



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB  
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

## NÁVRH ZÁVLAHY SPORTOVNÍHO AREÁLU S VYUŽITÍM MÍSTNÍCH ZDROJŮ PODZEMNÍ VODY

THE DESIGN OF IRRIGATION OF THE SPORT AREA WITH THE USE  
OF LOCAL GROUNDWATER SOURCES

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. Tomáš Mikulica

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

prof. Ing. JAROMÍR ŘÍHA, CSc.

BRNO 2018



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodních staveb

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Tomáš Mikulica
<b>Název</b>	Návrh závlahy sportovního areálu s využitím místních zdrojů podzemní vody
<b>Vedoucí práce</b>	prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2017
<b>Datum odevzdání</b>	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

---

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

VUKOVIČ, M. – SORO, A. 1992. Hydraulics of water wells. Theory and Application. Water Resources Publications, LLC, Chelsea, Michigan, 354 p.

MUCHA, I. – ŠESTAKOV, VM. 1987. Hydraulika podzemních vod - SNTL Praha, 342 s.

ŠÁLEK, J. Závlahové stavby. ES VUT.

JÚVA, K. 1959. Závlahy půdy. SZN Praha.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Předmětem práce je hydraulické hodnocení vydatnosti místní studny s cílem zajistit dostatek vody pro závlahy sportovního areálu. Hydraulické hodnocení bude zahrnovat zřízení úzkoprofilového pozorovacího vrtu a provedení hydrodynamické zkoušky a její vyhodnocení. Součástí práce bude technický návrh závlahového zařízení.

Práce bude obsahovat textovou, výpočtovou a výkresovou část.

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.  
Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem závlahy sportovního areálu s využitím místních zdrojů podzemní vody. Hlavní část práce je věnována vyhodnocení vydatnosti stávající studny, provedení zkušebních vrtů a hydrodynamické zkoušky. Součástí práce je technický návrh závlahového zařízení daného sportovního areálu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Proudění podzemních vod, studna, závlaha, travnaté hřiště.

## **ABSTRACT**

This graduation thesis deals with the design of irrigation of the sport area with the use of local groundwater sources. The main part of the thesis is devoted to evaluating of capacity existing water well, practice the exploratory drilling and the hydrodynamic tests. The integral part of the thesis is technical proposal of irrigation device in the specific sport area.

## **KEYWORDS**

Groundwater flow, water well, irrigation, grassy playground.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Tomáš Mikulica *Návrh závlahy sportovního areálu s využitím místních zdrojů podzemní vody*. Brno, 2018. 65 s., 20 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2018

---

Bc. Tomáš Mikulica  
autor práce

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2018

---

Bc. Tomáš Mikulica  
autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych velice rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, prof. Ing. Jaromíru Říhovi, CSc. za odborné vedení a cenné rady při zpracování této diplomové práce.

V Brně dne 10. 1. 2018

Bc. Tomáš Mikulica.



## OBSAH

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
1.1. Všeobecně.....	10
1.2. Cíle a předmět práce .....	10
<b>2. METODICKÉ PŘÍSTUPY.....</b>	<b>11</b>
2.1. Údaje o lokalitě .....	11
2.2. Průzkum.....	11
2.3. Návrh zařízení .....	12
<b>3. POPIS ZÁJMOVÉ LOKALITY .....</b>	<b>13</b>
3.1. Všeobecně.....	13
3.2. Geologický popis území.....	14
3.3. Všeobecné geologické poměry a morfologický popis území.....	16
3.4. Hydrogeologické poměry .....	19
3.5. Hydrologické poměry .....	19
3.6. Klima .....	21
3.7. Meliorace.....	21
3.8. Současný stav .....	22
3.8.1. Zdroj vody .....	23
3.8.2. Čerpadlo s filtrem.....	23
3.8.3. Hydraulický rozvod.....	25
3.8.4. Postřikovače .....	25
3.8.5. Řídící systém.....	26
<b>4. PRŮZKUMNÉ PRÁCE S JEJICH VYHODNOCENÍM .....</b>	<b>27</b>
4.1. Vrtané průzkumné vrty .....	27
4.2. Průběh vsakovacích zkoušek a vyhodnocení hydrodynamického pokusu .....	29
4.3. Hydraulická vodivost z vrtu ČHMÚ.....	35

---

<b>5. NÁVRH NOVÉHO ZÁVLAHOVÉHO SYSTÉMU .....</b>	<b>38</b>
5.1. Stanovení závlahové dávky .....	38
5.2. Výpočet hydraulických ztrát .....	39
5.3. Návrh závlahového zařízení .....	41
5.3.1. Výběr vhodného zdroje vody .....	41
5.3.2. Studna s ponorným čerpadlem .....	42
5.3.3. Výtlač .....	45
5.3.4. Akumulace .....	46
5.3.5. Ocelové zastřešení akumulární nádrže.....	48
5.3.6. Hydraulický rozvod.....	51
5.3.7. Postřikovače .....	52
5.3.8. Čerpadlo závlahy.....	52
5.3.9. Řídící jednotka .....	54
5.3.10. Termín závlahy.....	55
<b>6. ZÁVĚR.....</b>	<b>56</b>
<b>CITOVANÁ LITERATURA.....</b>	<b>58</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>60</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>61</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>63</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>65</b>

# 1. ÚVOD

## 1.1. VŠEOBECNĚ

Základní požadavek na hřiště na kopanou je kvalitní travní povrch. Kvalitní povrch zase potřebuje kvalitní travní směs a ta zase vyžaduje dostatek vláhy. Tato diplomové práce se zaměřuje na závlahu malého sportovního areálu. Trávníky na hřištích jsou vysoce zatěžované, proto vyžadují také dostatek vláhy, živin a údržby. Cílem je udržet dostatečnou vlhkost půdy v kořenovém systému trav. Hlavní kořenový systém trav se nachází v hloubce cca 10 – 20 cm pod povrchem. Cílem je zavlažovat méně často, ale vyššími dávkami vody. Závlahový systém je tedy závislý na kapacitě vodního zdroje. Využívá se povrchová, podpovrchová nebo srážková voda.

## 1.2. CÍLE A PŘEDMĚT PRÁCE

Hlavním cílem této diplomové práce je navrhnout závlahu sportovního areálu v lokalitě Bořetice s využitím místních zdrojů podzemní vody. Vyhodnocením geologických podmínek na daném území a na základě provedených čerpacích a vsakovacích zkoušek, s využitím předchozích geologických průzkumů bylo provedeno posouzení a návrh vhodného jímacího zařízení podzemní vody pro závlahu. Následně byl navržen závlahový systém pro toto konkrétní fotbalové hřiště v Bořeticích

Předmětem této práce je:

- Popis lokality
- Zhodnocení archivních podkladů
- Provedení orientačního geologického a hydrogeologického průzkumu
- Vyhodnocení průzkumných prací
- Hydraulické výpočty
- Návrh nového závlahového systému

## 2. METODICKÉ PŘÍSTUPY

Zde jsou stručně uvedeny postupy při vypracování diplomové práce, metodika průzkumů a jejich vyhodnocení. Při návrhu parametrů a při výpočtech jsou vždy hodnoty uvedeny v soustavě základních jednotek SI, pokud nebude uvedeno jinak.

### 2.1. ÚDAJE O LOKALITĚ

Popis lokality. Obsahuje základní údaje o lokalitě, výčet důležitých úřadů činných v lokalitě.

### 2.2. PRŮZKUM

Pro prozkoumání lokality a zjištění podstatných hydraulických vlastností prostředí, na kterých závisí návrh jímacích zařízení, je důležité využít a prozkoumat všechna dostupná data. Čerpat se dá například z Geofondu, kde jsou dostupné geologické hydrogeologické mapy. V Geofondu lze najít i pozice již provedených průzkumných vrtů a zjistit jaké typy dokumentace jdou z jednotlivých objektů získat.

#### *Průzkumné práce*

Vzhledem k cíli projektu je velice důležité získat informace o hydraulické vodivosti zeminy  $k$  v místě řešení projektu. K tomu je třeba vyšetřit všechna výše zmíněná a dostupná data. Dále můžeme území prozkoumat průzkumnými pracemi a realizovat vlastní průzkumné práce. K dispozici je také dnes již nevyužívaná kopaná studna v severozápadním rohu areálu.

Dále se provedou vrtné průzkumné práce. Vrty je potřeba zvolit ve vzdálenostech vhodných pro sledování poklesů hladin při čerpacích zkouškách. Vrty se výškově zaměří a po vyvrtání zapaží, aby je bylo možné sledovat dlouhodobě a nedošlo například k sesuvu uvnitř vrtu a tím k jeho zanesení. Při realizaci samotného vrtu bude vynesena zemina zatříděna dle konzistence a druhu zeminy.

Od stávající studny není dostupná dokumentace, tudíž bylo nutné tuto studnu prozkoumat a získané údaje zadokumentovat. Kdyby studna byla vyhovující, mohla by se dodávat voda pro závlahu právě z ní, bez potřeby dalších investic do jímacích zařízení. Kalová čerpadla vyčerpají studnu. Měří se čas, za který se studna vyčerpá a následné nastupování podzemní vody. Narýsuje se řez studnou.

#### *Vsakovací a čerpací zkoušky*

Stanoví se postup čerpacích nebo vsakovacích zkoušek a jejich průběh se zaznamená do tabulky a vykreslí se do grafu.

### ***Stanovení hydraulické vodivosti***

Do již odvozených empirických vzorců od různých autorů se dosadí výsledky vsakovacích a čerpacích zkoušek a bude se numericky řešit hodnota hydraulické vodivosti zeminy  $k$ . Stanoví se hodnota  $k$ , která se bude dosazovat při hydraulických výpočtech při návrhu studny.

Metody polních zkoušek použitých na vrtech:

- Metoda Hvorslevova [1]
- Metoda Bouwera a Rice [2]
- Hálkova metoda [3]

## **2.3.NÁVRH ZAŘÍZENÍ**

### ***Současný stav zařízení***

Zaznamená se aktuální stav a dokumentace stávajícího závlahového systému. Systém se rozebere na jednotlivé prvky a zjistí se jeho nedostatky a poruchy.

### ***Stanovení závlahové dávky***

Stanoví se závlahová dávka pro trávník a její režim.

### ***Návrh nového systému***

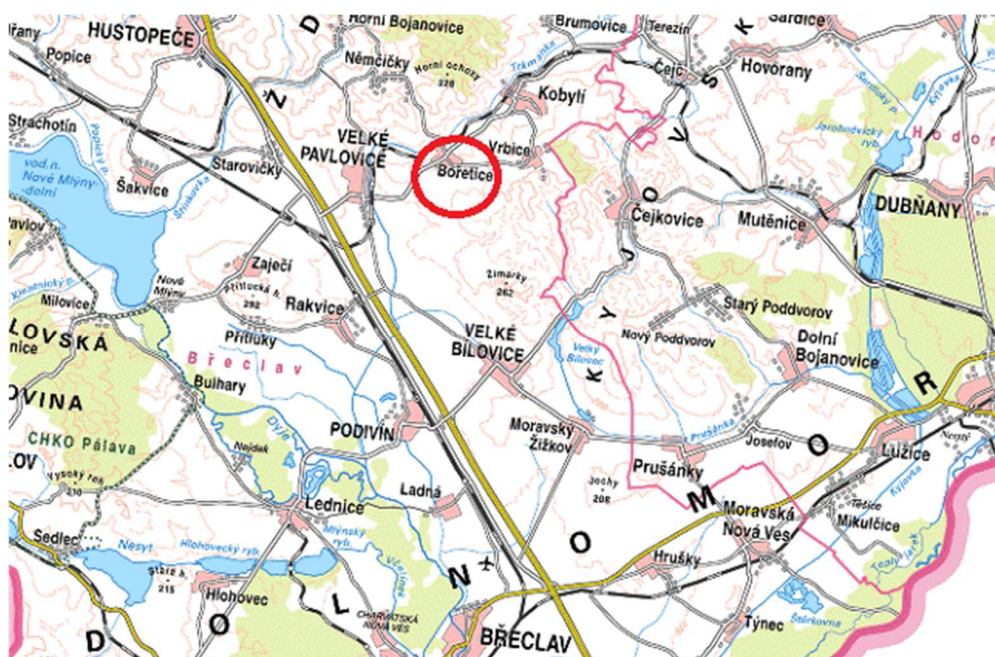
Navrhne se nový funkční systém, a to od studny až po trysku. Vyčíslí se hydraulické ztráty a vyberou se vhodné komponenty pro sestavení celého systému. Hlavní dělení komponent závlahy:

- Zdroj (studna, tok, vodovodní řad, srážková voda)
- Výtlač do akumulace
- Akumulace
- Čerpadla
- Rozvod (potrubí, armatury, elektroventily)
- Postřikovače
- Řídicí systém

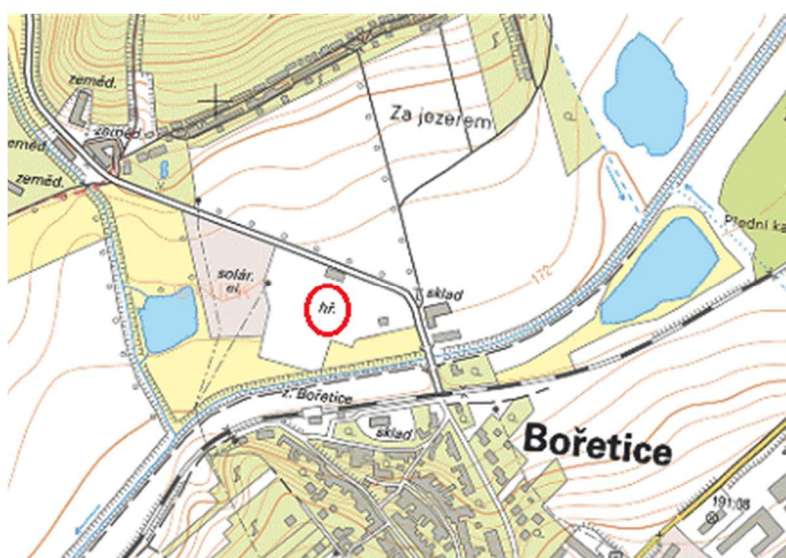
### 3. POPIS ZÁJMOVÉ LOKALITY

#### 3.1.VŠEOBECNĚ

Obec Bořetice leží v Jihomoravském kraji, v okrese Břeclav, je vzdálena cca 40 km jihovýchodně od města Brna. Rozkládá se v údolí potoka Trkmanky, levobřežního přítoku řeky Dyje. Nejbližší stavební úřad je na městském úřadu ve Velkých Pavlovicích, nejbližší vodoprávní úřad, stejně jako katastrální, je na městském úřadu v Hustopečích u Brna. Číslo povodí 4. řádu, na kterém se lokalita nachází je 4-17-01-0403.



Obr. 3.1: Obec Bořetice na mapě 1 : 200 000 [4]



Obr. 3.2: Řešené území na mapě 1 : 10 000 [4]

Oblast okolo Bořetic náleží z hlediska geomorfologického členění Ždánickému lesu a Kyjovské pahorkatině, menší jižní část k Dyjsko-moravské pahorkatině.

Plochý nebo jen mírně zvlněný reliéf je výsledkem zvětrávání málo odolných mořských paleogenních jílovců, prachovců a pískovců, překrytých závěsemi čtvrtohorních spraší. Nejvyšším bodem katastru je kopec Horní Ochozy s 328 m n. m., nejnižším pak niva říčky Trkmanky s nadmořskou výškou 170 m n. m. Okolí Bořetic je intenzívně zemědělsky obděláváno, z klimatického hlediska se řadí do oblasti se suchým teplým podnebím s průměrným ročním srážkovým úhrnem 550 mm [5].



Obr. 3.3: Letecký snímek lokality [6]

### 3.2.GEOLOGICKÝ POPIS ÚZEMÍ

Geologický vývoj celé oblasti byl velmi pestrý. Střídal se období ukládání (akumulace) a eroze (rozrušování) jak mořských, tak i říčních, jezerních a suchozemských uloženin. Druhohorní (svrchnokřídové) až kenozoické (neogenní) uloženiny patří k ždánické jednotce. Jen v omezeném rozsahu náleží k tzv. magurské skupině flyšového pásma Karpat. Za neogenních horotvorných pochodů byly uloženiny zvrásněny a na velkou vzdálenost přesunuty z místa původního vzniku. Jak doložily naftové vrty u Němčiček a Kobylí, byly za této tektonické fáze sunuty sedimenty flyšového pásma k severozápadu v podobě rozsáhlých příkrovů přes neogenní výplň karpatské předhlubně a starší horniny označované jako brunovistulikum. Přitom vzniklé poruchy hornin, zlomy, měly rozhodující vliv na vznik vídeňské pánve, která leží dále na východ a jihovýchod od Bořetic. Původně bylo i území Bořetic periodicky zaplavováno mořskými vodami, moře zde bylo velice mělké,

pozůstatkem je pouze mírně zasolená půda v údolní nivě Trkmanky. Mořská pánev se postupně vyslazovala a změlčovala, jak byla zaplňována uloženinami splavovanými z okolních kopců, z okolní pevniny. Asi před 12 miliony lety se okolí Bořetic stalo již definitivně souší, takže od té doby jsou v okolí Bořetic zastoupeny jen suchozemské uloženiny.

