splňují i požadavky pro podloží PII (CBR_{sat} min. 30 %). Po přidání pojiva 1,0 % splnily podmínky pro použití do podloží násypu $IBI = \text{min. } 5\%$ i pro použití do násypů $IBI = \text{min. } 10\%$ všechny ze zkoumaných vzorků.

7.2 Beranění ocelových štětovnic

Mezi hlavní funkce je – kromě jiného – zabránit pomocí ocelových štětovnic (nejčastěji typu larsen) přítoku vody do výkopu. V rámci průzkumu je níže popsána možnost beranění ocelových štětovnic při výkopu bazénu pro přístav dle zjištěných geologických podmínek. Proveditelnost štětového pažení s ohledem na jednotlivé typy zemin je uvedena v **tabulce 23** níže.

Tabulka 23 – Proveditelnost štětového pažení dle typů zemin a hornin

Proveditelnost	Typ zeminy/horniny
velmi snadná	soudržné zeminy měkké konzistence nebo nesoudržné zeminy neulehlé až kypré
středně obtížná	soudržné zeminy tuhé až tvrdé konzistence, nesoudržné zeminy středně ulehlé nebo eluvia poloskalních hornin
obtížná	nesoudržné zeminy typu stmelových písků a hrubých štěrků nebo zvětralé poloskalní horniny

Na lokalitě byly zjištěny převážně měkké až tuhé hlíny a jíly dle ČSN 73 6133 třídy F5 MI, F6 CL, F8 CH a F8 CV a dále také středně ulehlé (kypré), zvodnělé až tekuté písky s příměsí jemnozrnné zeminy, méně písky hlinité a jílovité dle ČSN 73 6133 tříd S3 S-F, resp. S4 SM, S5 SC nebo středně ulehlé, zvodnělé štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy dle ČSN 73 6133 třídy G3 G-F.

Dle výsledků dynamických penetrací byla zjištěna ulehlost písků kyprá až středně ulehlá $I_D = 0,25 - 0,46$. Nižší pevnost písků spadající až do kypré je způsobena značným zvodněním, místy až na prahu tekutosti. Bez zvodnění by písky in situ pravděpodobně dosahovaly větší pevnosti, min. $I_D > 0,36 - 0,38$. Štěrků jsou středně ulehlé $I_D = 0,36$.

Dle zjištěných geologických podmínek lze konstatovat následující – beranění ocelových štětovic předpokládáme **velmi snadné**, v případě písků a štěrků **středně obtížné**.

Dle výsledků agresivity podzemní a povrchové vody na ocelové konstrukce dle ČSN 73085 řadíme do **stupeň III.** (vzorek z řeky Moravy) až **stupeň IV.** (ostatní vzorky).

Ocelové štětovnice musí být beraněny až do nepropustného podloží tak, v našem případě hlín a jílu se střední plasticitou třídy F5, resp. F6 tuhé konzistence, aby nedošlo k průsaku hladiny podzemní vody na dno výkopu. Pevnou konzistenci lze očekávat hlouběji >10 m p.t. Doporučujeme užití kotvených štětovic.

7.3 Využitelnost zemin pro budování hrází

Ohrazování přístavu je navrženo pomocí sypaných těsněných hrází. Níže v **tabulce 23** jsou přehledně popsány třídy zjištěných zemin dle ČSN 73 6133, zatřídění zemin dle tabulky 3 normy ČSN 75 2310 spolu s vhodností těchto zemin do homogenní, těsnící a stabilizační části hráze dle ČSN 75 2410.

7.3.1 Zakládání hráze

Při zakládání hráze se odstraní ornice, zbytky vegetace s kořeny, půda s vysokým obsahem organických látek a ostatní málo únosné a nevhodné zeminy – viz. **tabulka 24**. Základová spára musí být očištěna od nevhodných zemin, musí být urovňována a řádně zhutněna. Místa, kde není možno dosáhnout předepsané hodnoty zhutnění dle ČSN 75 2410, se vyplní jiným vhodným materiálem, zpravidla betonem, apod.

Při zakládání objektu je nutno počítat s hladinou podzemní vody vázanou na řeku Moravu. Upozorňujeme na nutnost beranění ocelových štětovic až do nepropustného podloží, aby nedocházelo k průsaku podzemní vody do výkopu. Zbylá voda, stojící v prohlubních či vývěry

podzemní vody se musí vyčerpat nebo odvést mimo těleso hráze vhodným technickým opatřením (drén, trativod). Odvodňovací a čerpací studny vhodné pro odvodnění základové spáry je třeba umístit, pokud možno mimo těleso hráze.

