

# **BOSKOVICE - koupaliště – IG, HG**

**Brno, srpen 2009**

Číslo úkolu : 09 007

Název úkolu : **BOSKOVICE – koupaliště – IG, HG**

Objednatel : **IMOS Brno, a.s**  
**Olomoucká 174**  
**627 00 Brno**

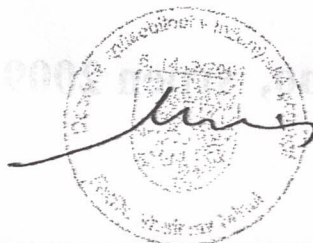
### **Závěrečná zpráva**

**inženýrsko-geologického a hydrogeologického průzkumu zaměřeného  
na stanovení základacích podmínek a ověření možnosti získání nového  
zdroje podzemní vody z hlubších struktur pro akci „Rekonstrukce a  
modernizace koupaliště v areálu volnočasových aktivit Červená  
zahrada v Boskovicích.**

**GEOSERVIS**  
spol. s r.o.  
Barvičova 45  
602 00 BRNO

Vypracovali : **Ing. Zdeněk Mudrák**  
**RNDr. Vratislav Minol**

Datum : **3. srpen 2009**



Výtisk č. : **4**



## Obsah :

	Str.
<b><u>1. Textová část</u></b>	
1.1. Úvod .....	1
1.2. Geologické a hydrogeologické poměry .....	1
1.3. Inženýrsko-geologická část .....	2
1.3.1. Geotechnické vlastnosti zemin .....	2
1.3.2. Inženýrskogeologické zhodnocení .....	4
1.3.3. Závěr .....	6
1.4. Hydrogeologická část .....	6
1.4.1. Vrtné práce .....	6
1.4.2. Hydrodynamické zkoušky .....	7
1.4.3. Hydraulické výpočty .....	8
1.4.4. Odběry vzorků podzemní vody .....	10
1.4.5. Laboratorní rozborů .....	10
1.4.6. Závěr .....	11

## **2. Přílohová část**

- 2.1. Situace zájmového území měř. 1 : 50 000
- 2.2. Situace průzkumného vrtu HV 1 měř. 1 : 250
- 2.3. Grafická dokumentace vrtu HV 1
- 2.4. Výsledky laboratorních rozborů

## Rozdělovník :

Výtisk č. 1 – 4    IMOS Brno, a.s.  
Výtisk č. 5    Geoservis spol. s r.o.

Na vlastním staveništi byly zastiženy navážky, hlinito-písčité šterky, jílovito-písčité šterky, písčité šterky, jíly, jílovce a prachovité písky s vložkami pískovců.

Navážky, jejichž mocnost činí 0,5 m a jsou tvořeny písčitou hlínou, šterkem, úlomky cihel.

Pod vrstvou navážek byly zastiženy hlinito-písčité šterky o mocnosti 2,6 m, které nasedají na vrstvu jílovito-písčitých šterků o mocnosti 0,4 m, které dále přecházejí do vrstev písčitých šterků jejichž mocnost činí 2,6 m.

Další zastiženou zeminou je vrstva jílu s přechodem do jílovců, tuhé až pevné konzistence, o mocnosti 0,6 m, která postupně přechází do vrstvy zpevněných jílovců, které se střídají s polohami jílu, jejichž mocnost činí 5,2 m.

Poslední zastiženou zeminou jsou prachovité písky s drobnými vložkami pískovců, silně ulehle, jejich ověřená mocnost činí 27,3 m, kdy byl vrt ukončen v hloubce 40,0 m.

Podzemní voda byla během vrtných prací zastižena, kdy naražená hladina podzemní vody byla zjištěna 3,2 m a 36,0 m pod povrchem terénu, ustálená hladina podzemní vody byla změřena 3,2 m pod povrchem terénu, a s jejím vlivem na základové konstrukce je nutno uvažovat. Navíc bude nutno také uvažovat s případným odvodněním stavební jámy jednotlivých objektů.

První hladina podzemní vody komunikuje s hladinou potoka Bělá a bude kolísat v obdobích s intenzivnějšími srážkami, v závislosti na ročním období, hladině blízkých toků a dle propustnosti jednotlivých vrstev.

### 1.3. Inženýrsko-geologická část

Během vrtných prací byl z vrtu V 1 odebrán vzorek podzemní vody k laboratornímu zjištění případné agresivity na stavební hmoty (příl. č. ).

Dle ČSN EN 206-1 „Klasifikace chemického působení vody na beton“ tab. 2 se jedná o slabě agresivní chemické prostředí vůči betonu, které je hodnoceno stupněm XA1.

Dle ČSN 03 8375 a ČSN 03 8372 tvoří voda vůči kovovému potrubí a nelineovému zařízení uloženému v zemi prostředí s velmi vysokou agresivitou.

V průběhu výstavby bude nutno uvažovat s případným odvodněním stavební jámy.

#### 1.3.1. Geotechnické vlastnosti zemin

Fyzikálně-mechanické vlastnosti zemin byly zjišťovány v průběhu vrtných prací a během geologické dokumentace vrtů. Z geotechnického hlediska se jedná o šterkovité zeminu, jíly, jílovce a prachovité písky.

