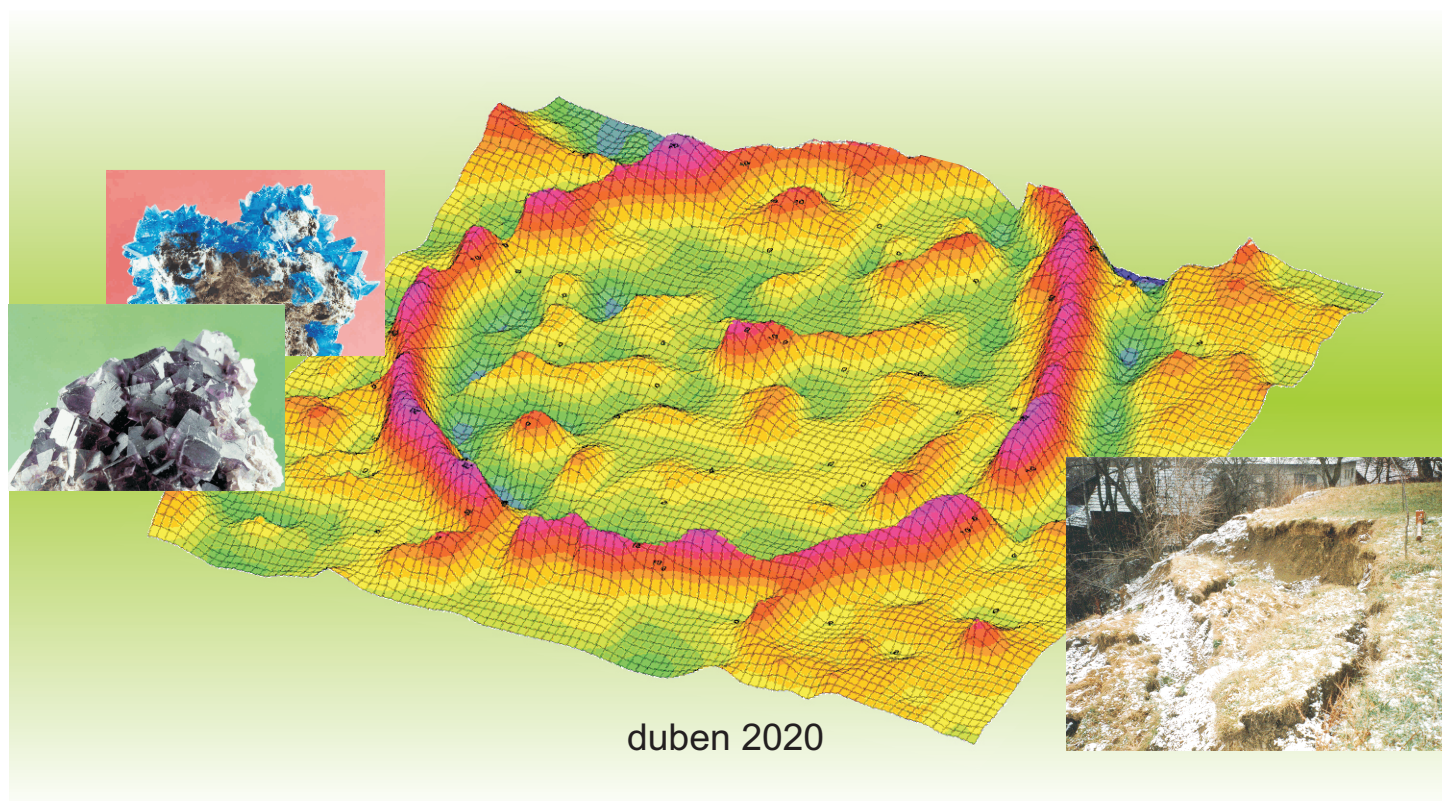




MULTIFUNKČNÍ HALA, AREÁL BVV BRNO

Hydrogeologický průzkum



duben 2020

Zadavatel: GEODRILL s.r.o.
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno
IČ: 46994971

Zpracovatel: Mgr. PAVEL MACHŮ
Teyschlova 1099/20, 635 00 Brno
IČ: 0886221
mobil: +420 608 700 951
e-mail: pavelmachu@centrum.cz

Akce: **Jednoetapový průzkum pro stavbu
Multifunkční haly Brno
Technická zpráva hydrodynamických zkoušek**

Číslo zakázky zadavatele: 200008/1
Číslo zakázky zpracovatele: 0019/20
Evidenční č. Geofondu: neevidováno

Autor: Mgr. Pavel Machů
Odborná způsobilost v oboru
hydrogeologie č. 1481/2001 razítko a podpis



Výtisk číslo:

BRNO, březen 2020

ROZDĚLOVNÍK

Tato zpráva je vyhotovena ve 2 výtiscích a obsahuje 13 stran textu, včetně 2 příloh.