V mladším kenozoiku (čtvrtohorách) proběhlo cyklicky několikrát střídání dob ledových a meziledových. V dobách ledových zasahoval na sever Moravy skandinávský ledovec, na jih a jihozápad od Moravy se vytvořil horský ledovec pokrývající Alpy. Území Moravy se v dobách ledových vyznačovalo mrazivým studeným podnebím odpovídajícím studené stepi, místy až arktické pustině. V suchých studených obdobích ledových dob měla zdejší krajina ráz spíše otevřených stepí s řídkým vegetačním porostem. Silné, převážně západní a severozápadní větry přinášely jemný písek a prach z bezlesých rozsáhlých plání často i na značnou vzdálenost, mnohdy přesahující desítky i stovky kilometrů. Ty se pak na příhodných, jihovýchodních a východních závětrných svazích ukládaly v mocných sprašových závějích, jaké nacházíme například na svazích nad Bořeticemi. Na rozdíl od chladných období čtvrtohorní historie se v teplých meziledových dobách pokryla celá oblast bujnou vegetací a na různých horninových substrátech se začaly vyvíjet půdy. Teplé a studené výkyvy dokládá i střídání pohřbených (fosilních) půd a půdních sedimentů s polohami spraší známých z rekultivačních zářezů severovýchodně od Vrchní Kraví hory v katastru Bořetic. V polní trati „Hradské“ bylo v rekultivačním zářezu objeveno bohatě členěné, mrazovými účinky silně porušené souvrství spraší se čtyřmi barevně výraznými fosilními (pohřbenými) půdami.

Postupným zahlubováním říčky Trkmanky a dalších potoků vznikaly údolní nivy, vyplněné nejmladšími čtvrtohorními (holocenními) splachovými a povodňovými (nivními) hlínami, písky a štěrky. Tyto nivy byly původně dosti zarostlé lužními lesy, postupně se díky zásahu člověka úplně změnil přírodní ráz údolí. Během půdotvorných procesů se na spraších vytvořily černozemě, ze zemědělského hlediska nejurodnější půdy.

V povodí říčky Trkmanky, zvané taky Kobylský potok nebo Svodnice, byla v minulosti celá soustava rybníků a jezer. Všechny rybníky v povodí Svodnice – Trkmanky byly většinou průtočné a fungovaly jako rozsáhlé sedimentační prostory a zároveň sloužily jako retenční nádrže k vyrovnávání průtoků. Postupem času se vlivem sedimentace měnily v mělké močály. To se stalo i u Panského rybníka, kde ve vrtech byly po celých 15 m navrtány černé jíly splachů [7]. Začátek 19. století byl velmi suchý a Panský rybník vysychal. Rušení rybníků v povodí dnešní Trkmanky začalo v roce 1834 [5].

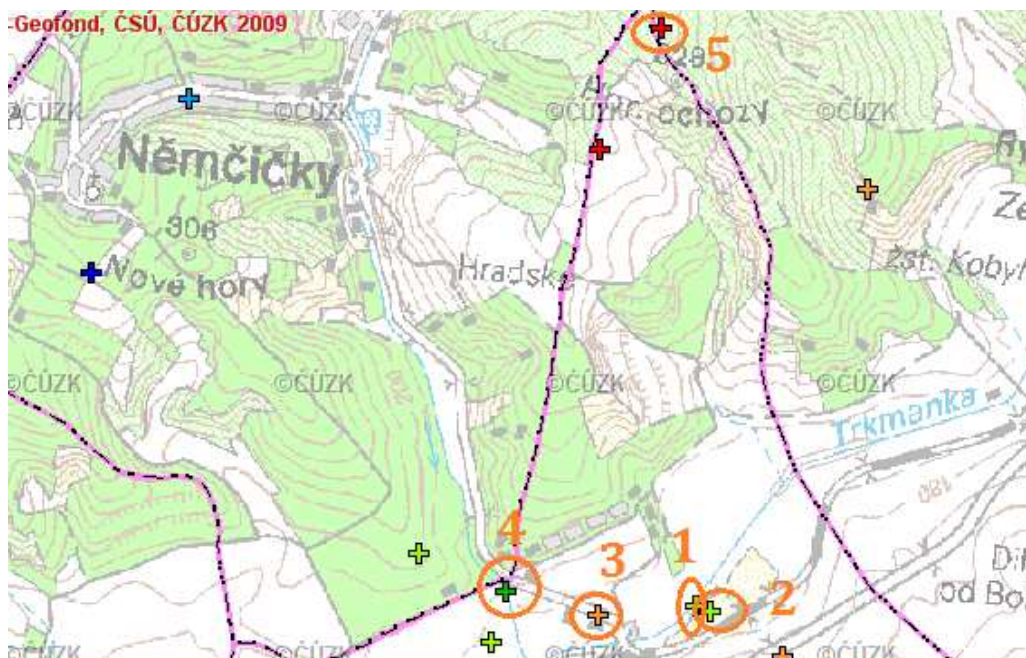


### 3.3.VŠEOBECNÉ GEOLOGICKÉ POMĚRY A MORFOLOGICKÝ POPIS ÚZEMÍ

Okolí Bořetic bylo geologicky prozkoumáno, a to hlavně kolem roku 1973. V tuto dobu zde probíhal hydrogeologický průzkum. Vrtů nejbližších řešené lokalitě jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 3.1: Vrtová prozkoumanost [8]

Č.	Posudek	Druh objektu	Hloubka objektu [m]	Geologický profil	Hydrogeologie	Klíč GDO
1	GF V038580	vrt svislý	10	Ano	Ne	532050
2	GF V069780	vrt svislý	10	Ano	Ano	532119
3	GF P012023 (VRT ČHMÚ)	vrt svislý	7,5	Ano	Ano	532259
4	GF V069780	vrt svislý	21,6	Ano	Ano	532120
5	GF 025050	vrt svislý	5 192	Ano	Ano	532112



Obr. 3.4: Mapa z geofondu s vyznačením popsáných vrtů [8]



Obr. 3.5: Mapa sesuvů [8]

Pro prozkoumání lokality a zjištění podstatných hydraulických vlastností prostředí, na kterém závisí návrh jímacích zařízení je k dispozici dnes již nevyužívaná kopaná studna.

### *Vrt ČHMÚ*

V areálu sportovního klubu byl identifikován pozorovací vrt ČHMÚ. Po kontaktování pobočky ČHMÚ v Brně - Žabovřeskách bylo zjištěno, že vrt je stále sledován. Z Geofondu byla zajištěna geologická a hydrogeologická data z vrtu, viz Příloha č. 8.

Tab. 3.2: Litologie vrtu ČHMÚ

Hloubka[m]	Stratigrafie	Popis
0 - 1	Kvartér	<b>ornice</b> hlinitý humózní černá příměs: organický detrit (zbytky)
1 - 4	Kvartér	<b>hlína</b> písčítý jílovitý tuhý vlhký slabě plastický světlá hnědá
4 - 5	Kvartér	<b>písek</b> hlinitý nesoudržný ve valounech zvodnělý <b>štěrk</b> max.velikost částic 3 cm
5 - 6.80	Kvartér	<b>štěrk</b> max.velikost částic 1 dm nesoudržný zvodnělý šedá žlutá příměs: písek
6.80 - 7.50	Neogén	<b>jíl</b> tuhý pevný šedá

Vrt byl vrtán v průměru 458 mm a je zapažen ocelovou pažnicí o průměru 200 mm.

### *Průzkum studny S1*

Dne 23. 4. 2017 byl proveden průzkum studny S1. Provedlo se vyčerpání, vyčištění od organických znečištění (větve) a zaměření studny. Do studna byl spuštěn člověk. Bylo zjištěno, že ve studni je ocelové potrubí sacího koše čerpadla opatřené sacím košem. Po 7 m se vnitřní průměr studny změnil z 1 m na 0,7 m a materiál se změnil. Sací koš byl překryt sedimentem o vrstvě 0,6 m. Dále se sledovalo stoupání hladiny ve studni.

V původním plánu bylo provedení čerpací zkoušky studni, při které se bude měřit průběh hladin na pozorovacích vrtech V1 až V5. Tuto zkoušku není možné realizovat z důvodu, že studna S1 byla při průzkumu shledána za porušenou (zakolmatovanou a zapískovanou) a má proto sníženou vydatnost.

Důvody zanesení studny mohou být následující:

- Nevhodně zvolená velikost otvorů v pažnici
- Zvýšení čerpaného množství nad přípustnou mez
- Obsyp pažnice byl proveden z materiálu s nevhodnou zrnitostí
- Plášť studny je poškozen korozí
- Na dně studny nebyl proveden štěrkový posyp (filtr)

### ***Vrt H1***

Na podzim roku 2017 si nechala Tělovýchovná jednota Sokolu Bořetice udělat průzkumný vrt v areálu, ve vzdálenosti asi 25 metrů od stávající čerpací stanice. Z tohoto průzkumu je zatím dostupný pouze průběh vrtu vypracovaný prováděcí firmou, který je uveden v tabulce 3.3.

**Tab. 3.3: Litologie vrtu H1**

Hloubka [m]		
od	do	
0,0	1,7	Hlína jílovitá, tmavě šedá, pevná
1,7	2,1	Štěrkopísek žlutý s valouny až 2 cm
2,1	4,0	Štěrkopísek žlutý s valouny až 3 cm, zvodnělý
4,0	7,5	Štěrkopísek žlutý s valouny až 1 dm, zvodnělý
7,5	10,0	Jíl, modrošedý, měkký

Z průběhu průzkumného vrtu je zřejmé, že koresponduje s pozorovacím vrtem ČHMÚ. V místě lokality s ohledem na zdejší rovinný terén údolní nivy není důvod k zásadní změně litologie v areálu.

### ***Vlastní průzkumné práce***

K tomu se zrealizovalo pět ručně vrtaných průzkumných vrtů, V1 až V5. Vrty jsou zrealizovány ve vzdálenostech vhodných pro případné sledování poklesu hladin při rozsáhlém a dlouhodobém měření čerpacího pokusu. V průběhu prací se však ukázalo,

že s vybavením, které bylo k dispozici a vzhledem k časovým možnostem bylo provádění takové rozsáhlé a složité zkoušky nemožné. Tudíž výsledky těchto zkoušek jsou pouze orientační.

Z geologické zprávy je zřejmé, že ruční průzkumné vrtly se nedostaly až do profilu kolektoru, ale jsou pouze v izolátoru. Tudíž výsledky vsakovacích pokusů z těchto vrtů odpovídají pouze vodivosti izolátoru, nikoliv kolektoru. Proto se dále výpočet vydatnosti studny bude řídit dle výsledků z hydrologické zprávy vrtu ČHMÚ.

Z hydrologické zprávy tohoto vrtu lze vyčíst, že na něm byla provedena vsakovací zkouška. Typ zkoušky ani její režim zjistit nelze. Je zde uvedeno pouze snížení. Tyto hodnoty dosadíme do rovnice vyhodnocení čerpací zkoušky a zjistíme hydraulickou vodivost  $k$ .

### 3.4. HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Celkové hydrogeologické poměry v okolí Bořetic jsou velmi nepříznivé pro tvorbu zásob podzemních vod. Všechny horninové komplexy zde mají z vodohospodářského hlediska nevhodný litofaciální vývoj (převaha pelitů) a tomu odpovídající nízké filtrační parametry [7].

Zdejší lokalita je specifická, protože je umístěna v údolí, v blízkosti vodního toku a území lze charakterizovat jako velmi bohaté na podzemní vody. Hladina vody v Trkmance se při průměrném průtoku  $Q_a = 0,392 \text{ m}^3/\text{s}$ , při hloubce 129 cm hladina pohybuje na výškové kótě 170,2 m n. m.. Úroveň HPV ve studně S1 je v úrovni 169,1 m n. m., ve vrtu ČHMÚ byla úroveň HPV v době, kdy byl proveden geologický průzkum ve výšce 170,66 m n. m.. V průběhu konání čerpací zkoušky 19. 7. 1967 byla úroveň počáteční hladiny ve výšce 168,52 m n. m.. Úroveň HPV ve vrtu H1 byla navrtána v úrovni 169,4 m n. m..

### 3.5. HYDROLOGICKÉ POMĚRY



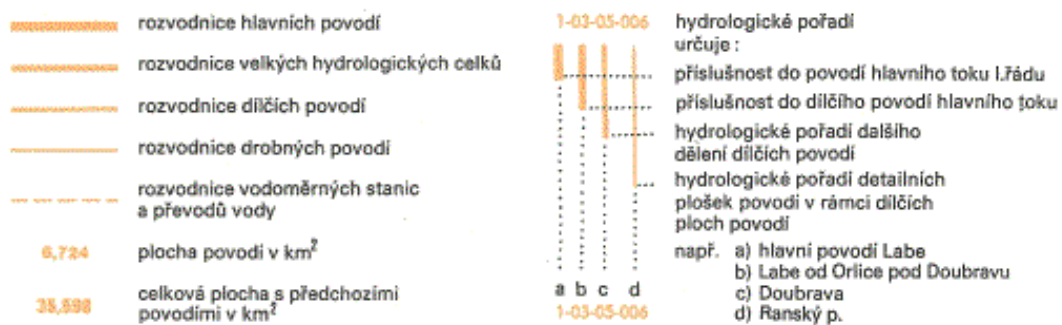
Obr. 3.6: Základní vodohospodářská mapa 1:50 000 [9]

○ Objekt státní pozorovací sítě mělkých podzemních vod

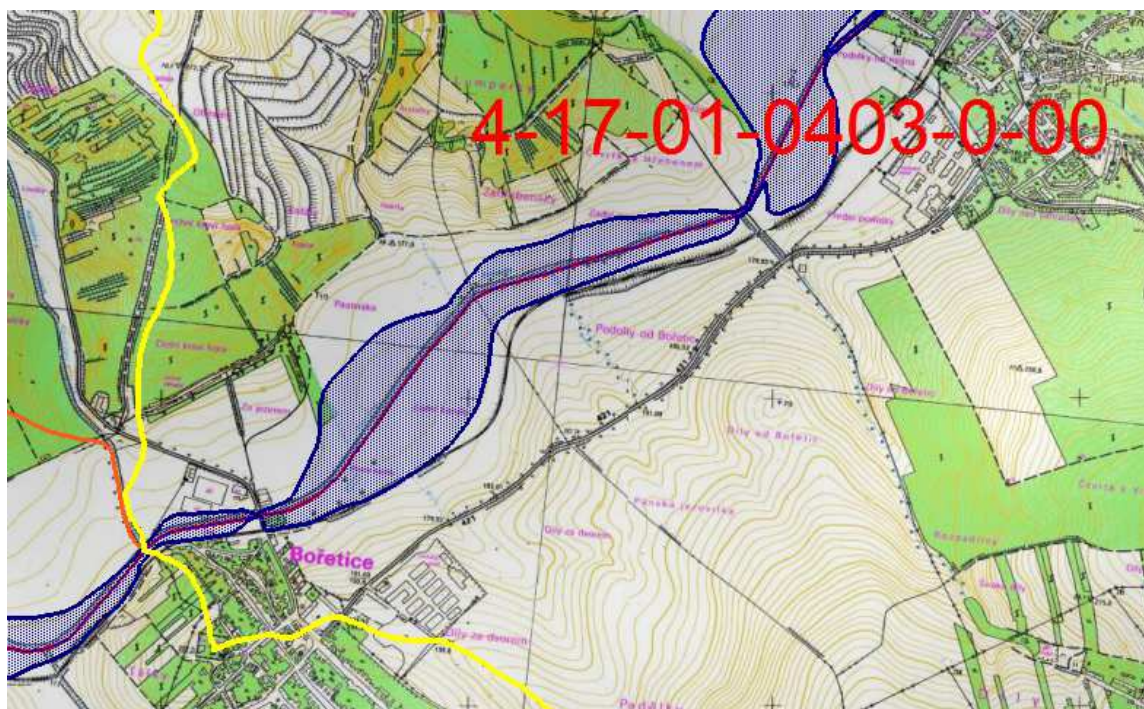
■ Čerpací stanice

◆ Využívané objekty podzemních vod

▶ Limnigrafická stanice




Obr. 3.7: Legenda k obr 3.6



Obr. 3.8: Vodohospodářská mapa HEIS VÚV 1 : 20 000 [10]

Legenda k mapě v obr. 3.8:

 Záplavová území pro Q100

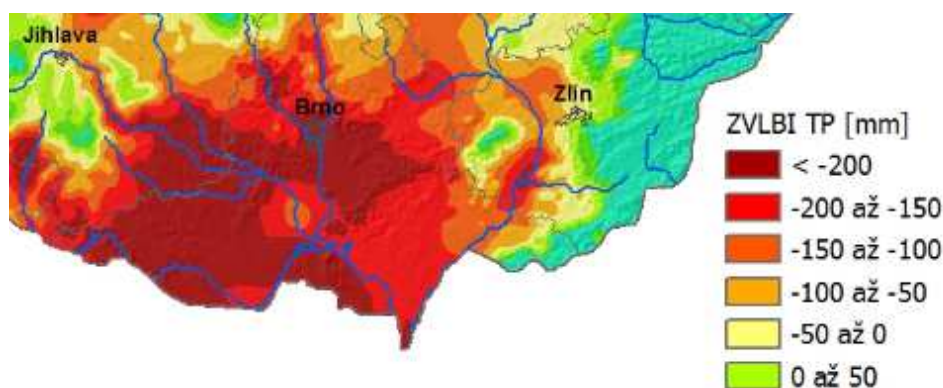
 5. třída      klasifikace jakosti povrchových vod

Většina podzemních vod na Hustopečsku je dle upravitelnosti zařazena do III. Kategorie [7]. Hodnoty mineralizace vysoce převyšující 2 g/l nejsou výjimkou zejména u vod paleogenních kolektorů. U těchto kolektorů jsou vody rovněž neupravitelné často pro vysoký obsah síranů a hořčíku. Totéž platí i pro vody kvartérních kolektorů, kde přistupuje ještě lokální znečištění vysokým obsahem železa a dusičnanů. Podzemní vody panonských a sarmatských kolektorů jsou vesměs nevhodné pro zásobování pro vysokou celkovou mineralizaci. [7]

Při návrhu se uvede vrt H1 jako možný zdroj vody pro závlahu. K jeho uvedení do provozu, jako zdroje vody je zapotřebí vodoprávní rozhodnutí, které by se vedlo s vodoprávním úřadem na městském úřadu v Hustopečích u Brna. Pokud současné provedení tohoto vrtu nevyhoví potřebám závlahy, tak by se tento vrt přebudoval na vyhovující, nebo by se vybudoval vrt další.