Jíly řadíme, dle ČSN 73 1001 „Základová půda pod plošnými základy“, mezi zeminu jemnozrnné skupiny F, třídy F6 CI (jíl se střední plasticitou) až F8 CV (jíl s velmi vysokou plasticitou). Pro tyto zeminu můžeme dle tab. 11 ČSN 73 1001 doporučit do statických výpočtů normové charakteristiky :



pro F6 CI :

(tuhá konzistence)

objemová tíha	$\gamma = 21,0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$
efekt. úhel vnitř. tření	$\varphi_{ef} = 19^{\circ}$
efektivní soudržnost	$c_{ef} = 11 \text{ kPa}$
totál. úhel vnitř. tření	$\varphi_u = 0^{\circ}$
totál. soudržnost	$c_u = 50 \text{ kPa}$
modul přetvárnosti	$E_{def} = 5 \text{ MPa}$

pro F8 CV :

(tuhá konzistence)

objemová tíha	$\gamma = 20,5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$
efekt. úhel vnitř. tření	$\varphi_{ef} = 15^{\circ}$
efektivní soudržnost	$c_{ef} = 4 \text{ kPa}$
totál. úhel vnitř. tření	$\varphi_u = 0^{\circ}$
totál. soudržnost	$c_u = 40 \text{ kPa}$
modul přetvárnosti	$E_{def} = 3 \text{ MPa}$

Mezi zeminy šterkovité řadíme vrstvy písečných, hlinitých a jílovitých šterků, kdy zeminy řadíme do skupiny G, třídy G2 GP (šterk špatně zrněný), G4 GM (šterk hlinitý) a G5 GC (šterk jílovitý). Pro tyto zeminy můžeme dle tab. 13 ČSN 73 1001 doporučit do statických výpočtů normové charakteristiky :

pro G2 GP :

objemová tíha	$\gamma = 20,0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$
efekt. úhel vnitř. tření	$\phi_{ef} = 33^{\circ}$
efektivní soudržnost	$c_{ef} = 0 \text{ kPa}$
modul přetvárnosti	$E_{def} = 120 \text{ MPa}$

pro G4 GM :

objemová tíha	$\gamma = 19,0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$
efekt. úhel vnitř. tření	$\phi_{ef} = 30^{\circ}$
efektivní soudržnost	$c_{ef} = 5 \text{ kPa}$
modul přetvárnosti	$E_{def} = 65 \text{ MPa}$

pro G5 GC :

objemová tíha	$\gamma = 19,5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$
efekt. úhel vnitř. tření	$\phi_{ef} = 28^{\circ}$
efektivní soudržnost	$c_{ef} = 6 \text{ kPa}$
modul přetvárnosti	$E_{def} = 40 \text{ MPa}$

Prachovité písky řadíme mezi zeminy písčité skupiny S, třídy S2 SP (písek špatně zrněný) až S5 SC (písek jílovitý). Do statických výpočtů uvádíme následující směrné normové charakteristiky dle tab. č 12, ČSN 73 1001 :

pro S2 SP :

objemová tíha	$\gamma = 18,5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$
efekt. úhel vnitř. tření	$\phi_{ef} = 33^{\circ}$
efektivní soudržnost	$c_{ef} = 0 \text{ kPa}$
modul přetvárnosti	$E_{def} = 15 \text{ MPa}$

Jílovce řadíme mezi zeminy poloskalní třídy R 4 – horniny s nízkou pevností až R 5 – horniny s velmi nízkou pevností. Do statických výpočtů uvádíme následující směrné normové charakteristiky dle tab. č 14, ČSN 73 1001 :

pro R 4 :

pevnost v prostém tlaku	$\rho_c = 5 - 15 \text{ MPa}$
modul přetvárnosti	$E_{def} = 600 \text{ MPa}$

pro R 3 :

pevnost v prostém tlaku	$\rho_c = 1,5 - 5 \text{ MPa}$
modul přetvárnosti	$E_{def} = 200 \text{ MPa}$

### 1.3.2. Inženýrskogeologické zhodnocení

Posouzení lokality je provedeno dle ČSN 73 1001 „Základová půda pod plošnými základy“.

Vzhledem k tomu, že se základová půda v rámci staveniště nebude měnit a jednotlivé vrstvy budou mít přibližně stálou mocnost, avšak podzemní voda bude místně ovlivňovat základové konstrukce, hodnotíme základové poměry dle čl. 20b, jako složitě.

Uvažované objekty koupaliště hodnotíme dle čl. 21b, jako konstrukci náročnou. Proto doporučujeme při návrhu základových konstrukcí použít výpočtů podle mezních stavů.

Podzemní voda byla během vrtných prací zastižena, kdy naražená hladina podzemní vody byla zjištěna 3,2 m a 36,0 m pod povrchem terénu, ustálená hladina podzemní vody byla změřena 3,2 m pod povrchem terénu, a s jejím vlivem na základové konstrukce je nutno uvažovat. Navíc bude nutno také uvažovat s případným odvodněním stavební jámy jedno-tlivých objektů.