Sklon svahu musí odpovídat požadavkům dle tab. č. 6 normy ČSN 752410.

Opevnění svahu bude provedeno dle normy ČSN 75 2410 pomocí lomového kamene a šterkového lože. Vzdušná část hráze bude proti působení činnosti srážkové vody a proti povětrnostním vlivům chráněna ohumusováním.

Veškerý materiál v tělese hráze musí být zhutněn dle normy ČSN 75 2410, kap. 7.3.6 u jemnozrnných zemin na 95% maximální objemové hmotnosti dle Proctorovy zkoušky, u hrubozrnných zemin na relativní ulehlost $I_D = 0,8$.

7.3.2 Těsnicí část hráze

Zeminy pro těsnicí část hráze musí splňovat podmínky uvedené v kap. 7.3.4 normy ČSN 75 2410.

Dle laboratorních rozborů splňují podmínku zrnitostního složení dle kap. 7.3.4 normy ČSN 75 2410 – Zeminy tříd S5 SC jsou dle ČSN 75 2410 **výborné** pro budování těsnicí části hráze a zeminy F4 CS a F6 CI jsou **velmi vhodné** a zeminy třídy F5 MI a S4 SM jsou **vhodné** pro budování těsnicí části hráze.

Naopak zeminy dle kap. 7.3.4 normy ČSN 75 2410 tříd F8 CH/F8 CV jsou dle ČSN 75 2410 **málo vhodné** a zeminy S3 S-F a G3 G-F jsou dle ČSN 75 2410 **nevhodné** pro budování těsnicí části hráze.

Dle laboratorních rozborů odebraných zemin nesplňují podmínku vysoce až velmi vysoce plastické jíly geotypů GT2a, GT2b a v jednom případě GT3c dle ČSN 73 6133 tříd F4 CS, F8 CH a F8 CV překračující mez tekutosti ($W_L = \max. 50 \%$) s výsledky v rozmezí $W_L = 52-88 \%$. Index plasticity ($I_P = \min. 8 \%$) je splněn u všech odzkoušených vzorků s výsledky v rozmezí $I_P = 12-60 \%$.

Použití zemin, které nejsou vhodné, je přípustné na základě průkazu jejich vhodnosti. Je nutno provést zhutnitelnost při různých návrhových vlhkostech, stlačitelnost v edometru, stanovení propustnosti a časový průběh konsolidace.

7.3.3 Homogenní část hráze

Zeminy tříd F4 CS a S5 SC jsou dle ČSN 75 2410 **velmi vhodné** a zeminy třídy F6 CI jsou **vhodné** pro budování homogenní části hráze. Zeminy tříd F5 MI, F8 CH, CV a G3 G-F jsou dle ČSN 75 2410 **málo vhodné** a zeminy třídy S3 S-F jsou **nevhodné** pro budování homogenní části hráze.

7.3.4 Stabilizační část hráze

Zeminy třídy G3 G-F jsou dle ČSN 75 2410 **velmi vhodné** pro budování stabilizační části hráze a zeminy třídy S3 S-F **vhodné** pro budování stabilizační části hráze. Zeminy třídy S4 S, jsou **málo vhodné** pro budování stabilizační části hráze. Zeminy tříd F5 MI, F4 CS, F6 CI, F8 CH, V a S5 SC jsou dle ČSN 75 2410 **nevhodné** pro budování stabilizační části hráze.

Veškerý materiál v tělese hráze musí být zhutněn dle normy ČSN 75 2410, kap. 7.3.6 u jemnozrnných zemin na 95% maximální objemové hmotnosti dle Proctorovy zkoušky, u hrubozrnných zemin na relativní ulehlost $I_D = 0,8$.