### 3.6. KLIMA

Území spadá do teplé oblasti, suché, teplé s mírnou zimou. Průměrné teploty se v průběhu roku pohybují okolo 9,2 °C. Průměrný úhrn srážek je 517 mm. Na obrázku 3.9 je znázorněna bilance srážek a evapotranspirace, na které lze vidět, že při vegetačním období v roce 2016, tj. od března do listopadu, je záporná bilance poměru srážek a výparu z rostlin.

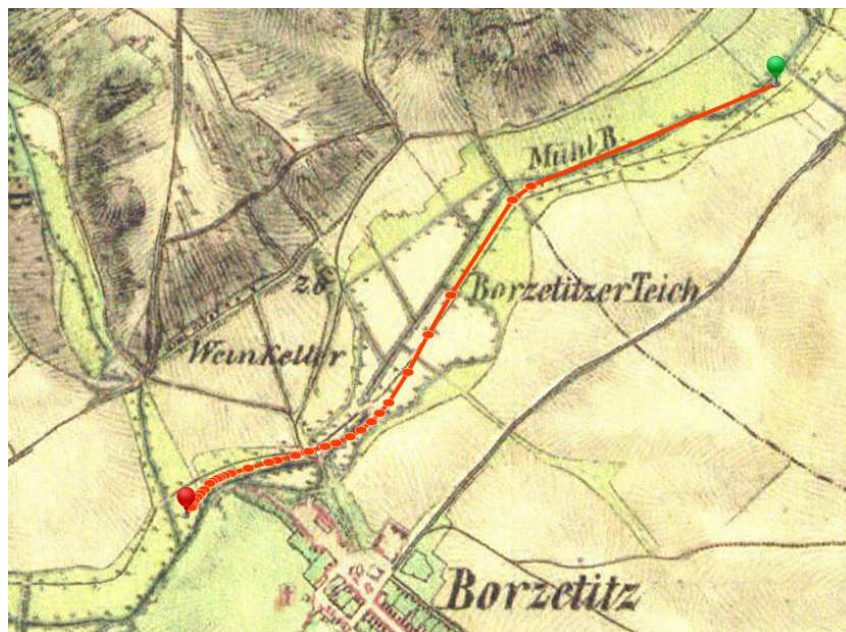


Obr. 3.9: Základní vláhová bilance srážek a evapotranspirace III - XI 2016 [11]

### 3.7. MELIORACE

Tok Trkmanky je regulován, okolí údolní nivy je chráněno proti povodním zahloubením toku cca 4 metry pod okolní terén. Práce na regulaci potoka Trkmanka postoupily v roce 1960 na území obce. Jelikož nové koryto je vedeno přes tehdejší sportovní hřiště, bylo hřiště přemístěno dále od obce na pozemky Zájazeří. [12]

Toto přesunutí toku může být znát právě v průběhu vrtu č. 5, který by mohl být umístěn v prostoru původního toku, anebo může jít o uložení sedimentů z rybníka, který zde byl od 13. do poloviny 19. století.



Obr. 3.10: Původní trasa Trkmanky, (nyní červeně), 2. vojenské mapování [6]

Na obrázku 3.10 je vidět srovnání původní trasy toku se současnou trasou upravenou (červená).

V letech 1966-1969 byla prováděna meliorace na pozemcích Díly k Pavlovicím, Díly ve Žlebech a na Hrubých Odměrách v letech 1968 a 1969 [12]. Tím je myšleno drenážní odvodnění těchto pozemků. Časem se tyto drenáže narušily a voda na některých polích znovu nastupuje. Proto byly v posledním desetiletí vybudovány v okolí Bořetic dva nebeské rybníky a jeden rybník průtočný, napájený z Němčičského potoku. Z toho vyplývá, že hladina podzemní vody v údolní nivě Trkmanky je poměrně vysoko. Z polohy hladin v rybnících, které jsou po většinu roku výše než hladina v toku, vyplývá, že je v těchto místech tok dotován podzemní vodou.

### 3.8.SOUČASNÝ STAV

Dnes se pro zavlažování travnatých ploch v areálu používá systém závlahy, který má však několik závažných provozních nedostatků. Tudíž bude nutné tento stav v budoucnosti napravit. Závady se objevují snad na každé části tohoto systému.

Nejvýznamnější nedostatky systému jsou:

- Nefunkční řídicí systém
- Nedostatečný zdroj povrchové vody
- Chybějící kontrolní sondy (Plovák)
- Vysoké znečištění zdroje vody (CHSK<sub>Cr</sub>, BSK, N, P, těžké kovy,..)
- Nerovnoměrná distribuce vody

Některé důsledky těchto poruch:

- Ucpávání filtrů
- Nefunkční otáčení všech trysek
- Ucpání menší trysky
- Plísňové výkvěty kruhového tvaru
- Vznik louží a nezavlažených míst
- Nutná přítomnost obsluhy při provozu

Většina těchto provozních problémů jde způsobena nedostatečným a vysoce znečištěným zdrojem vody, tím je v blízkosti areálu tekoucí potok Trkmanka. Parametry plochy

Jedná se o fotbalové hřiště s přírodním travnatým povrchem, momentálně zde působí fotbalový klub TJ Sokol Bořetice z. s. Rozměry hrací plochy jsou na šířku 70 m a na délku 95 m. S prostorem za postranní čarou jsou rozměry travnaté plochy 100 x 75 m. Plocha zavlažované plochy je 7500 m<sup>2</sup>, to je 0,75 ha. Plocha má sklon menší než 1 %, tudíž při výpočtech ztratíme neuvážujeme s povrchovým odtokem.

### 3.8.1. Zdroj vody

Trkmanka je jedním z osmi nejvíce znečištěných toků v povodí Moravy [13]. Je také dlouhodobě nejhůře hodnoceným tokem s koncentrací těžkých kovů [13]. Tyto vlastnosti mohou být způsobeny vypouštěním odpadních vod a geologickými podmínkami. Jedná se o potok, které je v poměru k množství vypouštěného znečištění málo vodný, jeho ředící možnost je tedy omezená. Samočisticí schopnost je výraznou hydromorfologickou regulací snížena a v jeho povodí je řada oblastí postižených erozí spojenou s následnými splachy [13].

V průběhu letních měsíců je průtok velmi nízký a hloubka vody v toku je nízká. Dochází tak k nasávání řas, sinic a kalů ze dna Trkmanky, které se pak distribuují do celého systému.

### 3.8.2. Čerpadlo s filtrem

Z Trkmanky je voda nasávána skrze litinový sací koš se zpětným ventilem, který se již ovšem vzhledem k znečištění toku již několikrát špatně uzavřel, tím při následném automatickém spuštění nezavodněného čerpadla došlo k jeho zničení. Sací větve čerpadla je z ocelových trubek.





**Obr. 3.11: Čerpadlo a sací potrubí čerpadla původní závlahy, objekt stávající elektrorozvodny v pozadí**

Čerpadlo je české výroby, jde o typ Sigma 50-CVX-4-LC-X0 rok výroby 2012. Nynější závlaha je zde od roku 2008, zde je vidět, že čerpadlo bylo již nutné kompletně vyměnit a nešlo jej pouze opravit. Jde o odstředivé, radiální, horizontální, čtyřčlánkové čerpadlo. Maximální průtok činí  $Q = 7 \text{ l/s}$  a dopravní výška  $H = 120 \text{ m}$ .



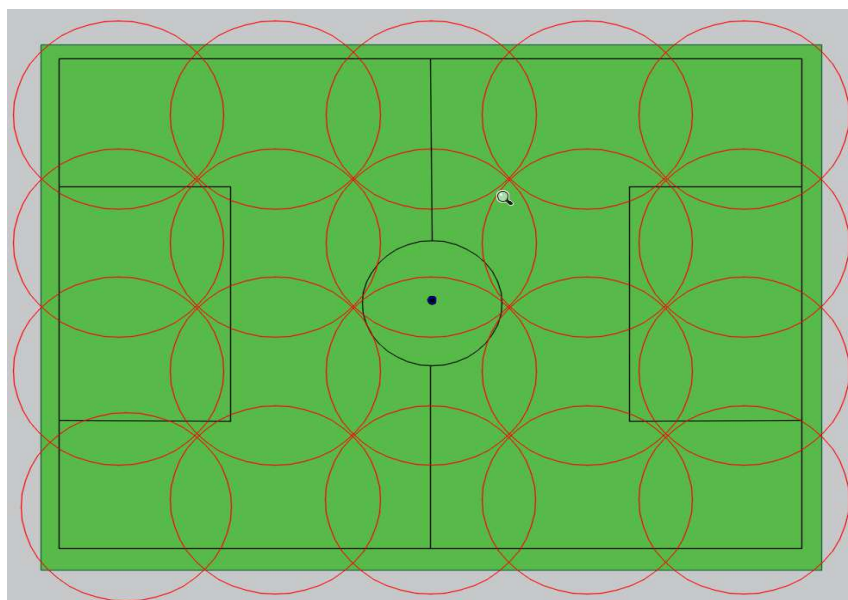
**Obr. 3.12: Původní čerpadlo SIGMA**

Z čerpadla jde potrubí ještě do diskového filtru ARKAL o propustnosti částic o velikosti  $100 \mu\text{m}$ . Filtrační vložku je nutné ručně čistit. Aby ji bylo možné vyčistit, musí se čerpání přerušit a celý filtr ručně rozebrat a proprat v čisté vodě. Po vyčištění je možné filtr zkompletovat.

### 3.8.3. Hydraulický rozvod

Hlavní rozvodné potrubí je z PE80 63 x 3,6 SDR 17,6. Toto potrubí, v příloze č 3 uvedeno jako řad A, vede od čerpadla až do šachet, ve kterých jsou umístěny elektroventily, které otevírají jednotlivé sekce. Tyto elektroventily jsou ovládány řídicí jednotkou umístěnou v elektro rozvodně na hranici pozemku patřícímu sportovnímu areálu.

Rozložení stávajícího potrubí je zcela nevhodné a plochy dostřiku trysek se v některých místech dokonce ani nepřekrývají, viz obrázek 3.13, kde se pak plochy protínají, vznikají louže. Dále dochází k postřiku i mimo travnatou plochu, tím dochází k nemalým ztrátám a plýtvání vodou. To by u starého systému nevadilo, protože zavlažovací systém nemá požadavky na akumulaci. Při návrhu nového systému však vznikají požadavky na akumulaci a zbytečné postřikování nezpevněné plochy by se podepsalo na zvětšení akumulace a zvýšení finanční náročnosti projektu.



Obr. 3.13: Původní zavlažovací plochy postřikovačů

### 3.8.4. Postřikovače

Potrubí jednotlivých sekcí je osazeno vždy čtyřmi postřikovači značky HUNTER typ I – 31 - 36V, což je plastový výsuvný postřikovač s kruhovou rotací. Jeho výsuvník je dlouhý 9 cm.

Postřikovače jsou již všechny ve špatném stavu a ani jeden z dvaceti kusů již samostatně nerotuje. To znamená, že u něj musí stát obsluha a ručně s ním otáčí. U většiny postřikovačů navíc došlo k ucpaní menší trysky, která skrání trávník v blízkosti postřikovače. To znamená, že trávník je u postřikovače suchý.



Obr. 3.14: Postřikovač Hunter I-31-36V

### 3.8.5. Řídící systém

System je řízen řídicí jednotkou, která bohužel nedisponuje senzorem srážek. Přesný typ nebylo možné určit, ale pro další využití už je toto zařízení zastaralé a nevyhovující. Nyní tato jednotka funguje pouze v režimu, kdy se nastaví délka trvání zavlažování sekce a spustí se buď vybrané sekce, nebo postupně vystřídá všechny sekce. Tím, že nejde systém nastavit, aby se spustil v daný čas, např. ve 4 hodiny ráno, což by bylo ideální, ale pustí se manuálně večer, se zde již objevilo na pár místech plísňové onemocnění, viz obrázek 3.15. Tráva se zapaří a zůstane vlhká celou noc.



Obr. 3.15: Suchá místa po onemocnění plísní

## 4. PRŮZKUMNÉ PRÁCE S JEJICH VYHODNOCENÍM

### 4.1. VRTANÉ PRŮZKUMNÉ VRTY

Vrtné průzkumné práce byly provedly 1. 4. 2016. Nejprve se rozměřily pozice vrtů. Vrtly se zvolily ve vzdálenostech 10 m, 12 m, 28 m, 60 m a 110 m od studny S1 (viz příloha č. 3), s tím, že osa čtyř vrtů, které jsou na vzdálenostech 12 m, 28 m, 60 m a 110 m od studny, jsou situovány mezi studnu a potok Trkmanka, s podmínkou, aby nepřekážely provozu areálu, a zbylý jeden vrt je situován kolmo na tuto osu ve vzdálenosti 10 m od studny.

Průběh vrtů je zaznamenán v tabulkách 4.1 až 4.5. Vrtly V2, V4 a V5 byly po vyvrtání zapaženy polypropylenovými trubkami DN 50 pro konání vsakovacích zkoušek na vrtech, či čerpací zkoušky na studni S1.

Tab. 4.1 Průběh vrtů V1

Hloubka [m]		Konzistence	Půda	Poznámky	
od	do				
0,0	0,2	K1-tvrdá	ornice		
0,2	0,5	K1-tvrdá	spraš		
0,5	0,9	K2- pevná	spraš		
0,9	1,2	K3- tuhá	spraš		
1,2	1,5	K4- měkká	spraš		
1,5	1,8	K5- kašovitá	spraš		
1,8			spraš	zemina nasycena vodou	

2. 4. 2016 byla HPV zaměřena v 1,40 m pod terénem

Tab. 4.2: Průběh vrtu V2

Hloubka [m]		Konzistence	Půda	Poznámky
od	do			
0,0	0,2	K1-tvrdá	ornice	
0,2	0,6	K2- pevná	spraš s ornici	
0,6	1,0	K3- tuhá	spraš	
1,0	1,4	K4- měkká	spraš	
1,4	2,4	K5- kašovitá	spraš	
2,4			spraš	zemina nasycena vodou

2. 4. 2016 byla HPV zaměřena v 1,70 m pod terénem

**Tab. 4.3: Průběh vrtu V3**

Hloubka [m]		Konzistence	Půda	Poznámky
od	do			
0	0,4	K1-tvrdá	ornice	
0,4	0,6	K1-tvrdá	hlinitá spraš	
0,6	1,0	K2- pevná	spraš	
1,0	1,5	K3- tuhá	spraš	
1,5	1,9	K4- měkká	spraš	
1,9	2	K5- kašovitá	spraš	
2			spraš	zemina nasycena vodou

2. 4. 2016 byla HPV zaměřena v 1,70 m pod terénem

**Tab. 4.4: Průběh vrtu V4**

Hloubka [m]		Konzistence	Půda	Poznámky
od	do			
0	0,5	K1-tvrdá	ornice	
0,5	0,8	K1-tvrdá	hlinitá spraš	
0,8	1,2	K2- pevná	spraš	
1,2	1,5	K3- tuhá	spraš	
1,5	1,9	K4- měkká	spraš	
1,9	2,1	K5- kašovitá	spraš	
2,1			spraš	zemina nasycena vodou

2. 4. 2016 byla HPV zaměřena v 1,75 m pod terénem m

**Tab. 4.5: Průběh vrtu V5**

Hloubka [m]		Konzistence	Půda	Poznámky
od	do			
0	1	K1-tvrdá	ornice	
1	1,2	K2- pevná	ornice	keramické střeby
1,2	1,4	K3- tuhá	ornice	
1,4	1,6	K4- měkká	ornice	
1,6	1,7	K5- kašovitá	ornice se spraší	
1,7				zemina nasycena vodou

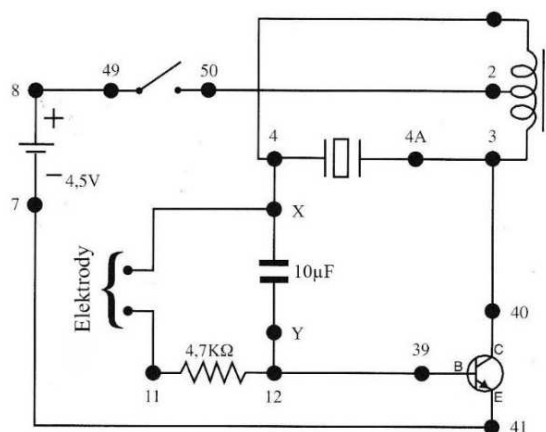
2. 4. 2016 byla HPV zaměřena v 1,25 m pod terénem

Nálezy ve vrtech V1 až V4 si jsou svou stavbou velice podobné. Vrt V5 je pak svou stavbou odlišný, to může být způsobeno tím, že byl vrt náhodně situován do prostoru původního

koryta Trkmanky (viz obr. 3.10). To, že se v lokalitě vyskytuje spraš, bylo nalezeno v geologických mapách a následně potvrzeno slabou reakcí s kyselinou chlorovodíkovou.