Při založení základových konstrukcí objektů koupaliště (bazény) doporučujeme uvažovat s provedením armovaného železobetonového roštu nebo základové desky, které budou schopny vykompenzovat případné nepravidelné prosedání zeminy. Dále doporučujeme uvažovat s provedením hutněného štěrkového podsypu. Zastižené štěrkovité zeminy lze případně použít pro hutněný podsyp. Hutněná vrstva o celkové mocnosti cca 0,8 – 1,0 m by měla být hutněna po vrstvách o mocnosti max. 0,2 m (dle statického výpočtu a hloubce založení).

Doporučujeme, aby v soudržných zeminách byly výkopy pro základové, krátkodobě otevřené konstrukce, prováděny ve sklonu 2 : 1, a to do maximální hloubky 3,0 m, popř. stěny výkopu zabezpečit pažením proti případné destrukci. Základovou půdu je nutno při plošném založení řádně nahutnit.

Pro štěrkovité zeminy lze uvést tabulkové výpočtové hodnoty únosnosti  $R_{dt}$  při hloubce založení 1,0 m a šířce základu 0,5 – 1,0 – 3,0 m (tab. 17 ČSN 73 1001):

a) G2 GP  $R_{dt} = 260 - 422 - 550 \text{ kPa}$

b) G4 GM  $R_{dt} = 250 - 300 - 400 \text{ kPa}$

c) G5 GC  $R_{dt} = 150 - 200 - 250 \text{ kPa}$

Pro písčité zeminy lze uvést tabulkové výpočtové hodnoty únosnosti  $R_{dt}$  při hloubce založení 1,0 m a šířce základu 0,5 – 1,0 – 3,0 m (tab. 17 ČSN 73 1001):

a) S2 SP  $R_{dt} = 160 - 220 - 390 \text{ kPa}$

Pro poloskalní horniny uvádíme tabulkové výpočtové hodnoty únosnosti  $R_{dt}$  (tab. 18 ČSN 73 1001):

a) R 4  $R_{dt} = 0,4 \text{ MPa}$

b) R 5  $R_{dt} = 0,3 \text{ MPa}$

### 1.3.3. Závěr

Můžeme konstatovat, že inženýrskogeologický průzkum podal charakteristiku staveniště ve smyslu ČSN 73 1001, jak bylo stanoveno smlouvou. Vzhledem ke zjištěným skutečnostem je nutno dbát pokynů uvedených v kapitole č. 6 této zprávy.

Ve smyslu ČSN 73 3050 „Zemní práce“ uvádíme zařazení zemin do tříd dle jejich těžitelnosti:

	třída
navážka	3 – 4
šterkovité zeminy	3 – 4
jíly	3 – 4
jílovce	3 – 4
prachovité písky	2 – 3 , popř. 4

Při zahájení výkopových prací doporučujeme přizvat geologa k převzetí základových spár.

### 1.4. Hydrogeologická část

Hydrogeologická část průzkumu byla zaměřena zejména na ověření možnosti získání nového zdroje podzemní vody v prostoru areálu koupaliště.

#### 1.4.1. Vrtné práce

Ve dnech 23.5. až 29.5.2009 byl v místě vytípaném na základě biofyzikálního měření realizován průzkumný hydrogeologický vrt, který dosáhl hloubky 41 m.

Vrt byl hlouben do hloubky 2,0 m pod terénem talířovým vrtákem na sucho, a dále pak do konečné hloubky technologií rotačně-přiklepným kladivem se vzduchovým výplachem o průměru 245/220 mm. Vystrojen byl plnými a perforovanými zárubnicemi z tlakového polyethylénu s hygienickým atestem pro pitnou vodu, průměru PVC 160/3,6 mm s cca 25% šterbinovou perforací šířky 1,0 mm tak, aby mohl následně sloužit jako kvalitní vodní zdroj. Mezikruží mezi stěnou vrtu a zárubnicemi bylo vyplněno do úrovně 2,0 m pod terénem tříděným křemíovým obsypem frakce 1,6 až 4,0 mm. Svrchní část mezikruží byla vyplněna jílovým těsněním.

Plné zárubnice byly vyvedeny 0,1 m nad terén. Zhlaví vrtu bylo opatřeno plastovým uzavíratelným poklopem průměru 160 mm.

Výstroj vrtu byla provedena následovně :

#### HV 1

- 0,0 - 3,0 m plná zárubnice
- 3,0 - 7,0 m perforovaná zárubnice
- 7,0 - 23,0 m plná zárubnice
- 23,0 - 31,0 m perforovaná zárubnice
- 31,0 - 35,0 m plná zárubnice
- 35,0 - 39,0 m perforovaná zárubnice
- 39,0 - 41,0 m plná zárubnice



V průběhu vrtných prací byl v průzkumném vrtu zastižen následující petrografický profil :

#### HV 1

0,0 – 0,5	navážka – písčitá hlína, štěrk, úlomky cihel
0,5 – 3,1	hlinito-písčitý štěrk, hnědý, valouny do průměru 5,0 – 30,0 cm
3,1 – 3,5	jílovito-písčitý štěrk, modrošedý, valouny do průměru 10,0 cm
3,5 – 5,2	písčitý štěrk, šedý, valouny do průměru 7,0 cm
5,2 – 6,1	písčitý štěrk, černohnědý, valouny do průměru 7,0 cm, místy až balvanitý
6,1 – 7,5	jíl, černý místy s přechodem do jílovců, tuhý až pevný
7,5 – 12,7	jílovec, černý, s vložkami jílu, pevný, jíl tuhý až pevný
12,7 – 41,0	prachovitý písek, jemnozrný, šedý, silně ulehlý, s drobnými vložkami pískovců

I. úroveň hladiny podzemní vody byla naražená 3,2 m pod terénem.

II. úroveň hladiny podzemní vody byla naražená 36,0 m pod terénem.

Ustálená hladina podzemní vody byla zastižena v úrovni 3,4 m pod terénem.