Výtisk č. 1 zadavatel (digitálně)

Výtisk č. 2 zpracovatel (digitálně)

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČZK	čerpací zkouška
HDZK	hydrodynamická zkouška
HG	hydrogeologický
HPV	hladina podzemní vody
m n. t.	metrů nad terénem
m p. t.	metrů pod terénem
k_f	koeficient filtrace
OB	odměrný bod
Q	čerpané množství
SZK	stoupací zkouška
T	transmisivita

OBSAH	str.
1 Úvod.....	3
2 Metodika hydrodynamických zkoušek	3
3 Výsledky hydrodynamických zkoušek	5
4 Závěr	10
5 Přehled použitých podkladů	11

SEZNAM TABULEK	str.
Tabulka č. 1 Parametry hydrodynamických zkoušek	3
Tabulka č. 2 Parametry HG vrtů	3
Tabulka č. 3 Charakteristické údaje hydrodynamických zkoušek	5
Tabulka č. 4 Vypočtené parametry zvodněného horninového prostředí	9

SEZNAM OBRÁZKŮ

str.

Obrázek č. 1 Realizace hydrodynamické zkoušky ve vrtu JV102	4
Obrázek č. 2 Realizace hydrodynamické zkoušky ve vrtu JV104	4
Obrázek č. 3 Průběh hydrodynamické zkoušky ve vrtu JV102	6
Obrázek č. 4 Přímková transformace zbytkového snížení – čerpací část ve vrtu JV102.....	6
Obrázek č. 5 Přímková transformace zbytkového snížení – stoupací část ve vrtu JV102.....	7
Obrázek č. 6 Průběh hydrodynamické zkoušky ve vrtu JV104	7
Obrázek č. 7 Přímková transformace zbytkového snížení – čerpací část ve vrtu JV104.....	8
Obrázek č. 8 Přímková transformace zbytkového snížení – stoupací část ve vrtu JV104.....	8

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Dokumentace hydrodynamické zkoušky ve vrtu JV102
Příloha 2	Dokumentace hydrodynamické zkoušky ve vrtu JV104

1 Úvod

Na základě e-mailové objednávky ze dne 2.3.2020 byly realizovány hydrodynamické zkoušky (dále jen HDZK), v rámci zakázky „Jednoetapový průzkum pro stavbu Multifunkční haly Brno“.

Cílem HDZK bylo ověření hydraulických parametrů testovaného horninového prostředí.

2 Metodika hydrodynamických zkoušek

Pro orientační ověření hydraulických parametrů testovaného horninového prostředí byly dne 4.3.2020 realizovány hydrodynamické ověřovací zkoušky ve vrtech JV102 a JV104. Jedná se o vrty, které byly vybudovány v rámci aktuální zakázky.

Každá realizovaná HDZK sestávala z čerpací a stoupací části, jejich základní parametry jsou patrné z tabulky č. 1. Parametry vrtů použitých při testování shrnuje tabulka č. 2.

Tabulka č. 1 Parametry hydrodynamických zkoušek

Objekt	Datum	Typ zkoušky	Trvání [hod:min]	Čerpané množství Q [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]	Pozorovací objekty
JV102	4.3.2020	ČZK/SZK	1:30/1:30	0,107-0,174	-
JV104	4.3.2020	ČZK/SZK	0:43/2:00	0,070-0,242	-

Tabulka č. 2 Parametry HG vrtů

Objekt	OB	OB-ter. [m n. t.]	Hloubka [m od OB]	HPV [m od OB]	Vodní sloupec [m]	Výstroj [mm]	Perforace výstroje [m p. t.]	Datum měření
JV102	Vrch výstroje	0,25	20,02	3,15	16,87	PVC DN 100	4,0-18,0	4.3.2020
JV104	Vrch výstroje	0,30	20,47	3,23*	17,24	PVC DN 100	4,0-18,0	4.3.2020

* ... počáteční HPV před pokusným začerpáním

Ve vrtu JV102 bylo k čerpací zkoušce použito čerpadlo ROB 2 (Malyš). Čerpané množství Q se pohybovalo v rozmezí 0,107 – 0,174 $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$, přičemž při konci ČZK se hodnota Q ustalovala kolem 0,139 $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$.