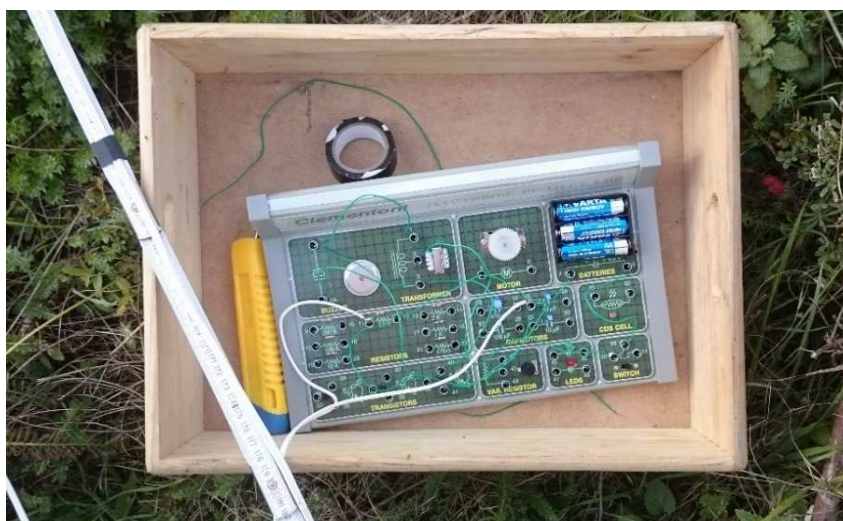
## 4.2.PRŮBĚH VSAKOVACÍCH ZKOUŠEK A VYHODNOCENÍ HYDRODYNAMICKÉHO POKUSU

Vsakovací pokusy na zapažených vrtech V2, V4 a V5 byly provedeny 28. 10. 2016. Pro měření poklesu hladiny bylo nutné sestrojít hladinoměr. Ten byl sestrojen pomocí vodičů, skládacího metru a stavebnice Electronic Project Lab dle schématu uvedeného na obr 4.1, na obr. 4.2 je pak sestrojený hladinoměr.



Obr. 4.1: Schéma zapojení hladinoměru

Před provedením zkoušek se provedlo zdokumentování vrtů viz kapitola 4.1. Zaměřily se původní hladiny podzemní vody. Všechny tyto vsakovací zkoušky probíhaly v nasyceném prostředí, jde tedy o slug testy. Pro tyto testy lze použít metoda Hvorslevova a metoda Bouwera a Rice [14]. Ještě se pro srovnání výsledků použije Hálkova metoda, i když je primárně určena pro nenasyčené prostředí.



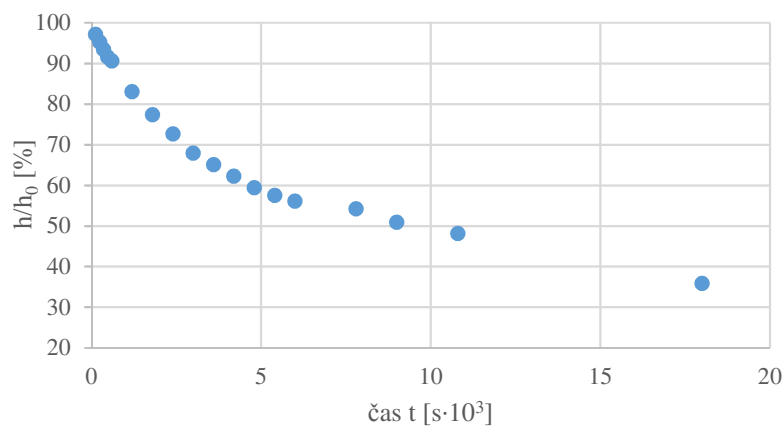
Obr. 4.2: Hladinoměr

Naměřené hodnoty  $h_0$ ,  $h(t)$ ,  $t$  se vynesly do grafu, který bude použit při vyhodnocování zkoušek.

**Tab. 4.6: Průběh vsakovací zkoušky na vrtu V2**

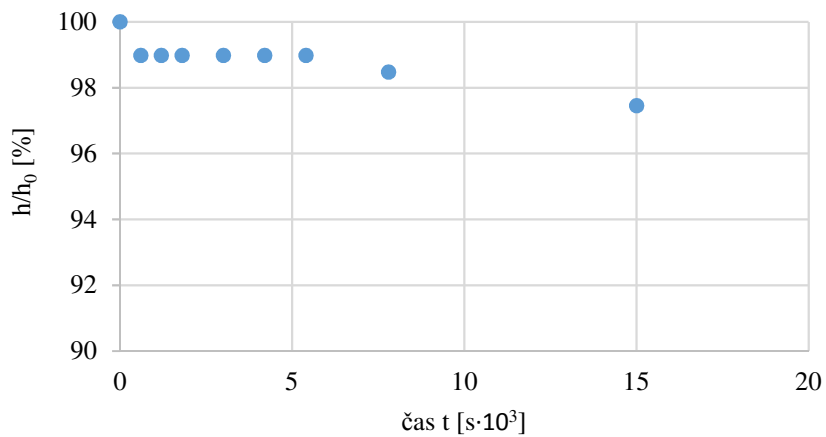
HPV 28. 10. ve 14:00 -1,95 m

$h_0$	t		$d_n - d_{n-1}$	$d_h$	h	$h/h_0$
	[min]	[s]	[s]	[m]	[m]	[%]
	0	0			1,06	100,0
	2	120	120	0,03	1,03	97,2
	4	240	120	0,02	1,01	95,3
	6	360	120	0,02	0,99	93,4
	8	480	120	0,02	0,97	91,5
	10	600	120	0,01	0,96	90,6
	20	1200	600	0,08	0,88	83,0
	30	1800	600	0,06	0,82	77,4
	40	2400	600	0,05	0,77	72,6
	50	3000	600	0,05	0,72	67,9
	60	3600	600	0,03	0,69	65,1
	70	4200	600	0,03	0,66	62,3
	80	4800	600	0,03	0,63	59,4
	90	5400	600	0,02	0,61	57,5
	100	6000	600	0,015	0,595	56,1
	130	7800	1800	0,02	0,575	54,2
	150	9000	1200	0,035	0,54	50,9
	180	10800	1800	0,03	0,51	48,1
	300	18000	7200	0,13	0,38	35,8

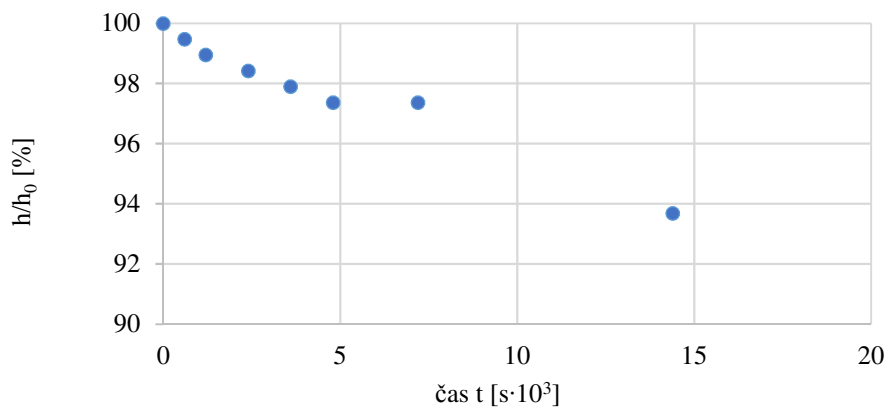


Obr. 4.3: Graf průběhu vsakování na vrtu V2

čas t [s·10<sup>3</sup>]



Obr. 4.4: Graf průběhu vsakování na vrtu V4



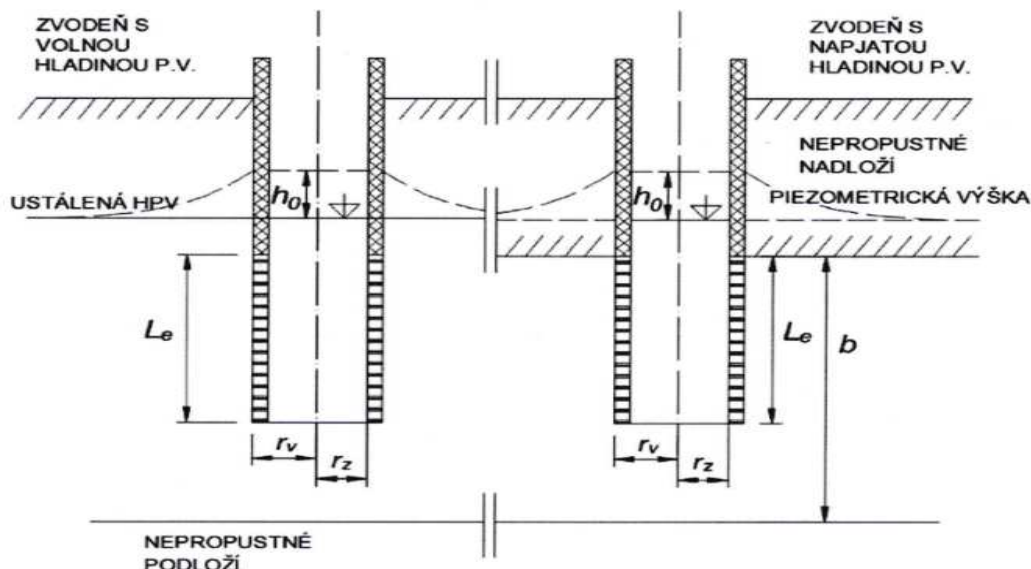
Obr. 4.5: Graf průběhu vsakování na vrtu V5



Výpočty hydraulické vodivosti  $k$ , ze vsakovacích zkoušek na ručně vrtaných průzkumných vrtech. Jediná korektní vsakovací zkouška proběhla na vrtu V2. Metody řešení byly čerpány z metodické příručky pro stanovení parametrů pro návrh vsakovacích zařízení srážkových vod [14].

### Metoda Hvorslevova [1]

Perforace vrtu  $L_e = 0,25$  m je pod hladinou podzemní vody. Pozice hladiny ve vrtu se měří v časových intervalech. Jde o zkoušku, při které se do vrtu neleje voda, tak aby byla změna polohy hladiny od původní 0,4 až 1 m [14]. Ihned se změří výškový rozdíl hladin  $h_0$  jako rozdíl hladin před a ihned po začátku zkoušky. Následně se měří pokles hladiny při zkoušce. Z vynesných hodnot v grafu odečteme na konci zkoušky u posledních dvou vynesných bodů hodnoty  $h_1$  a  $h_2$  a časy  $t_1$  a  $t_2$ , které dosadíme do vztahu 4.1



Obr. 4.6: Schéma pro metodu Hvorsleva [1]

Dosadíme do vztahu pro výpočet hydraulické vodivosti dle Hvorsleva [1].

$$k = \frac{r_z^2}{2L_e(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{L_e}{r_v}\right) \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) = \quad (4.1)$$

$$= \frac{0,025^2}{2 \cdot 0,25(10800 - 18000)} \ln\left(\frac{0,25}{0,025}\right) \ln\left(\frac{0,51}{0,38}\right) = 1,18 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$$

Kde:

$r_z$  – poloměr zárubnice

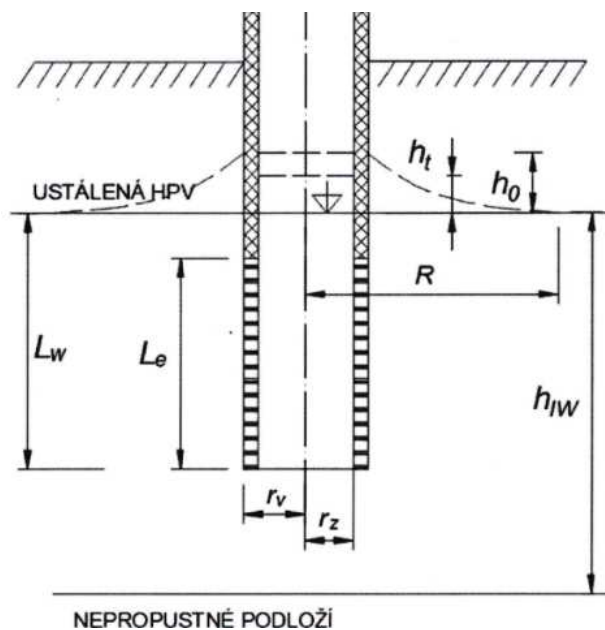
$L_e$  – délka perforované části

$t_1$  a  $t_2$  – časy po sobě dvou následujících měření

$h_1$  a  $h_2$  – časům odpovídající snížení hladiny

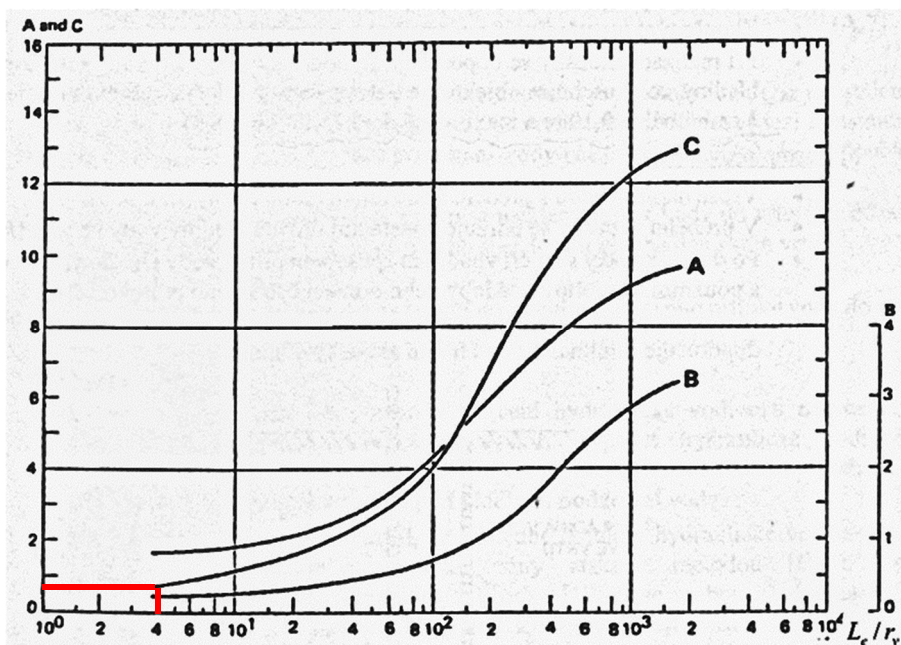
### Metoda Bouwera a Rice [2]

Po nálevu vody do vrtu se změří výška vody  $h_0$ , jako výškový rozdíl před a po nalití vody. Pokles hladiny se měří po co nejdelší dobu.



Obr. 4.7: Schéma pro metodu Bouwer a Rice [2]

Nejdříve se musí spočítat hodnota logaritmu podílu  $R/r_v$  pro úplný vrt pomocí hodnoty  $C$ , z grafu 4.8 [14], která se získá odečtením z grafu 4.8, podle hodnoty  $L_e/r_v = 0,2 \text{ m} / 0,05 \text{ m} = 4$ , získáme hodnotu  $C = 0,8$ .