Tabulka 24 – Vhodnost zemin pro různé zóny hutnění hrází

Název zeminy	Třída dle ČSN 73 6133	Koeficient propustnosti (ms^{-1})	Homogenní část hráze	Těsnící část hráze	Stabilizační část hráze
Hlína se střední plasticitou	F5 MI	$6,72 \cdot 10^{-9}$	málo vhodná	vhodná	nevhodná
Jíl písčité	F4 CS	$4,72 \cdot 10^{-7} - 2,31 \cdot 10^{-6}$	velmi vhodná	velmi vhodná	nevhodná
Jíl se střední plasticitou	F6 CI	$1,29 \cdot 10^{-8} - 1,12 \cdot 10^{-8}$	vhodná	velmi vhodná	nevhodná
Jíl s vysokou až velmi vysokou plasticitou	F8 CH, CV	$7,85 \cdot 10^{-10} - 1,12 \cdot 10^{-8}$	málo vhodná	málo vhodná	nevhodná
Písek s příměsí jemnozrnné zeminy	S3 S-F	$1,20 \cdot 10^{-5} - 1,03 \cdot 10^{-4}$	nevhodná	nevhodná	vhodná
Písek hlinitý	S4 SM	$8,28 \cdot 10^{-6} - 4,21 \cdot 10^{-5}$	vhodná	vhodná	málo vhodná
Písek jílovitý	S5 SC	$1,65 \cdot 10^{-5}$	velmi vhodná	výborná	nevhodná
Štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy	G3 G-F	$3,75 \cdot 10^{-4} - 5,78 \cdot 10^{-4}$	málo vhodná	nevhodná	velmi vhodná

Orientační posouzení charakteristických vlastností zemin jednotlivých skupin a jejich zpracovatelnosti dle ČSN 75 2310 je uvedeno v **tabulce 25** níže. Údaje platí pro zeminu in situ.

Tabulka 25 – Charakteristické vlastnosti zemin

Znak skupiny dle ČSN 75 2410	Relativní propustnost	Koeficient propustnosti (ms^{-1})	Relativní smyková pevnost po prosycení vodou	Stlačitelnost po prosycení vodou	Zpracovatelnost zeminy, možnost úpravy vlhkosti
ML	velmi nepropustná	$6,72 \cdot 10^{-9}$	malá	velká	ztížená až velmi obtížná
CL	nepropustná	$1,29 \cdot 10^{-8} - 1,12 \cdot 10^{-8}$	středně velká	středně velká	dobrá až ztížená
CH	velmi nepropustná	$7,85 \cdot 10^{-10} - 1,12 \cdot 10^{-8}$	malá až středně velká	velká	velmi obtížná
SP	propustná	$1,20 \cdot 10^{-5} - 1,03 \cdot 10^{-4}$	velká	velmi malá	dobrá až ztížená
SM	málo propustná až propustná	$8,28 \cdot 10^{-6} - 4,21 \cdot 10^{-5}$	velká	malá	dobrá
SC	propustná	$1,65 \cdot 10^{-5}$	velká	malá	dobrá
GM/GP	propustná až velmi propustná	$3,75 \cdot 10^{-4} - 5,78 \cdot 10^{-4}$	velká	zanedbatelná	velmi dobrá

7.4 Založení objektu přístavu

Založení provozní budovy, přístavní hrany, servisního centra, vjezdových vrat a jiných objektů není v tuto chvíli známo. Při popisu je vycházeno pouze z řezu A-A', B-B' poskytnutých objednatelem a jednotlivých vrtů dle jejich umístění.

Provozní budova, přístavní hrana, servisní centrum:

Objekt provozní budovy je jednopodlažní objekt ve vizuálně dominantní poloze v rámci areálu přístavu. Dispozičně je budova rozdělená na dva základní celky: provozní a administrační část a na část s hygienickým zázemím. Provozní budova navazuje na servisní centrum s pevnou přístavní hranou.

Zeminy vyskytující se v základové spáře přístavní hrany jsou dle ČSN 73 6133 třídy F4 CS měkké ($I_c=0,35$) až tuhé konzistence. Zeminy v základové spáře provozní budovy a manipulační části přístavu jsou dle ČSN 736133 třídy F8 CH, CV tuhé konzistence ($I_c=0,77-0,8$). Doporučujeme výměnu těchto nevhodných zemin v mocnosti 0,5 m pod základovou spáru a nahrazení šterkovým polštářem či jejich zlepšení.

Tento objekt lze zařadit dle ČSN EN 1997-1 do **II. geotechnické kategorie**. Těžitelnost zemin dle ČSN 73 6133, tabulka D.1 odpovídá **I. třídě**. Vrtatelnost kvartérních a neogenních zemin dle ceníku 800-2 odpovídá **I. třídě**, kvartérní šterky jsou zařazeny do **II. třídy**.

Při zakládání objektu je nutno počítat s hladinou podzemní vody vázanou na řeku Moravu. Upozorňujeme na nutnost beranění ocelových štetovnic až do nepropustného podloží, aby nedocházelo k průsaku podzemní vody do výkopu.