Situace průzkumného vrtu je uvedena v příloze č. 2.2.

Grafická dokumentace průzkumného vrtu HV 1 je uvedena v příloze č. 2.3.

#### **1.4.2. Hydrodynamické zkoušky**

V době od 2.6. do 9.6.2009 byly na vrtu HV 1 realizovány hydrodynamické zkoušky.

Čerpání bylo zahájeno ponorným čerpadlem osazeným svým sáním v úrovni 25,0 m pod terénem.

Hladina podzemní vody ( HPV ) byla před zahájením čerpání zastižena na úrovni 3,50 m pod odměrným bodem ( OB ), který tvořila svrchní část zhlaví vrtu, která se nacházela cca 0,1 m nad terénem.

Metodika hydrodynamických zkoušek byla realizována podle metodiky neustáleného proudění podzemní vody, při konstantním čerpaném množství  $Q = 0,32 \text{ l.s}^{-1}$ . Při tomto čerpaném množství došlo k poklesu hladiny podzemní vody na úroveň 19,10 m pod OB.

Bezprostředně po ukončení čerpací zkoušky byla zahájena závěrečná stoupací zkouška. Již po dvou hodinách nástupu hladiny podzemní vody došlo k dosažení úrovně 10,28 m pod terénem, což znamená nedostoupení úrovně hladiny podzemní vody o 8,82 m. Po 24 hodinách nástupu hladiny podzemní vody došlo k dosažení úrovně 4,85 m pod terén, to znamená mírné nedostoupení původní úrovně hladiny podzemní vody o 1,45 m.

V následující tabulce č. 1 jsou uvedeny základní údaje z obou realizovaných depresí podzemní vody čerpací zkoušky.

Tabulka č. 1

Označení vrtu	Čerpané množství	Úroveň HPV před ČZ	Úroveň HPV Na konci ČZ	Snížení	Úroveň HPV na konci SZ
	( $l.s^{-1}$ )	(m) od OB	(m) od OB	(m)	(m) od OB
HV 1	0,32	3,50	19,10	15,60	4,95

#### 1.4.3. Hydraulické výpočty

Z výsledků vrtných prací a hydrodynamických zkoušek byly provedeny hydraulické výpočty. Nejdříve byly provedeny hydraulické výpočty, které stanovily hodnotu hlavního parametru zvodněného kolektoru (koeficientu filtrace) v prostoru vrtu HV 1.

Výpočty koeficientu filtrace ( $k_f$ ) a dosahu deprese ( $R$ ) byly provedeny podle metodiky ustáleného proudění podzemní vody, která vychází ze základních Dupuit - Thiemových a Sichardtových vztahů.

Vstupní hodnoty převzaté z výsledků hydrodynamických zkoušek, hydrogeologických poměrů a technické dokumentace stávajícího vrtu jsou spolu s vypočtenými hodnotami uvedeny v následující tabulce č. 2.

Tabulka č.2

Označení vrtu	r (m)	m (m)	s (m)	Q ( $l.s^{-1}$ )	$k_f$ ( $m.s^{-1}$ )	R (m)
HV 1	0,08	4,0	15,6	0,32	$5,92 \cdot 10^{-6}$	113,

V tabulce :

r - poloměr vrtu

m - mocnost zvodněného kolektoru s napjatou hladinou podzemní vody

s - snížení hladiny podzemní vody

Q - čerpané množství podzemní vody

R - poloměr deprese - teoretická hodnota

Další výpočty hodnot koeficientů filtrace a koeficientů transmisivity byly provedeny podle teorie neustáleného proudění podzemní vody Jacobovou graficko-početní metodou. V semilogaritmických grafech č.1 a č.2, které jsou obsahem této kapitoly, byly vyneseny závislosti poklesu, respekt.nástupu hladiny podzemní vody v průběhu čerpacích a stoupacích zkoušek, na jejich délkách trvání. Z těchto grafů byly odečteny hodnoty směrnic aproximovaných přímek ( $\Delta s$ ) pro interval  $\log t = 1$ . Další vstupní hodnoty m - mocnosti zvodněného kolektoru s napjatou úrovní hladiny podzemní vody a Q - konstantní čerpané množství, jsou spolu s vypočtenými hodnotami koeficientu transmisivity ( $k_T$ ) a koeficientu filtrace ( $k_f$ ) uvedeny v následující tabulce č.3.