Obr. 4.8: Graf pro odečtení koeficientu  $C$

$$\ln\left(\frac{R}{r_v}\right) = \left[ \frac{1,1}{\ln\left(\frac{L_w}{r_v}\right)} + \frac{C}{\frac{L_e}{r_v}} \right]^{-1} = \left[ \frac{1,1}{\ln\left(\frac{0,45}{0,05}\right)} + \frac{1,1}{\frac{0,2}{0,05}} \right]^{-1} = 1,427 \quad (4.2)$$

Získané hodnoty dosadíme do vzorce [14]:

$$k = \frac{r_z^2 \ln\left(\frac{R}{r_v}\right)}{2L_e} \cdot \frac{1}{t} \cdot \ln\left(\frac{h_0}{h_t}\right) = \quad (4.3)$$
$$= \frac{0,025^2 \cdot 1,427}{2 \cdot 0,2} \cdot \frac{1}{18000} \cdot \ln\left(\frac{1,06}{0,38}\right) = 1,27 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$$

Kde:

$r_v$  – poloměr zkoušeného vrtu

$r_z$  – poloměr zárubnice

$L_e$  – délka perforované části

$L_w$  – délka zárubnice pod HPV

$h_0$  – výšková změna na začátku a na konci měření

$h_t$  – výšková změna polohy hladiny v čase  $t$

$R$  – poloměr dosahu ovlivnění hladiny podzemní vody při změně úrovně hladiny ve vrtu

### **Hálkova metoda [3]**

Metoda výpočtu hydraulické vodivosti podle Hálka [3]:

$$k = \mu \cdot \frac{d}{t} \left( -0,15 + \sqrt{0,025 + 0,53 \cdot \frac{h}{d}} \right) = \quad (4.4)$$
$$= 0,08 \cdot \frac{0,05}{18000} \left( -0,15 + \sqrt{0,025 + 0,53 \cdot \frac{0,68}{0,05}} \right) = 5,6 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$$

Kde:

$\mu$  - aktivní pórovitost zeminy

$d$  - průměr vsakovacího válce

$t$  - doba nutná ke vsáknutí obsahu válce

$h$  - výška vsáknuté vody ve válci

## Shrnutí

Tab. 4.7: Shrnutí výsledků ve vrtu V2

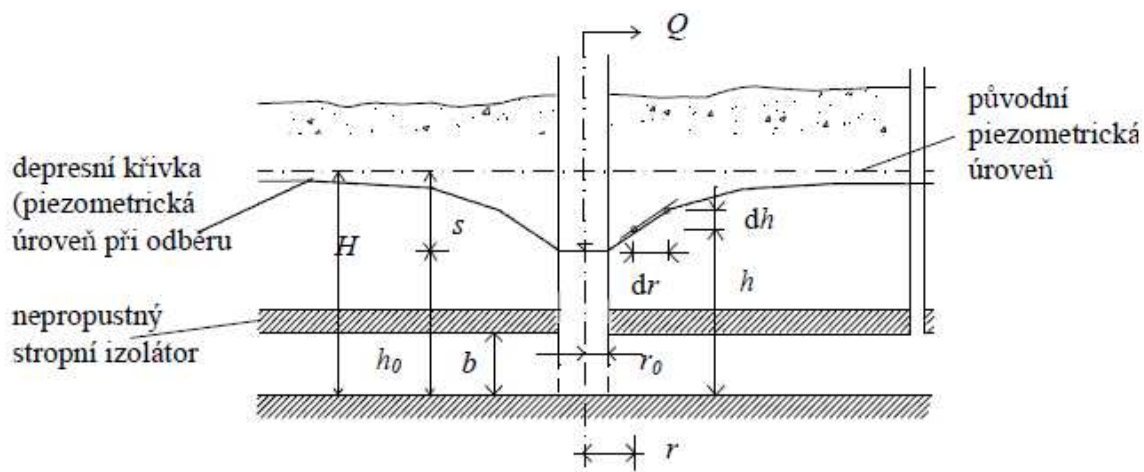
Autor	k
	[m/s]
Hvorslev	$1,33 \cdot 10^{-7}$
Bouwer	$1,27 \cdot 10^{-7}$
Hálek	$5,64 \cdot 10^{-7}$

Výsledné hodnoty hydraulické vodivosti z pozorovacích vrtů, které se pohybují v hodnotách  $1,27 - 5,64 \cdot 10^{-7}$  m/s dokazují, že během vrtacích prací nebyl zastižen kolektor, ale celé vrty se vyskytují ve stropním izolátoru. Tuto informaci máme z průzkumného vrtu ČHMÚ (příloha 8.1), který vede až do hloubky 7,5 m, kde naráží na další, tentokrát bazální izolátor. Dalším prvkem, který může mít negativní vliv na výsledky může být snížení propustnosti stěny vrtu ucpáním pórů během vrtání zeminy jádrovým vrtákem.

Z výsledných hodnot zkoušek se dá s vysokou pravděpodobností říci, že zemina v izolátoru není vhodná pro zdroj podzemní vody.

### 4.3. HYDRAULICKÁ VODIVOST Z VRTU ČHMÚ

Zde se vypočítá hydraulická vodivost podle výsledků čerpací zkoušky na vrtu ČHMÚ. Z přílohy č. 8 známe výsledky dvou čerpacích zkoušek, které byly provedeny na vrtu 532259. Jsou zde uvedeny parametry snížení a čerpané množství. Šířka pažnice se zjistila zaměřením přímo na vrtu.



Obr. 4.9: Schéma vrtu ČHMÚ [15]

Vyhodnocení čerpací zkoušky se provede tak, že se ze vzorce pro vydatnost studny vyjádří hydraulická vodivost  $k$  [16].

$$Q = \frac{2 \pi \cdot b \cdot k \cdot s}{\ln \frac{R}{r_0}} \quad (4.5)$$

$$k = \frac{Q}{2 \pi \cdot b \cdot s} \cdot \ln \frac{R}{r_0} \quad (4.6)$$

Tab. 4.8: Čerpací zkouška na vrtu ČHMÚ

ČERPACÍ ZKOUŠKA : 19.07.1967 až 22.07.1967 ( trvání 4 dnů )							
Hladina před čerpací zkouškou	3.64 [ 168.52 ]						
Druh zkoušky	z jediného objektu bez pozorovacích bodů						
Režim čerpací zkoušky	nerozlišeno						
Průběh zkoušky							
	1	2	3	4	5	6	7
Vydatnost [l/s]	0.05	0.06					
Snižení [m]	0.35	1.05					

Do vyjádřené rovnice se dosadí hodnoty z čerpací zkoušky z vrtu ČHMÚ. Pro stanovení hodnot  $k$  se ještě musí stanovit dosah depresního kužele  $R$ , vybereme vztah podle Sichradta [15]. Výpočet proběhne formou iterace, kdy do I. Iterace dosadíme do vzorce pro výpočet  $k$  hodnotu  $R = 10$  m. Výpočet se ukončí po III. Iteraci.

$$k_1 = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{2 \pi \cdot 3 \cdot 0,35} \ln \frac{10}{0,1} = 3,49 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} \quad (4.7)$$

$$R_1 = 3000 s \sqrt{k} = 3000 \sqrt{3,49 \cdot 10^{-5}} = 6,2 \text{ m} \quad (4.8)$$

$$k_1 = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{2 \pi \cdot 3 \cdot 0,35} \ln \frac{6,2}{0,1} = 3,12 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$R_1 = 3000 s \sqrt{k} = 3000 \sqrt{3,12 \cdot 10^{-5}} = 5,9 \text{ m}$$

$$k_1 = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{2 \pi \cdot 3 \cdot 0,35} \ln \frac{5,9}{0,1} = 3,09 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Stejný postup opakujeme při výpočtu druhého průběhu zkoušky. Výpočet se započne s hodnotou  $R = 15$  m.

$$k_2 = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{2 \pi \cdot 3 \cdot 1,05} \ln \frac{15}{0,1} = 1,52 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} \quad (4.9)$$

$$R_2 = 3000 s \sqrt{k} = 3000 \sqrt{1,59 \cdot 10^{-5}} = 12,6 \text{ m} \quad (4.10)$$

$$k_2 = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{2\pi \cdot 3 \cdot 1,05} \ln \frac{12,6}{0,1} = 1,47 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$R_2 = 3000 \text{ s} \sqrt{k} = 3000 \sqrt{1,47 \cdot 10^{-5}} = 12,1 \text{ m}$$

$$k_2 = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{2\pi \cdot 3 \cdot 1,05} \ln \frac{12,1}{0,1} = 1,45 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Kde:

$b$  – mocnost napjaté zvodně - 3m

$k$  – koeficient hydraulické vodivosti

$s$  – snížení hladiny při odběru

$R$  – dosah účinnosti studny

$Q$  – čerpané množství

Tento výpočet dokázal rozdílné vlastnosti hydraulické vodivosti ve stropním izolátoru a kolektoru. Dále se při výpočtech vydatnosti a návrhu zařízení bude počítat s hodnotou vypočtenou z průběhu zkoušky číslo 2:

$$k = 1,45 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

## 5. NÁVRH NOVÉHO ZÁVLAHOVÉHO SYSTÉMU

Návrh nového závlahového systému a volba jednotlivých prvků se bude posuzovat z hydraulického, hydrologického, ekonomického a provozního hlediska.

### 5.1. STANOVENÍ ZÁVLAHOVÉ DÁVKY

Klimatické sucho je způsobeno nedostatečným množstvím srážek, jejich nerovnoměrným rozdělením a také vysokou teplotou, které výrazně zvyšuje ztrátu výparem. Místní sucho způsobuje kombinace lokálních orografických, hydrologických a vegetačních podmínek. Toto sucho můžeme kompenzovat zachycením srážkové vody v půdě a úpravou povrchového odtoku. Nejsou-li však opatření dostatečně účinná, musíme navrhnout vhodný závlahový systém [17].

Závlahová dávka se stanoví výpočtem evaporace a evapotranspirace. Tento postup se využívá při výpočtu potřeby závlahového množství zemědělských plodiny a lze jej vypočítat podle tabulek uvedených v [18]. Pro výpočet sportovních trávníků je však tato metoda nevhodná z důvodu závislosti na vypěstovaném množství.

Moderní literatura o trávníkářství uvádí pro zavlažování okrasných a jinak vysoce exponovaných trávníků jednoduchou tabulku, podle které dokáže stanovit kvalitní závlahou dávku a interval mezi dávkami v závislosti na denní teplotě. Shodné hodnoty v závislosti na teplotě udává i [19].

Tab. 5.1: Závlahová dávka dle [20]:

Teplota [°C.]	Interval mezi dávkami [dny]	Dávka [mm]
20	12	20 - 25
25	8	
30	6	
>30	5	

Objem jedné závlahové dávky:

$$V = plocha \cdot dávka$$

$$V = 7500m^2 \cdot 25 \text{ mm} = 187,5m^3 \quad (5.1)$$

$$Q_n = \frac{187,5}{14 \cdot 3600} = 3,72 \cdot 10^{-3}m^3/s \quad (5.2)$$

Dle Ganderta, Bureše [21] je roční potřeba doplňkové závlahy v našich klimatických podmínkách 600 mm za rok, dle období uvedených v následující tabulce:

**Tab. 5.2: Orientační potřeba v jednotlivých měsících**

Měsíc	Doplňková závlaha [mm]	Měsíc	Doplňková závlaha [mm]
Březen	30	Červenec	110
Duben	50	Srpen	110
Květen	70	Září	90
Červen	90	Říjen	50

Roční potřeba doplňkové závlahy:

$$V = plocha \cdot doplňková\ závlaha \quad (5.3)$$

$$V = 7500m^2 \cdot 600\ mm = 4500m^3$$

## 5.2.VÝPOČET HYDRAULICKÝCH ZTRÁT

Výpočet hydraulických ztrát je zapotřebí, aby se stanovily hodnoty hydraulických ztrát, jak místních, tak po délce. Výpočet bude uveden v přehledné tabulce. Uvedeny zde budou jen základní vzorce na výpočet ztrát.

Při výpočtu se spočítá nejméně vhodná varianta, a to při postřiku sekce č. 1. V tomto případě dochází k největším vznikům hydraulických ztrát.

Celková výšková ztráta se stanoví [15]:

$$H = H_g + Z \quad (5.4)$$

$$Z = Z_t + Z_m \quad (5.5)$$

$$Z_t = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (5.6)$$

$$Z_m = \xi \frac{v^2}{2g} \quad (5.7)$$

Kde:

$H_g$  – výška geodetická

$Z_m$  - tlaková ztráta místní

$v$  - rychlost proudění kapaliny v potrubí

$g$  – gravitační zrychlení

$Z_t$  - tlaková ztráta třením

$\lambda$  - součinitel tření

$D$  - vnitřní průměr potrubí

$v$  - rychlost proudění kapaliny v potrubí



$L$  - délka potrubí

$\nu$  - kinematičká viskozita

$\Delta$  - drsnost stěn potrubí

### ***Ztráty třením po délce [15]***

Zde se uvedou vzorce, které budou následně využity při výpočtu:

$$Re = \frac{\nu D}{\nu} = \frac{\nu D}{1,31 \cdot 10^{-6}} \quad (5.8)$$

Kde:

$h_m$  - tlaková ztráta místní

$\nu$  - rychlost proudění kapaliny v potrubí

$D$  - vnitřní průměr potrubí

$\nu$  - rychlost proudění kapaliny v potrubí

$\nu$  - kinematičká viskozita

Součinitel  $\lambda$  dle Blasiusu pro přechodovou ( $2320 < Re < 10\,000$ ):

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \quad (5.9)$$

Součinitel  $\lambda$  pro turbulentní proudění ( $Re > 10\,000$ ) [22]:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\Delta}{3,7D} \right) \quad (5.10)$$

Výpočet ztráty v potrubí [22]:

$$Z_t = \lambda \frac{L}{D} \frac{\nu^2}{2g} \quad (5.11)$$

Kde:

$h_t$  - tlaková ztráta třením

$\lambda$  - součinitel tření

$D$  - vnitřní průměr potrubí

$\nu$  - rychlost proudění kapaliny v potrubí

$L$  - délka potrubí

$\nu$  - kinematičká viskozita

$\Delta$  - drsnost stěn potrubí = 0,0015 mm

## ***Ztráty místní***

$$Z_m = \xi \frac{v^2}{2g} \quad (5.12)$$

Kde:

$h_m$  - tlaková ztráta místní

$v$  - rychlost proudění kapaliny v potrubí

$g$  – gravitační zrychlení

$\xi$  – Součinitel místních ztrát

### **5.3.NÁVRH ZÁVLAHOVÉHO ZAŘÍZENÍ**

V této kapitole je proveden návrh závlahového zařízení.

#### **5.3.1. Výběr vhodného zdroje vody**

Při volbě zdroje vody pro závlahové zařízení máme možnost vybírat z těchto zdrojů:

- podzemní voda
- povrchová voda
- vodovodní řad
- srážková voda

Roční potřeba doplňkové závlahy je tedy 4500 m<sup>3</sup> za vegetační období (březen – říjen).

Při zhodnocení nám nejlépe vyjde zdroj podzemní vody. Za ni by se nemělo v tomto množství platit a na rozdíl od zdroje povrchového by neměla obsahovat organické látky. Jediný problém je nízká teplota vody, ale navržený postřik bude probíhat v době, kdy je nejnižší denní teplota, to je těsně před východem slunce, což značně eliminuje pravděpodobnost výskytu teplotního šoku trávy.

Dalšími výhodami zdroje podzemní vody je i to, že si můžeme zvolit místo umístění jímacího zařízení, dále zdejší půdní profil bude dotován tokem, navíc zdejší lokalita má relativně velké povodí a voda v izolátoru je zde napjatá. Případné znečištění odfiltrujeme filtrem před čerpadlem nebo by mělo sedimentovat v akumulární nádrži.

Pro další využívání povrchové vody by bylo nutné vybudovat na Trkmance vzdouvací objekt. Tento objekt by zadržoval vodu v korytě, což by znamenalo i úpravu koryta a nové řešení vývodů kanalizace. Tudíž nemalé finanční nároky. Trkmanka je bohužel nejvíce znečištěný tok v povodí Moravy a voda z ní je v tomto stavu pro zavlažování dlouhodobě nevhodná, proto budovat ještě úpravnu této surové vody jsou další náklady. Za takto odebranou vodu by se dle Vodního zákona [23] nemělo platit při odebrání méně než 6000 m<sup>3</sup> za rok nebo 500 m<sup>3</sup> za měsíc. Stejně podmínky platí i pro podzemní vodu [23].

Tato voda je navíc plná organismů, které v potrubí, v armaturách i v čerpadle vytvářejí organické povlaky. Při zimním odstavení pak dojde k sesychání těchto povlaků a při opětovném spuštění závlahy se toto znečištění uvolní a může dojít k zanesení trysky, nebo zničení točného mechanismu, jak se již v minulosti stalo.

Srážková voda nepřichází v úvahu, protože se v lokalitě nenachází žádná plocha s dostatečným srážkovým odtokem. Vybudování vhodné akumulace, aby mohl být systém funkční po celou vegetační dobu. Toto řešení by vyvolalo velké investiční náklady, protože rozložení srážek během celého roku je nerovnoměrné. Jediná vhodná plocha je pouze střecha místní provozní budovy o ploše cca 450 m<sup>2</sup>, jejíž roční srážkový úhrn je pouze 229,5 m<sup>3</sup>. Tato voda je však zcela zdarma můžeme ji svést do akumulace a tím snížit spotřebu pitné vody nebo jinak využít tuto vodu v areálu a snížit tak provozní náklady.

Zavlažování z vodovodního řadu je dlouhodobě neekonomické. Cena vodného ve zdejší lokalitě v roce 2016 je 43,7 Kč/m<sup>3</sup> [24]. To při průměrné roční potřebě a této ceně vody znamená náklady cca 229 425 Kč ročně. Dlouhodobé provozování takového systému je neekonomické a klub si takové výdaje každý rok nemůže dovolit.

### 5.3.2. Studna s ponorným čerpadlem

Jako jímací prvek byla navržena svislá studna, resp. vrt. Je to kombinace snadné a rychlé proveditelnosti a relativně nízkých realizačních nákladů. Ve studni bude osazeno ponorné čerpadlo na dopravu vody z vrtu do akumulace. Čerpadlo bude ovládáno pomocí senzoru umístěného na stěně akumulace, viz. příloha č. 5 které čerpadlo vypne při dosažení maximální hladiny a plovákem umístěným na čerpadle, který čerpadlo vypne v případě dosažení maximálního snížení ve studni. To bude stanoveno výpočtem a ve studni bude dána délkou zavěšení čerpadla od zhlaví vrtu.

