

**M A S A R Y K O V A
U N I V E R Z I T A
PŘIRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

Bakalářská práce

ELIŠKA VÁCLAVKOVÁ

Brno 2019

**M A S A R Y K O V A
U N I V E R Z I T A**

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

**HYDRAULICKÉ PARAMETRY
MATERIÁLU LOŽISKOVÉ HALDY U
CHVALETIC**

Bakalářská práce

ELIŠKA VÁCLAVKOVÁ

Vedoucí práce: Mgr. Tomáš Kuchovský, Ph.D

Ústav geologických věd

Brno 2019

Bibliografický záznam

Autor:	Eliška Václavková Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita Ústav geologických věd
Název práce:	Hydraulické parametry materiálu ložiskové haldy u Chvaletic
Studijní program:	Bakalářský studijní program
Studijní obor:	Aplikovaná a environmentální geologie
Vedoucí práce:	Mgr. Tomáš Kuchovský, Ph.D
Akademický rok:	2018/2019
Počet stran:	32
Klíčová slova:	Hydraulická vodivost', nalievacia skúška, Chvaletice, odkalisko, mangánové rudy, Hvorslevová metóda

Bibliographic Entry

Author: Eliška Václavková
Faculty of Science, Masaryk University
Department of geology

Title of Thesis: Vadose zone parameters of the mine tailings deposits near Chvaletice

Degree programme: Bachelor's degree programme

Field of Study: Applied and Environmental Geology

Supervisor: Mgr. Tomáš Kuchovský, Ph.D

Academic Year: 2018/2019

Number of Pages: 32

Keywords: Hydraulic conductivity, slug tests, Chvaletice, tailings deposits, manganese ores, Hvorslev method

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce jsou hydraulické parametry materiálu ložiskové haldy u Chvaletic. V této oblasti vznikly odkaliště 1-3. V rámci hledání nových zdrojů manganových rud je plánovaná těžba těchto odkališť. Z toho důvodu na odkalištích probíhaly průzkumné práce, včetně nalévací zkoušek. V práci byly vyhodnoceny nalévací zkoušky pomocí Hvorslevovy metody. Touto metodou byly vypočítány hydraulické vodivosti hornin v okolí čtyř vrtů. Výsledky byly zhodnoceny a zařazeny do tříd propustnosti.

Abstrakt

Predmetom bakalárskej práce sú hydraulické parametre materiálu ložiskovej haldy u Chvaletic. V tejto oblasti vznikli odkaliská 1-3. V rámci hľadania nových zdrojov mangánových rud je plánovaná ťažba týchto odkalísk. Z toho dôvodu na odkaliskách prebiehali prieskumné práce, vrátane nalievacích skúšok. V práci boli vyhodnotené nalievacie skúšky pomocou Hvorslevovej metódy. Touto metódou boli vypočítané hydraulické vodivosti v okolí štyroch vrtov. Výsledky boli zhodnotené a zatriedené do tried priepustnosti.

Abstract

In this thesis is studied hydraulic parameters of tealing deposits near Chvaletice. Three deposits are located near the village Chvaletice – deposits 1 to 3. In perspective of finding mangan ore there is planned mining and excavation of these deposits. Slug tests are being carried out to determine the hydraulic properties of the deposits. In this work, the Hvorslev method was used to evaluate the results from these tests. Hydraulic conductivities of four wells were calculated by this method. The results were established and classified for permeability classes.



Masarykova univerzita

Přírodovědecká fakulta



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Eliška Václavková**
Studijní program: **Geologie**
Studijní obor: **Geologie aplikovaná a environmentální**

Ředitel Ústavu geologických věd PŘF MU Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu MU určuje bakalářskou práci s tématem:

Hydraulické parametry materiálu ložiskové haldy u Chvaletic

Vadose zone parameters of the mine tailings deposits near Chvaletice

Oficiální zadání: Deponie ložiskových hald u Chvaletic jsou potenciálním zdrojem některých prvků. V případě přetěžení ložiskových hald by došlo k infiltraci srážkových vod do materiálu deponie a k možné mobilizaci polutantů. Materiál deponie buduje na lokalitě také nesaturovanou zónu. Hydraulické parametry materiálu deponie i nadložních rekultivačních vrstev zásadně ovlivňují infiltraci srážkových vod a případnou mobilizaci polutantů. Cílem bakalářské práce je realizovat a vyhodnotit vsakovací zkoušky na charakterizaci nesaturované zóny ložiskových hald. Práce bude odevzdána ve slovenském jazyce. Podrobný seznam literatury na doporučení vedoucího práce.

Jazyk závěrečné práce: slovenština

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Tomáš Kuchovský, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:

Datum zadání bakalářské práce: listopad 2018

V Brně dne 26.11.2018

Doc. RNDr. Zdeněk Losos, CSc.
ředitel Ústavu geologických věd

Zadání bakalářské práce převzal dne:

Podpis studenta

Pod'akovanie

Veľmi rada by som na tomto mieste poďakovala vedúcemu mojej bakalárskej práce Mgr. Tomášovi Kuchovskému, Ph.D. za jeho odbornú pomoc a venovaný čas pri konzultovaní každého problému, ktorý sa vyskytol pri vypracovaní bakalárskej práce. Taktiež by som chcela poďakovať firme Geomin s. r. o. za poskytnuté dáta.

Prehlásenie

Prehlasujem, že som svoju bakalársku prácu vypracovala samostatne s využitím informačných zdrojov, ktoré sú v práci citované.

Brno, 8. Máj 2019

.....

Eliška Václavková

Obsah

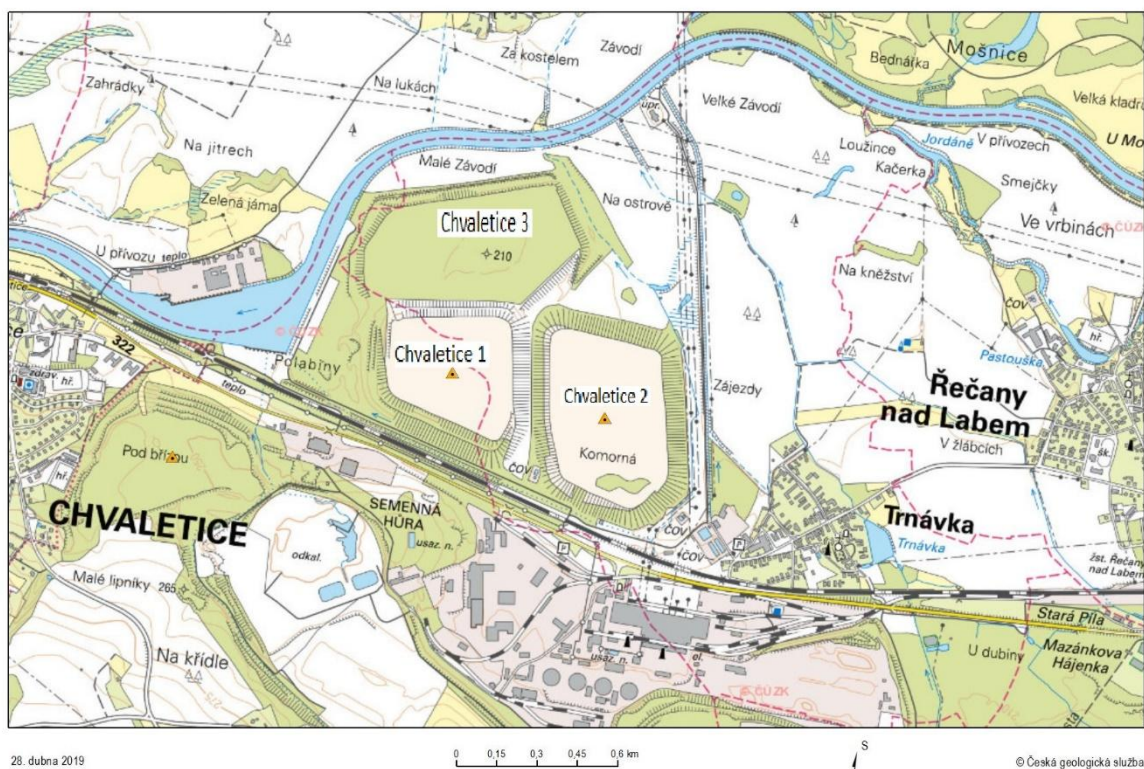
Úvod	9
1 Geografická situácia	9
2 Geológia	10
2.1 Geologická charakteristika	10
3 Geológia primárneho zdroja odkaliska Chvaletice	12
4 História lomu	12
5 História ložiska a prieskumných prác	13
6 Flotačný materiál a jeho spracovanie	13
7 Hydrogeologické pomery širšieho okolia ložiska	14
8 Režim podzemných vôd	14
9 Metodika	15
9.1 Hydrodynamické skúšky	15
9.2 Nalievacie skúšky	15
9.3 Hydraulická vodivosť	16
9.4 Pracovný postup	16
9.4.1 Postup Hvorslevovej metódy	17
10 Výsledky	18
10.1 CHV-1	19
10.2 CHV-8	20
10.3 CHV-10	21
10.4 CHV-13	22
11 Diskusia	24
Záver	25
Literatúra	26
Prílohy	27

Úvod

Na celom svete je obmedzené množstvo nerastných surovín. Na začiatku sa vytŕažia najdostupnejšie miesta. V dnešnej dobe sa vzhľadom na nedostatok surovín musí pristúpiť k ďalšiemu kroku. V minulosti vytŕažený a spracovaný materiál sa opäť ŕaží. Nie je tomu inak ani na haldách u Chvaletic. Haldy budú preŕažované vzhľadom na svoj vyšší obsah mangánu. V Českej republike sa iné miesto s dostatočným percentom vhodným na ŕažbu mangánu nevyskytuje. Cieľom mojej bakalárskej práce je zhodnotiť hydraulické parametre hald, konkrétne hydraulickú vodivosť pomocou nalievacích skúšok. Skúšky prebiehali v nesaturovanej zóne a v saturovanej zóne.