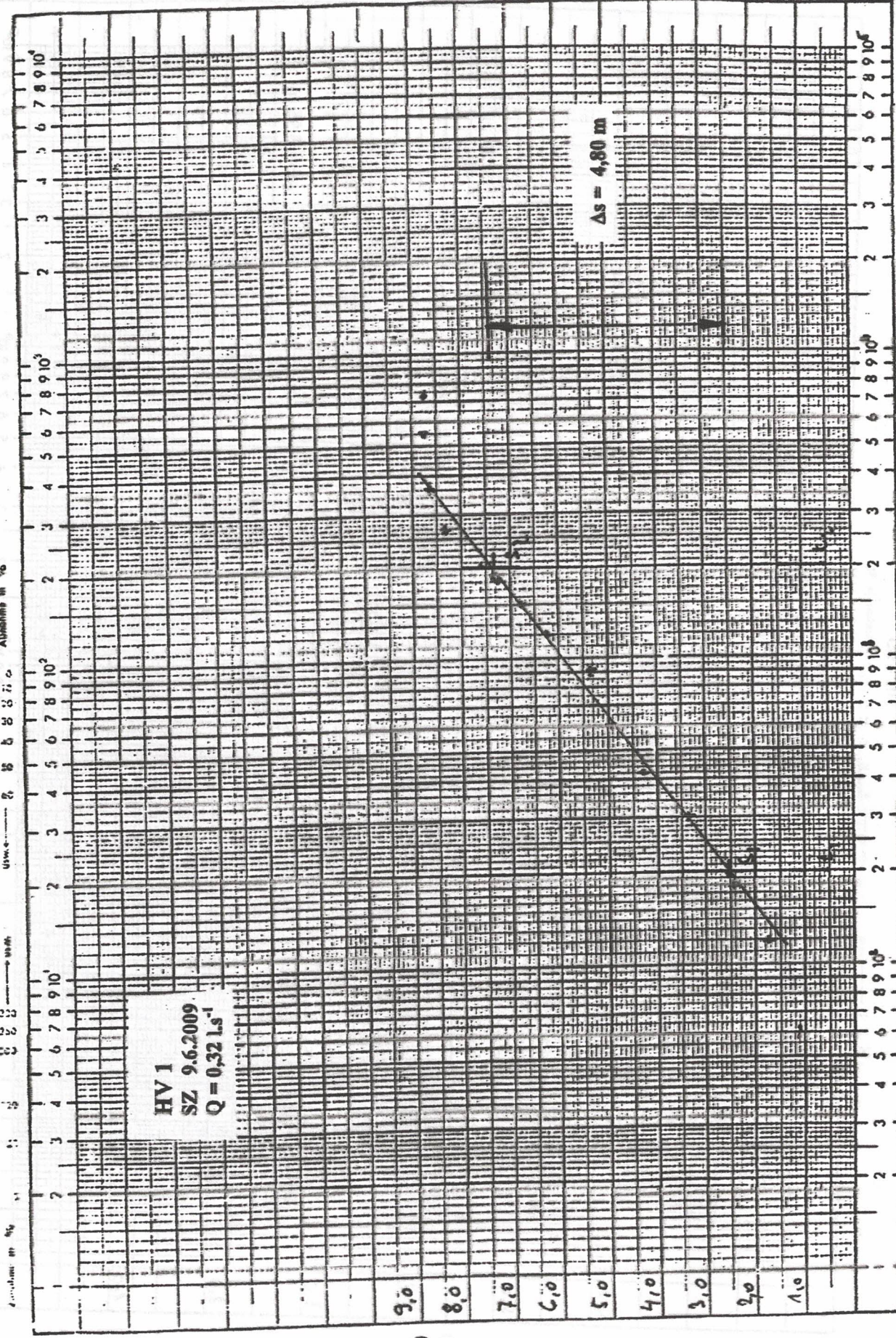


Nr. 495

Abnahme in %

Umw. 2 3 4 5 6 7 8 9 10<sup>2</sup>

Umw. 2 3 4 5 6 7 8 9 10<sup>1</sup>



Eine Achse loger. geteilt von 1 bis 10<sup>4</sup> mit Prozenten

Reg.-Nr. 620908

Copyright 1950 Schäfers Feinpapier, Plauen (Vogl.) GDR Bestell-Nr. 495  
(Nachdruck nur mit Genehmigung des Herausgebers)