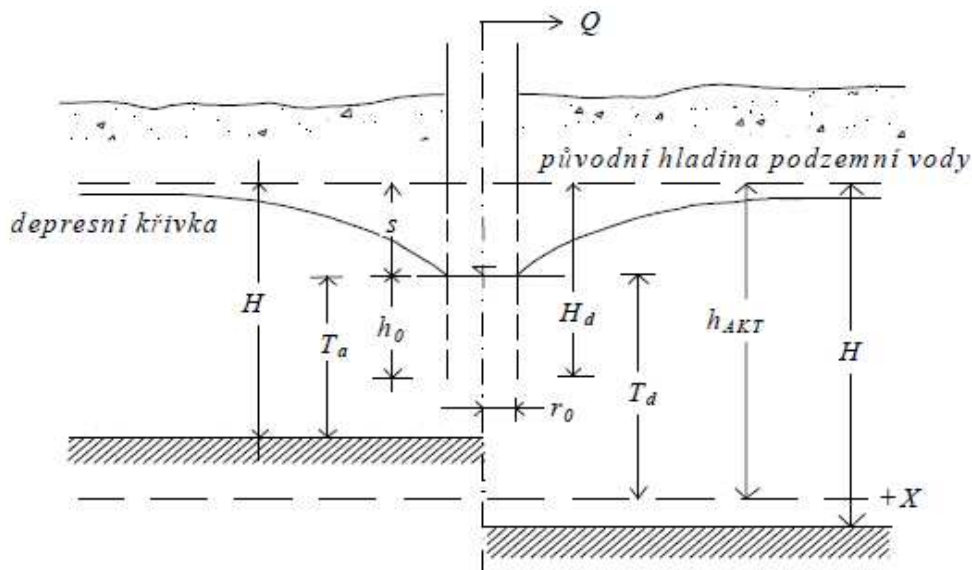
Podmínka návrhu jímacích zařízení se stanoví podmínkou pro kterou platí, že závlahová dávka o objemu  $V = 187,5$  m<sup>3</sup> se akumuluje v nádrži podobu pěti dní: Minimální přítok  $Q_p$  ze studny se stanoví vztahem:

$$Q_p \geq \frac{187,5}{5 \cdot 24 \cdot 3600} = 4,34 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.13)$$

#### *Hydraulický výpočet vrtu H1 (Sokol)*

Návrh a posouzení jímacích zařízení byl proveden posouzením zbudovaného průzkumného vrtu H1, který si nechal vybudovat zdejší sportovní klub. Pažnice ve vrtu má průměr 180 mm, vrt je široký 400 mm. Jelikož nevíme, jak je vrt vystrojen, navrhne se vhodné vystrojení, které bude vhodné pro dlouhodobé využití vrtu. Jedná se o studnu neúplnou.

Dle litologie vrtu jsou navrženy a dosaženy hodnoty do výpočtu. Při výpočtech vycházíme z obecně přijímaného předpokladu, že maximální snížení hladiny ve vrtu je  $1/3 H$ , to znamená, že se jedná o neúplnou studnu s volnou hladinou.



Obr. 5.1: Schéma neúplné studny s volnou hladinou

Spočítá se maximální snížení  $s_{max}$  pro neúplné vrtu [14].

$$s_{max} = \frac{2 \cdot H_d + r_0}{6} = \frac{2 \cdot 4,9 + 0,09}{6} = 1,648 \text{ m} \quad (5.14)$$

Výpočet parametru  $R$  dosah účinnosti studny dle Sichardta [15]:

$$R = 3000 \cdot s \cdot \sqrt{k} = 3000 \cdot 1,648 \cdot \sqrt{1,45 \cdot 10^{-5}} = 18,9 \text{ m} \quad (5.15)$$

Kde:

$k$  – koeficient hydraulické vodivosti

$s$  – snížení hladiny při odběru

$R$  – dosah účinnosti studny

Výpočet vydatnosti studny pro  $r_0 = 90 \text{ mm}$  [16].

$$Q = -\pi \cdot k \frac{(H^2 - T_a^2)}{\ln \frac{R}{r_0}} \cdot \sqrt{\frac{h_0 + 0,5 \cdot r_0}{T_a}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot T_a - h_0}{T_a}} \quad (5.16)$$

$$Q = -\pi \cdot k \frac{(5,4^2 - 3,75^2)}{\ln \frac{18,9}{0,09}} \cdot \sqrt{\frac{3,75 + 0,5 \cdot 0,09}{3,75}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 3,75 - 3,75}{3,75}} = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Kde:

$r_0$  – poloměr vrtu

$Ta$  – vzdálenost snížené hladiny od spodního izolátoru

$k$  – koeficient hydraulické vodivosti

$s$  – snížení hladiny při odběru

$R$  – dosah účinnosti studny

$Q$  – čerpané množství

$$Q \geq Q_p \quad (5.17)$$
$$4,9 \cdot 10^{-4} \geq 4,34 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Navrhovaný vrt **vyhovuje** pro potřebu dodávky vody pro závlahu.

Studna také musí vyhovovat některým dalším kritériím, aby nedošlo k trvalému snížení její vydatnosti, nebo k jejímu zanesení jemným materiálem (kolmatace).

Po dosazení do rovnice x.x dostaneme hodnoty průtoku  $Q = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ . Toto množství by bylo pro celý systém dostačující, avšak musíme ještě posoudit bezpečnost provozu studny, tedy specifický průsak  $q$  s průsak kritický  $q_{krit}$ . Použijeme vzorec pro kritický průsak dle Abramova [16]:

$$q_{krit} = \frac{\sqrt[3]{k}}{30} = \frac{\sqrt[3]{1,45 \cdot 10^{-5}}}{30} = 8,13 \cdot 10^{-4} \text{ m/s} \quad (5.18)$$

Kde:

$k$  – koeficient hydraulické vodivosti

Specifický průtok na plášti studny, který se srovnává s kritickými hodnotami se vypočítá takto:

$$q = \frac{Q}{2 \pi r_0 h_0} = \frac{4,9E - 04}{2 \cdot \pi \cdot 0,09 \cdot 3,75} = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s} \quad (5.19)$$

Kde:

$r_0$  – poloměr vrtu

$h_0$  – hloubka vody na plášti studny

$Q$  – čerpané množství

Kontrolní podmínka:

$$q_{krit} \geq q \quad (5.20)$$
$$8,13 \cdot 10^{-4} \geq 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ **vyhovuje**}$$

Hodnoty vyhovují. Pro dlouhodobé dodržení funkčnosti zařízení je potřebná hodnota specifického průsaku  $q$  maximálně  $8,13 \cdot 10^{-4}$  m/s, což je vyhovující hodnota pro dodání množství pro celý systém. Důležité je, aby při osmihodinových cyklech byl vrt schopen dodávat  $12,5 \text{ m}^3$ , což je  $4,34 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ , toto množství dle výpočtů odpovídá snížení 1,16 m pod hladinu podzemní vody, tedy na úrovni 3,26 m pod terénem.

### 5.3.3. Výtlač

Protože zdrojem vody jsou vrty, musí se voda přečerpávat ze zdroje, do akumulace. To zařídí ponorná čerpadla na čistou vodu přímo ve vrtech. K vrtům se musí dovést potrubí na vodu typu PE100 40 x 3,7 SDR11 PN16 a elektřina.

#### *Výpočet ztrát a návrh čerpadel výtlačku*

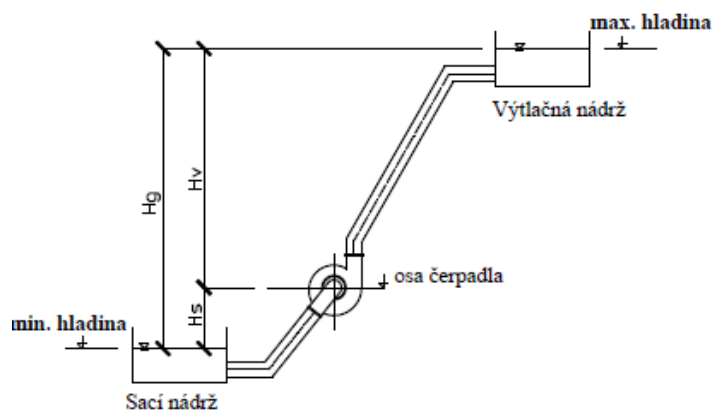
Základní parametry pro návrh čerpadel jsou [25]:

$Q$  – požadovaný průtok čerpadla

$Q_n$  - návrhový průtok čerpadla

$H$  - dopravní výška čerpadla (rozdíl celkové energie čerpané kapaliny při výstupu z čerpadla a při vstupu do něho, vztažený na jednotku tíhy čerpané kapaliny)

$H_g$  - geodetická dopravní výška



Obr. 5.2: Schéma s vyznačením dopravních výšek

Tab. 5.3: Výpočet místních ztrát na výtlačku z vrtu H2

prvek	$\xi$ [-]	DN [m]	$v$ [m/s]	$Z_{m\ ks}$ [m]	$k_s$	$Z_{mi}$
uzávěr	0,1	0,035	0,98	0,00	1	0,1
zpětný ventil	1,2	0,035	0,98	0,06	2	0,2
koleno	0,5	0,035	0,98	0,02	1	0,1
$\Sigma$						0,4

Tab. 5.4: Výpočet ztrát třením po délce na výtlaku z vrtu H2

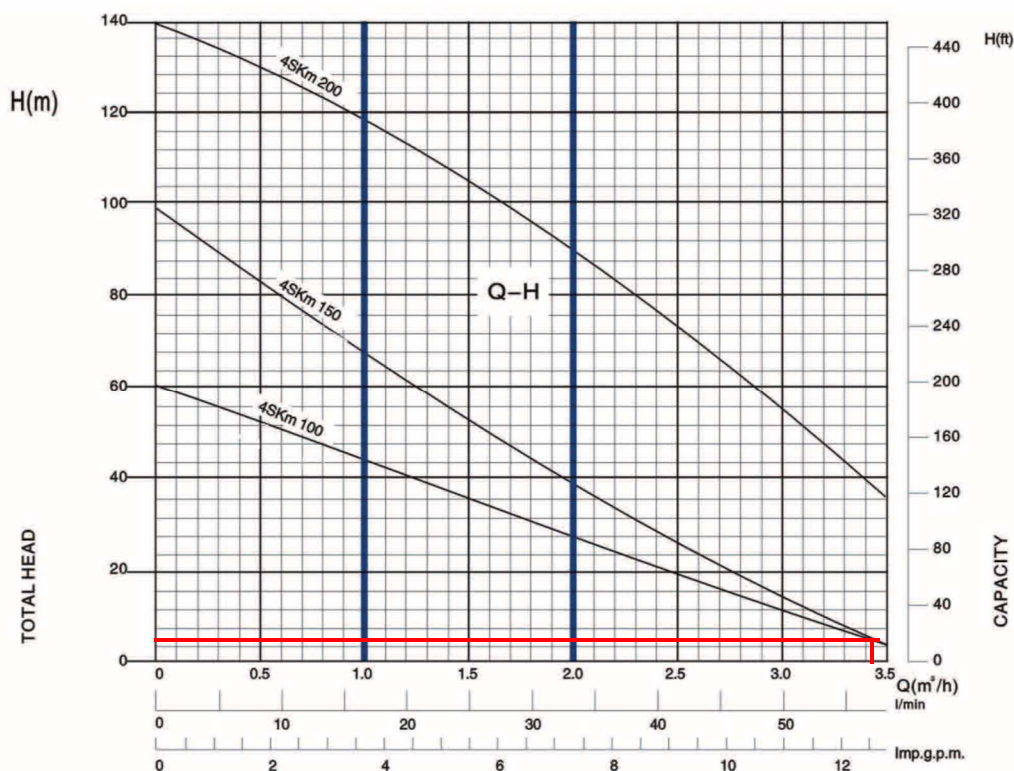
úsek	DN [m]	A [m <sup>2</sup> ]	Q [m <sup>3</sup> /s]	v [m/s]	Re [-]	λ [-]	L [m]	Z <sub>ti</sub> [m]
A	0,035	0,001	0,00094	0,98	26228	0,0115	10	0,2
Σ							Σ=	0,2

Hodnota  $H_v$  se získá svislou vzdáleností hladin při maximálním snížení ve vrtu H1 a maximální hladiny v akumulaci.

$$H_v = 3,26 + 1,2 = 4,46 \text{ m} \quad (5.17)$$

$$H = H_v + Z_m + Z_t = 4,6 + 0,4 + 0,2 = 5,2 \text{ m} \quad (5.18)$$

Zvolila se čerpadla PUMPA 4SKm 100. Napětí 230V, které bude k vrtu přivedeno z objektu čerpací stanice souběžně s výtlakem. Pracovní bod čerpadla je při  $H=5,2 \text{ m}$  a  $Q=3,4 \text{ m}^3/\text{h}$ , což vyhovuje požadavku  $Q_n=1,562 \text{ m}^3/\text{h}$ . Čerpadlo je osazeno zpětnou klapkou, plovákem a tepelnou pojistkou. Zpětná klapka bude na výtlacích řadu B umístěna i v samotné akumulaci pro případ poruchy potrubí mezi akumulací a čerpadlem ve vrtu.



Obr. 5.3: Vlastnosti čerpadla PUMPA 4SKm 100 [26]

### 5.3.4. Akumulace

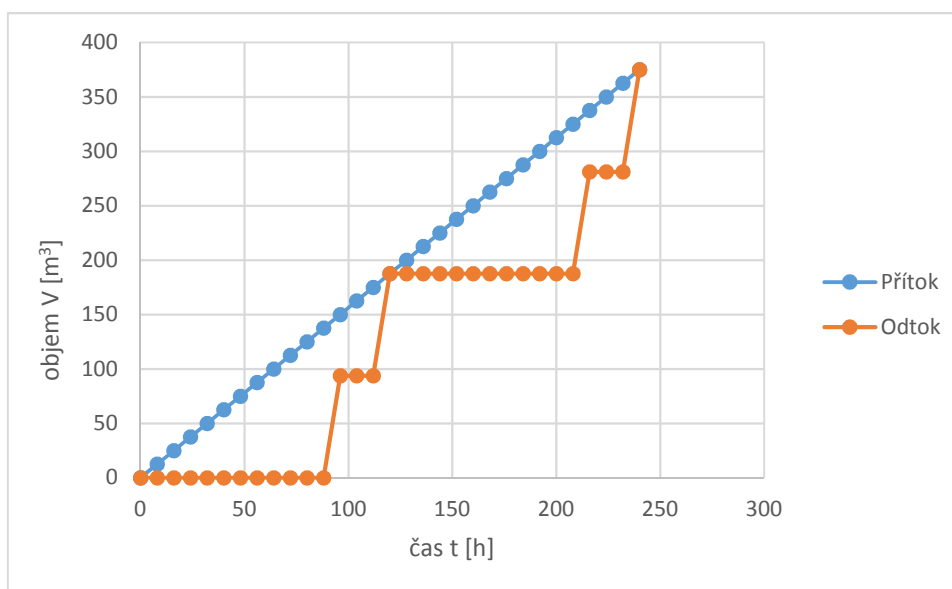
Akumulační nádrž bude důležitým prvkem nového systému, bude kumulovat vodu mezi jednotlivými závlahovými dávkami. Musí se zhodnotit, zda se bude závlaha spouštět

po jednotlivých větvích závlahového systému, což by potřebnou akumulaci i několikrát zmenšilo, tím by klesly i náklady na realizaci objektu. V tomto projektu se však uvažuje o variantě, kdy bude celá závlahová dávka distribuována při jednom cyklu, který ale bude muset trvat dvě po sobě jdoucí noci, aby bylo možné závlahovou dávku rozdistribuovat.

Při nejméně vhodném návrhovém stavu, který nastane při letních vedrech, kdy teplota vystoupá až nad 35 °C a závlahová dávka je 25 mm. Spotřeba vody na jednu závlahovou dávku se určila následujícím vztahem:

$$V = plocha \cdot dávka$$

$$V = 7500m^2 \cdot 25 \text{ mm} = 187,5m^3$$



**Obr. 5.4: Součtová bilance přítoku a odtoku**

Při výpočtu akumulace vycházíme z faktu, že závlaha bude probíhat 2 x 7 hodin. Proto délka zavlažování může ušetřit objem akumulace až o 50 m<sup>3</sup>. Potřebná akumulace bude tedy 137,5 m<sup>3</sup>, jak je uvedeno v tabulce 5.8, s určitou rezervou tedy zvolíme celkový objem 138,6 m<sup>3</sup>.

Jednalo by se tedy pravděpodobně o monolitický, nebo prefabrikovaný objekt o provozní akumulaci 138,6 m<sup>3</sup>. Vnitřní rozměry nádrže budou 7 x 9 x 2,2 m. Objekt bude dodatečně zastřešen ocelovou konstrukcí. Nádrž bude tedy uzavřená, aby se zabránilo jejímu znečištění a následné hnilobě organických znečištění v nádrži.