1 Geografická situácia

Lokalita leží pod severným okrajom Chvaletickej pahorkatiny v západnej časti Pardubickej kotliny. Odkaliská 1-3 ležia v údolnej nive na ľavom brehu rieky Labe, západne od obce Řečany nad Labem (obrázok č.1). Iba západná polovica odkaliska č. 1 leží v katastri obce Chvaletice, okres Pardubice, kraj Východočeský. Odkaliská ležia v plochom teréne 202–204 m n. m., z ktorého ostro vystupujú. Prevýšenie odkalísk 1 a 2 je 26 m, odkaliska č. 3 8-10 m. Od odkaliska č. 3 preteká vo vzdialenosti 100 až 150 m rieka Labe. Povrch odkaliska 1 a 2 je plochý, rekultivovaný. Odkalisko č. 3 nebolo rekultivované. Bývalá ŕažba pyritových rud Chvaletice, ktorej primárny priestor leží 350 m od odkaliska č. 1, slúžila neskôr ako úložisko popolčeka elektrárne Chvaletice (Svoboda & Štancl 1989).



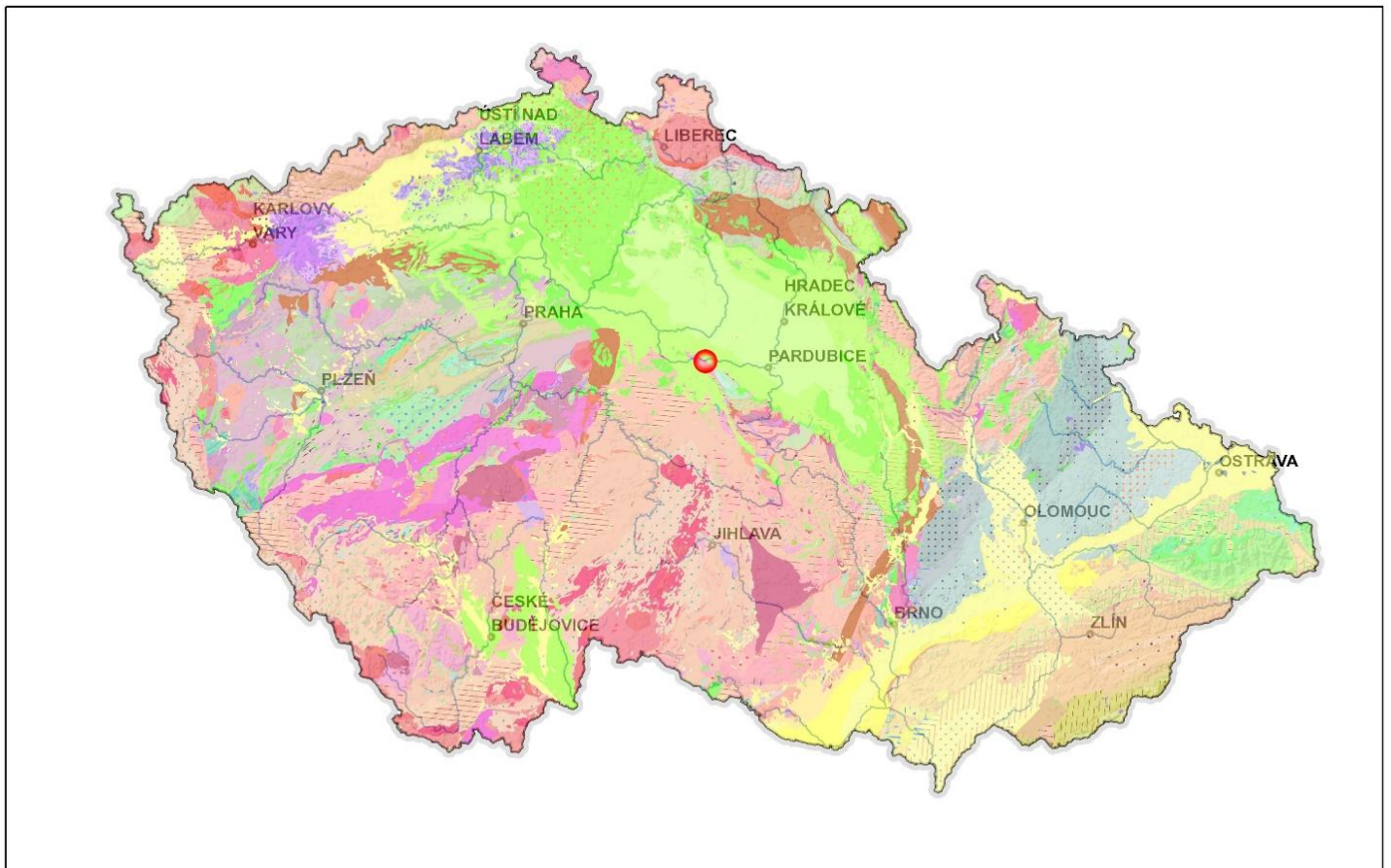
Obrázok. č. 1: Odkaliská 1-3 ležiace v údolnej nive rieky Labe (ČGS 2019, upravené).

2 Geológia

2.1 Geologická charakteristika

Jedná sa o severný okraj železnohorského kryštalinika, ktorý je vybudovaný horninami vzniknutými v proterozoiku, zaradenými do chvaletickej skupiny. Petrograficky ide o fylitizované ílovité bridlice, ílovito-grafitické bridlice a droby, ktoré vo svojich vrchných partiách zvetrávajú na hlinité eluvium. Na tieto horniny je viazané významné zrudnenie, ktoré bolo objektom ťažby. Územie je súčasťou chráneného ložiskového územia Chvaletice 3. Jedná sa o vulkanicko-sedimentárne ložisko, ktoré vzniklo v morskem prostredí, neskôr boli horniny postihnuté slabou regionálnou a kontaktnou metamorfózou. Okolie na juhu lokality je tvorené jemnozrnnými dvojsľudnými granitmi chvaletického masívu z obdobia proterozoika, odkrytými napr. v činnom lome Chvaletice. Od severu nasadajú na toto skalné podložie vrchnokriedové sedimenty, ktoré sa v mieste lokality vyskytujú nepravidelne a v denudačných zbytkoch, ich mocnosť pribúda smerom k severovýchodu. Stratigraficky sa jedná o perucko-korycanské súvrstvie obdobia cenoman, petrograficky o ílovce, pieskovce a zlepenca a vápnité pieskovce (Douček 2012).

Horniny subkambria ani staršieho paleozoika nie su v tomto úseku železnohorského výbežku zastúpené. Na starší podklad sa prikladajú na severnom svahu, poprípade pri západnom vrchole výbežku, súvrstvie vrchnej kriedy, ktoré je tvorené jednak cenomanskými pieskovecami, event. piesčitými vápencami, jednak turonskými slieňovcami a piesčitými slieňovcami. Dnešný povrch zakrývajú rozsiahle štvrtohorné pokryvy viatych pieskov, piesčitých hĺn a štrkovitých terás Labe (Kavalec & Knajfl 1978).