Příčný řez A-A' tohoto stavebního objektu je součástí **přílohy 3**.

Obvodové zemní hráze:

Úroveň dna přístavu je pod úrovní ustálené hladiny podzemní vody. Zeminy vyskytující se v základové spáře přístavu odpovídají písčitém jílu, vysoce až velmi vysoce plastickým jílu geotechnických typů GT2a, GT2b a GT2c tříd dle ČSN 73 6133 F4 CS. resp. F8 CH, CV. Jíly mají tuhou ($I_c=0,63-0,85$) až měkkou konzistenci ($I_c=0,35$).

Ojedinele mohou zasahovat do základové spáry přístavu zasahovat písky s příměsí jemnozrnné zeminy třídy dle ČSN 73 6133 S3 S-F. Písky jsou středně uhlé.

Svahy obvodové zemní hráze budou tvořeny písčitémi jíly a vysoce až velmi vysoce plastickými jíly geotechnických typů GT2a, GT2b a GT2c tříd dle ČSN 73 6133 F4 CS. resp. F8 CH, CV. Jíly písčité mají měkkou konzistenci ($I_c=0,35$) a vysoce až velmi vysoce plastické jíly mají tuhou konzistenci ($I_c=0,63-0,85$).

Základová spára musí být očištěna od nevhodných zemin (měkká konzistence, málo únosné, vyšší obsah organických látek), musí být urovňována a řádně zhutněna. Místa, kde není možno dosáhnout předepsané hodnoty zhutnění dle ČSN 75 2410, se vyplní jiným vhodným materiálem, zpravidla betonem apod.

Sklon svahu musí odpovídat požadavkům dle tab. č. 6 normy ČSN 752410.

Opevnění svahu bude provedeno dle normy ČSN 75 2410 pomocí lomového kamene a šterkového lože. Vzdušná část hráze bude proti působení činnosti srážkové vody a proti povětrnostním vlivům chráněna ohumusováním.

Veškerý materiál v tělese hráze musí být zhutněn dle normy ČSN 752410, kap. 7.3.6 u jemnozrnných zemin na 95% maximální objemové hmotnosti dle Proctorovy zkoušky, u hrubozrnných zemin na relativní ulehlost $I_D = 0,8$.

Tento objekt lze zařadit dle ČSN EN 1997-1 do **II. geotechnické kategorie**. Těžitelnost zemin dle ČSN 73 6133, tabulka D.1 odpovídá **I. třídě**. Vrtatelnost kvartérních zemin dle ceníku 800-2 odpovídá **I. třídě**, kvartérní šterky jsou zařazeny do **II. třídy**.

Při zakládání objektu je nutno počítat s hladinou podzemní vody vázanou na řeku Moravu. Upozorňujeme na nutnost beranění ocelových štetovnic až do nepropustného podloží, aby nedocházelo k průsaku podzemní vody do výkopu.

Příčné řezy A-A' a B-B' tohoto stavebního objektu jsou součástí **přílohy 3**.

Plavební kanál:

Vjezd do přístavního bazénu je zajištěn plavebním kanálem s plavební šířkou 6 m a délkou cca 265 m. Břehy plavebního kanálu tvoří převážně šikmé břehy. V místě vjezdu do plavebního kanálu z řeky Moravy plavební kanál prochází skrz protipovodňovou bariéru – průchod je řešen pomocí protipovodňových vrat.

Úroveň dna plavebního kanálu/přístavu je pod úrovní ustálené hladiny podzemní vody. Zeminy vyskytující se v základové spáře plavebního kanálu vysoce až velmi vysoce plastické jíly geotechnických typů GT2a a GT2b tříd, dle ČSN 73 6133 F8 CH, resp. F8 CV. Jíly mají tuhou ($I_c=0,63-0,78$), příp. měkkou konzistenci.

Svahy plavebního kanálu budou převážně tvořeny vysoce až velmi vysoce plastickými jíly geotechnických typů GT2a a GT2b tříd, dle ČSN 73 6133 F8 CH, resp. F8 CV. Jíly mají tuhou ($I_c=0,63-0,78$), příp. měkkou konzistenci.

Základová spára musí být očištěna od nevhodných zemin (měkká konzistence, málo únosné, vyšší obsah organických látek), musí být urovňována a řádně zhutněna. Místa, kde není možno dosáhnout předepsané hodnoty zhutnění dle ČSN 75 2410, se vyplní jiným vhodným materiálem, zpravidla betonem apod.