**Tab. 5.5: Výpočet akumulace**

Den	přítok [m <sup>3</sup> ]	odběr		rozdíl		součet [m <sup>3</sup> ]
		%	[m <sup>3</sup> ]	přebytek	nedostatek	
					[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
1/3	12,5	0	0,0	12,5	0,0	12,5
2/3	12,5	0	0,0	12,5	0,0	25,0
1	12,5	0	0,0	12,5	0,0	37,5
1 1/3	12,5	0	0,0	12,5	0,0	50,0
1 2/3	12,5	0	0,0	12,5	0,0	62,5
2	12,5	0	0,0	12,5	0,0	75,0
2 1/3	12,5	0	0,0	12,5	0,0	87,5
2 2/3	12,5	0	0,0	12,5	0,0	100,0
3	12,5	0	0,0	12,5	0,0	112,5
3 1/3	12,5	0	0,0	12,5	0,0	125,0
3 2/3	12,5	0	0,0	12,5	0,0	137,5
4	12,5	50	93,75	0,0	-81,3	56,3
4 1/3	12,5	0	0,0	12,5	0,0	68,8
4 2/3	12,5	0	0,0	12,5	0,0	81,3
5	12,5	50	93,75	0,0	-81,3	0,0
Σ	187,5	100	187,5			
min						0,0
max						137,5
Navržena akumulace						138,6

### 5.3.5. Ocelové zastřešení akumulární nádrže

Nádrž bude zastřešena konstrukcí složenou z I profilů překrytými plechem s protiskluznou úpravou, jednotlivé prvky ocelové konstrukce budou chráněny galvanickou povrchovou úpravou. Konstrukce může být zkompletována přímo na místě ihned po dostatečném vyžrání betonu monolitické konstrukce. Nejprve se usadí I profily, následně se na ně přiboduje lístkový plech, tím bude zaručena stabilita každého průvlastku a samotné ocelové konstrukce.

I profily budou položeny rovnoběžně v osově vzdálenosti 0,9 m v počtu 9 kusů. Krajní podpora plechu bude zaručena opancéřovanou hranou z L profilu uloženou již před betonáží

do bednění. U strany nádrže, kde je sací jímka, bude umístěn poklop pro vstup obsluhy do nádrže. Pod tímto poklopem budou do stěny nádrže namontována navrtáním a upevněním na chemickou kotvu stupadla ve vzdálenosti 0,3 m.

### Zatížení

Na konstrukci bude působit stálé zatížení v podobě vlastní tíhy konstrukce. Zastřešení musí být schopné unést také minimálně 2 dospělé osoby s pracovním vybavením, o celkové hmotnosti 250 kg, dále zde započítáme zatížení sněhem, zatížení větrem na konstrukci neuvažujeme, protože konstrukce je vodorovná.

Zatížení sněhem:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (5.19)$$

$$s = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

Kde:

$\mu$  - tvarový souč. závislý na sklonu střechy,  $\mu = 0,8$

$C_e$  – souč. expozice závislý na typu krajiny,  $C_e = 1,0$

$C_t$  – tepelný souč.,  $C_t = 1,0$

$s_k$  – charakteristická hodnota zatížení sněhem,  $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$  pro sněhovou oblast I

Tab. 5.6: Zatížení zastřešení akumulární nádrže

	tloušťka [m]	objemová tíha[kN/m <sup>3</sup> ]	zatěžovací šířka [m]	zatížení [kN/m]	náhradní bodové zatížení [kN]
plech lístkový	0,006	78,50	0,90	0,42	2,97
I profil 300	-	-	-	0,53	3,72
sníh	-	-	0,90	0,50	3,53
obsluha + vybavení	-	-	-	-	2,45
$\Sigma$	Náhradní břemeno Q [kN]				12,67

Působící zatížení se převede na náhradní břemeno Q

### Návrh průřezu

Jedná se o prostě uložený stropní nosník, o rozpětí  $l=7$  m z ocelového válcovaného I profilu, zatížení stropu  $Q = 12,67 \text{ kN}$ , spolupůsobící šířka  $s = 0,9 \text{ m}$ ,  $f_y = 210 \text{ MPa}$ , maximální povolený průhyb je  $1/250$  rozpětí. Modul pružnosti  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ .

Stanoví se hodnota maximálního momentu:

$$M_{max} = \frac{1}{8} \cdot Q \cdot l \quad (5.20)$$

$$M_{max} = \frac{1}{8} \cdot 12.67 \cdot 7 = 11.09 \text{ kNm}$$

Kde:

$M_{max}$  – maximální ohybový moment [kNm]

$Q$  – náhradní břemeno [kN]

$l$  – délka rozpětí [m]

$$w_n = \frac{M_{max}}{f_y} \quad (5.21)$$

$$w_n = \frac{11,09 \cdot 10^3}{210 \cdot 10^6} = 527 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$$

Kde:

$w_n$  – průřezový modul [mm<sup>4</sup>]

$f_y$  – mez úměrnosti oceli [MPa]

$M_{max}$  – maximální ohybový moment [kNm]

podle statických tabulek navržen **I profil 300**  $w = 653 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$ .

### ***Posouzení na I. mezní stav únosnosti***

$$M_{Rd} = f_y \cdot w \quad (5.22)$$

$$M_{Rd} = 210 \cdot 10^6 \cdot 653 \cdot 10^{-3} = 13713 \text{ Nm}$$

$$M_{Rd} = 13713 \text{ Nm} = 13,71 \text{ kNm} > M_{max} = 11,09 \text{ kNm} \quad (5.23)$$

Navržený průřez **vyhovuje** na I. mezní stav.

### ***Posouzení na II. mezní stav použitelnosti***

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (5.24)$$

$$\delta = \frac{5 \cdot 1,69 \cdot 7^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 5740 \cdot 10^{-3}} = 0,003 \text{ m}$$

$$\delta = 0,003 \text{ m} < \frac{7000}{250} = 0,028 \text{ m}$$

Kde:

$\delta$  – průhyb [m]

w – průřezový modul [mm<sup>4</sup>]

E – modul pružnosti oceli v tahu a tlaku 210 GPa

I – moment setrvačnosti k těžištní ose

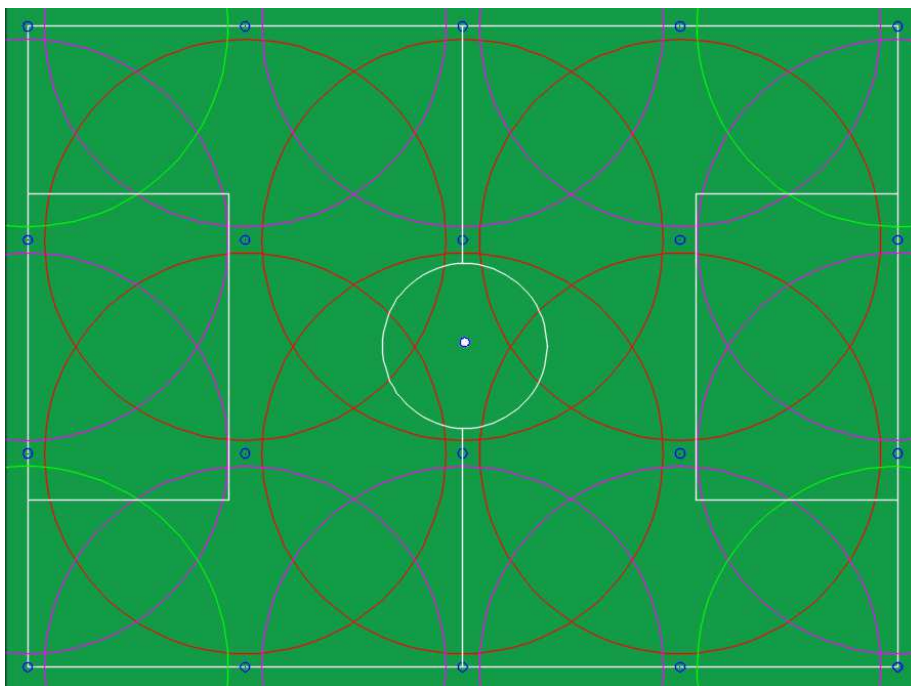
q – spojité náhradní břemeno

l – délka rozpětí [m]

Navržený průřez **vyhovuje** na II. mezní stav.

### 5.3.6. Hydraulický rozvod

Při návrhu nového rozvodu nelze využít rozvodu starého, protože rozmístění postřikovačů bylo nevhodně zvoleno a při postřiku dochází k příliš vysokým ztrátám a nerovnoměrnému rozdělení závlahy. Proto bylo zvoleno při návrhu nového systému nové rozložení na tzv. 6 + 10 + 4, tedy 6 postřikovačů v hrací ploše, 10 postřikovačů krajních, půlkruhových a 4 postřikovače čtvrtkruhové umístěné v rozích tak, aby napájely trysky podle schématu uvedeného na obrázku 5.4:



**Obr. 5.5: Nové rozvržení závlahových postřikovačů**

V rozvodu bude použito potrubí typu PE100 SDR 11 PN16 v rozměrech 75 x 6,8, 63 x 5,8 a 40 x 3,7. Potrubí bude uloženo do rýhy a obsypáno pískem dle pokynů výrobce uvedených v technických listech. Souběžně s potrubím bude veden i kabel na ovládání

elektromagnetických ventilů umístěných v rozvodných šachtách uvedených v příloze č. 4, ty jsou napájeny napětím 12V nebo 24V. K ovládní jednoho ventilu je zapotřebí přivedení jednoho fázového a jednoho nulového vodiče. Spoje vodičů v šachtách budou ve vodotěsných spojkách. Při poruše systému a úniku vody by tedy nemělo dojít k žádnému fatálnímu úrazu elektrickým proudem.

### 5.3.7. Postřikovače

Použijeme novou typovou řadu dříve použitých postřikovačů, a to HUNTER I – 25 – 04 - SS-HS - B. Jde o model výsečový i kruhový, s vysokou rychlostí rotace a s nerezovým, 9 cm dlouhým výsuvníkem o šířce pouze 4,5 cm, takže nemusí být překryt potahem z umělé trávy, ale je pouze překryt gumovou krytkou. V sadě tohoto výrobku je několik různých průměrů trysek, volbou trysky měníme parametry, jako jsou rádius a průtok. Do postřikovače se použije tryska číslo 25, která má při tlaku na vstupu do postřikovače 620 kPa rádius 21,9 m a průtok  $112,8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ , to je  $1,88 \text{ l/s}$ . Z toho vyplývá, že závlaha z jednoho celokruhového postřikovače působí na ploše  $1506 \text{ m}^2$ .

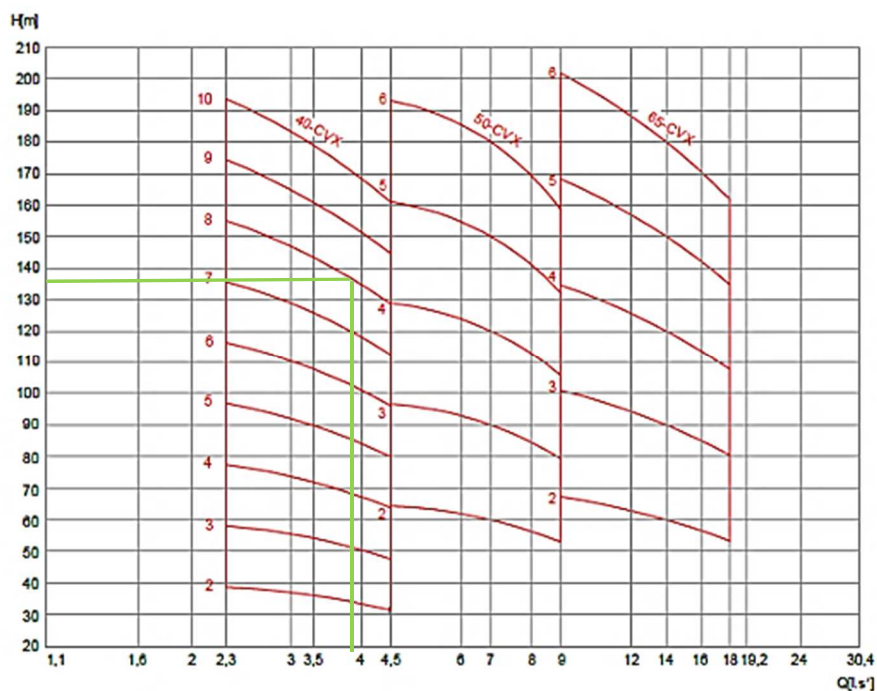
Tab. 5.7: Návrh rozvodů

druh postř.	ks	plocha [ $\text{m}^2$ ]	V [ $\text{m}^3$ ]	$t_{\text{sekce}}$ [min]	počet sekcí	pozn.	$t_{\text{typ}}$ [h]
celé	6	1506	93,750	138,5	3	3x2	6,9
půlkruhové	10	753	78,125	69,3	5	2x2;3x2	5,8
čtvrtkruhové	4	376	15,625	34,6	2	2x2	1,2
$\Sigma$			187,50				13,9

Pouze šest postřikovačů bude umístěno uvnitř hrací plochy, ostatní budou 15 cm od hranice hrací plochy, tím bude třeba méně zásahů do hrací plochy než v případě, že by byly všechny postřikovače uvnitř plochy. V případě poruchy na vedení k postřikovači je také nižší pravděpodobnost, že tato porucha nastane uvnitř hrací plochy.

### 5.3.8. Čerpadlo závlahy

V systému bude proudit voda. Ta se musí dostat z akumulace až do postřikovače a pak musí mít ještě tolik energie, aby se voda dostala až do požadované vzdálenosti od postřikovače. V systému musí být takový tlak, aby na vstupu do postřikovače byl minimálně 620 kPa, což je zároveň místní tlaková ztráta 63,2 m vodního sloupce na jeden postřikovač, aby byl dodržen potřebný rádius postřikovače 21,9 m.



**Obr. 5.6: Pracovní diagram čerpadel SIGMA řada CVX [27]**

Všechna čerpadla v návrhu jsou vybavena zpětným ventilem. Zpětný ventil má čerpadlo umístěný u sacího koše.

Jádrem celého systému bude čerpadlo SIGMA model CVX. Tato řada je určena k dopravě čisté a mírně znečištěné vody do teploty 130°C s hodnotou pH v rozsahu 6,5 - 8,5. Přípustné znečištění je nejvýše 0,5 % objemového množství bahna nebo nevydírajících jemných mechanických přímísenin s velikostí zrna do 0,5 mm. Obsah nečistot ovlivňuje životnost čerpadla. Charakteristické je použití čerpadel ve vodárenství, jak pro hlavní nebo pomocné čerpací stanice, tak pro zesilovací stanice ke zvýšení tlaku ve vodovodních sítích, v průmyslu, energetice a zemědělství pro zásobování různých objektů čistou a užitkovou vodou, případně pro čerpací stanice závlahových souprav. [27]

**Tab. 5.8: Ztráty po délce při zavlažování sekce č.1 (Severní postranní)**

úsek	DN [m]	A [m <sup>2</sup> ]	Q [m <sup>3</sup> /s]	v [m/s]	Re [-]	λ [-]	L [m]	Z <sub>ti</sub> [m]
D + D2	0,063	0,003	0,0037	1,19	57423	0,0101	80	0,9
D23	0,050	0,002	0,0037	1,90	72354	0,0103	24	0,9
D23	0,050	0,002	0,0019	0,96	36563	0,0108	24	0,2
Σ								2,0

**Tab. 5.9: Výpočet místních ztrát**

prvek	$\xi$ [-]	DN [m]	v [m/s]	$Z_{m\ ks}$ [m]	ks	$Z_{mi}$
filtr	-	-	-	8,00	1	8,0
uzávěr	0,1	0,063	1,19	0,01	2	0,0
koleno	0,5	0,063	1,19	0,04	2	0,1
t kus	1,5	0,063	1,19	0,11	4	0,4
elektroventil	3,7	0,063	1,19	0,27	1	0,3
redukce, zmenšení	0,34	0,063	1,19	0,02	2	0,0
koleno	0,5	0,050	1,90	0,09	3	0,3
t kus	1,5	0,050	0,96	0,07	1	0,1
postřikovač	-	-	-	63,20	2	126,4
$\Sigma$						135,6

$$H = H_g + Z_t + Z_m \quad (5.25)$$

$$H = -0,5 + 2,0 + 135,6 = 137,1\text{m}$$

Z pracovního diagramu jsme hodnotami potřebného tlaku udávaného ve výšce vodního sloupce  $H = 140$  m a průtoku 3,7 l/s vybrali typ 40-CVX-8-LC-X1, což znamená, že jmenovitý průměr výstupu je DN 40, čerpadlo má 8 článků, LC znamená, že hlavní části čerpadla jsou zhotoveny ze šedé litiny a konstrukční oceli, pouzdro ucpávky z chromové oceli, X1 znamená standardní stočení oběžných kol. [27]

Hlavní předností čerpadel CVX je:

- vysoká provozní spolehlivost
- jednoduchá konstrukce
- snadná obsluha a údržba
- rovnoměrné krytí pracovních oblastí
- stabilní charakteristika
- malé stavební rozměry
- nízká hmotnost
- široká unifikace dílců

### 5.3.9. Řídící jednotka

Nový systém se vybaví novou řídicí jednotkou, která bude umístěna v objektu čerpací stanice, stejně jako všechno elektronické zařízení a elektrické rozvaděče. Dnes jsou již na trhu jednotky, které jsou kompatibilní se sondami na sledování srážek, výparu, intenzity

slunečního svitu, větru, senzor vlhkosti v půdním profilu nebo senzorem pro sledování vsakování. Bude vhodné, když daný systém bude vybaven těmito moduly:

- Sledování srážek (vypne závlahu při srážce větší než 3 mm a nezapne ji, dokud se srážka nevypaří)
- Intenzita slunečního svitu (prodlouží interval mezi dávkami, jestliže sluneční intenzita není vysoká)
- Větru (vypne závlahu při nevhodných povětrnostních podmínkách)

Další moduly nejsou příliš vhodné pro použití na této ploše, protože plocha je rozdělena na mnoho sekcí a řídicí jednotce by se dostávaly zkreslené informace o sledované ploše.