Nr. 495

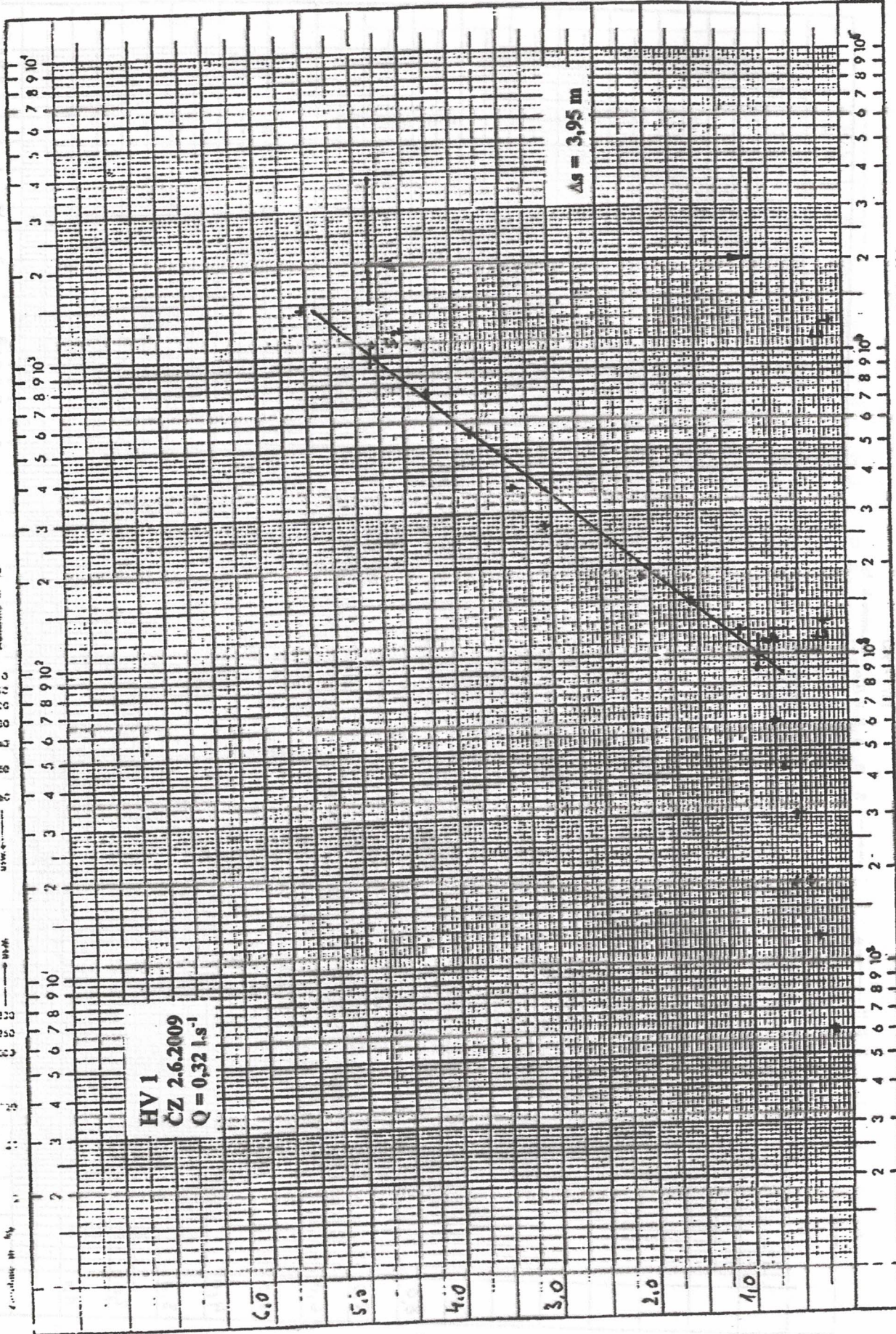
Abnahme in %

Abnahme in %

Abnahme in %

Abnahme in %

Abnahme in %



S (m)

Eine Achse logarith. geteilt von 1 bis 10<sup>5</sup> mit Prozentma

Reg.-Nr. 600908

Copyright 1950 Schölers Feinplotter, Plauen (Vogtl.) GDR Bestell-Nr. 495  
(Nachdruck nur mit Genehmigung des Herausgebers)



Tabulka č.3

Označení vrtu	Zkouška – Datum	m (m)	Q (l.s <sup>-1</sup> )	Δs (m)	k <sub>T</sub> (m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )	k <sub>F</sub> (m.s <sup>-1</sup> )
HV 1	ČZ – 2.6.	4,0	0,32	3,95	2,13.10 <sup>-5</sup>	5,32.10 <sup>-6</sup>
HV 1	SZ – 9.6.	4,0	0,32	4,80	1,22.10 <sup>-5</sup>	3,05.10 <sup>-6</sup>

Průměrná hodnota koeficientu transmisivity byla vypočtena ve výši

$$k_{T\text{prům.}} = 1,67 \cdot 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}.$$

Průměrná hodnota koeficientu filtrace z neustáleného proudění byla vypočtena ve výši

$$k_{F\text{prům.}} = 4,18 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}.$$

Pro další hydraulické výpočty bylo uvažováno s celkovou průměrnou hodnotou koeficientu filtrace stanovenou hydraulickými výpočty

$$k_F = 4,76 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}.$$

Dále byl proveden výpočet teoretického maximálního jímání podzemní vody z vrtu při navrhovaném snížení hladiny podzemní vody o 1/3, 1/2 a 2/3 výšky vodního sloupce. Výška vodního sloupce ( H ) byla průzkumnými pracemi zjištěna v hodnotě 61,4 m. Vstupní hodnoty a vypočtené jímání jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4

Snížení		čerpání množství	Poloměr deprese
1/3 H	12,3 m	0,21 l.s <sup>-1</sup>	80,5 m
1/2 H	18,5 m	0,30 l.s <sup>-1</sup>	121,1 m
2/3 H	24,6 m	0,38 l.s <sup>-1</sup>	161,0 m

Dále byl proveden výpočet maximálního jímání podzemní vody z vrtu HV 1 při nepřekročení kritické rychlosti proudění podzemní vody na plášti filtru studny.

Hodnota kritické rychlosti proudění podzemní vody byla stanovena dle Sichardtova vztahu :

$$v_{\text{krit.}} = 3,78 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}.$$

Maximální hodnota jímání podzemní vody byla vypočtena pro maximální výšku aktivní délky filtru vrtu, která je dána navrhovaným snížením hladiny podzemní vody a konstrukcí výstroje vrtu ( podle zastižené hydrogeologické situace ) v hodnotě 12,0 m. Po dosazení do hydraulického vztahu byla vypočtena maximální hodnota jímání podzemní vody

$$q_{\text{max.}} = 0,87 \text{ l.s}^{-1} > 0,38 \text{ l.s}^{-1}.$$

Z výše uvedené nerovnosti je zřejmé, že pro trvalou exploataci podzemní vody lze uvažovat s navrhovaným snížením hladiny podzemní vody o 2/3 výšky vodního sloupce a jako bezpečnou hodnotu jímání množství podzemní vody z nového vrtu HV 1 lze považovat

$$Q_{\text{dop.}} = 0,38 \text{ Ls}^{-1}.$$

Tato hodnota umožní získat z nového zdroje podzemní vody v průběhu jednoho dne množství

$$Q_{\text{den}} = 32,83 \text{ m}^3.$$

#### 1.4.4. Odběry vzorků podzemní vody

Na začátku čerpací zkoušky byly dne 4.6.2009 provedeny odběry vzorků podzemní vody. Odebrané vzorky podzemních vod byly analyzovány v Hydrochemických laboratořích GEO-test Brno, a.s. kde byl proveden základní fyzikální a chemický rozbor a bakteriologický rozbor vody podle Vyhlášky č.252/2004 Sb. „Hygienické požadavky na pitnou vodu“ a chemického úsobení vody na beton.

Na konci čerpací zkoušky pak byl odebrán vzorek podzemní vody pro hydrochemické analýzy v celém rozsahu Vyhlášky č.252/2004 Sb.

Poslední vzorek podzemní vody byl odebrán dne 24.6.2009. Tento vzorek byl analyzován v hydrochemických laboratořích Zdravotního ústavu v Jihlavě se zaměřením na stanovení radiochemických ukazatelů.

#### 1.4.5. Laboratorní rozbor

Z výsledků laboratorních rozborů podzemní voda z vrtu HV 1 vyplývá, že se jedná se o vodu neutrální reakce se střední až zvýšenou mineralizací (mineralizace vzorku zhruba na hranici 500 mg/l), měkkou s veškerou tvrdostí přítomnou v tzv. přechodné formě. Vzorky byly bezbarvé a nepatrně zakalené a nevykazovaly zaznamenaný pach.

Anorganický dusík je ve vzorku přítomen pouze v amoniakální formě (hodnoty koncentrací dusitanů a dusičnanů leží pod úrovní meze detekce použitých zkušebních metod) a jeho koncentrace je mírně zvýšena oproti povolenému limitní hodnotě dle výše citované Vyhlášky. Hodnota CHSK-Mn je velmi nízká (v obou případech < 1 mg/l) a ukazuje, že voda není kontaminována organickými látkami.

Ve vzorku je přítomno zvýšené množství železa, jehož koncentrace se ovšem postupem času snížila vlivem čerpání na 1/3 původně zjištěné hodnoty. Lze předpokládat, že při pokračujícím čerpání vody ze zdroje může dojít k dalšímu snížení hodnoty jeho koncentrace.

Z hydrogeologického hlediska je voda klasifikována podle relativního zastoupení majoritních kationtů a aniontů nad 25 mval% jako voda sodno-hydrogenuhličitan-sulfátového typu s významným podílem vápenatých iontů (23 mval%) a se zhruba rovnocenným zastoupením chloridů (17 mval%) a hořčíku (13 mval%). Ostatní ionty jsou z tohoto hlediska nevýznamné nebo nebyly vůbec prokázány v měřitelných koncentracích.

Provedený mikrobiologický rozbor prokázal bakteriologickou závadnost vody zejména z důvodu přítomnosti vysokého množství bakterií kultivovatelných při 36°C (v obou vzorcích), koliformních bakterií a mikroorganismů kultivovatelných při 22°C (pouze u prvního vzorku) a též nalezených živých organismů ve druhém vzorku.



Další provedené „speciální analýzy“ v rámci „úplného“ rozboru podle Vyhlášky MZ č. 252/2004 Sb. „Hygienické požadavky na jakost pitné vody“ prokázaly nepřítomnost sledovaných organických polutantů (PAU, TOL, organochlorové pesticidy), stopových kovů i dalších anorganických složek (kyanidy, bromičnany).

Z hlediska chemického působení podzemní vody na beton se jedná o slabě agresivní chemické prostředí podle tabulky 2 (XA1).

V následující tabulce č. 5. jsou vedeny výsledky radiochemických rozborů.

Tabulka č. 5

Radiochem. ukazatele	Nalezená hodnota	Limitní hodnota
Celková objemová aktivita alfa	0,224 Bq/l	0,2 Bq/l
Celková objemová aktivita beta	0,318 Bq/l	0,5 Bq/l
Objemová aktivita radonu 222	21,8 Bq/l	50 Bq/l

Z výsledků radiochemických rozborů je patrné, že analyzovaná podzemní voda z vrtu HV 1 zcela neodpovídá požadavkům předpisu Vyhlášky MZ č. 252/2004 Sb. U celkové objemové aktivity alfa byla mírně překročena limitní hodnota 0,2 Bq/l a to pouze o 0,024 Bq/l, což je téměř hodnota nejistoty měření 9,7 %.

Výsledky rozborů jsou uvedeny v protokolech o zkouškách v příloze č. 2.4.

#### 1.4.6. Závěr

V rámci průzkumných prací byl na lokalitě vybudován hydrogeologický vrt HV 1, jehož hloubka dosáhla úrovně 41,0 m pod terénem.

Zvodněný kolektor je na lokalitě tvořen rozrušenými polohami prachovitého, silně uhlého písku s drobnými vložkami pískovců, jehož hlavní hydraulický parametr - koeficientu filtrace byl stanoven analogicky pro puklinové proudění podzemní vody v hodnotě

$$k_f = 5,92 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$$

Tato hodnota odpovídá dle klasifikace ( J.Jetel, 1973 ) dosti slabě propustnému zvodněnému kolektoru v V. třídě propustnosti.

Hydraulickými výpočty, které byly provedeny z výsledků hydrodynamických zkoušek bylo stanoveno doporučené jímátné množství podzemní vody z nově vybudovaného vrtu HV 1 při dosažení snížení hladiny podzemní vody o cca 24,6 m v hodnotě

$$Q_{\text{dop.}} = 0,38 \text{ l.s}^{-1}$$

Při tomto čerpaném množství by nemělo dojít k překročení kritické rychlosti proudění podzemní vody na plášti filtru vrtu.

Při výše uvedených hodnotách čerpaného množství a snížení hladiny podzemní vody dojde k rozšíření depresního kužele snížené hladiny podzemní vody do vzdálenosti maximální vzdálenosti 161,0 m od vrtu HV 1.

Hodnota doporučeného jímotelného množství podzemní vody umožní získat z nového zdroje podzemní vody v průběhu jednoho dne množství ve výši téměř

$$Q_{\text{den}} = 32,83 \text{ m}^3.$$

To znamená měsíční odběr  $984,9 \text{ m}^3$ . Roční odběr, při předpokladu provozu koupaliště po dobu cca 5-ti měsíců v roce, pak může dosáhnout hodnoty cca  $4\,924 \text{ m}^3$ .

Z hydrochemického hlediska podzemní voda z vrtu HV 1 voda vykazuje zvýšené hodnoty u parametrů amonné ionty, zákal a železo u nichž naměřené koncentrace překračují předepsané limity dané Vyhláškou č. 252/2004 Sb. „Hygienické požadavky na jakost pitné vody“. Ostatní parametry fyzikálního a chemického rozboru dané limity splňují.

Z důvodu překročení výše uvedených parametrů a bakteriologické závadnosti není analyzovaná voda v surovém stavu vhodná k pitným a hygienickým účelům. Pro toto využití by musela být upravena pomocí vhodné technologie (odželezení, odstranění zákalu a amonných iontů a dezinfekce). *Poznámka: Zde by se mohla uplatnit úprava ozonizací, což je technologie vhodná pro současné odželezení, odstranění  $\text{NH}_4^+$  a dezinfekční zabezpečení vody v jediném operačním kroku, doplněná o vhodný způsob filtrace.*

Co se týče dalšího možného použití vody, není toto nijak omezeno, neboť díky relativně nízké mineralizaci a nízké tvrdosti je možno vodu využít k jakýmkoliv technickým účelům, např. k zalévání a postřikům, k plnění bazénů (zde je doporučena prvotní i průběžná filtrace) a k plnění topných systémů (po filtraci).

Z výsledků radiochemických rozborů je patrné, že analyzovaná podzemní voda z vrtu HV 1 zcela neodpovídá požadavkům předpisu Vyhlášky MZ č. 252/2004 Sb. U celkové objemové aktivity alfa byla mírně překročena limitní hodnota  $0,2 \text{ Bq/l}$  a to pouze o  $0,024 \text{ Bq/l}$ , což je téměř hodnota nejistoty měření  $9,7 \%$ .

Z hlediska chemického působení podzemní vody na beton se jedná o slabě agresivní chemické prostředí podle tabulky 2 (XA1).

Pro trvalou exploataci podzemní vody z vrtu HV 1 doporučujeme instalovat ponorné čerpadlo do úrovně cca 32 m pod terén. Vypínací elektroda by pak měla být v úrovni cca 28 m pod terénem.

Vzhledem k tomu, že hydrogeologické prostředí je tvořeno v prostoru vrtu HV 1 ulehými pískami až pískovci velmi jemné frakce, dá se předpokládat, že v průběhu exploatace může docházet k částečnému vyplavování těchto jemných částic z okolí filtru vrtu. Proto bude třeba do technologie čerpání instalovat filtry, a dále pak provést na výtlačném potrubí obtok, z kterého bude možné, zejména po delší odstavce vrtu, nejdříve odčerpat zakalenou vodu do doby jejího vyčištění.