0 20 40 60 80 km

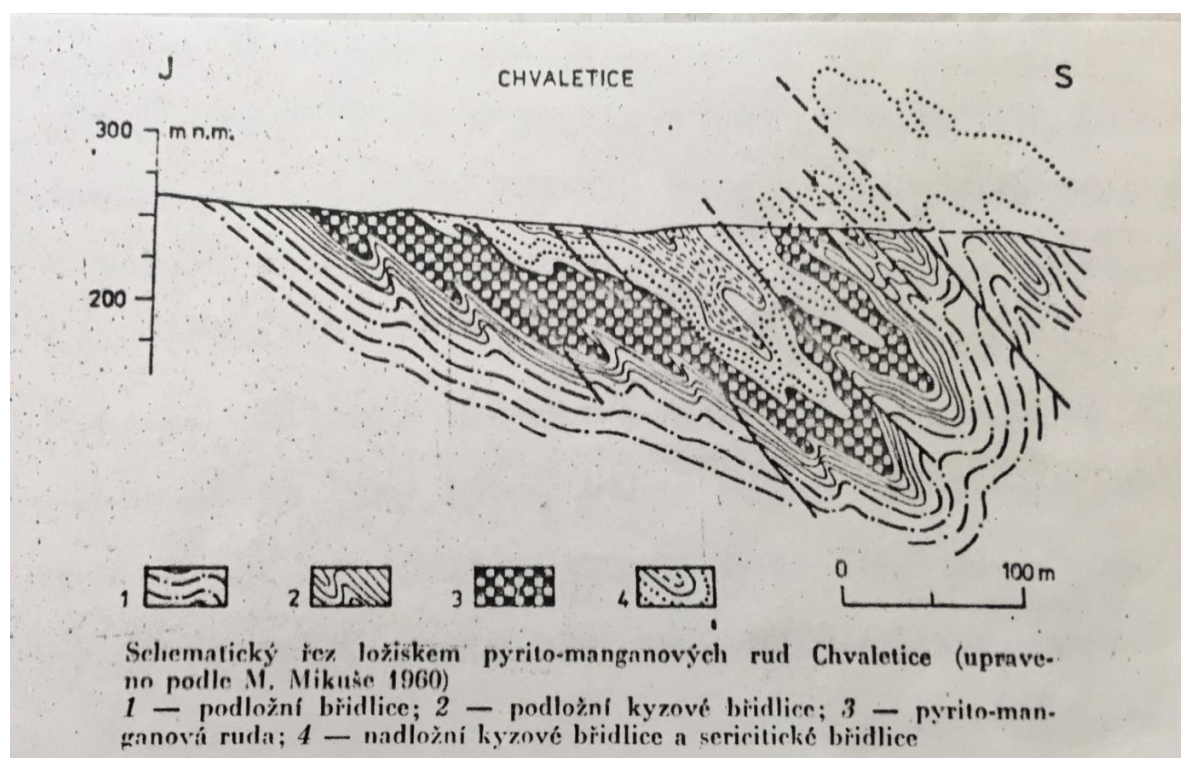
S

© Česká geologická služba

Obrázok. č.2 Umiestnenie lokality na mape ČR (ČGS 2019, upravené).

3 Geológia primárneho zdroja odkaliska Chvaletice

Syngenetické ložisko mangánových rúd Chvaletice je uložené v slabo metamorfovaných, intenzívne zvrásnených algonkických sedimentoch, ktoré na severovýchode upadajú pod kriedu a staršie paleozoické súvrstvia. Na juhu a juhozápade sa algonkium stýka s chvaletickým žulovým masívom. Žulový masív aj algonkium sú preniknuté menšími telesami gabier a gabrodiobasov. Ložisko mangánových rúd je tvorené grafitickými bridlicami s pyritovými impregnáciami. Pyrit býva usporiadaný v priebežných vrstvičkách (Svoboda & Štancl 1989).



Obrázok. č.3: Geologický rez ložiskom (Svoboda & Štancl 1989).

4 História lomu

Najvyššia ťažba bola dosiahnutá v 60. rokoch 20. storočia, vznikol hlboký niekoľkopošchodový lom (cca 2 km dlhý a 700 m široký) a v jeho blízkosti naopak mohutné haldy a tri odkaliská. Haldy deponované na odkaliskách bývalej úpravovne tvoria evidované ložiska mangánovej rudy (Chvaletice - odkalisko 1 a 2, Řečany, odkalisko 3). Po zastavení ťažby rúd bol povrchový lom využitý ako úložisko popolčeku z elektrárne Chvaletice (bola postavená v druhej polovici 70. rokov 20. storočia) a v súčasnej dobe je celý zavezený popolčekom. Lokalita je významným mineralogickým náleziskom európskeho významu, nachádzali sa tu karbonáty a silikáty mangánu a železa (rodochrozit a rodonit), sulfidy železa (pyrit), a ďalšie, niekedy raritné minerály (pyroxmangit, helvín aj.).

Prítomnosť mangánových a železných rúd v okolí dnešných Chvaletic bola prvýkrát zaznamenaná začiatkom 19. storočia. Sporadická ťažba v tejto lokalite prebiehala od začiatku 20. storočia, od 30. rokov až do roku 1945 sa rudy ťažili pre obsah mangánu. Po roku 1948 došlo v dôsledku zmeny politickej orientácie Československa k zastaveniu dodávok kyseliny sírovej z okolitých kapitalistických štátov. Náhradným zdrojom suroviny používaným k výrobe kyseliny sírovej, sa stalo Chvaletické ložisko pyritu (Svoboda & Štancl 1989).

5 História ložiska a prieskumných prác

V literatúre existuje veľmi málo údajov o problematike ťažby a skladbe odkalísk na lokalite Chvaletice. Dokumentácia bola pravdepodobne súčasťou projektovej dokumentácie apod., ktoré sa však s najväčšou pravdepodobnosťou nedochovali. Netradičné ložisko mangánových rúd Řečany nad Labem, vzniklo antropogénnou činnosťou. Založenie odkalísk začalo rokom 1950, kedy bola zahájená ťažba a flotačná úprava pyrit-mangánových rúd. Odkalisko č. 3 bolo založené pravdepodobne v roku 1965. Vyhľadávací prieskum mangánových rúd lokality Řečany nad Labem bol realizovaný v druhom štvrtroku 1985. Tieto prieskumy boli uskutočnené na základe chýbajúcich surovín v ČSSR (Svoboda 1988).

Chvaletické ložisko bolo najprv využívané ako zdroj gossanových železných rúd, v modernej dobe ako zdroj chudobných mangánových rúd. Pyrit bol získavaný flotáciou. V priebehu ťažby pyritu boli pokusy aj o paralelne využitie mangánovej rudy. Chvaletické rudy sa najskôr spracovali na kyselinu sírovú a zo zvyšku sa získaval mangán. V roku 1968 sa definitívne upustilo od úvah na komplexné spracovanie Chvaletických rúd. V priebehu 70. rokov bolo s konečnou platnosťou odsúhlasené, že ložisko Chvaletice je hlboko nebilančné a nemá ani v dlhodobom výhľade hospodársky význam (Svoboda 1988).

6 Flotačný materiál a jeho spracovanie

Skladovanie flotačného odpadu bolo postupne prevádzané v troch odkaliskách, ktoré slúžili k sedimentácii hlušínových pieskov z odpadných vôd odvádzaných z prevádzky flotácie. Ako zberače boli používané pri flotácii chvaletickej rudy etylxantogenáty draselného, ako peniče Tatra oleje a ako aktivátor pre zväčšenie pevnosti hydrofóbneho obalu síran meďnatý (modrá skalica). Neskôr sa používala kyselina sírová pre vytvorenie kyslejšej reakcie flotácie pri znížení dávkovania modrej skalice. Rozvod rmutu bol prevedený pomocou dvoch zberných nádrží, kam rmut natekal samospádom od triedičiek guľových mlynov. Ďalej bol čerpaný do dvoch

rozdeľovacích nádrží umiestnených nad flotačnými radami a samospádom zásoboval jednotlivé flotačné aparáty cez vyrovnávacie nádrže.

Posledná technológia flotácie vychádzala z použitia šestnástich rád flotátorov MS (Minerals separation LTD), piatich rád DENVERU (stroj vyrábaný VSS Košice) a jeden flotátor zn. Mechanobr (sovietska výroba) (Kavalec & Knajfl 1978).

7 Hydrogeologické pomery širšieho okolia ložiska

Horniny predmezozoických formácií – droby, bridličné droby, grafitické a kýzové bridlice (angolikum, kambrium) – sa vyznačovali celkovo nízkou priepustnosťou. Aktívnejšie prúdenie podzemnej vody bolo viazané iba na plytké pásmo povrchového rozpojenia puklín. Dôležitým fenoménom zvyšujúcim priepustnosť je tektonické postihnutie hornín, ktoré sa uplatňuje hlavne v pefitických, kemitých a chemicky aktívnych horninách (v karbonátoch a kýzových bridliciach). Algonkické bridlice tvoria podložie kriedových sedimentov v najdôležitejšej časti záujmovej oblasti a ich výchozy budujú železnohorský svah. Pri banských prácach v kýzových bridliciach bola preukázaná zvýšená priepustnosť ložiska v hĺbkach 20–40 m, prítoky šácht 2,7–8,5 l/s. Ložiskový komplex mal dobrú spojitosť s infiltračnou oblasťou na železnohorskom svahu, bol predpokladaný aj drenážny účinok priečných dislokácií vo svahu (Kavalec & Knajfl 1978).

8 Režim podzemných vôd

Prielinové aj puklinové podzemné vody sú napájané z prirodzenej územnej retencie vsakom zrážkových vôd. Infiltrácia je podporovaná vegetatívnym pokryvom terénu a strednou až dobrou priepustnosťou pokryvných útvarov. Prielinové podzemné vody v labských náplavoch sa môžu napájať hlavne pri vyšších vodných stavoch bočnej infiltrácie vody z rieky. To bolo preukázané pri bližšom štúdiu režimu podzemných vôd v obci Trnavka. Pri prevádzaní hydrogeologického prieskumu bola značná pozornosť venovaná režimnému sledovaniu puklinových podzemných vôd narazených geologicko-prieskumnými vrtmi (Kavalec & Knajfl 1978).

9 Metodika

9.1 Hydrodynamické skúšky

Hydrodynamické skúšky sú definované ako súbor činností, ktorými sa na hydrogeologickom objekte (vrte, studni, šachte apod.) na základe pozorovania určitého hydrodynamického zásahu do geohydrodynamického systému, stanovujú hydraulické charakteristiky tohto systému.

Podmienky, v ktorých prebiehajú hydrodynamické skúšky, sú rozhodujúce pre stanovenie postupu skúšok a pre voľbu príslušnej interpretačnej metódy. Môžeme ich rozdeliť podľa jednotlivých aspektov do týchto skupín ukazateľov :

- (1) podmienky ustálenosti prúdenia (stupeň ustálenosti prúdenia dosiahnutý v priebehu skúšky)
- (2) podmienky spojené s účinkom, konštrukciou a rozmermi skúšobného objektu (vrtu, studne, šachty), v ktorom prebieha skúška
- (3) prírodné hydrogeologické podmienky
- (4) podmienky usporiadania skúšky a systému pozorovania (Jetel 1982).

Existuje niekoľko rôznych typov hydrodynamických skúšok. Konkrétne som sa zaoberala spracovaním nalievacích skúšok.

9.2 Nalievacie skúšky

Nalievacie skúšky sú hydrodynamické skúšky, pri ktorých sa sleduje závislosť medzi stavom hladiny v skúšobnom objekte (vrtu, studni, šachtici) alebo v jeho okolí, a množstvom vody nalievanej do objektu. Medzi často používané patria metódy jednorazového nálevu (slug-tests).

Ako jednorazový nálev označujeme okamžité vpustenie určitého objemu vody do vrtu, po ktorom nasleduje meranie poklesu hladiny v závislosti na čase. Túto metódu navrhli Ferris a Knowles na základe aproximácie Theisovej krivky stúpajúcej skúšky pre okamžitý nálev objemu V (Jetel 1982).

Dáta potrebné na spracovanie nalievacích skúšok mi boli poskytnuté firmou Geomin s.r.o. Poskytnuté dáta boli vo forme dokumentu MS Excel. Tento dokument obsahoval názov vrtu, dátum spracovania, čas priebehu skúšok, hladinu podzemnej vody a teplotu vody.

9.3 Hydraulická vodivosť

Hydraulická vodivosť (koeficient filtrácie) vyjadruje vlastnosť pórovitého prostredia prepúšťať obyčajnú vodu, pričom zmena tlaku sa meria zmenou výšky (kóty) hladiny vodného stĺpca vo vrtoch alebo studniach (Mucha & Šestákov 1987).

Pre záujmovú lokalitu boli hodnoty hydraulickej vodivosti prepočítané za pomoci Hvorslevovej metódy, ktorá je podrobnejšie popísaná nižšie.

9.4 Pracovný postup

Od firmy Geomin s. r. o. mi boli poskytnuté dáta zo 4 vrtoch. Konkrétne to boli vrty CHV-1, CHV-8, CHV-10 a CHV-13.

Vrt CHV-1 leží na území odkaliska Chvaletice 1. Vrt CHV-8 a CHV-10 leží na území odkaliska Chvaletice 2 (príloha č. 2). Posledný vrt CHV-13 leží na území odkaliska Chvaletice 3 (príloha č.2). Poskytnuté dokumenty boli vo forme MS Excel a obsahovali už vyššie spomínané údaje ako dátum, čas priebehu merania, výšky podzemnej vody atď. Dáta som spracovávala pomocou Hvorslevovej metódy.

Hvorslev originálne vymyslel túto metódu v roku 1951. Odvtedy bolo vymyslených viacero rôznych variant, ktoré sa dajú využiť. Sú to napríklad Bouwerová – Riceová metóda, Theisová metóda, Ferrisová – Knowlesová metóda. V praxi sú tieto testy používané ak je potrebné rýchle alebo lacné určenie hodnôt hydraulickej vodivosti. Sú omnoho jednoduchšie než konvenčné testy zvodnenej vrstvy a fungujú s vrtmi s relatívne malým priemerom alebo piezometrami.

Hodnoty hydraulickej vodivosti získané z týchto testov sú menej reprezentatívne ako tie zo zaužívaných testov zvodnenej vrstvy. Pri nalievacej skúške je použitý značne menší objem vytlačenej vody ako pri konvenčných testoch. To znamená, že nalievacia skúška odzrkadľuje hydraulickú vodivosť malého objemu vody vo vrte (Schwartz & Zhang 2003).

9.4.1 Postup Hvorslevovej metódy

1. Predtým než sa naruší hladina podzemnej vody, zaznamená sa pôvodná výška hladiny od dna vrtu resp. od povrchu pažnice vrtu (vrch vrtu). Test začína, keď sa hladina zmení pridaním vody alebo odstránením "slugu" do/z vrtu. Hĺbka hladiny sa pravidelne meria vtedy, keď sa, ako hladina vracia do pôvodného stavu opätovným pritekaním, resp. odtekaním z/do vrtu. Dáta sa zaznamenávajú až kým sa neobnoví hĺbka hladiny podzemnej vody na 90% z pôvodnej hladiny.
2. Z merania hladiny sa vypočíta zníženie (drawdowns), s_0, s_1, \dots, s_n . Následne vypočítame pomer zníženia (drawdown ratio) H_0, H_1, \dots, H_n vydelením každého zníženia najväčšou hodnotou zníženia s_0 , tzv. maxima, v čase t_1 ($H_1 = s_1/s_0$).
3. Hodnoty pomeru zníženia H_t sa vykreslia v logaritmickom zobrazení a čas t v lineárnom zobrazení na semi-logaritmický papier.
4. Cez hodnoty dát sa preloží priamka.
5. Vyberú sa dva body na priamke a zaznamená sa $t_1, H_1; t_2$ a H_2 .
6. Použitím správnej formy vzorca sa vypočíta K (hydraulická vodivosť). Vzorec zhrňuje tabuľka v prílohe č. 1, kde D je hĺbka vrtu meraná od pôvodnej hladiny podzemnej vody k dnu vrtu, L je dĺžka perforovaného úseku vrtu, S je hrúbka saturovaného priepustného materiálu nad podkladovým obmedzujúcim lôžkom a T je hrúbka obmedzenej vodnej vrstvy (Schwartz a Zhang, 2003).

Pri spracovaní dát sa postupovalo podľa vyššie uvedených krokov. Pre získanie potrebných hodnôt boli z grafu odčítané hodnoty zníženia a času. Hodnoty boli následne dosadené do správnej formy vzorca. Vzorec bol vybraný podľa podmienok použitých pre vystrojenie vrtu. Jednotlivé vystrojenie vrtov CHV-1, CHV-8, CHV-10, CHV-13 v prílohe č.3. Taktiež musí byť splnená podmienka $L/R > 8$ uvedená pod vzorcom. Vybraný bol vzorec typu C podľa tabuľky v prílohe č. 1. Vrtu boli vystužené a taktiež perforované o dĺžke L .

Správna forma použitého vzorca je, kde:

$$k = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} \ln \frac{(L)}{(R)} \ln \frac{(H_1)}{(H_2)}$$

k = hydraulická vodivosť

R = polomer vrtu

L = dĺžka perforácie vrtu

t₁, t₂ = čas

H₁, H₂ = pomer zníženia.

Po výpočte týmto vzorcom bol použitý overovací výpočet zjednodušenou metódou Hvorslevho vzorca.

Vynesieme zostávajúce zníženie $H-h/(H-H_0)$ vo forme prirodzeného logaritmu ako funkciu času a preložíme priamkou body v grafe. Pre hodnotu zostávajúceho zníženia 0,37 odčítame hodnotu T₀. Hydraulickú vodivosť vypočítame podľa vzorca:

$$k = \frac{r^2 \cdot \ln(L/r)}{2 \cdot L \cdot T_0}$$

k = hydraulická vodivosť

r = polomer vrtu

L = dĺžka perforácie

T₀ = čas zníženia pre 0,37.

Pre použitie tejto rovnice musí byť splnená podmienka $L/r > 8$, ktorá zvyčajne pri piezometri a pri vrte malého priemeru je splnená (Šráček a Kuchovský 2003).

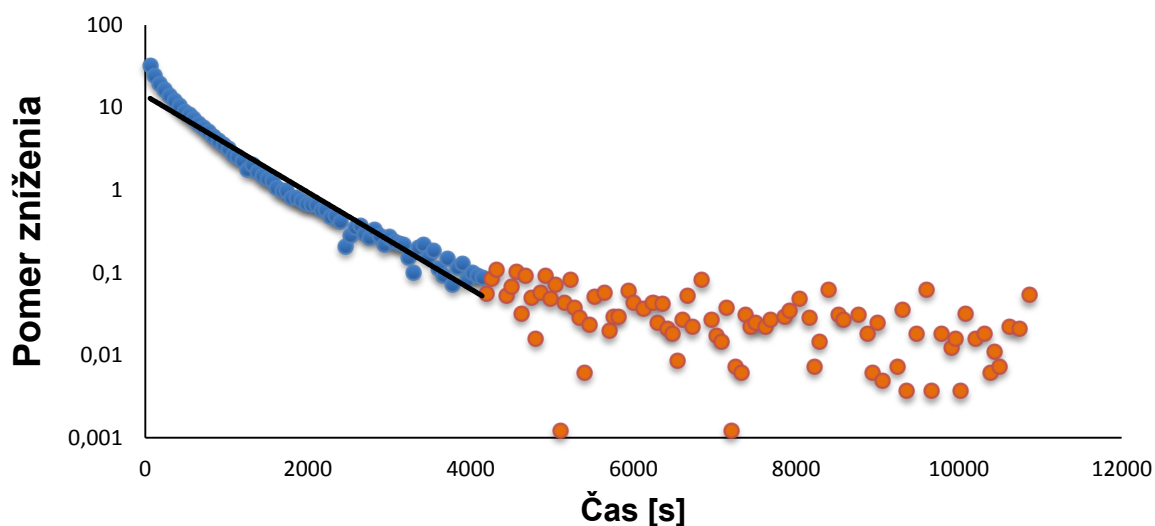
Následne boli dáta pomocou programu MS Excel spracované do tabuliek.

10 Výsledky

Celkovo boli spracované štyri vrty na odkaliskách Chvaletice 1, Chvaletice 2, Chvaletice 3. Použitím Hvorslevovej metódy vyšli dáta pre jednotlivé vrty CHV-1, CHV-8, CHV-10 a CHV-13.

10.1 CHV-1

Graf zhotovený podľa Hvorslevovej metódy vykresľuje hodnoty pomeru zníženia H_t v logaritmickom zobrazení a čas t v lineárnom zobrazení. Graf na obr. č. 4. ukazuje priebeh znižovania hladiny podzemnej vody pri nalievacej skúške.



Obrázok č. 4 Priebeh nalievacej skúšky vo vrte CHV- 1.

Dáta spracované pomocou Hvorslevovej metódy potrebné pre výpočet hydraulickej vodivosti sú uvedené v tabuľke č.1.

Tabuľka č.1 Výpočet hydraulickej vodivosti pre vrt CHV-1 Hvorslevovou metódou.

Chvaletice 1	Vrt	Dátum	R(m)	t1(s)	t2(s)	H1	H2	L(m)	K (m.s ⁻¹)
Chvaletice 1	CHV1	08.01.2019	0,05	60	120	32,6843	24,1332	10,1	3,32E-06
Chvaletice 1	CHV1	08.01.2019	0,05	180	240	19,6646	16,5598	10,1	1,88E-06

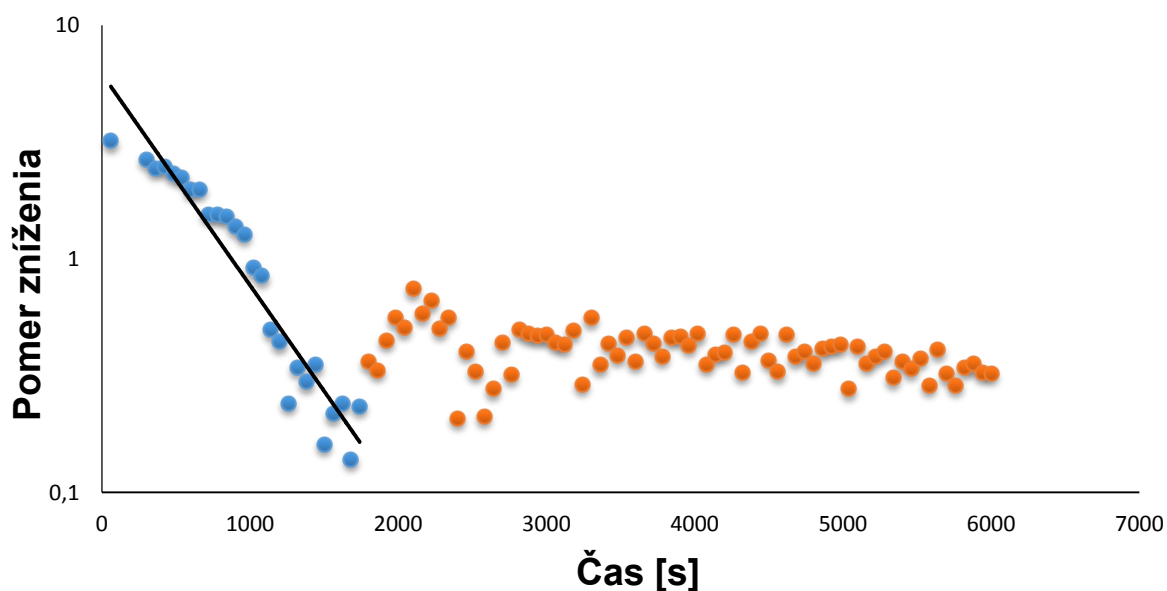
Dáta použité pre výpočet hydraulickej vodivosti pomocou zjednodušenej Hvorslevovej metódy ukazuje tabuľka č.2.

Tabuľka č.2 Výpočet hydraulickej vodivosti pre vrt CHV-1 zjednodušenou Hvorslevovou metódou.

Chvaletice 1	Vrt	Dátum	r (m)	t (s)	L(m)	K (m.s ⁻¹)
Chvaletice 1	CHV1	08.01.2019	0,05	420	10,1	1,06E-06

10.2 CHV-8

Graf zhotovený podľa Hvorslevovej metódy vykresľuje hodnoty pomeru zníženia H_t v logaritmickom zobrazení a čas t v lineárnom zobrazení. Graf na obr. č. 5. ukazuje priebeh znižovania hladiny podzemnej vody pri nalievacej skúške.



Obrázok č.4 Priebeh nalievacej skúšky vo vrte CHV-8.

Dáta spracované pomocou Hvorslevovej metódy potrebné pre výpočet hydraulickej vodivosti sú uvedené v tabuľke č.3.

Tabuľka č.3 Výpočet hydraulickej vodivosti pre vrt CHV-8 Hvorslevovou metódou.

Chvaletice 2	Vrt	Dátum	R(m)	t1(s)	t2(s)	H1	H2	L(m)	K(m.s ⁻¹)
Chvaletice 2	CHV8	29.01.2019	0,05	60	120	3,202439	1,678049	10,5	6,86E-06
Chvaletice 2	CHV8	29.01.2019	0,05	480	540	2,321951	2,239024	10,5	3,86E-07

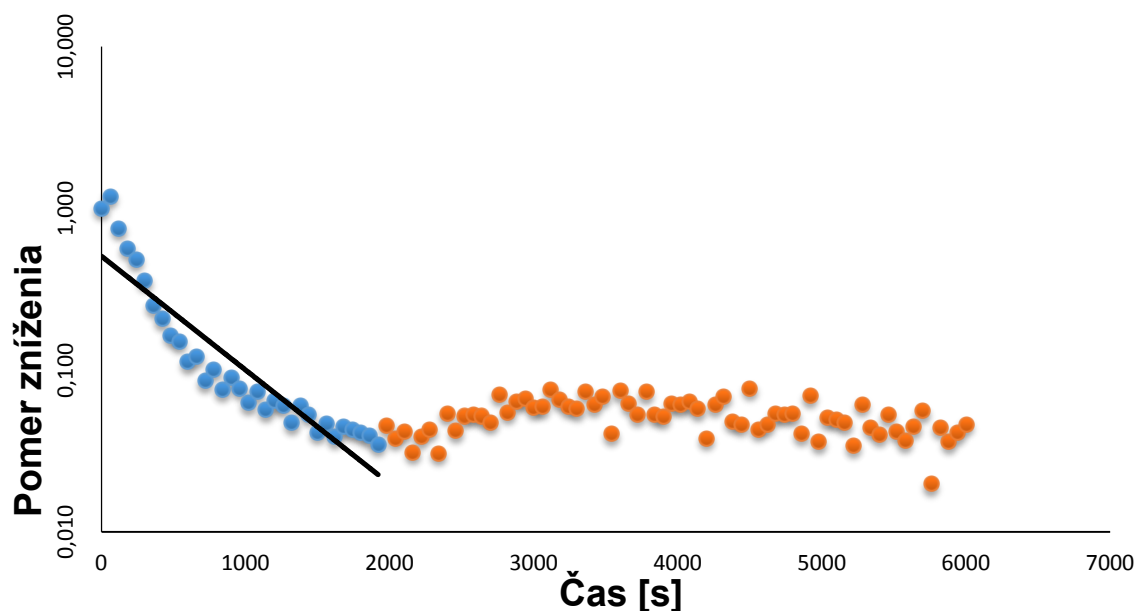
Dáta použité pre výpočet hydraulickej vodivosti pomocou zjednodušenej Hvorslevovej metódy ukazuje tabuľka č.4.

Tabuľka č.4 Výpočet hydraulickej vodivosti pre vrt CHV-8 zjednodušenou Hvorslevovou metódou.

Chvaletice 2	Vrt	Dátum	r(m)	t(s)	L(m)	K(m.s ⁻¹)
Chvaletice 2	CHV8	29.01.2019	0,05	960	10,5	5,07E-07

10.3 CHV-10

Graf zhotovený podľa Hvorslevovej metódy vykresľuje hodnoty pomeru zníženia H_t v logaritmickom zobrazení a čas t v lineárnom zobrazení. Graf na obr. č. 6. ukazuje priebeh znižovania hladiny podzemnej vody pri nalievacej skúške.



Obrázok č. 6 Priebeh nalievacej skúšky vo vrte CHV-10.

Dáta spracované pomocou Hvorslevovej metódy potrebné pre výpočet hydraulickej vodivosti su uvedené v tabuľke č.5.

