

Zakázka: **532/2019**  
Mapové souřadnice: WGS-84: 49°35'32.40"N, 17°15'48.07"E  
Datum: 29. 11. 2019

## **VYJÁDŘENÍ**

osoby s odbornou způsobilostí v oboru hydrogeologie k  
**zasakování srážkových vod do vod podzemních**  
prostřednictvím půdní vrstvy z ploch stávajícího objektu Přírodovědecké fakulty  
Palackého univerzity v Olomouci na základě podrobného hydrogeologického  
průzkumu st. parcely č. 1849, k. ú. Olomouc-město, obec Olomouc

Objednatel: Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
17. listopadu 1192/12  
771 46 Olomouc

Tel.: 585 634 035 Filip Zlámal

Zhotovitel: URGA, s.r.o., Holická 1090/31a, 779 00 Olomouc

Odpovědný řešitel: RNDr. Jaroslav Reif, Ph.D.

Zpracoval: RNDr. Daniel Reif, Ph.D.  
Tel.: +420 732 586 765

## OBSAH

A.	ÚVOD .....	2
	Základní údaje .....	2
	Specifikace a cíle posouzení a vyhodnocení .....	2
B.	PŘÍRODNÍ POMĚRY .....	2
	Geomorfologická charakteristika .....	2
	Klimatické poměry .....	3
	Geologické poměry .....	3
	Hydrogeologické poměry .....	4
	Hydrologické poměry .....	4
C.	REALIZOVANÉ PRÁCE .....	4
	Rekognoskace terénu .....	4
	Průzkumné práce .....	5
	Vsakovací zkoušky .....	5
D.	VÝSLEDKY VRTNÉHO PRŮZKUMU .....	5
	Hladina podzemní vody .....	5
	Vrtaná sonda H-1 .....	5
	Vrtaná sonda H-2 .....	5
	Vrtaná sonda H-3 .....	6
	Vrtaná sonda H-4 .....	6
	Vrtaná sonda H-5 .....	6
	Vrtaná sonda H-6 .....	7
E.	VYHODNOCENÍ VSAKOVACÍCH ZKOUŠEK .....	7
F.	POSOUZENÍ Vlivu vsakování a založení staveb .....	7
G.	DOPORUČENÍ A NÁVRH VSAKOVACÍHO OBJEKTU .....	8
H.	ZÁVĚR .....	9
I.	LITERATURA .....	11

## Přílohy

Uvedeny jsou původní měřítka originálních mapových podkladů, které jsou dostupné u zpracovatele. Tyto byly pro tisk upraveny na formát A4. Pro orientaci je možno využít grafické měřítko.

Příloha č. 1.	Celková mapa lokality	M 1:10 000
Příloha č. 2.	Situace vrtaných sond v zájmové lokalitě	M 1:1 000
Příloha č. 3.	Dokumentace profilů vrtaných sond	

## A. ÚVOD

### Základní údaje

Objednatel: Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
17. listopadu 1192/12  
771 46 Olomouc  
IČ: 25380508 DIČ: -

Zhotovitel: URGA s.r.o.  
Holická 1090/31a  
Holice, 779 00 Olomouc  
IČ: 25380508 DIČ: CZ25380508

Identifikace odborné  
způsobilosti: 2038/2006

### Specifikace a cíle posouzení a vyhodnocení

Na základě objednávky č. 4531048937 pana Filipa Zlámala ze dne 18. 11. 2019 bylo provedeno posouzení možnosti vsakování srážkových vod do vod podzemních prostřednictvím půdní vrstvy ze stávající střechy budovy Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci na stavební parcele č. 1849, k. ú. Olomouc-město, obec Olomouc.

Dále zjištění vsakovacího koeficientu v okolí stavby pro potřeby vsakování, které je výhledově plánováno také z projektovaných parkovacích ploch.

Pro zpracování posudku byl zvolen postup zhodnocení literárních a archivních geologických a hydrogeologických údajů o zájmové lokalitě, doplněný prohlídkou předmětné lokality. Dále byl dne 25. a 27. 11. 2019 proveden na místě podrobný hydrogeologický průzkum a vsakovací zkoušky. Vlastní posouzení bylo vypracováno dle příslušných metodických pokynů ČAH, ČSN 75 9010 a TNV 75 9011.

Vsakování do vod podzemních prostřednictvím půdní vrstvy přímo na pozemku objednatele je zpravidla nejjednodušší a z hlediska životního prostředí nejvhodnější variantou likvidace srážkových vod.

Toto je ale možné pouze za předpokladu, že pro vsakování je dostatečný prostor a vhodné geologické podloží, tak aby došlo bezeškodnému vsakování, bez narušení stability stávajících okolních staveb a porostů a bez ovlivnění kvality podzemních vod. To bylo předmětem podrobného hydrogeologického průzkumu, na jehož základě bylo vypracováno toto vyjádření osoby s odbornou způsobilostí v oboru hydrogeologie (§ 38, odst. 7, zák. 254/2001 Sb.).

Při zpracování tohoto ověření jsme vycházeli z materiálů a informací dodaných objednavatelem. Tyto a další použité archivní podklady a odkazy na příslušné legislativní předpisy a normy jsou uvedeny v části *Literatura*.

## B. PŘÍRODNÍ POMĚRY

### Geomorfologická charakteristika

Z geomorfologického hlediska patří širší okolí zájmového území do provincie Západní Karpaty, subprovincie VIII Vněkarpatská sníženina, oblasti VIIIA Západní Vněkarpatská

sníženina, celku VIIIA-3 Hornomoravský úval, podcelku VIIIA-3B Středomoravská niva. Středomoravská niva je akumulární rovina podél řeky Moravy a dolní Bečvy. Leží ve střední části Hornomoravského úvalu.

### Klimatické poměry

Díky své poloze klimaticky spadá zájmové území do teplé oblasti T2, která je charakterizována dlouhým létem, které je teplé a suché, velmi krátké období s teplým až mírně teplým jarem i podzimem, krátkou mírně teplou suchou až velmi suchou zimou a s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky. Počet dnů se sněhovou pokrývkou, průměrné teploty a srážkové úhrny v průběhu roku jsou uvedeny v tabulce (Tab. 1). Průměrný srážkový úhrn v průběhu let 2001-2010 pro srážkoměrnou stanici Olomouc činí 578,21 mm.

<b>Klimatická oblast:</b>	<b>T2</b>
<b>Počet letních dnů:</b>	50 – 60
<b>Počet mrazivých dnů:</b>	100 - 110
<b>Průměrná teplota v lednu:</b>	-2 – -3 °C
<b>Průměrná teplota v červenci:</b>	18 – 19 °C
<b>Srážkový úhrn ve vegetačním období:</b>	350 – 400 mm
<b>Srážkový úhrn v zimním období:</b>	200 – 300 mm
<b>Počet dnů se sněhovou pokrývkou:</b>	40 - 50

*Tabulka 1: Klimatické podmínky zájmové oblasti.*

### Geologické poměry

Z geologického hlediska patří zájmová oblast k regionu moravskoslezského paleozoika, jednotce jesenického kulmu. Geologické podloží je tvořeno karbonským hornobenešovským souvrstvím (visé), které obsahuje jílovité břidlice, prachovce a droby. Horniny jsou celistvé až jemně zrnité, s šedočernou a zelenošedou barvou a výskytem rytmitů a laminitů. Vrstvy drob mohou pak být jemnozrné až hrubozrné, barvou šedé až modrošedé, s akcesorickým epidotem, titanitem, granátem a zirkonem.

V nadloží hornobenešovských vrstev se nachází terciérní (neogenní) pestré písky, štěrky, silty, pestré jíly a jíly tzv. „pestré pliocenní série“ s různou zrnitostí a zbarvením. Svrchní vrstvu potom tvoří nivní sedimenty holocénního stáří, složením hlíny, písky a štěrky, inundované za vyšších vodních stavů. Charakteristické je složení sedimentů s obsahem křemene, krystalických hornin z oblasti Jeseníků a světlých silicifikovaných glaukonitických, křídových pískovců.

Nejstaršími sedimenty kvartéru jsou středně pleistocénní (mindelské) fluviolakustrinní písky a štěrkovité písky, spočívající na uloženinách neogénu. Sedimentace probíhala opakovaně v jezerní pánvi porušované poklesem ve směru podélných a příčných tektonických linií. Fluviolakustrinní sedimenty obsahují nepravidelné polohy písčitých jílu. Průměrná mocnost souvrství je 35 m.

Plošně nejrozsáhlejší fluvialní akumulace je tvořena hlavní terasou, která je v povodí řeky Moravy označována jako Kralická. Nejlépe je zachována na levém břehu řeky Moravy, mezi Hulínem a Záhlinicemi. Jedná se o nejdůležitější morfostratigrafickou úroveň této oblasti. Na celém území je terasa zdvojená. Vznik spodní (starší) akumulace klademe do mindelského (holsteinského) interglaciálu a svrchní akumulaci (mladší) do spodního rissu (sálské zalednění). Mocnost svrchní akumulace bývá 5 - 9 m, báze spodní kolísá kolem dnešní úrovně hladiny řeky Moravy. Sedimenty ukládané Moravou tvoří štěrkopísky s převahou písčité složky (valouny v průměru 3 - 4 cm, max. 6 cm), u odolných hornin poloostrohranné, u méně odolných (kulmské droby a břidlice) polooválné. Nejmladšími sedimenty, na jejichž povrchu se lokalita nachází, jsou nezpevněné nivní (povodňové) hlíny s příměsí písku a štěrku, které jsou vázány již na období holocénu.

Z hlediska inženýrsko-geologického rajónování (Kašpárek et al., 1976) spadá zájmové území do rajónu náplavů nížinných toků (Fn). Náplavy nížinných toků tvoří holocenní soudržné, polosoudržné a nesoudržné zeminy, které mají převážně tuhou a měkkou konzistenci a nízkou ulehlost. Jejich vlastnosti jsou velmi proměnlivé, takže jsou využitelné jako základová půda převážně jen pro méně náročné stavby.

Provedené sondy ověřily v podloží svrchní vrstvy humusovitých hlín a hlinitých navážek s příměsí štěrku o celkové mocnosti 0,90 až 2,50 m, vrstvy kvartérních fluvialních sedimentů. Jednalo se do hloubky 1,90 až 3,00 m jemnozrnné sedimenty charakteru jílu s nízkou až střední plasticitou a jílu písčitých. Následně se vyskytovaly štěrkovité fluvialní sedimenty charakteru štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy a to až do maximální konečné hloubky sond 3,05 m p. t. Hlubší terciérní vrstvy nebyly sondami dosaženy.

### Hydrogeologické poměry

Zájmová oblast se nachází v terciérních a křídových pánevních sedimentech v základním hydrogeologickém rajónu 2220 Hornomoravský úval – severní část o ploše 1 257,23 km<sup>2</sup> (dle databáze DIBAVOD).

Sondami zastižené podzemní vody jsou vázány na kvartérní – holocenní průlinový kolektor Středomoravské nivy ( $Q_h$ ) mimo předhloubené deprese s charakteristickou vysokou transmisivitou horninového prostředí, konkrétně s koeficienty transmisivity  $T = 6 \cdot 10^{-4}$  až  $8,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , což značí prostředí s předpoklady pro využití podzemní vody k soustředěným odběrům menšího regionálního významu. Zvodeň je tvořena fluvialními písčitými štěrky a hlínami subrecentních stupňů údolních niv. Přednostní směr proudění podzemních vod je dle hydrogeologické mapy 1: 50 000, list Olomouc na jihozápad. Z provedených sond byla hladina podzemní vody naražena pouze sondou H-1 v hloubce 2,96 m p. t. Hladina podzemní vody je volná. Podzemní vody jsou dotovány především přímou infiltrací dopadajících atmosférických srážek a v případě vyšších vodních stavů i břehovou infiltrací z toků.

### Hydrologické poměry

Lokalita náleží do povodí toku řeky Dunaje. Konkrétně se tedy jedná o dílčí povodí IV. řádu, 4-10-03-1130 Morava. Lokalita je odvodňována tokem Moravy a následně do Dunaje, který patří k úmoří Černého moře. Zájmové území se **nenachází** v chráněné krajinné oblasti (CHKO), ochranném pásmu vodního zdroje (OPVZ) ani v chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV). Zájmové území se **nachází** ve stanoveném záplavovém území  $Q_{20}$ .

## C. REALIZOVANÉ PRÁCE

Dne 25. 11. a 27. 11. 2019 byly provedeny terénní práce nutné pro zpracování hydrogeologického průzkumu. Byla provedena rekognoskace širšího okolí oblasti, vrtný průzkum a vsakovací zkoušky.

### Rekognoskace terénu

Zájmové území se nachází v Olomouci v ulici 17. listopadu. Jedná se o areál přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého. Tvoří ho stavební parcela č. 1849, zařazená v katastru nemovitostí jako zastavěná plocha a nádvoří s plochou 4590 m<sup>2</sup>. Vrtné práce a vsakovací zkoušky byly provedeny na pozemkové parcele č. 94/1, zařazené v katastru nemovitostí jako ostatní plocha s plochou 16 881 m<sup>2</sup>.

### **Průzkumné práce**

Pro hydrogeologické zhodnocení podmínek pro vsakování srážkových vod byly na zájmovém pozemku vyhloubeny průzkumné sondy H-1 až H-6 do hloubky max. 3,05 m pod terénem. Sondážní práce byly provedeny dne 25. 11. a 27. 11. 2019 vrtnou soupravou Eijkelkamp (vrtný průměr 80 a 40 mm). Situace zájmové lokality a sond v měřítku 1 : 1 000 je uvedena v *Příloze č. 2* této zprávy. Z provedené sondy byly odebrány porušené vzorky odvrtných zemin se zachovanou vlhkostí v průběžném sledu celých vrtných profilů. Jednotlivá vrtná jádra byla posuzována po dohodě s objednatelem vizuálně dle ČSN 73 6133.

### **Vsakovací zkoušky**

V místech provedených sond o průměru 80 a 40 mm byly provedeny vsakovací zkoušky. Vzhledem k charakteru zemin – zařazení horninového prostředí do skupiny V.1, V.2 a V.3, zastižených do hloubky 3,00 m, byla dle ČSN 75 9010 zvolena vsakovací zkouška s proměnnou hladinou vody. Zkouškám vždy předcházela 60 minutová saturace (nasycení) zemin vodou a poté byl proveden jednorázový nálev a sledován pokles hladiny ve zkušebním objektu. Zkoušky trvaly celkem 24 hodin. Úroveň hladiny byla měřena od odměrného bodu (OB), kterým byla úroveň okolního terénu.

## **D. VÝSLEDKY VRTNÉHO PRŮZKUMU**

Geologické profily průzkumných děl jsou uvedeny v *Příloze 3*.

### **Hladina podzemní vody**

Hladina podzemní vody byla zastižena sondou H-1 v hloubce **2,96 m** pod úrovní terénu a ustálila se ve stejné hloubce. Hladina podzemní vody je tedy **volná**. Ostatní sondy hladinu podzemní vody nezastihly.

### **Vrtná sonda H-1**

Sonda H-1 zastihla v hloubce od 0,00m do 1,00 m vrstvu navážky charakteru hlíny s nízkou až střední plasticitou s příměsí štěrku, tmavošedé a hnědé barvy, tuhé konzistence. Jedná se o stavební materiál, cihly, kameny a plasty do velikosti cca 5 cm. Podle ČSN 73 6133 se jedná o zeminu třídy F5, symbol ML-MI (Y) + G.

V jejím podloží se v hloubce od 1,00 m až do ukončení vrtu v hloubce 3,00 m nacházela vrstva jílu s nízkou až střední plasticitou, hnědé a šedé barvy, tuhé konzistence. Jedná se o fluvialní sediment. Podle ČSN 73 6133 se jedná o zeminu třídy F6, symbol CL-CI.

Všechny zastižené zeminy jsou podle ČSN 73 6133 I. třídy těžitelnosti. Hladina podzemní vody byla sondou naražena v hloubce 2,96 m pod úrovní terénu a ustálila se ve stejné hloubce.

### **Vrtná sonda H-2**

Sonda H-2 zastihla v hloubce od 0,00m do 1,00 m vrstvu navážky charakteru hlíny s nízkou až střední plasticitou s příměsí štěrku, tmavošedé a hnědé barvy, tuhé konzistence. Jedná se o stavební materiál, cihly, kameny a plasty do velikosti cca 5 cm. Podle ČSN 73 6133 se jedná o zeminu třídy F5, symbol ML-MI (Y) + G.



V jejím podloží se v hloubce od 1,00 m až do ukončení vrtu v hloubce 2,00 m nacházela vrstva jílu s nízkou až střední plasticitou, hnědé a šedé barvy, tuhé konzistence. Jedná se o fluvialní sediment. Podle ČSN 73 6133 se jedná o zeminu třídy F6, symbol CL-CI.

Všechny zastižené zeminy jsou podle ČSN 73 6133 I. třídy těžitelnosti. Hladina podzemní vody nebyla sondou naražena.

### **Vrtaná sonda H-3**

Sonda H-3 zastihla v hloubce od 0,00m do 1,00 m vrstvu navážky charakteru hlíny s nízkou až střední plasticitou s příměsí štěrku, tmavošedé a hnědé barvy, tuhé konzistence. Jedná se o stavební materiál, cihly, kameny a plasty do velikosti cca 5 cm. Podle ČSN 73 6133 se jedná o zeminu třídy F5, symbol ML-MI (Y) + G.

Následně byla v hloubce od 1,40 m do 2,70 zjištěna vrstva jílu písčitého, šedé a hnědé barvy, tuhé konzistence. Jedná se o fluvialní sediment. Podle ČSN 73 6133 se jedná o zeminu třídy F4, symbol CS.

V jejím podloží se v hloubce od 2,70 m až do ukončení vrtu v hloubce 3,00 m nacházela vrstva štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy, šedé barvy, ulehlého s kameny do velikosti cca 3 cm. Jedná se o fluvialní sediment. Podle ČSN 73 6133 se jedná o zeminu třídy G3, symbol G-F.

Všechny zastižené zeminy jsou podle ČSN 73 6133 I. třídy těžitelnosti. Hladina podzemní vody nebyla sondou naražena.

### **Vrtaná sonda H-4**

Sonda S-4 nejprve zastihla v hloubce od 0,00 m do 1,90 m vrstvu navážky charakteru hlíny písčité s příměsí štěrku, tmavošedé a hnědé barvy, tuhé konzistence. Jedná se o stavební materiál, igelit, cihly a kameny do velikosti cca 3 cm. Podle ČSN 73 6133 se jedná o zeminu třídy F3, symbol MS (Y) + G.

V jejím podloží se v hloubce od 1,90 m až do ukončení vrtu v hloubce 2,00 m nacházela vrstva štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy, šedé barvy, písčité, středně ulehlá s kameny do velikosti cca 3 cm. Jedná se o fluvialní sediment. Podle ČSN 73 6133 se jedná o zeminu třídy G3, symbol G-F.

Všechny zastižené zeminy jsou podle ČSN 73 6133 I. třídy těžitelnosti. Hladina podzemní vody nebyla sondou naražena.

### **Vrtaná sonda H-5**

Sonda S-5 nejprve zastihla v hloubce od 0,00 m do 1,00 m vrstvu navážky charakteru hlíny štěrkovité, tmavošedé a hnědé barvy, tuhé konzistence s cihlami do velikosti cca 7 cm. Podle ČSN 73 6133 se jedná o zeminu třídy F1, symbol MG (Y) + G.

Další odvrtnou vrstvou v hloubce od 1,00 m do 2,50 m byla navážka charakteru štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy, šedé a hnědé barvy, středně ulehlá s kameny do velikosti cca 3 cm. Podle ČSN 73 6133 se jedná o zeminu třídy G3, symbol G-F (Y).

V hloubce od 2,50 m do 2,70 m byla zjištěna vrstva jílu s nízkou až střední plasticitou, hnědé barvy, tuhé konzistence. Jedná se o fluvialní sediment. Podle ČSN 73 6133 se jedná o zeminu třídy F6, symbol CL-CI.

V jejím podloží se v hloubce od 2,70 m až do ukončení vrtu v hloubce 3,05 m nacházela vrstva štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy, šedé barvy, ulehlá s kameny do velikosti cca 3 cm. Jedná se o fluvialní sediment. Podle ČSN 73 6133 se jedná o zeminu třídy G3, symbol G-F.

Všechny zastižené zeminy jsou podle ČSN 73 6133 I. třídy těžitelnosti. Hladina podzemní vody nebyla sondou naražena.

### Vrtaná sonda H-6

Sonda H-6 zjistila v hloubce od 0,00 až do ukončení vrtu v hloubce 2,00 vrstvu navážky charakteru hlíny s nízkou až střední plasticitou s příměsí štěrku, tmavošedé a hnědé barvy, tuhé konzistence s cihlami do velikosti cca 6 cm. Podle ČSN 73 6133 se jedná o zeminu třídy F5/ML-MI (Y) + G.

Všechny zastižené zeminy jsou podle ČSN 73 6133 I. třídy těžitelnosti. Hladina podzemní vody nebyla sondou naražena.

## E. VYHODNOCENÍ VSAKOVACÍCH ZKOUŠEK

Vsakovací zkoušky byly provedeny v intervalu hloubky minimálně 0,42 m p. t. až do hloubek 2,00 m resp. 3,05 m p. t. v závislosti na charakteru zemin v místech sond. Dno sond bylo před zkouškami vyplněno 0,1 mocnou vrstvou štěrku frakce 4/8. Koeficient vsaku byl vypočten jako podíl zkušební plochy a vteřinového objemu zasáknuté vody za jednotku času. Ten byl vypočten ze známého rozdílu hladiny a vsakovací plochy pokusného vsakovacího zařízení. Zkušební vsakovací plocha  $A_{zk}$  se rovná součtu ploch stěn a dna pokusného vsakovacího zařízení, kde může voda volně vsakovat. Zkušební přítok/nálev je přímo úměrný trvání zkoušky a objemu pokusného vsakovacího zařízení.

Vsakování proběhlo do vrstev kvartérních fluviálních sedimentů, charakteru hlín a jíílů tříd F1 a F3 až F6 a podložních štěrků třídy G3. Zjištěné hodnoty koeficientu vsaku kolísají od středních hodnot řádu  $n \times 10^{-5}$  m/s v místech s výskytem mocnějších vrstev navážek a štěrkovitých fluviálních sedimentů až k nízkým hodnotám řádu  $n \times 10^{-7}$  m/s v místech s výskytem mocnějších vrstev špatně propustných jemnozrnných zemin. Z výsledků vsakovacích zkoušek byla stanovena průměrná hodnota **koeficientu vsaku  $k_v = 6,48 \times 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$** . Vsakovací koeficient je tedy **spíše nízký**.

## F. POSOUZENÍ Vlivu VSAKOVÁNÍ A ZALOŽENÍ STAVEB

Z hlediska vlivu vsakování na hydrogeologické poměry lokality se jedná v případě vsakování v umělém vsakovacím prvku o umělou infiltraci srážkových vod. Proto je mimo zjištění podmínek pro vsakování na lokalitě (tj. definování propustnosti daného typu zeminy nebo horniny) nutné popsat okrajové podmínky vrstev, do kterých vsakování probíhá. Přitom je nutné zohlednit změny, které nastanou z důvodu vsakování.

Z kvalitativního hlediska je nutné zohlednit kvalitu vsakované vody a zvážit nutnost jejího případného znečištění. V případě splachových vod z ploch střechy stávající budovy fakulty se jedná o minimálně znečištěné vody, jejichž vsakování nezpůsobí prakticky žádné změny chemismu ani kvality podzemních vod, do kterých budou tyto vody vypouštěny.

Výhledově plánované odvodnění parkovacích ploch osobních vozidel není dle ČSN 75 9010 v případě vsakování nutné přechistit přes odlučovač lehkých kapalin (ropných látek), riziko havárie s následným únikem ropných látek je nízké. V případě úniku ropných látek budou tyto adsorbována na vrstvách humusovité zeminy a podložních jíílů a přírodně předčištěny vlivem adsorpce především na jílovitých částicích půd.

Vzhledem k tomu, že celkový redukováný rozsah odvodňovaných ploch je nad 200 m<sup>2</sup>, lze považovat zasakované vody dle odst. 5.1 v ČSN 75 9010 za **srážkové povrchové vody podmínečně přípustné**. Vzhledem k jejich minimálnímu předpokládanému znečištění ale



přesto dostačuje zachycení hrubých splavenin a oddělení jemnějších pevných látek ze vsakovacích vod (sedimentací) před jejich vstupem do vsakovacího prvku nebo kanalizace. Koeficient vsaku je spíše nízký a proto může v závislosti na rozsahu odvodňované plochy vsakovací zařízení zabírat značnou plochu na pozemku. Doporučujeme umístit vsakovací prvek **minimálně 3,00 m korun vzrostlých stromů a staveb**, aby nedošlo k narušení jejich statiky vlivem zvodnění vrstev zemin.

## G. DOPORUČENÍ A NÁVRH VSAKOVACÍHO OBJEKTU

Pro výhledově plánované odvodnění **parkovacích ploch** je nutné v rámci projektu stavby vypočítat potřebné hodnoty vsakovacích ploch a objemů na základě sondami zjištěných koeficientů vsaku v místech umístění jednotlivých vsakovacích prvků.

Pro stávající střechu **objektu fakulty** by zasakované srážkové vody pocházely z plochy plechové střechy (viz Tab. 2). Vody by před přivedením do vsakovacích zařízení byly zbaveny hrubých a jemných nečistot průchodem přes **usazovací** (rozdělovací) jímku, ze které by již šly do vsaku. V případě realizace vsakování je vhodné stávající plechovou střechu nahradit střechou vegetační nebo s vrstvou kačírku. Tímto způsobem je možné odvodňovanou redukovanou plochu střechy snížit až o 50%.

A (m <sup>2</sup> )	plocha	sklon (%)	koef. $\Psi$	A <sub>red</sub> (m <sup>2</sup> )
4 590	Plechová střecha	do 1	1.00	4 590

Tab. 2: Plochy projektované stavby s řešenými srážkovými vodami.

Výsledné vypočtené návrhové parametry, podle kterých by bylo řešení odvodnění nebo případný vsakovací prvek dimenzován, jsou uvedeny v Tab. 3. Je bezpodmínečně nutné oba výše uvedené parametry retenčního objemu a vsakovací plochy dodržet. Pro výpočet byly použity hodnoty pro srážkoměrnou stanici 5 - Olomouc - Klášterní Hradisko a vzhledem k husté zastavěnosti území hodnota periodicity srážek  $p = 0,1 \text{ rok}^{-1}$ .

redukováný půdorysný průmět odvodňované plochy		A <sub>red</sub> = 4590 m <sup>2</sup>
plocha hladiny vsakovacího zařízení (jen u povrchových vsakovacích zařízení)		A <sub>vz</sub> = 0 m <sup>2</sup>
periodicita srážek	$p = 0,1 \text{ rok}^{-1}$	
koeficient vsaku	$k_v = 0,00000648 \text{ m.s}^{-1}$	
součinitel bezpečnosti vsaku	$f = 2$	
regulovaný odtok	$Q_o = 0 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$	
velikost vsakovací plochy	A <sub>vsak</sub> = <b>488,1 m<sup>2</sup></b>	
návrhový úhrn srážek	$h_d = 36,5 \text{ mm}$	
doba trvání srážky	$t_c = 120 \text{ min}$	
vsakovaný odtok	$Q_{vsak} = 0,0015816 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$	
největší vypočtený retenční objem vsakovacího zařízení (návrhový objem)	V <sub>vz</sub> = <b>156,1 m<sup>3</sup></b>	
doba prázdnění vsakovacího zařízení	T <sub>pr</sub> = <b>27,4 hod</b>	

Tab. 3: Návrhové parametry pro dimenzování vsakovacího prvku.

Vsakovací prvek pro odvodnění střechy musí být proveden tak, aby zůstal zachován minimální odstup 1 m od maximální úrovně hladiny podzemní vody, lze tedy předpokládat, že je možné založit vsakovací prvek **bezpečně do hloubky max. 1,96 m pod úrovní terénu**. Výplň vsakovacího prvku bude tvořena dle rozhodnutí projektanta plastovými vsakovacími

bloky nebo podzemním prostorem vyplněným štěrkem. Dle toho je třeba zohlednit hodnoty retenčního objemu udávané výrobcem vsakovacích bloků (cca  $m = 0,8-0,95$ ) nebo štěrku 2-20 mm ( $m=0,3$ ). Svrchní vrstvu nad geotextilií chránící výplň vsakovacího prvku je nutné ohumusovat a zatravnit co nejdříve.

Vzhledem k velké ploše střechy by v případě realizace bylo nutné navrhovaný vsakovací prvek rozdělit na několik částí. Těchto celkem **3 ks** vsakovacích liniových prvků by mělo formu **příkopu** vyplněného štěrkem o různých **délkách 103 m, 50 m a 50 m, shodné šířce 1,5 m** a s **mocností** štěrkové výplně **1,8 m**. Dno a stěny výkopu vystlané separační propustnou geotextilií zabráňující kolmataci vsakovacího prvku okolními jemnozrnnými zeminami a jejich vtlačování do štěrku. Výplň štěrkem by byla provedena cca 15 cm mocnou vrstvou štěrku frakce 16/32. Na něj by byla položena drenážní trubka a ta následně obsypána štěrkem frakce 8/16. Tato výplň by byla provedena až do hloubky **0,15 m** pod úroveň terénu. Následně by štěrky byly překryty geotextilií a zasypány 0,15 m mocnou vrstvou výkopku zeminy. Celková hloubka výkopu by tedy byla maximálně **1,95 m**. Prostor je nutné ohumusovat a zatravnit. Navržená pozice jednotlivých vsakovacích objektů a jejich rozměrů je uvedena v *Příloze 2*. Takto zbudované 3 vsakovací prvky budou mít celkem retenční objem **164,5 m<sup>3</sup>** a vsakovací plochu **489,4 m<sup>2</sup>**, což postačuje pro odvodnění výše uvedené plochy střechy.

Obecně je nutné při provozu vsakovacích zařízení dbát na potřebnou obnovu a údržbu vsakovacího prvku. Jedná se zejména o kontrolu výstupních a revizních šachet, kontrolu odvětrání, čištění usazovací šachty, do které je voda svedena z odvodňovaných ploch a následně přepadem do vsakovacího zařízení. Dále kontrola a čištění filtru splavenin. Pokud je to technicky možné, je také vhodné periodické odstranění usazenin ze stěn a především dna vsakovacího prostoru (prevence kolmatace resp. zneprůchodnění vlivem ucpání jílovými částicemi). V případě použití geotextilií jejich případná výměna při poškození.

## H. ZÁVĚR

Z hlediska ČSN 75 9010 je nutno pro realizaci vsakování na lokalitě vzhledem k proměnlivému charakteru a propustnosti kvartérních fluvialních sedimentů a nadložních navážek počítat se **složitými přírodními poměry**. V případě plánované stavby se vzhledem k jejímu rozsahu jedná z hlediska vsakování o **stavbu náročnou**. Proto byl realizován **podrobný** hydrogeologický průzkum. Byly provedeny terénní práce, při kterých byly zhodnoceny přírodní podmínky pro vsakování srážkových vod prostřednictvím půdní vrstvy na zájmovém pozemku. V rámci vrtného průzkumu byly na zkoumaném území 6 průzkumných sond H-1 až H-6 do hloubky maximálně 3,05 m pod úroveň terénu. Následně byly provedeny do sond vsakovací zkoušky. Výsledky provedeného průzkumu byly následující:

- Hladina podzemní vody byla zastižena sondou H-1 v hloubce 2,96 m pod úrovní terénu a ustálila se ve stejné hloubce. Doporučujeme proto založení plánovaného vsakovacího prvku maximálně v hloubce maximálně **1,96 m p. t.**
- Provedenými vsakovacími zkouškami byl na lokalitě zjištěn koeficient vsaku  $k_v$  průměrně  **$6,48 \times 10^{-6}$  m/s**. Vsakovací koeficient je tedy spíše nízký a pro vsakování bude nutné vyhradit v závislosti na velikosti odvodňovaných ploch značný prostor. Zjištěné hodnoty kolísají od středních hodnot řádu  $n \times 10^{-5}$  m/s v místech s výskytem mocnějších vrstev navážek a štěrkovitých fluvialních sedimentů až k nízkým hodnotám řádu  $n \times 10^{-7}$  m/s v místech s výskytem mocnějších vrstev špatně propustných jemnozrnných zemin. Při budování vsakovacího zařízení je bezpodmínečně nutné dodržet dostatečný odstup vsakovacích zařízení a to minimálně **3,00 m od staveb a hranic korun stromů**.

- Pro likvidaci výše uvedených srážkových vod z plochy střechy stávající budovy fakulty je třeba vsakovací zařízení s **minimálním retenčním objemem 156,1 m<sup>3</sup> a vsakovací plochou 488,1 m<sup>2</sup>**. Je bezpodmínečně nutné oba výše uvedené parametry dodržet. Doba prázdnění pak odpovídá **27,4 hodinám**. Vzhledem k velkému rozsahu vsakovacích ploch je v případě prostoru doporučujeme zmenšit a vsakovat pouze část srážkových vod a zbytek odvést část do kanalizace v rámci povoleného regulovaného odtoku.
- Navrhujeme vybudovat **3 samostatné** vsakovací liniové prvky, které by měly formu **příkopů** vyplněných šterkem o různých **délkách 103 m, 50 m a 50 m, shodné šířce 1,5 m** a s **mocností šterkové výplně 1,8 m**. Takto zbudované 3 vsakovací prvky budou mít celkem retenční objem **164,5 m<sup>3</sup>** a vsakovací plochu **489,4 m<sup>2</sup>**, což postačuje pro odvodnění výše uvedené plochy střechy. Vsakování by probíhalo přes vrstvy fluvialních sedimentů v hloubce **do 1,95 m** (podrobněji viz *část G*).
- Při zjištění odlišného složení geologického podloží na lokalitě, než bylo zjištěno sondami, doporučujeme převzetí základových spár **hydrogeologem**.
- Při zemních pracích je možno počítat podle ČSN 73 6133 s **I. třídou těžitelnosti**. Při hloubení výkopů je třeba postupovat ve smyslu zrušené ČSN 73 3050.
- Vzhledem k malé hloubce vsakování srážkových vod a jejich zanedbatelnému znečištění nebudou vody žádným způsobem ovlivňovat kvalitu vody podzemní.
- Při zohlednění výše uvedeného **lze tento způsob likvidace srážkových vod z odvodňovaných ploch stávajícího objektu Přírodovědecké fakulty Palackého univerzity v Olomouci na st. parcele č. 1849, k. ú. Olomouc-město podmínečně doporučit**. Podmínkou je dodržení výše uvedených doporučení, zejména odstupových vzdáleností od staveb a parametrů vsakovacího prvku.

### Kopie vyjádření předány

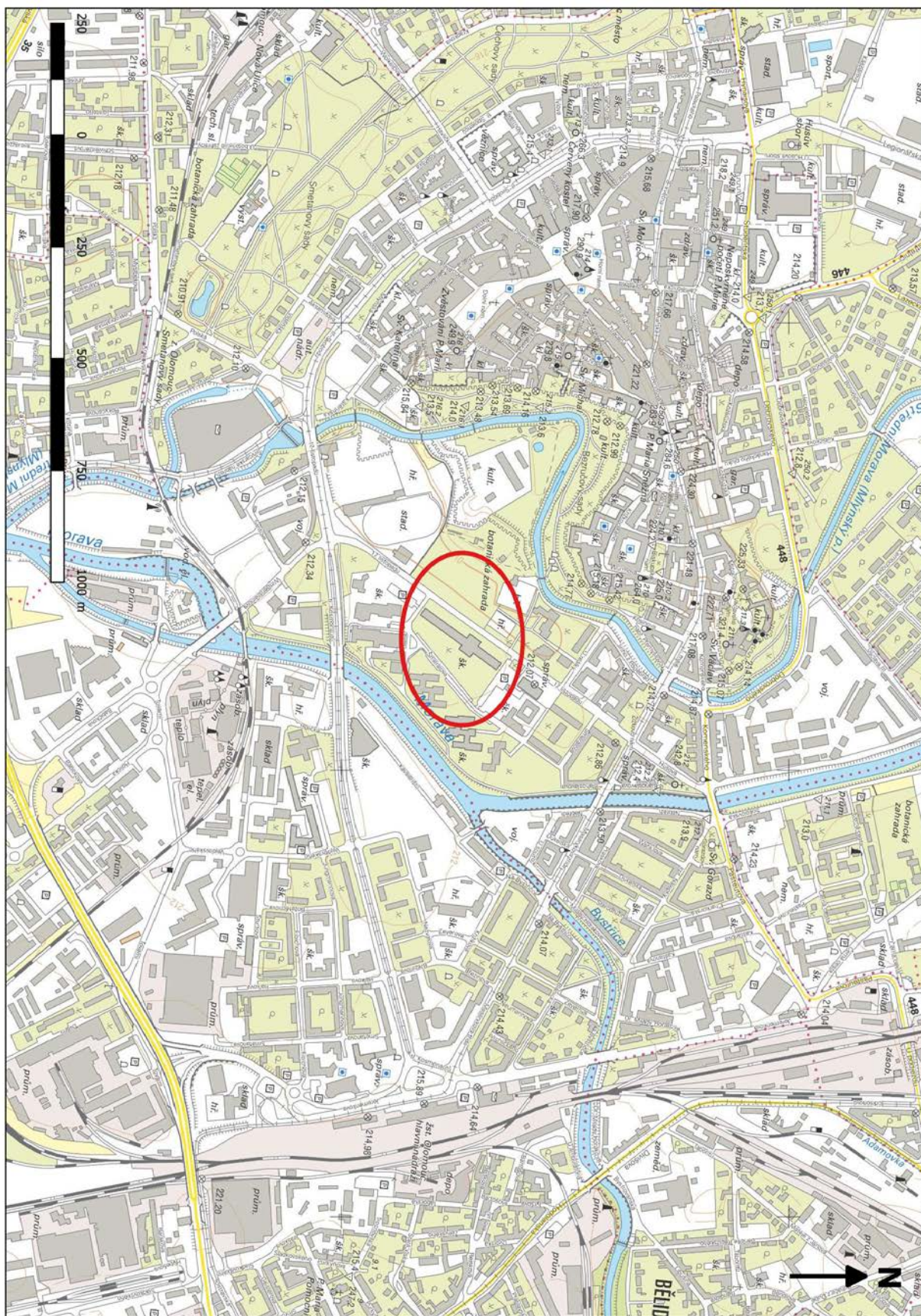
3x objednatel  
1x Archiv fy URGA, s.r.o.

## I. LITERATURA

- 1) Geologická mapa ČR 1: 50 000, list 24-22 Olomouc.
- 2) Čurda, J., Kratochvílová, H., 2001: Hydrogeologická mapa 1: 50 000, list 24-22 olomouc. Soubor geol.a ekol.účel. map přír. zdrojů. 1 s. – Český geologický ústav. Praha. ISBN 80-7075-446-X.
- 3) Demek, J., 1987: Obecná geomorfologie. Academia, Praha, 476 s.
- 4) Výzkumný Ústav Vodohospodářský T.G.Masaryka, 2011: Mapa limitů pro umístění vsakovacího prvku 1:750 000.
- 5) ČSN 75 7111 Jakost vod. Pitná voda (zrušena 2001-11-01 bez přímé náhrady)
- 6) ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. Únor 2010.
- 7) ČSN EN ISO 14688-1 (721003) Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zařizování zemin - Část 1: Pojmenování a popis
- 8) Michlíček, E., 1986: Hydrogeologické rajóny ČSR. Svazek 2. Povodí Moravy a Odry. Geotest Brno.
- 9) Quitt, E., 1984: Klimatické oblasti Československa. SPN, Praha.
- 10) ČSN 75 9010 Návrh, výstavba a provoz vsakovacích zařízení srážkových vod. 2010.
- 11) Kvapil, J. (správce), stav ke 2011: Vrstva „Cenia\_vybavenost\_obci – kanalizace“. CENIA, česká informační agentura životního prostředí. URL: [http://geoportal.gov.cz/ArcGIS/services/CENIA/cenia\\_vybavenost\\_obci/MapServer/WMServer](http://geoportal.gov.cz/ArcGIS/services/CENIA/cenia_vybavenost_obci/MapServer/WMServer).
- 12) Šráček, O., Datel, J., Mls, J., 2000: Kontaminační hydrogeologie. Univerzita Karlova v Praze. Nakladatelství Karolinum. Praha.
- 13) TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami. MZe. Sweco Hydroprojekt, březen 2013.
- 14) Kašpárek et al., 1976: Mapy inženýrsko-geologického rajónování. 1: 10 000. ČGS



## Příloha 1: Přehledná situace zájmového území M 1 : 10 000





## Příloha 2: Situace plánované stavby a průzkumných děl M 1 : 1 000





## Příloha 3: Dokumentace profilů vrtaných sond

### Prvotní dokumentace vrtané sondy H-1

Název akce	: Olomouc – Přír. fakulta	kóta terénu	: 211 m n. m.
Vrtná osádka	: Macák	souřadnice X	: - 1121730.06
Typ soupravy	: Eijkelkamp (80 mm)	Y	: - 546220.36
Zpracovatel akce	: RNDr. Daniel Reif	hladina podzemní vody	
Datum	: 25. 11. 2019	naražená: 2,96 m	ustálená: 2,96 m
		kóta	: 208,04 m n. m. 208,04 m n. m.

od	do	popis vrstvy	stáří	ČSN 736133	ČSN 736133	čs. vzorku	vzorek
[m]	[m]						
		<b>navážka charakteru hlíny</b>					
		<b>s nízkou až střední</b>					
		<b>plasticitou s příměsí</b>					
0,00	1,00	<b>šterku</b> , tmavošedá, hnědá, tuhá konzistence, stavební materiál, cihly, kameny plasty do cca 5 cm	Q	<b>F5/ML- MI (Y) + G</b>	I.	-	-
		<b>jíl s nízkou až střední</b>					
		<b>plasticitou</b> , hnědá, šedá, tuhá konzistence, fluviální sediment	Q	<b>F6/CL-CI</b>	I.	-	-

Poznámky: Zeminy byly posuzovány dle dohody s objednatelem vizuálně dle ČSN 73 6133.

### Vsakovací zkoušky

Zkouška/ Sonda	interval vsakování (m)	A <sub>zk</sub> vsakovací plocha (m <sup>2</sup> )	Q <sub>zk</sub> Vsakovaný objem (m <sup>3</sup> /s)	k <sub>v</sub> koeficient vsaku (m/s)
VZ-1/H-1	1,28-3,06	0,45	8,09×10 <sup>-7</sup>	1,79×10 <sup>-6</sup>
VZ-2/H-1	1,57-3,06	0,37	5,02×10 <sup>-7</sup>	1,32×10 <sup>-6</sup>

## Prvotní dokumentace vrtané sondy H-2

Název akce	: Olomouc – Přír. fakulta	kóta terénu	: 211 m n. m.
Vrtná osádka	: Macák	souřadnice X	: - 1121759.23
Typ soupravy	: Eijkelkamp (80 mm)	Y	: - 546249.44
Zpracovatel akce	: RNDr. Daniel Reif	hladina podzemní vody	
Datum	: 25. 11. 2019	naražená: -	ustálená: -
		kóta	: -

od	do	popis vrstvy	stáří	ČSN 736133	ČSN 736133	čs. vzorku	vzorek
[m]	[m]						
		<b>navážka charakteru hlíny s nízkou až střední plasticitou s příměsí štěrku, tmavošedá, hnědá, tuhá konzistence, stavební materiál, cihly, kameny plasty do cca 5 cm</b>	Q	<b>F5/ML- MI (Y) + G</b>	I.	-	-
0,00	0,90						
		<b>jíl s nízkou až střední plasticitou, hnědá, šedá, tuhá konzistence, fluvialní sediment</b>	Q	<b>F6/CL-CI</b>	I.	-	-
0,90	2,00						

Poznámky: Zeminy byly posuzovány dle dohody s objednatelem vizuálně dle ČSN 73 6133.

### Vsakovací zkoušky

Zkouška/ Sonda	interval vsakování (m)	A <sub>zk</sub> vsakovací plocha (m <sup>2</sup> )	Q <sub>zk</sub> Vsakovaný objem (m <sup>3</sup> /s)	k <sub>v</sub> koeficient vsaku (m/s)
VZ-1/H-2	0,48-2,10	0,41	1,39×10 <sup>-7</sup>	3,38×10 <sup>-7</sup>
VZ-2/H-2	0,53-2,10	0,25	2,28×10 <sup>-7</sup>	8,91×10 <sup>-7</sup>

## Prvotní dokumentace vrtané sondy H-3

Název akce	: Olomouc – Přír. fakulta	kóta terénu	: 211 m n. m.
Vrtná osádka	: Macák	souřadnice X	: - 1121774.73
Typ soupravy	: Eijkelkamp (80 mm)	Y	: - 546273.79
Zpracovatel akce	: RNDr. Daniel Reif	hladina podzemní vody	
Datum	: 25. 11. 2019	naražená: -	ustálená: -
		kóta	: -

od	do	popis vrstvy	stáří	ČSN 736133	ČSN 736133	čs. vzorku	vzorek
[m]	[m]						
		<b>navážka charakteru hlíny s nízkou až střední plasticitou s příměsí štěrku, tmavošedá, hnědá, tuhá konzistence, stavební materiál, cihly, kameny plasty do cca 5 cm</b>		<b>F5/ML- MI (Y) + G</b>	I.	-	-
0,00	1,40		Q				
		<b>jíl písčitý, šedý, hnědý, tuhá konzistence, fluviální sediment</b>		<b>F4/CS</b>	I.	-	-
1,40	2,70		Q				
		<b>štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy, šedý, ulehlý, kameny do cca 3 cm, fluviální sediment</b>		<b>G3/G - F</b>	I.	-	-
2,70	3,00		Q				

Poznámky: Zeminy byly posuzovány dle dohody s objednatelem vizuálně dle ČSN 73 6133.

### Vsakovací zkoušky

Zkouška/ Sonda	interval vsakování (m)	A <sub>zk</sub> vsakovací plocha (m <sup>2</sup> )	Q <sub>zk</sub> Vsakovaný objem (m <sup>3</sup> /s)	k <sub>v</sub> koeficient vsaku (m/s)
VZ-1/H-3	1,94-2,95	0,25	4,85×10 <sup>-6</sup>	1,87×10 <sup>-5</sup>
VZ-2/H-3	2,23-2,95	0,18	2,84×10 <sup>-6</sup>	1,53×10 <sup>-5</sup>

## Prvotní dokumentace vrtané sondy H-4

Název akce	: Olomouc – Přír. fakulta	kóta terénu	: 211 m n. m.
Vrtná osádka	: Macák	souřadnice X	: - 1121673.53
Typ soupravy	: Eijkelkamp (80 mm)	Y	: - 545765.77
Zpracovatel akce	: RNDr. Daniel Reif	hladina podzemní vody	
Datum	: 27. 11. 2019	naražená: - m	ustálená: - m
		kóta	: - m.

od	do	popis vrstvy	stáří	ČSN 736133	ČSN 736133	čs. vzorku	vzorek
[m]	[m]						
0,00	1,90	<b>navážka charakteru hlíny písčité s příměsí štěrku,</b> tmavošedá, hnědá, tuhá konzistence, igelit, stavební materiál, cihly, kameny do cca 5 cm	Q	<b>F3/MS (Y) + G</b>	I.	-	-
1,90	2,00	<b>štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy,</b> šedý, písčitý, středně ulehlý, kameny do cca 3 cm, fluvialní sediment	Q	<b>G3/G-F</b>	I.	-	-

Poznámky: Zeminy byly posuzovány dle dohody s objednatelem vizuálně dle ČSN 73 6133.

## Vsakovací zkoušky

Zkouška/ Sonda	interval vsakování (m)	A <sub>zk</sub> vsakovací plocha (m <sup>2</sup> )	Q <sub>zk</sub> Vsakovaný objem (m <sup>3</sup> /s)	k <sub>v</sub> koeficient vsaku (m/s)
VZ-1/H-4	0,42-2,00	0,40	4,56×10 <sup>-7</sup>	1,13×10 <sup>-6</sup>
VZ-2/H-4	0,60-2,00	0,35	2,98×10 <sup>-7</sup>	8,36×10 <sup>-7</sup>

## Prvotní dokumentace vrtané sondy H-5

Název akce	: Olomouc – Přír. fakulta	kóta terénu	: 211 m n. m.
Vrtná osádka	: Macák	souřadnice X	: - 1121723.99
Typ soupravy	: Eijkelkamp (80, 40 mm)	Y	: - 546305.60
Zpracovatel akce	: RNDr. Daniel Reif	hladina podzemní vody	
Datum	: 27. 11. 2019	naražená: - m	ustálená: -m
		kóta	: - m

od	do	popis vrstvy	stáří	ČSN 736133	ČSN 736133	čs. vzorku	vzorek
[m]	[m]						
0,00	1,00	<b>navážka charakteru hlíny</b> <b>štěrkovitě</b> , tmavošedá, hnědá, tuhá konzistence, cihly do cca 7 cm	Q	<b>F1/MG</b> <b>(Y)</b>	I.	-	-
1,00	2,50	<b>navážka charakteru</b> <b>štěrku s příměsí</b> <b>jemnozrnné zeminy</b> , šedá, hnědá, středně ulehlá, kameny do cca 3 cm	Q	<b>G3/G-F</b> <b>(Y)</b>	I.	-	-
2,50	2,70	<b>jíl s nízkou až střední</b> <b>plasticitou</b> , hnědý, tuhá konzistence, fluviální sediment	Q	<b>F6/CL-CI</b>	I.	-	-
2,70	3,05	<b>štěrk s příměsí</b> <b>jemnozrnné zeminy</b> , šedý, ulehlý, kameny do cca 3 cm, fluviální sediment	Q	<b>G3/G-F</b>	I.	-	-

Poznámky: Zeminy byly posuzovány dle dohody s objednatelem vizuálně dle ČSN 73 6133.

### Vsakovací zkoušky

Zkouška/ Sonda	interval vsakování (m)	A <sub>zk</sub> vsakovací plocha (m <sup>2</sup> )	Q <sub>zk</sub> Vsakovaný objem (m <sup>3</sup> /s)	k <sub>v</sub> koeficient vsaku (m/s)
VZ-1/H-1	1,57-3,05	0,19	9,51×10 <sup>-8</sup>	5,08×10 <sup>-7</sup>
VZ-2/H-1	1,67-3,05	0,17	3,92×10 <sup>-8</sup>	2,25×10 <sup>-7</sup>

## Prvotní dokumentace vrtané sondy H-6

Název akce	: Olomouc- Přír. fakulta	kóta terénu	: 211 m n. m.
Vrtná osádka	: Macák	souřadnice X	: - 1121792.05
Typ soupravy	: Eijkelkamp (80 mm)	Y	: - 546351.34
Zpracovatel akce	: RNDr. Daniel Reif	hladina podzemní vody	
Datum	: 27. 11. 2019	naražená: - m	ustálená: - m
		kóta	: - m

od	do	popis vrstvy	stáří	ČSN 736133	ČSN 736133	čs. vzorku	vzorek
[m]	[m]						
0,00	2,00	navážka charakteru hlíny s nízkou až střední plasticitou s příměsí šterku, tmavošedá, hnědá, tuhá konzistence, cihly, do cca 6 cm	Q	F5/ML- MI + G (Y)	-	-	-

Poznámky: Zeminy byly posuzovány dle dohody s objednatelem vizuálně dle ČSN 73 6133.

## Vsakovací zkoušky

Zkouška/ Sonda	interval vsakování (m)	A <sub>zk</sub> vsakovací plocha (m <sup>2</sup> )	Q <sub>zk</sub> Vsakovaný objem (m <sup>3</sup> /s)	k <sub>v</sub> koeficient vsaku (m/s)
VZ-1/H-1	1,40-2,05	0,16	4,18×10 <sup>-6</sup>	2,48×10 <sup>-5</sup>
VZ-2/H-1	1,60-2,05	0,11	1,39×10 <sup>-6</sup>	1,18×10 <sup>-5</sup>