V případě vrtu JV104 bylo použito čerpadlo Grundfos SQ 2-55, z důvodu neprůchodnosti čerpadla ROB 2 (Malyš). Zde bylo čerpáno při vydatnosti Q v rozmezí 0,070 – 0,242 $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$, přičemž při konci ČZK se hodnota Q ustalovala kolem 0,072 $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$.

Jako zdroj energie sloužila vždy elektrocentrála. Sací koš čerpadla je obecně vhodné umístit do úseku neperforované výstroje vrtu, aby horninové prostředí nebylo ovlivňováno sáním čerpadla. V obou případech bylo sání čerpadla umístěno zhruba na rozhraní kalníku a perforované části výstroje. Zapuštění čerpadel níže nebylo vhodné, protože dno obou vrtů bylo dosti zakalené.

Při čerpání bylo odpadní potrubí o délce 40 m (hadice PVC 3/4") a délce 30 m (hadice PVC 5/4") zaústěno do kanálu.

HDZK byly provedeny bez pozorovacích objektů, protože se žádné vystrojené vrty ani studny v relevantní vzdálenosti nevyskytovaly.

V průběhu hydrodynamických zkoušek byla v daných časových intervalech měřena hladina podzemní vody. Měření byla prováděna pomocí elektrokontaktního hladinoměru G100 výrobce NPK Europe Mfg. s.r.o. Čerpané množství bylo průběžně kontrolováno objemovým měřením do kalibrované nádoby o objemu 20 l. Po ukončení čerpací části ihned následovala stoupací část hydrodynamické zkoušky.

Veškerá měření probíhala od odměrných bodů (OB), kterými byly horní okraje výstroje (viz tabulka č. 2), a tak jsou také uváděna v tabulkách a grafických prezentacích.



Obrázek č. 1 Realizace hydrodynamické zkoušky ve vrtu JV102



Obrázek č. 2 Realizace hydrodynamické zkoušky ve vrtu JV104

Dokumentace hydrodynamických zkoušek jsou uvedeny v přílohách 1 a 2, graficky jsou hydrodynamické zkoušky prezentovány v obrázcích č. 3 a 6.

3 Výsledky hydrodynamických zkoušek

Charakteristické údaje hydrodynamických zkoušek jsou přehledně uvedeny v tabulce č. 3. Průběh jednotlivých hydrodynamických zkoušek je v grafické podobě zobrazen v obrázcích č. 3 a 6.

Tabulka č. 3 Charakteristické údaje hydrodynamických zkoušek

Objekt	Funkce	Datum	Typ zkoušky	Trvání [hod:min]	Q [l·s ⁻¹]	HPV [m od OB]			Snížení [m]	Nástup [m]	Rozdíl h ₁ -h ₃ [m]
						h ₁	h ₂	h ₃			
JV102	čerpaný	4.3.2020	ČZK/SZK	1:30/1:30	0,107-0,174	3,14	6,68	3,175	3,54	3,505	-0,035
JV104	čerpaný	4.3.2020	ČZK/SZK	0:43/2:00	0,070-0,242	3,16	16,06	3,27	12,90	12,79	-0,11

h₁ ... hladina na začátku ČZK

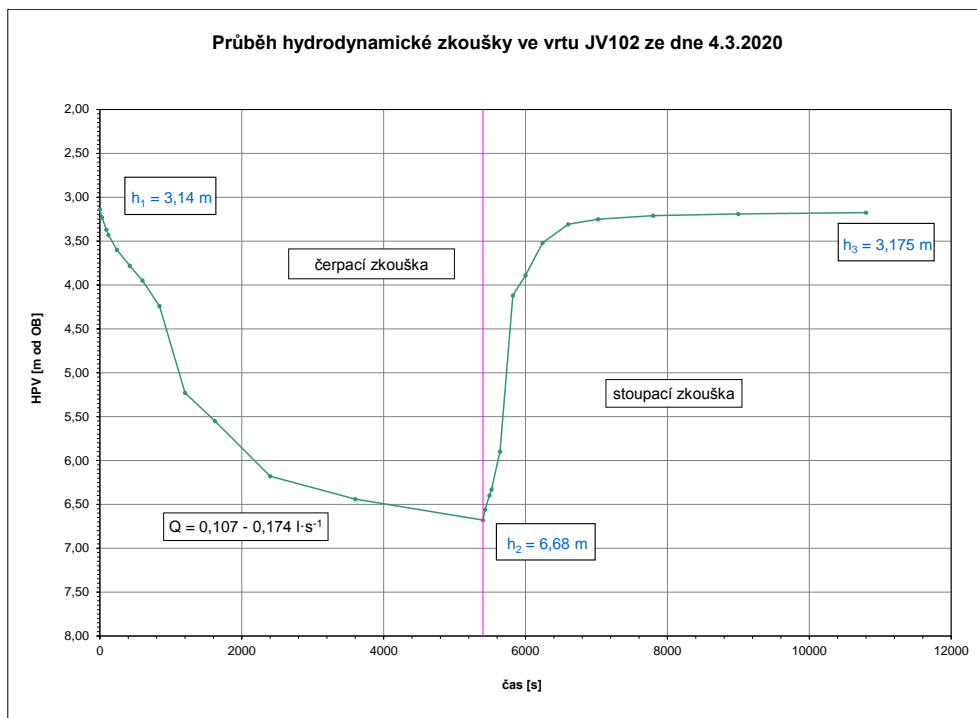
h₂ ... hladina na konci ČZK a začátku SZK

h₃ ... hladina na konci SZK

Čerpací zkouška ve vrtu JV102 byla provedena v režimu neustáleného proudění. Byla ukončena po 1:30 hod., po vyčerpání cca 21 % vodního sloupce, při dosaženém snížení 3,54 m, z úrovně 3,14 m od OB na úroveň 6,68 m od OB. Následný nástup hladiny byl relativně rychlý. Za 1:30 hod. HPV nastoupala o 3,505 m, na úroveň 3,175 m od OB. HPV nedosáhla výchozí úrovně ze začátku čerpání, k dorovnání scházelo 3,5 cm.

Čerpací zkouška ve vrtu JV104 byla provedena opět v režimu neustáleného proudění. Byla ukončena relativně brzy, po 43 min., po vyčerpání téměř 76 % vodního sloupce, při dosaženém snížení 12,90 m, z úrovně 3,16 m od OB na úroveň 16,06 m od OB. Také zde byl nástup hladiny relativně rychlý. Za 2:00 hod. HPV nastoupala o 12,79 m, na úroveň 3,27 m od OB. Nicméně ani zde HPV nedosáhla výchozí úrovně ze začátku čerpání, k dorovnání scházelo 11,0 cm.

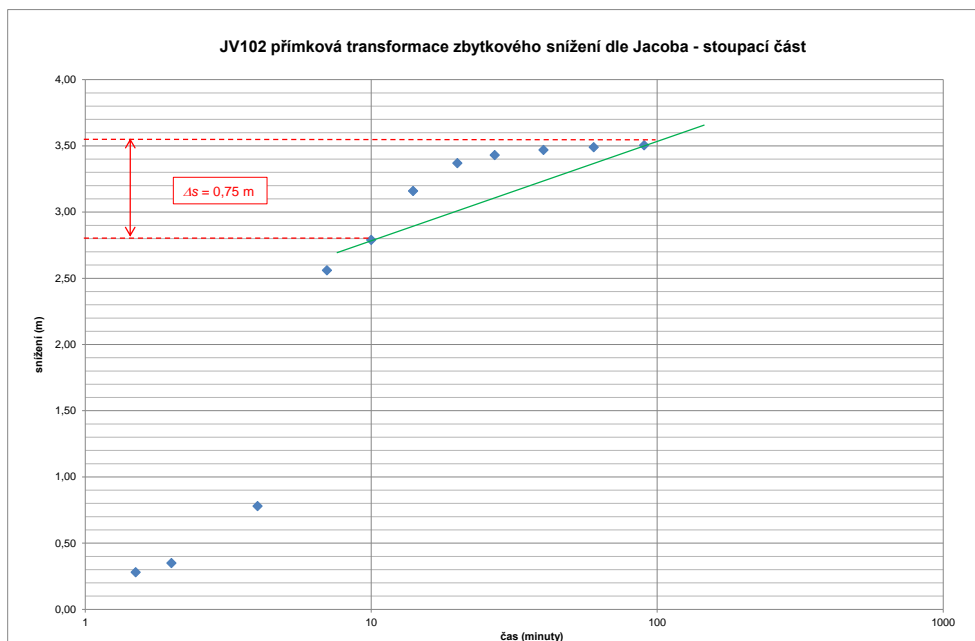
Hydraulické parametry testovaného horninového prostředí byly vypočítány za použití výpočtových vztahů dle Jacoba, při použití metody přímkové transformace pro zbytkové snížení.



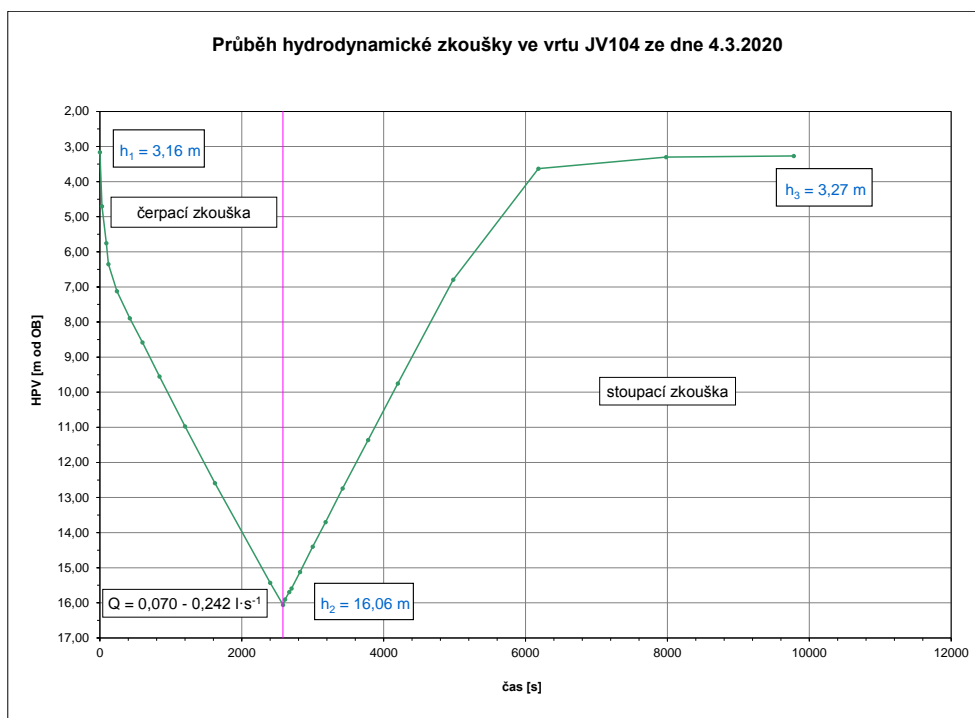
Obrázek č. 3 Průběh hydrodynamické zkoušky ve vrtu JV102



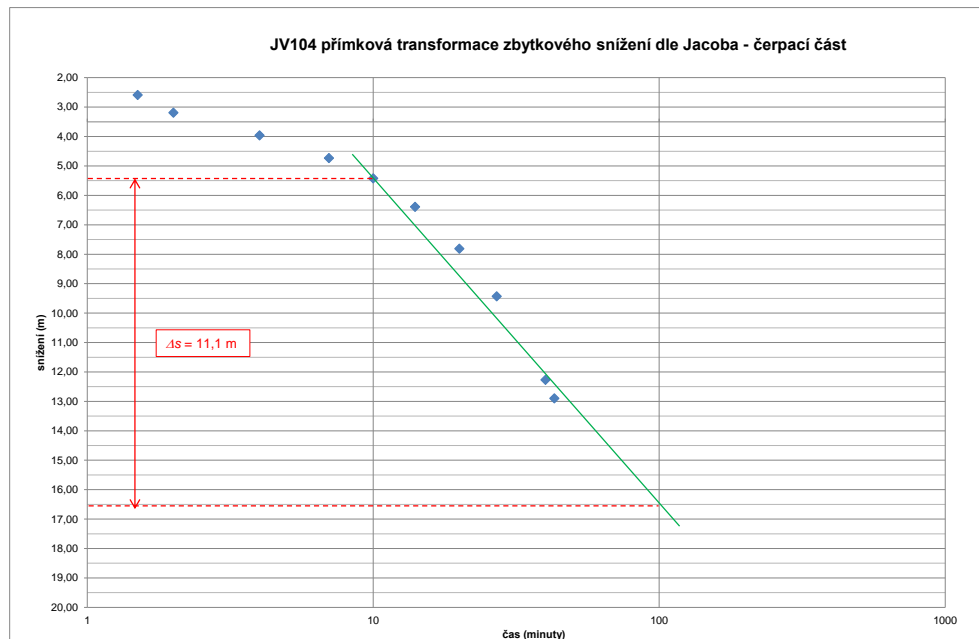
Obrázek č. 4 Přímková transformace zbytkového snížení – čerpací část ve vrtu JV102



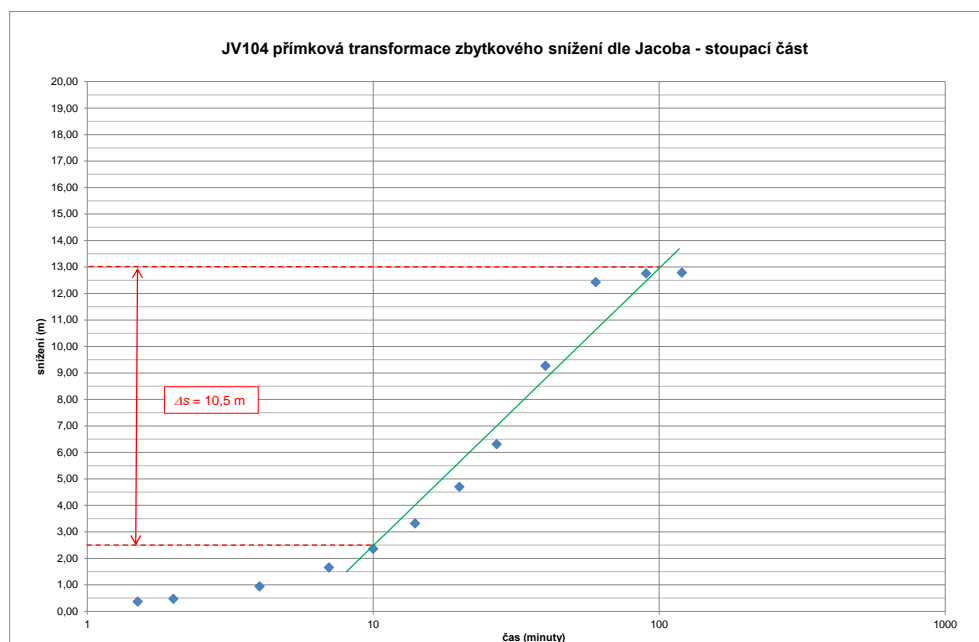
Obrázek č. 5 Přímková transformace zbytkového snížení – stoupací část ve vrtu JV102



Obrázek č. 6 Průběh hydrodynamické zkoušky ve vrtu JV104



Obrázek č. 7 Přímková transformace zbytkového snížení – čerpací část ve vrtu JV104



Obrázek č. 8 Přímková transformace zbytkového snížení – stoupací část ve vrtu JV104

Výsledky výpočtů hydraulických parametrů testovaného horninového prostředí shrnuje následující tabulka č. 4.

Tabulka č. 4 Vypočtené parametry zvodněného horninového prostředí

Objekt	Typ zkoušky	Součinitel transmisivity T [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	Klasifikace transmisivity dle Krásného [3]		Filtreační součinitel k_f [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]	Klasifikace propustnosti dle Jetela [2]		Mocnost zvodně/perforované části vrtu [m]
			označení	třída		označení	třída	
JV102	ČZK	$1,08 \cdot 10^{-5}$	nízká	IV	$4,59 \cdot 10^{-6}$	dosti slabě propustné	V	2,36/14,0
	SZK	$3,39 \cdot 10^{-5}$	nízká	IV	$1,44 \cdot 10^{-5}$	mírně propustné	IV	
	průměr	$2,24 \cdot 10^{-5}$	nízká	IV	$9,48 \cdot 10^{-6}$	dosti slabě propustné	V	
JV104	ČZK	$1,19 \cdot 10^{-6}$	velmi nízká	V	$1,04 \cdot 10^{-6}$	dosti slabě propustné	V	1,14/14,0
	SZK	$1,25 \cdot 10^{-6}$	velmi nízká	V	$1,10 \cdot 10^{-6}$	dosti slabě propustné	V	
	průměr	$1,22 \cdot 10^{-6}$	velmi nízká	V	$1,07 \cdot 10^{-6}$	dosti slabě propustné	V	

Ověřovací hydrodynamické zkoušky poskytují pouze orientační informace, odpovídající nejbližšímu okolí čerpaného objektu.

Pro oba testované vrtby byly zjištěny velmi podobné hydraulické parametry. V místě vrtu JV102 byla ověřena nízká transmisivita, hodnota T dosahuje řádu $10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, dle klasifikace Krásného se jedná o třídu transmisivity IV. Pro vrt JV104 byla stanovena velmi nízká transmisivita, hodnota T dosahuje řádu $10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, což dle klasifikace Krásného odpovídá třídě transmisivity V.

Filtreační součinitel k_f dosahuje převážně řádu $10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, což dle klasifikace propustnosti dle Jetela odpovídá dosti slabě propustnému prostředí (třída propustnosti V). Nicméně horninové prostředí v okolí vrtu JV102 je asi o půl řádu propustnější.

4 Závěr

V rámci zakázky „Jednoetapový průzkum pro stavbu Multifunkční haly Brno“ byly provedeny hydrodynamické zkoušky ve vrtech JV102 a JV104. Cílem zkoušek bylo ověření hydraulických parametrů testovaného horninového prostředí.

Pro oba testované vrty byly zjištěny velmi podobné hydraulické parametry. Součinitel transmisivity T se pohybuje v rozmezí řádů 10^{-6} až $10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, což odpovídá velmi nízké až nízké transmisivitě, dle klasifikace Krásného třída transmisivity V až IV.

Filtrační součinitel k_f dosahuje převážně řádu $10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, což odpovídá dosti slabě propustnému prostředí, dle klasifikace Jetela třída propustnosti V. Zhruba o půl řádu propustnější se jeví okolí vrtu JV102.

Podrobné výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Mgr. Pavel Machů

V Brně 24.3.2020

5 Přehled použitých podkladů

- [1] BUJOK, P. – GRMELA, A. *Hydrodynamické zkoušky a výzkum sond*. Ostrava: VŠB, 1992.
- [2] JETEL, J. *Určování hydraulických parametrů hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech*. Praha: ČAV, 1982.
- [3] KRASNÝ, J. *Klasifikace transmisivity a její použití*. Praha: Geologický průzkum, 1986.
- [4] ŠRÁČEK, O. – KUCHOVSKÝ, T. *Základy hydrogeologie*. Brno: MU, 2003.
- [5] ČSN 73 6614. *Zkoušky zdrojů podzemní vody*. Praha: Český normalizační institut, 1985.

Příloha 1 – Dokumentace hydrodynamické zkoušky ve vrtu JV102

DOKUMENTACE HYDRODYNAMICKÉ ZKOUŠKY											
Akce	Jednoetapový průzkum pro stavbu Multifunkční haly Brno					Sonda		JV102			
Datum	4.3.2020			ČZK	1:30 hod.			SZK	1:30 hod.		
Počasí	polojasno 6-10 °C					Měřili		Machů, Pilát			
Druh čerpadla		ROB2 (Malyš)			Odměrný bod (OB)			vrch výstroje			
Pohon čerpadla		elektrocentrála			OB - terén (m n. t.)			0,25			
Zaústění odpadu		do kanálu			Hloubka sondy (m od OB)			20,02			
Sací koš v hloubce (m od OB)			18,0		Vodní sloupec (m)			16,87			
Délka odpadního potrubí (m)			40		HPV před čerpáním bez čerpadla (m od OB)			3,15			
Objem měrné nádoby (l)			20		HPV před čerpáním s čerpadlem (m od OB)			3,14			
Poznámka											
čas od spuštění/zastavení čerpadla (ČZK)			měrná nádoba		průtok	HPV (m od OB)		HPV (m)		poznámka	
			objem	plnění		čerpaný	pozor.	pokles	snížení		
hod.	min.	sec.	(l)	(s)	(l/s)	JV102	-	-	-		
ČERPACÍ ZKOUŠKA											
0	0	0				3,140		0,000	0,000		
0	0,5	30				3,230		0,090	0,090		
0	1,5	90				3,370		0,140	0,230		
0	2	120	5	46,57	0,107	3,430		0,060	0,290		
0	4	240	5	39,75	0,126	3,600		0,170	0,460		
0	7	420	5	43,43	0,115	3,780		0,180	0,640	přítok do vrtu	
0	10	600	5	36,49	0,137	3,950		0,170	0,810	přítok do vrtu	
0	14	840	5	28,74	0,174	4,240		0,290	1,100		
0	20	1200	10	62,31	0,160	5,230		0,990	2,090		
0	27	1620	10	64,37	0,155	5,550		0,320	2,410		
0	40	2400	10	67,57	0,148	6,180		0,630	3,040		
1	60	3600	10	70,45	0,142	6,440		0,260	3,300		
1	90	5400	10	72,18	0,139	6,680		0,240	3,540	konec ČZK	
STOUPACÍ ZKOUŠKA											
0	0	0				6,680		0,000	0,000		
0	0,5	30				6,560		0,120	0,120		
0	1,5	90				6,400		0,160	0,280		
0	2	120				6,330		0,070	0,350		
0	4	240				5,900		0,430	0,780		
0	7	420				4,120		1,780	2,560		
0	10	600				3,890		0,230	2,790		
0	14	840				3,520		0,370	3,160		
0	20	1200				3,310		0,210	3,370		
0	27	1620				3,250		0,060	3,430		
0	40	2400				3,210		0,040	3,470		
1	60	3600				3,190		0,020	3,490		
1	90	5400				3,175		0,015	3,505	konec SZK	

Příloha 2 – Dokumentace hydrodynamické zkoušky ve vrtu JV104

DOKUMENTACE HYDRODYNAMICKÉ ZKOUŠKY											
Akce	Jednoetapový průzkum pro stavbu Multifunkční haly Brno						Sonda	JV104			
Datum	4.3.2020			ČZK	0:43 hod.			SZK	2:00 hod.		
Počasí	polojasno 6-8 °C						Měřili	Machů, Pilát			
Druh čerpadla		Grundfos SQ2-55			Odměrný bod (OB)			vrch výstroje			
Pohon čerpadla		elektrocentrála			OB - terén (m n. t.)			0,30			
Zaústění odpadu		do kanálu			Hloubka sondy (m od OB)			20,47			
Sací koš v hloubce (m od OB)			18,0			Vodní sloupec (m)			17,10		
Délka odpadního potrubí (m)			30			HPV před čerpáním bez čerpadla (m od OB)				3,37	
Objem měrné nádoby (l)			20			HPV před čerpáním s čerpadlem (m od OB)				3,16	
Poznámka											
čas od spuštění/zastavení čerpadla (ČZK)			měrná nádoba		průtok	HPV (m od OB)		HPV (m)		poznámka	
			objem	plnění		čerpaný	pozor.	pokles	snížení		
hod.	min.	sec.	(l)	(s)	(l/s)	JV104	-	-	-		
ČERPACÍ ZKOUŠKA											
0	0	0				3,160		0,000	0,000		
0	0,5	30				4,700		1,540	1,540		
0	1,5	90				5,750		1,050	2,590		
0	2	120	15	61,97	0,242	6,350		0,600	3,190		
0	4	240				7,120		0,770	3,960		
0	7	420	15	160,08	0,094	7,890		0,770	4,730		
0	10	600				8,580		0,690	5,420		
0	14	840	15	178,41	0,084	9,550		0,970	6,390		
0	20	1200	10	139,04	0,072	10,970		1,420	7,810		
0	27	1620	10	138,19	0,072	12,590		1,620	9,430		
0	40	2400	10	143,5	0,070	15,430		2,840	12,270		
0	43	2580				16,060		0,630	12,900	konec ČZK	
STOUPACÍ ZKOUŠKA											
0	0	0				16,060		0,000	0,000		
0	0,5	30				15,900		0,160	0,160		
0	1,5	90				15,690		0,210	0,370		
0	2	120				15,590		0,100	0,470		
0	4	240				15,120		0,470	0,940		
0	7	420				14,400		0,720	1,660		
0	10	600				13,700		0,700	2,360		
0	14	840				12,740		0,960	3,320		
0	20	1200				11,360		1,380	4,700		
0	27	1620				9,750		1,610	6,310		
0	40	2400				6,790		2,960	9,270		
1	60	3600				3,630		3,160	12,430		
1	90	5400				3,300		0,330	12,760		
2	120	7200				3,270		0,030	12,790	konec SZK	