Tabuľka č.5 Výpočet hydraulickej vodivosti pre vrt CHV-10 Hvorslevovou metódou.

Chvaletice 2	Vrt	Dátum	R(m)	t1(s)	t2(s)	H1	H2	L(m)	K(m.s-1)
Chvaletice 2	CHV10	08.01.2019	0,05	120	180	0,751	0,566	18	1,93E-06
Chvaletice 2	CHV10	08.01.2019	0,05	180	240	0,566	0,483	18	1,07E-06

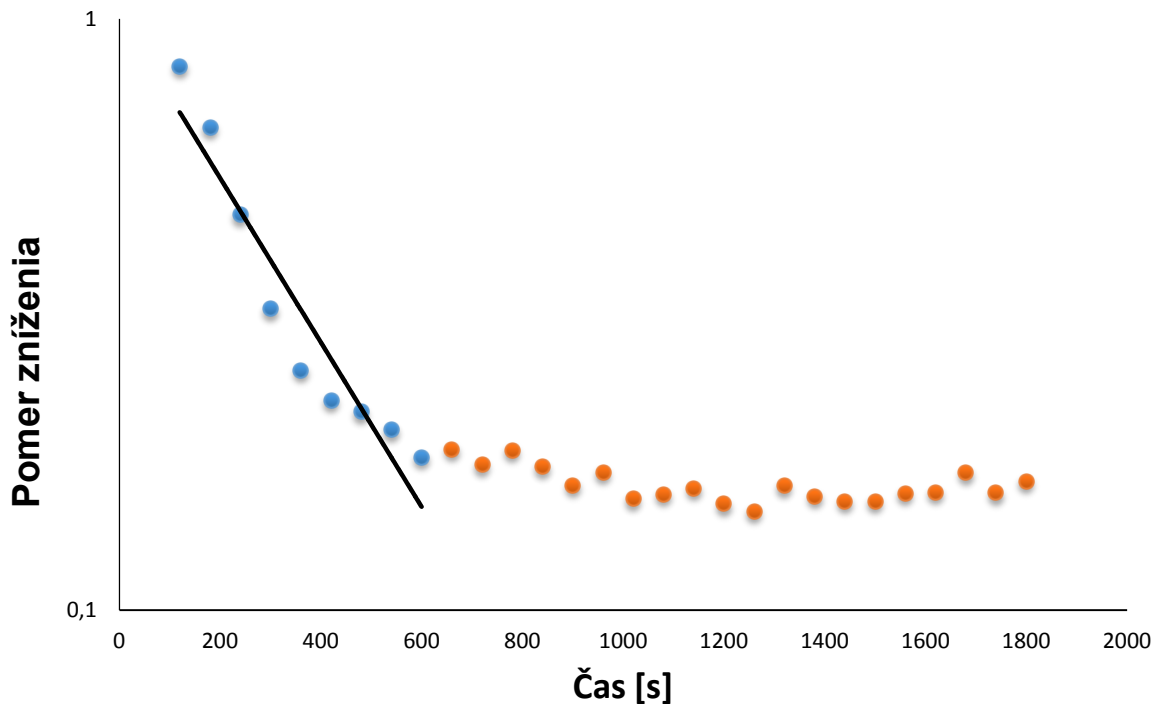
Dáta použité pre výpočet hydraulickej vodivosti pomocou zjednodušenej Hvorslevovej metódy ukazuje tabuľka č.6.

Tabuľka č.6 Výpočet hydraulickej vodivosti pre vrtu CHV-10 zjednodušenou Hvorslevovou metódou.

Chvaletice 2	Vrt	Dátum	r(m)	t(s)	L(m)	K(m.s ⁻¹)
Chvaletice 2	CHV10	08.01.2019	0,05	300	18	1,65E-06

10.4 CHV-13

Graf zhotovený podľa Hvorslevovej metódy vykresľuje hodnoty pomeru zníženia H_t v logaritmickom zobrazení a čas t v lineárnom zobrazení. Graf na obr. č. 7. ukazuje priebeh znižovania hladiny podzemnej vody pri nalievacej skúške.



Obrázok č.7 Priebeh nalievacej skúšky vo vrte CHV-13.

Dáta spracované pomocou Hvorslevovej metódy potrebné pre výpočet hydraulickej vodivosti sú uvedené v tabuľke č.7.

Tabuľka č.7 Výpočet hydraulickej vodivosti pre vrt CHV-13 Hvorslevovou metódou.

Chvaletice 3	Vrt	Dátum	R(m)	t1(s)	t2(s)	H1	H2	L(m)	K(m.s-1)
Chvaletice 3	CHV13	8.1.2019	0,05	120	180	0,831525	0,655712	8,1	3,11E-06
Chvaletice 3	CHV13	8.1.2019	0,05	180	240	0,655712	0,466496	8,1	4,46E-06

Dáta použité pre výpočet hydraulickej vodivosti pomocou zjednodušenej Hvorslevovej metódy ukazuje tabuľka č.8.

Tabuľka č.8 Výpočet hydraulickej vodivosti pre vrt CHV-13 zjednodušenou Hvorslevovou metódou.

Chvaletice 3	Vrt	Dátum	r(m)	t(s)	L(m)	K(m.s-1)
Chvaletice 3	CHV13	8.1.2019	0,05	360	8,1	1,19E-06

V predchádzajúcom texte sú uvedené výpočty hydraulických vodivostí pomocou Hvorslevovej metódy za použitia vzorca uvedeného v prílohe č.1 a zjednodušenou Hvorslevovou metódou. Pre potreby porovnania získaných výsledkov boli vykonané ďalšie výpočty programom VSAK 1.0. Program VSAK 1.0 je prispôbený na výpočet hydraulických vodivostí taktiež pomocou Hvorslevovej metódy. Avšak v programe pre daný výpočet bol použitý jeden odlišný parameter, a tým bol polomer vrtu.

Výsledky získané programom VSAK 1.0 pre jednotlivé vrty:

$$\text{CHV-1} \quad K = 3,04\text{E-}06 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{CHV-8} \quad K = 4,56\text{E-}06 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{CHV-10} \quad K = 1,340\text{E-}06 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{CHV-13} \quad K = 2,01\text{E-}06 \text{ m.s}^{-1}.$$

11 Diskusia

Z nalievacích skúšok, ktoré boli na lokalite vykonané, sa následne vyhodnotili hydraulické parametre materiálu, ktorý sa na odkaliskách nachádza. K dosiahnutiu presného výpočtu bola použitá Hvorslevova metóda. Vďaka nej bolo možné vypočítať hodnoty hydraulickej vodivosti, a tým teda aj zistiť vodivosť prostredia v okolí vrtov CHV-1, CHV-8, CHV-10 a CHV-13. Grafické spracovanie ukázalo, že výsledné hodnoty hydraulických vodivostí sú približne všade rovnaké. Všetky hodnoty hydraulických vodivosti boli následne zatriedené do tried VI a VII podľa Jetela (1973). Vďaka tomu je možné usúdiť, že oblasti odkalísk sú slabo až veľmi slabo priepustné.

Tabuľka č.9 Zatriedenie hydraulických vodivostí podľa Jetela (1973).

Vrt	Hydraulická vodivosť (m.s-1)	Koeficient priepustnosti (m ²)	Trieda priepustnosti	Zaradenie podľa stupňa priepustnosti
CHV-1	1.06E-06	1.00E-13	VI	slabo priepustne
CHV-8	5.07E-07	1.00E-14	VII	Veľmi slabo priepustne
CHV-10	1.65E-06	1.00E-13	VI	slabo priepustne
CHV-13	1.19E-06	1.00E-13	VI	slabo priepustne

Tento fakt potvrdzujú aj výsledky bakalárskej práce Šima (2019). V nej boli vyhodnocované čerpacie a stúpacie skúšky. Vypočítané hodnoty hydraulickej vodivosti boli podľa Jetela (1973) zaradené taktiež do triedy slabo až veľmi slabo priepustných hornín. Výsledky oboch prác sa líšia od seba len mierne. Odchýlky mohli byť spôsobené viacerými faktormi - obsyp vrtu, saturovaná, nesaturovaná zóna, iný typ skúšky použitý pre vyhodnotenie.

Pre konečné overenie výsledkov sa použil program VSAK 1.0. Pre správne fungovanie programu bolo nutné doň zadať aj polomer vrtov. Následný výstup dokázal správnosť výpočtu Hvorslevovou metódou.

Záver

Materiál uložený na odkaliskách je antropogénny materiál, ktorý vznikol po ťažbe pyritových bridlíc. Materiál bol upravovaný flotáciou a následne navezený na odkaliská. Z dát o nalievacích skúškach poskytnutých firmou Geomin s. r. o. boli vypočítané hydraulické vodivosti pre prostredie v okolí vrtov CHV-1, CHV-8, CHV-10 a CHV-13. Hodnoty hydraulickej vodivosti sa pohybujú v rozmedzí $1,340E-06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ až $4,46E-06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Podľa hydraulických vodivostí sa teda jedná o prostredie slabo priepustné až veľmi slabo priepustné. Hladiny podzemných vôd pre okolia vrtov sú ovplyvnené slabou priepustnosťou odkalísk. Z tohto dôvodu vznikajú elevácie hladín podzemných vôd. Hladiny podzemných vôd na odkaliskách sú vyššie ako vodná hladina rieky Labe pretekajúca popri odkaliskách.