### 5.3.10. Termín závlahy

Ideální čas pro závlahu je časné ráno. V tuto dobu je nejnižší teplota a slabý vítr. Toto zajistí kvalitní vsakování vody a tím se výrazně omezí výpar a vznik plísňových onemocnění rostlin. Při vysoké teplotě a intenzitě slunečního záření může být výpar až na úroveň 50 % závlahové dávky.

Jelikož doba celkové distribuce závlahové dávky je 14 hodin, bude závlaha pracovat dvě, po sobě jdoucí noci, cyklus bude začínat v 22:00 končit vždy v 5:00. V každém cyklu bude úhrn 12,5 mm a sekce pojedou následující dobu:

Tab. 5.10: Doba zavlažování sekcí v jednom cyklu (jedna noc)

č. sekce	doba zavlažování [min]	výseč [°]	umístění
1	69,3	360	Střed hřiště 1
2	69,3	360	Střed hřiště 2
3	69,3	360	Střed hřiště 3
4	17,3	90	Roh 1
5	17,3	90	Roh 2
6	34,7	180	Brankoviště 1
7	34,7	180	Brankoviště 2
8	34,7	180	Okraj 1
9	34,7	180	Okraj 2
10	34,7	180	Okraj 3



## 6. ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo navrhnout vyhovující a funkční závlahu sportovního areálu ve zvolené lokalitě s využitím místních zdrojů podzemní vody. Za lokalitu byl zvolen sportovní areál v Bořeticích, přesněji jeho fotbalové hřiště. V práci bylo provedeno seznámení s lokalitou, s jejím umístěním, geologickou stavbou, hydrogeologickými objekty v areálu, stavem hrací plochy, současným závlahovým systémem, jeho poruchami a důsledky těchto poruch. Byl proveden průzkum místních hydrogeologických objektů, Studny S1, vrtu ČHMÚ a vrtu H1.

Bylo zrealizováno pět průzkumných vrtů, u kterých byla popsána základní litologie, a ve kterých však nebylo dosaženo potřebných hloubek, protože nebylo k dispozici adekvátní zařízení. U vrtů a studny S1 byly provedeny hydrodynamické zkoušky. Získané výsledky hydraulické vodivosti  $k = 1,27$  až  $5,64 \cdot 10^{-7}$  m/s byly neuspokojivé a vypovídaly spíše o viditelné poruše studny (zakolmatování a zapískování). Při porovnání litologie průzkumných vrtů V1 až V5 s ostatními průzkumnými vrty, bylo zjištěno, že se vrty V1 až V5 vyskytují ve stropním izolátoru, takže se dále při návrhu využilo výpočtu hydraulické vodivosti z průběhu čerpací zkoušky z vrtu ČHMÚ. U vrtu H1 byla dostupná pouze litologie vrtu, zde se tedy vypočítalo možné jímané množství s hodnotou hydraulické vodivosti z vrtu ČHMÚ.

Po provedení seznámení s lokalitou bylo navrženo nové závlahové zařízení. Při návrhu bylo hlavními podmínkami vybudování automatického systému, s ohledem na ekonomická, hydraulická a hydrogeologická hlediska.

V návrhu se počítá se zdrojem podzemní vody z vrtu H1 s vydatností alespoň  $4,34 \cdot 10^{-4}$  m/s. Jako vyhovující nám vyšel již existující vrt H1, který bude vystrojen dle návrhu. Dále byl navržen výtlač z vrtu pomocí výpočtů hydraulických ztrát. Zde bylo navrženo ponorné čerpadlo PUMPA 4SKm 100 s plovákem, zabraňujícím běhu čerpadla naprázdno a potrubí PE100 40 x 3,7 SDR11 PN16 ústící do navržené polozapuštěné monolitické akumulární nádrže obdélníkového půdorysu o vnitřních rozměrech 7 x 9 x 2,2 m vybavené snímači hladin, která spínají čerpadla ve vrtech a zároveň hlídají, aby systém neběžel tzv. naprázdno.

Z akumulace bude voda čerpána do systému pomocí čerpadla SIGMA 40-CVX-8-LC-X1, které bude umístěno v objektu stávající elektro rozvodny. Rozvodem, na kterém budou umístěny elektro magneticky řízené ventily, vodu dopraví až k určeným postřikovačům. Při návrhu tohoto čerpadla se také určily hydraulické ztráty a potřeba závlahy, z nichž vyšel potřebný typ čerpadla.

Bylo navrženo nové rozložení postřikovačů, které zajistí mnohem lepší distribuci závlahových dávek nežli rozložení stávající. Systém bude osazen inteligentní řídicí

jednotkou se snímači srážek, intenzity slunečního svitu a rychlosti větru, která bude samostatně ovlivňovat interval mezi dávkami.

Celý systém je prakticky bezúdržbový. Je třeba jednou týdně zkontrolovat hlášení systému. Pouze jednou ročně, na konci vegetačního období trávníku, je nutné potrubí vyfoukat přes osazené ventily, a to z důvodu uložení potrubí v zámrazné hloubce.

Povedlo se tedy navrhnout závlahový systém, který dodává kvalitní závlahou dávku, její rovnoměrnou distribuci, tím udržuje kořenový systém trav v rovnoměrné a stálé vlhkosti. Systém je optimalizován i na nejméně příznivé průběhy počasí a zajistí tak trávníku potřebnou vláhu po celé vegetační období.

## CITOVANÁ LITERATURA

- [1] M. J. HVORSLEV, Time lag and soil permeability in ground-water observations, U. Army, Editor, Vickburg, MS: Bull.36., 1951, p. 53.
- [2] H. BOUWER a R. C. RICE, A sluh test method for determing hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells, Water Resources Research, vol. 12, no. 3, 1976, pp. 423-428.
- [3] V. HÁLEK, Zjištění propustnosti nezvodnělých zemin vsakovacím pokusem, 1957.
- [4] CÚZK, „Základní mapy ČR,“ 2016. [Online]. Available: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>. [Přístup získán 2016].
- [5] L. GRŮZOVÁ, Bořetice v proměnách času, Bořetice: Petr Brázda, 2013.
- [6] Mapy.cz, „Mapy.cz,“ [Online]. Available: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz). [Přístup získán 1 Prosinec 2016].
- [7] M. ADAMOVÁ, Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1:50 000, 1. editor, Praha: Český geologický ústav, 1995, p. 51.
- [8] Česká geologická služba, „mapy.geology.cz,“ [Online]. Available: [http://mapy.geology.cz/geocr\\_25/](http://mapy.geology.cz/geocr_25/). [Přístup získán 1 Prosinec 2016].
- [9] Český úřad zeměměřičský a katastrální, Základní vodohospodářská mapa ČR, list 34-21 Hustopeče, 1:50 000, Praha: Zeměměřičský úřad, 1995.
- [10] VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T.G.MASARYKA, „HEIS VÚV TGM,“ 2017. [Online]. Available: <http://heis.vuv.cz/>. [Přístup získán 3 Leden 2017].
- [11] Český hydrometeorologický ústav, „ČHMÚ,“ 2016. [Online]. Available: <http://portal.chmi.cz/>. [Přístup získán 5 Prosinec 2016].
- [12] Obec Bořetice, „Kronika obce Bořetice,“ 1977. [Online]. Available: <http://www.boretice.cz/kronika/kronika-boretice-1924-1977.pdf>. [Přístup získán 2016].
- [13] PMO, s.p., „Ročenka jakosti povrchových vod v povodí Moravy 2014-2015,“ Zář 2016. [Online]. Available: <http://www.pmo.cz/cz/cinnost/kvalita-vody/rocenka-jakosti-vod-2014-2015/>.
- [14] J. ŘÍHA, Stanovení parametrů pro návrh vsakovacích zařízení srážkových vod: metodická příručka, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2015.
- [15] J. JANDORA, Hydraulika a hydrologie, Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011.
- [16] J. ŘÍHA, „Hydraulika podzemní vody - M01,“ Brno, 2005.

- [17] M. HOLÝ, Závlahové stavby, Praha: SNTL, 1976.
- [18] K. Jůva, Závlaha půdy, Brno: Státní zemědělské nakladatelství, 1959.
- [19] F. HRABĚ, Trávníky pro zahradu, krajinu a sport, Olomouc: Petr Baštan, 2009, p. 335.
- [20] J. SKLÁDANKA, „Trávníkářství,“ 2007. [Online]. Available: [http://web2.mendelu.cz/af\\_222\\_multitext/travy/index.php?N=4&I=6](http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/travy/index.php?N=4&I=6). [Přístup získán 2016].
- [21] D. B. F. GANDERT, Handbuch Rasen (Grundlage - Anlage - Pflege), Berlin, 1991, p. 364.
- [22] J. JANDORA a ŠULC, Hydraulika Modul 01, Brno, 2006.
- [23] Zákon č. 254/2001, 2001.
- [24] VaK Břeclav, „Vodné a stočné,“ 2016. [Online]. Available: <http://www.vak-bv.cz/cenik/vodne-a-stocene/>. [Přístup získán Prosinec 2016].
- [25] L. TUHOVČÁK, Vodárenství - Doprava vody, Brno: VUT Brno, 2006, pp. 170-176.
- [26] „PUMPA.CZ,“ 2017. [Online]. Available: <http://www.pumpa.cz/cz/4-ponorna-cerpadla-4skm>. [Přístup získán 2017].
- [27] SIGMA PUMPY HRANICE.
- [28] Q. ZÁRUBA, Inženýrská geologie, Praha: Academia, 1974.
- [29] EARTH, MANUAL PART2, 3. vydání, a P.1234-5. Denver, Colorado, 1990.
- [30] ČSN 01 3411 MAPY VELKÝCH MĚŘÍTEK Kreslení a značky, Praha, 1990.
- [31] ČSN 75 5415 JÍMÁNÍ PODZEMNÍ VODY, Praha, 2010.
- [32] ČHMI, „Evidenční list hlásného profilu č.400a,“ 8 IEDEN 2018. [Online]. Available: [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_prfbk\\_detail.php?seq=2505256](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfbk_detail.php?seq=2505256). [Přístup získán 2018].

## SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1: Vrtná prozkoumanost [8] .....	16
Tab. 4.1 Průběh vrtů V1 .....	27
Tab. 4.2: Průběh vrtu V2 .....	27
Tab. 4.3: Průběh vrtu V3 .....	28
Tab. 4.4: Průběh vrtu V4 .....	28
Tab. 4.5: Průběh vrtu V5 .....	28
Tab. 4.6: Průběh vsakovací zkoušky na vrtu V2 .....	30
Tab. 4.7: Shrnutí výsledků ve vrtu V2 .....	35
Tab. 4.8: Čerpací zkouška na vrtu ČHMÚ .....	36
Tab. 5.1: Závlahová dávka dle [20]:.....	38
Tab. 5.2: Orientační potřeba v jednotlivých měsících.....	39
Tab. 5.3: Výpočet místních ztrát na výtlaku z vrtu H2.....	45
Tab. 5.4: Výpočet ztrát třením po délce na výtlaku z vrtu H2 .....	46
Tab. 5.5: Výpočet akumulace .....	48
Tab. 5.6: Zatížení zastřešení akumulární nádrže.....	49
Tab. 5.7: Návrh rozvodů.....	52
Tab. 5.8: Ztráty po délce při zavlažování sekce č.1 (Severní postranní).....	53
Tab. 5.9: Výpočet místních ztrát .....	54
Tab. 5.10: Doba zavlažování sekcí v jednom cyklu (jedna noc).....	55

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1: Obec Bořetice na mapě 1 : 200 000 [4].....	13
Obr. 3.2: Řešené území na mapě 1 : 10 000 [4] .....	13
Obr. 3.3: Letecký snímek lokality [6].....	14
Obr. 3.4: Mapa z geofondu s vyznačením popsanych vrtů [8].....	16
Obr. 3.5: Mapa sesuvů [8] .....	17
Obr. 3.6: Základní vodohospodářská mapa 1:50 000 [9] .....	19
Obr. 3.7: Legenda k obr 3.6.....	20
Obr. 3.8: Vodohospodářská mapa HEIS VÚV 1 : 20 000 [10] .....	20
Obr. 3.9: Základní vláhová bilance srážek a evapotranspirace III - XI 2016 [11] .....	21
Obr. 3.10: Původní trasa Trkmanky, (nyní červeně), 2. vojenské mapování [6] .....	22
Obr. 3.11: Čerpadlo a sací potrubí čerpadla původní závlahy, objekt stávající elektrorozvodny v pozadí .....	24
Obr. 3.12: Původní čerpadlo SIGMA.....	24
Obr. 3.13: Původní zavlažovací plochy postřikovačů .....	25
Obr. 3.14: Postřikovač Hunter I-31-36V .....	26
Obr. 3.15: Suchá místa po onemocnění plísní .....	26
Obr. 4.1: Schéma zapojení hladinoměru .....	29
Obr. 4.2: Hladinoměr.....	29
Obr. 4.3: Graf průběhu vsakování na vrtu V2 .....	31
Obr. 4.4: Graf průběhu vsakování na vrtu V4 .....	31
Obr. 4.5: Graf průběhu vsakování na vrtu V5 .....	31
Obr. 4.6: Schéma pro metodu Hvorsleva [1].....	32
Obr. 4.7: Schéma pro metodu Bouwer a Rice [2] .....	33
Obr. 4.8: Graf pro odečtení koeficientu $C$ .....	33
Obr. 4.9: Schéma vrtu ČHMÚ [15] .....	35
Obr. 5.1: Schéma neúplné studny s volnou hladinou .....	43
Obr. 5.2: Schéma s vyznačením dopravních výšek .....	45
Obr. 5.3: Vlastnosti čerpadla PUMPA 4SKm 100 [26] .....	46

Obr. 5.4: Součtová bilance přítoku a odtoku .....	47
Obr. 5.5: Nové rozvržení závlahových postřikovačů .....	51
Obr. 5.6: Pracovní diagram čerpadel SIGMA řada CVX [27] .....	53

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$\nu$  - kinematická viskozita

$\Delta$  - drsnost stěn potrubí

$b$  – mocnost napjaté zvodně - 3m

$C_e$  – souč. expozice závislý na typu krajiny,  $C_e = 1,0$

$C_t$  – tepelný souč.,  $C_t = 1,0$

$d$  - průměr vsakovacího válce

$D$  - vnitřní průměr potrubí

$E$  – modul pružnosti oceli v tahu a tlaku 210 GPa

$f_y$  – mez úměrnosti oceli [MPa]

$g$  – gravitační zrychlení

$H$  - dopravní výška čerpadla (rozdíl celkové energie čerpané kapaliny při výstupu z čerpadla a při vstupu do něho, vztažený na jednotku tíhy čerpané kapaliny)

$h$  - výška vsáknuté vody ve válci

$h_0$  – výšková změna na začátku a na konci měření

$h_1$  a  $h_2$  – časům odpovídající snížení hladiny

$H_g$  - geodetická dopravní výška

$h_m$  - tlaková ztráta místní

$HPV$  – hladina podzemní vody

$h_t$  – výšková změna polohy hladiny v čase  $t$

$I$  – moment setrvačnosti k těžištní ose

$k$  – koeficient hydraulické vodivosti

$L$  - délka potrubí

$l$  – délka rozpětí [m]

$L_e$  – délka perforované části

$L_w$  – délka zárubnice pod HPV

$M_{max}$  – maximální ohybový moment [kNm]

$Q$  – čerpané množství

$Q$  – náhradní břemeno [kN]

$q$  – spojitě náhradní břemeno

$Q_n$  - návrhový průtok čerpadla

$R$  – dosah účinnosti studny



$R$  – poloměr dosahu ovlivnění hladiny podzemní vody při změně úrovně hladiny ve vrtu

$r_0$  – poloměr vrtu

$r_v$  – poloměr zkoušeného vrtu

$r_z$  – poloměr zárubnice

$s$  – snížení hladiny při odběru

$s_k$  – charakteristická hodnota zatížení sněhem,  $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^3$  pro sněhovou oblast I

$t$  - doba nutná ke vsáknutí obsahu válce

$t_1$  a  $t_2$  – časy po sobě dvou následujících měření

$Ta$  – vzdálenost snížené hladiny od spodního izolátoru

$TJ$  – tělovýchovná jednotka

$v$  - rychlost proudění kapaliny v potrubí

$w$  – průřezový modul [ $\text{mm}^4$ ]

$w_n$  – průřezový modul [ $\text{mm}^4$ ]

$Z_m$  - tlaková ztráta místní

$Z_t$  - tlaková ztráta třením

$\delta$  –průhyb [m]

$\lambda$  - součinitel tření

$\mu$  - aktivní pórovitost zeminy

$\zeta$  – Součinitel místních ztrát

## SEZNAM PŘÍLOH

1. Situace širších vztahů
2. Situace lokality
3. Situace původního stavu
4. Schéma navržené závlahy
5. Řez vrtem H1
6. Akumulace
  - 6.1. Celkový pohled
  - 6.2. Detail sacího koše
7. Čerpací stanice závlahy
8. Geologie a hydrogeologie vrtu ČHMÚ
  - 8.1. Vrt 532259 - geologický profil
  - 8.2. Vrt 532259 - hydrogeologie