Sklon svahu musí odpovídat požadavkům dle tab. č. 6 normy ČSN 752410.

Opevnění svahu bude provedeno dle normy ČSN 752410 pomocí lomového kamene a šterkového lože. Vzdušná část hráze bude proti působení činnosti srážkové vody a proti povětrnostním vlivům chráněna ohumusováním.

Veškerý materiál v tělese hráze musí být zhutněn dle normy ČSN 752410, kap. 7.3.6 u jemnozrnných zemin na 95% maximální objemové hmotnosti dle Proctorovy zkoušky, u hrubozrnných zemin na relativní ulehlost $I_D = 0,8$.

Tento objekt lze zařadit dle ČSN EN 1997-1 do **II. geotechnické kategorie**. Těžitelnost zemin dle ČSN 73 6133, tabulka D.1 odpovídá **I. třídě**. Vrtatelnost kvartérních zemin dle ceníku 800-2 odpovídá **I. třídě**, kvartérní šterky jsou zařazeny do **II. třídy**.

Při zakládání objektu je nutno počítat s hladinou podzemní vody vázanou na řeku Moravu. Upozorňujeme na nutnost beranění ocelových štetovnic až do nepropustného podloží, aby nedocházelo k průsaku podzemní vody do výkopu.

Příčné řezy B-B' tohoto stavebního objektu jsou součástí **přílohy 3**.

Vjezdová protipovodňová vrata:

Tvoří protipovodňovou bariéru plavebnímu kanálu. Průchod protipovodňovou bariérou je řešen pomocí svislých stěn a v místě nevyššího místa protipovodňové bariéry jsou umístěna vrata, které zajišťují uzavření vjezdového objektu po překročení maximální plavební hladiny. Jsou navržena jako železobetonová plošně založená rámová konstrukce.

V místě základové spáry byly zjištěny jíly s vysokou až velmi vysokou plasticitou dle ČSN 73 6133 třídy F8 CH a F8 CV. Jíly mají tuhou konzistenci ($I_c=0,63$).

Jako další možnost se jeví založit protipovodňová vrata plošně na vrstvě středně ulehých kvartérních písků s příměsí jemnozrnné zeminy a písků hlinitých dle ČSN 73 6133 tříd S3 S-F, resp. SM nebo hlubině na vrtaných velkopřůměrových pilotách vetknutých do nepropustného podloží neogenní jílu tuhé až pevné konzistence. Při vrtání je nutno počítat s pažením stvolu vrtu z důvodu naražení hladiny podzemní vody.

Tento objekt lze zařadit dle ČSN EN 1997-1 do **II. geotechnické kategorie**. Těžitelnost zemin dle ČSN 73 6133, tabulka D.1 odpovídá **I. třídě**. Vrtatelnost kvartérních a neogenních zemin dle ceníku 800-2 odpovídá **I. třídě**, kvartérní šterky jsou zařazeny do **II. třídy**.

Při zakládání objektu je nutno počítat s hladinou podzemní vody vázanou na řeku Moravu. Upozorňujeme na nutnost beranění ocelových štetovnic až do nepropustného podloží, aby nedocházelo k průsaku podzemní vody do výkopu.

Příčný řez B-B' tohoto stavebního objektu je součástí **přílohy 3**.

8 Závěr

V rámci inženýrskogeologického průzkumu přístavu Hodonín bylo realizováno 16 ks vrtů, 6 ks vystrojených hydrogeologických vrtů o celkové délce 141 bm a 5 ks dynamických penetrací o celkové délce 50 bm.

Geologické prostředí bylo rozděleno celkem do 5 geotechnických typů. Tyto geotechnické typy jsou podrobně uvedeny v **kapitole 5**, kde je popsáno rozdělení, způsob geotechnického hodnocení jednotlivých typů a jejich tabelární zpracování. Na základě zjištěných poznatků byla v trase stavby zjištěna dvě strukturní patra – kvartérní a neogenní.

Kvartérní patro se skládá z hlín, fluviálních nivních sedimentů a říčních sedimentů. Hliny jsou reprezentovány ornici/humózním horizontem geotechnického typu GT1. Fluviální sedimenty jsou zastoupeny jíly s proměnlivou plasticitou geotechnického typu GT2 tvořící nivní patro kvartérních sedimentů. Dále byly zjištěny terasové říční sedimenty charakteru písků a štěrků geotechnického typu GT3 a GT4. Neogenní sedimenty jsou zastoupeny prachovitými jíly až hlínami geotechnického typu GT5.