Aj napriek dobrej zhode výsledkov práce s prácou Šimo (2019) nie je možné vylúčiť určité nepresnosti výsledkov vyplývajúce z použitia Hvorslevovej metódy. Použitá Hvorslevová metóda bola ovplyvnená umiestnením vrtov z časti do nesaturovanej zóny. Hvorslevová metóda sa používa primárne na saturovanú zónu. Výsledky mohli byť ovplyvnené aj prítomnosťou obsypu vrtov. Hodnoty hydraulických vodivostí z nalievacích skúšok totiž vychádzajú vyššie ako hodnoty hydraulických vodivostí, ktoré zistil Šimo vo svojej záverečnej práci (2019).

Literatúra

Databáze významných geologických lokalit: 3587 [online]. Praha: Česká geologická služba, 1998 [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: <http://lokality.geology.cz/3587>.

Domenico, A., Schwartz, F. (1997): *Physical and Chemical Hydrogeology-Second Edition*. John Wiley and sons. New York.

Douček, J. (2012): Národní Geopark Železné hory-mapování. Závěrečná zpráva, MS Vodní zdroje Chrudim, spol. s r. o.

Jetel, J. (1982): Určování hydraulických parametru hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech. Ústřední ústav geologický v Akademii, nakladatelství Československé akademie věd. Praha.

Kavalec, J., Knajfl L. (1978): Likvační výpočet zásob kyzové a manganové rudy ložiska Chvaletice-Databanka. Praha. 266 s.

Kuchovský, T., Mazáč, P. (2015): Vsak 1.0. GEOSTAR, spol. s r. o. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. Ústav vodních staveb.99 s.

Mucha, I., Šestakov, V. (1987): *Hydraulika podzemných vôd*. ALFA vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry. Bratislava.

Svoboda, V. Mátl, V. (1988): Řečany nad Labem závěrečná zpráva-Unigeo státní podnik Ostrava závod Modřice. Ostrava. 64 s.

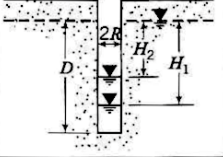
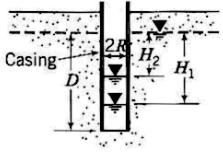
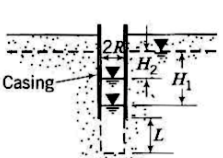
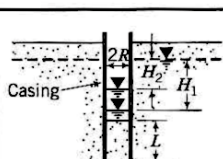
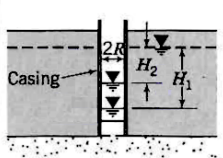
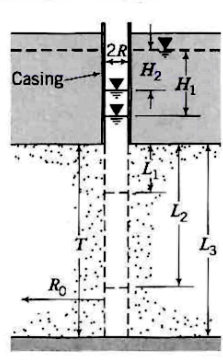
Svoboda, V., Štancl, R. (1989): Řečany nad Labem souborná závěrečná zpráva z vyhledávacího a předběžného průzkumu- Unigeo státní podnik Ostrava závod Modřice. Ostrava. 97 s.

Schwartz, F., Zhang, H. (2003) *Fundamentals of Groundwater*. John Wiley & Sons, New York.

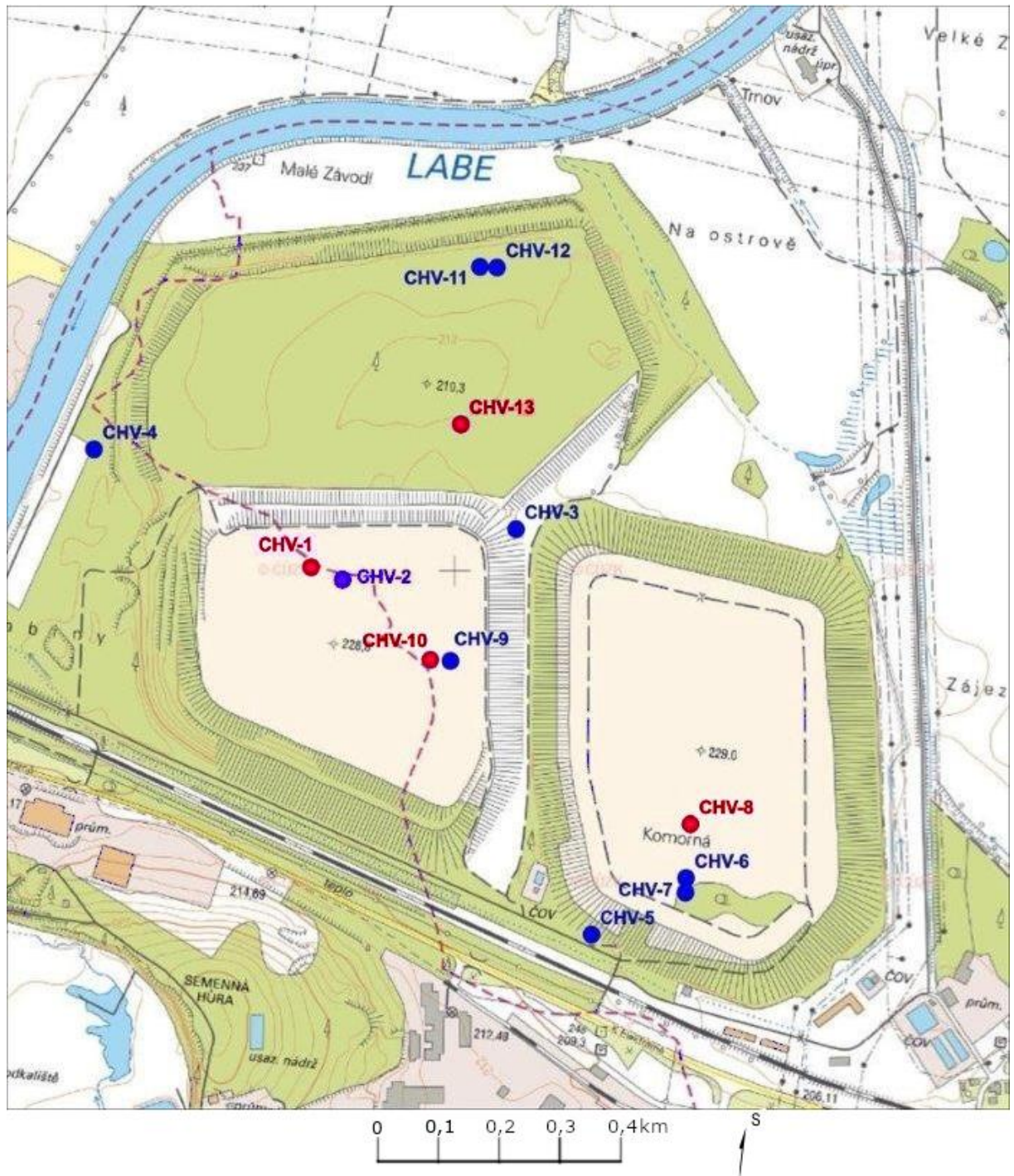
Šrámek, O., Kuchovský, T. (2003): *Základy hydrogeologie*. – Masarykova univerzita. Brno.

Prílohy

Príloha č. 1 Vzorce pre vyhodnotenie nalievacích skúšok (Schwartz & Zhang 2003).

CONDITION	DIAGRAM	SHAPE FACTOR, F	PERMEABILITY, K BY VARIABLE HEAD TEST	APPLICABILITY	
OBSERVATION WELL OR PIEZOMETER IN SATURATED ISOTROPIC STRATUM OF INFINITE DEPTH	(A) UNCASD HOLE.		$F = 16\pi DSR$	(FOR OBSERVATION WELL OF CONSTANT CROSS SECTION) $K = \frac{R}{16DS} \times \frac{(H_2 - H_1)}{(t_2 - t_1)}$ FOR $\frac{D}{R} < 50$	SIMPLEST METHOD FOR PERMEABILITY DETERMINATION. NOT APPLICABLE IN STRATIFIED SOILS.
	(B) CASD HOLE, SOIL FLUSH WITH BOTTOM.		$F = \frac{11R}{2}$	$K = \frac{2\pi R}{11(t_2 - t_1)} \ln \frac{(H_1)}{(H_2)}$ FOR $6'' \leq D \leq 60''$	USED FOR PERMEABILITY DETERMINATION AT SHALLOW DEPTHS BELOW THE WATER TABLE. MAY YIELD UNRELIABLE RESULTS IN FALLING HEAD TEST WITH SILTING OF BOTTOM OF HOLE.
	(C) CASD HOLE, UNCASD OR PERFORATED EXTENSION OF LENGTH "L".		$F = \frac{2\pi L}{\ln \left(\frac{L}{R} \right)}$	$K = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} \ln \frac{(L)}{(R)} \ln \frac{(H_1)}{(H_2)}$ FOR $\frac{L}{R} > 8$	USED FOR PERMEABILITY DETERMINATION AT GREATER DEPTHS BELOW WATER TABLE.
	(D) CASD HOLE, COLUMN OF SOIL INSIDE CASING TO HEIGHT "L"		$F = \frac{11\pi R^2}{2\pi R + 11L}$	$K = \frac{2\pi R + 11L}{11(t_2 - t_1)} \ln \frac{(H_1)}{(H_2)}$	PRINCIPAL USE IS FOR PERMEABILITY IN VERTICAL DIRECTION IN ANISOTROPIC SOILS.
(E) CASD HOLE, OPENING FLUSH WITH UPPER BOUNDARY OF AQUIFER OF INFINITE DEPTH.		$F = 4R$	(FOR OBSERVATION WELL OF CONSTANT CROSS SECTION) $K = \frac{\pi R}{4(t_2 - t_1)} \ln \frac{(H_1)}{(H_2)}$	USED FOR PERMEABILITY DETERMINATION WHEN SURFACE IMPERVIOUS LAYER IS RELATIVELY THIN. MAY YIELD UNRELIABLE RESULTS IN FALLING HEAD TEST WITH SILTING OF BOTTOM OF HOLE.	
OBSERVATION WELL OR PIEZOMETER IN AQUIFER WITH IMPERVIOUS UPPER LAYER		(1) $F = C_s R$	$K = \frac{\pi R}{C_s(t_2 - t_1)} \ln \frac{(H_1)}{(H_2)}$	USED FOR PERMEABILITY DETERMINATIONS AT DEPTHS GREATER THAN ABOUT 5 FT.	
		(2) $F = \frac{2\pi L_2}{\ln(L_2/R)}$	$K = \frac{R^2 \ln \left(\frac{L_2}{R} \right)}{2L_2(t_2 - t_1)} \ln \frac{(H_1)}{(H_2)}$ FOR $\frac{L}{R} \geq 8$	USED FOR PERMEABILITY DETERMINATIONS AT GREATER DEPTHS AND FOR FINE GRAINED SOILS USING POROUS INTAKE POINT OF PIEZOMETER.	
		(3) $F = \frac{2\pi L_3}{\ln \left(\frac{R_0}{R} \right)}$	$K = \frac{R^2 \ln \left(\frac{R_0}{R} \right)}{2L_3(t_2 - t_1)} \ln \frac{(H_1)}{(H_2)}$	ASSUME VALUE OF $R_0/R = 200$ FOR ESTIMATES UNLESS OBSERVATION WELLS ARE MADE TO DETERMINE ACTUAL VALUE OF R_0	


Príloha č.2 Mapa rozmiestnenia jednotlivých vrtov na odkaliskách I-III. (Geomin s. r. o. 2019, upravené).



Príloha č.3 Profil vrtu CHV-1 (Geomin s. r. o. 2019).

Geologický profil vrtu		Podzemní voda		Objekt CHV-1
Hĺoubka [m]	Geologický profil	Podzemní voda	731001 733050	Souřadnice X : 1 057 995.64 Y : 671 201.05 Z : 227.76 Lokalita: Trnávka
0	0.0-1.0 Navážka, hlína štěrkovitá, tmavě hnědá, tuhá konzistence	Y	3	Podzemní voda Naražená hladina <i>nenaražena</i> Ustálená hladina 20.41 m
1	1.0-1.7 Navážka, jíl se střední plasticitou, rezavohnědý, měkká konzistence	Y	3	
2	1.7-3.0 Navážka, písek s příměsí jemnozrnné zeminy, šedočerný, vlhký, ulehlý	Y	3	Doplňující informace Vrtmistr: Lukáš Antonín Firma: LTGeo s.r.o. Souprava: Nordmeyer DSD 2/7 Mercedes Hĺoubka vrtu: 27.4 m Počáteční průměr vrtu: 194 mm Koncový průměr vrtu: 156 mm Výstroj vrtu: plást 100 mm
3	3.0-4.0 Navážka, jíl se střední plasticitou, šedočerný, mokrý, měkká konzistence	Y	3	
4	4.0-8.0 Navážka, písek s příměsí jemnozrnné zeminy, šedočerný, vlhký, ulehlý	Y	3	
5				
6	8.0-22.0 Navážka, jíl se střední plasticitou, šedočerný, vlhký až mokrý, měkká až kašovitá konzistence	Y	3	
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16	22.0-24.0 Navážka, písek jílovitý, jemnozrnný, šedočerný, vlhký, ulehlý	Y	3	
17				
18	24.0-27.0 Navážka, jíl se střední plasticitou, černý, mokrý, kašovitá konzistence	Y	3	Dokumentoval: Mgr. M. Nešporová
19				
20	27.0-27.4 Hĺína se střední plasticitou, červenohnědá, tuhá konzistence	F5	3	Datum: 19. 4. 2018
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				

Príloha č.4 Profil vrtu CHV-8 (Geomin s. r. o. 2019).

Geologický profil vrtu			Objekt CHV-8	
Hĺbka [m]	Geologický profil	Popis polohy	Podzemní voda	731001 733050
0		0.0-1.5 Navážka, hlína šterkovitá, tmavě hnědá, tuhá konzistence	Y	3
1		1.5-2.5 Navážka, zoxidovaný přechod hlíny šterkovité do písku s příměsí jemnozrnné zeminy	Y	3
2		2.5-6.0 Navážka, písek s příměsí jemnozrnné zeminy, černý, příměs pyrit		
3				
4			Y	3
5				
6		6.0-21.9 Navážka, jíl s vysokou plasticitou, černý, vlhký, tuhá až měkká konzistence		
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15			Y	3
16				
17				
18				
19				
20				
21				
			<p>N</p>  <p>9.50</p>	
			<p>Podzemní voda</p> <p>Naražená hladina 9.50 m</p> <p>Ustálená hladina 12.10 m</p>	
			<p>Doplňující informace</p> <p>Vrtmistr: Jiří Jelínek</p> <p>Firma: INTERMARKET s.r.o.</p> <p>Souprava: SOILMEC 65-SR</p> <p>Hĺbka vrtu: 21.9 m</p> <p>Počáteční průměr vrtu: 600 mm</p> <p>Koncový průměr vrtu: 600 mm</p> <p>Výstroj vrtu: plast 100 mm</p>	
			<p>Dokumentoval: Mgr. M. Francírek Ph.D. Mgr. M. Nešporová</p> <p>Datum: 13. 12. 2018</p>	

Príloha č.5 Profil vrtu CHV-10 (Geomin s. r. o. 2019).

Geologický profil vrtu		Objekt CHV-10	
Hĺbka [m]	Geologický profil	Podzemní voda	Podzemní voda
	Popis polohy	731001 733050	Souřadnice X : 1 058 129.93 Y : 670 977.64 Z : 228.08 Lokalita: Trnávka
0	0.0-1.5 Navázka, hlína štérkovitá, tmavě hnědá, tuhá konzistence	Y 3	Podzemní voda
1	1.5-12.5 Navázka, písek s příměsí jemnozrné zeminy, polohy zoxidovaného materiálu, černý		Naražená hladina 21.55 m
2			Ustálená hladina 21.75 m
3			Doplňující informace
4			Vrtmistr: Jiří Jelínek
5			Firma: INTERMARKET s.r.o.
6	12.5-17.5 Navázka, jíl s vysokou plasticitou, černý, vlhký, tuhá až měkká konzistence	Y 3	Souprava: SOILMEC 65-SR
7	17.5-23.5 Navázka, písek jílovitý, jemnozrný, černý, vlhký	Y 3	Hĺbka vrtu: 26.5 m
8			Počáteční průměr vrtu: 600 mm
9			Koncový průměr vrtu: 600 mm
10	23.5-25.6 Navázka, jíl se střední plasticitou, černý, mokrý, kašovitá konzistence	Y 3	Výstroj vrtu: plast 100 mm
11			
12	23.5-25.6 Hĺína se střední plasticitou, červenohnědá, tuhá konzistence	F5 3	
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			

Príloha č.6 Profil vrtu CHV-13 (Geomin s. r. o. 2019).

Geologický profil vrtu		Objekt CHV-13	
Hĺbka [m]	Geologický profil	Podzemní voda	Souřadnice X : 1 057 749.70 Y : 670 888.12 Z : 213.65 Lokalita: Trnávka
Popis polohy		731001 733050	
0	0.0-3.5 Navážka, písek s příměsí jemnozrné zeminy, černý, ulehlý		Podzemní voda Naražená hladina 11.3 m Ustálená hladina 11.3 m
1			Doplňující informace Vrtmistr: Jiří Jelínek Firma: INTERMARKET s.r.o. Souprava: SOILMEC 65-SR Hĺbka vrtu: 11.5 m Počáteční průměr vrtu: 600 mm Koncový průměr vrtu: 600 mm Výstroj vrtu: plast 100 mm
2	3.5-3.8 Navážka, jíl se střední plasticitou, černý, tuhá konzistence	Y 3	
3	3.8-5.0 Navážka, písek s příměsí jemnozrné zeminy, černý, vlhký, ulehlý	Y 3	
4			
5	5.0-10.5 Navážka, jíl s vysokou plasticitou, černý, vlhký, měkká konzistence		
6			
7			
8		Y 3	
9			
10			
11	10.5-11.5 Hĺna se střední plasticitou, červenohnědá, tuhá konzistence	F5 3	Dokumentoval: Mgr. M. Francírek Ph.D. Mgr. M. Nešporová Datum: 10. 12. 2018
		N 11.30	