Hladina podzemní vody je v zájmovém území napjatá v závislosti na zastižených geologických podmínkách. Vodní režim lze charakterizovat jako nepříznivý, kapilární, související s kolísáním hladiny řeky Moravy.

Pro ověření odporových parametrů horninového prostředí (stanovení transmisivity a koeficientů hydraulické vodivosti) byly u pěti vystrojených hydrogeologických vrtů HP1–HP6 provedeny ověřovací hydrodynamické zkoušky (HDZ).

Podzemní vody mají neutrální pH a jsou středně tvrdé až velmi tvrdé. Dle zastoupení hlavních iontů řadíme podzemní vodu k hydrochemického typu Ca-HCO_3^- , Ca-Na-HCO_3^- .

Z hlediska chemického působení na beton dle ČSN EN 206+A2 odebrané vzorky vod z vrtů JV2, JV18 a řeky Moravy dosahují podlimitních hodnot ve všech sledovaných ukazatelích a voda tak nevykazuje zdánlivou agresivitu na beton. Vzorek vody z vrtu JV9 dosahuje v parametru SO_4^{2-} agresivitu na beton **stupně XA1**. Doporučujeme i s ohledem na zvyklosti pro betonové konstrukce dodržet v celém úseku stavby požadavky na kvalitu a trvanlivost betonu dle ČSN EN 206+A2 dodržet výběr cementu pro beton pro **stupeň chemicky agresivního prostředí XA1**.

Při zhodnocení celkové agresivity prostředí vůči ocelovým konstrukcím je nutné vycházet z nejvyššího zjištěného druhu a stupně chemického působení vody na ocel dle ČSN 03 8375, tab. 1 a 2 je ve všech sledovaných vzorcích v celém úseku stavby agresivita **vysoká (III.) až velmi vysoká (IV.)**.

Geotechnické zhodnocení stavby je detailně uvedeno v **kapitole 7**. Dle zjištěných vlastností zemin je v následujících podkapitolách popsána vhodnost zemin v podloží vozovek, možnost beranění štětovic, využitelnost zemin při hloubení bazénu a pro vybudování hrází a založení objektů přístavu.

Při zakládání je nutno počítat s hladinou podzemní vody vázanou na řeku Moravu. Upozorňujeme na nutnost beranění ocelových štetovnic až do nepropustného podloží neogenních jílu, aby nedocházelo k průsaku podzemní vody do výkopu.

Posuzované objekty lze zařadit dle ČSN EN 1997-1 do **II. geotechnické kategorie**. Těžitelnost zemin dle ČSN 73 6133, tabulka D.1 odpovídá **I. třídě**. Vrtatelnost kvartérních a neogenních zemin dle ceníku 800-2 odpovídá **I. třídě**, kvartérní šterky jsou zařazeny do **II. třídy**.

V Brně dne 27. 9. 2022

Mgr. Miroslav Švehla

9 Použitá literatura

Odborná literatura

CZUDEK, T. (1972): Geomorfologické členění ČSR. Studia Geographica 23, Brno 1972.

CHLUPÁČ, Z. et al. (2002): Geologická minulost České republiky. Academia Praha 2002.

JETEL J., et al. (1988): Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1:200 000, List 25 Gottwaldov. ÚÚG Praha.

QUITT, E., 1971: Klimatické oblasti ČR.

Normy

ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. Praha: Český normalizační institut, 2010.

ČSN EN ISO 14688-1 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin – Část 1: Pojmenování a popis. Praha: Český normalizační institut, 2003.

ČSN EN ISO 14688-2 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin – Část 2: Zásady pro zařizování. Praha: Český normalizační institut, 2005. Český normalizační institut, 2010.

ČSN EN ISO 22475-1 Geotechnický průzkum a zkoušení – Odběry vzorků a měření podzemní vody – Část 1: Zásady provádění. Praha. Český normalizační institut, 2007.

ČSN EN ISO 22476-2 Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky – Část 2: Dynamická penetrační zkouška. Praha. Český normalizační institut 2005.

ČSN EN 206+A2 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Český normalizační institut 2021.

ČSN 75 2310 Sypané hráze. Praha: Český normalizační institut 2006.

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví 2011.

Právní předpisy

Zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, v platném znění.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.

Vyhláška 368/2004 Sb. o geologické dokumentaci.

Vyhláška č. 294/2005 Sb.

Vyhláška č. 383/2001 Sb.

Vyhlášky č. 5/2011 Sb., o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod