

Prof. Ing. RNDr. Ivan LANDA, DrSc.

ENVISAN s.r.o., Točnick 14, Zdice

Posudek disertační práce

Hydrodynamické zkoušky na reálném vrtu.

Autor:

Ing. Jiří HOLUB,

Česká zemědělská univerzita, 2018

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování,

Fakulta životního prostředí.

Školitel: prof. Ing. Pavel PECH, CSc

1. Úvod

Předložená disertační práce obsahuje kromě úvodu a závěru tři kapitoly, a to kapitolu č.1 *Literární rešerše*, 2. *Vlastní práce* a 3. *Diskuze a závěr*. Práce shrnuje teoretické základy osově symetrického (radiálního) proudění vody v průlomovém prostředí při hydrodynamických zkouškách (dále HDZ), popis programové aplikace autorem sestaveného programu RadFlow pro vyhodnocení čerpacích hydrodynamických zkoušek (dále ČHDZ) a dále výsledky dvou praktických příkladů použití programu RadFlow na lokalitě v České republice a v Srbské republice, na kterých program RadFlow umožnil diagnostikovat stupeň dekolmatace čištěných vrtaných studní.

Práce má 96 stránek a obsahuje 28 obrázků se zobrazením podmínek realizace čerpacích zkoušek na testovacích lokalitách, schémata a grafy s výsledky výpočtů a analýz.

Uvedené kapitoly disertační práce se zabývají následujícími tématy:

Kapitola č.1 ***Literární rešerše***, ve které autor v obecné rovině popisuje průlomové horninové prostředí a jeho fyzikální parametry ve vztahu k proudění podzemí vody v saturované zóně. Mezi hlavními parametry řadí: pórovitost, propustnost, hydraulickou vodivost, transmisivitu a storativitu. Krátce se zabývá homogenitou a anizotropií horninového (autor nesytemově též používá pojem „půdní“) prostředí. Dále shrnuje některé fyzikální faktory podmiňující lineární proudění vody v horninovém prostředí definované Darcyho zákonem, Dupuitovou podmínkou, a Theisovým řešením rovnice pro neustáleného radiální proudění atp.. V samostatné podkapitole analyzuje radiální proudění vody k vrtu při čerpacích zkouškách. Pozornost věnuje problému odklonu reálných podmínek, které jsou splněny na vrtu, od teoretických předpokladů, kdy je radiální proudění lineární, vrt má nekonečně malý průměr a hydrodynamický impuls se ve vrtu projeví okamžitě.

Autor se zaměřuje hlavně na vliv objemu vody v reálném vrtu a na vliv dodatečných filtračních odporů způsobených např. kolmatací, kterým se věnuje v samostatné podkapitole.

V kapitole č.2. **Vlastní práce**, která je rozdělena na podkapitoly, v podkapitole č.1, popisuje velmi stručně aplikaci jím napsaného programu RadFlow, v podkapitole č.2 popisuje systémové požadavky, které musí být splněny ze strany uživatele, v podkapitole č.3 popisuje strukturu aplikace RadFlow, a podkapitole č.4 datový model aplikace. V závěrečné podkapitole č.5 shrnuje výsledky případové studie vyhodnocení čerpacích zkoušek a to na lokalitě Bela Crkva v Srbsku před a po regeneraci dekolmatovaného vrtu B6 a zkoušku na lokalitě Veletov u Kolína.

Disertační práci uzavírá kapitola č.3 **Diskuze a závěr**, kde jsou velmi stručně, a škoda že jen na obecné úrovni, shrnuty na 1,5 stránce (str.80 – 81) vědecké i praktické výsledky disertační práce.

2. Aktuálnost tématu práce

Autor v úvodu práce zdůrazňuje, že téma práce je aktuální **v souvislosti s řešením problematiky „sucha“**. Domnívám se, že disertační práce má však zásadnější přesah. Je aktuální hlavně tím, že se autor pokusil využít jednoduché programovací prostředky pro sestavení vlastního interpretačního programu, v daném případě programu RadFlow vhodného pro interpretaci skupiny přítokových HDZ a to zkoušek čerpacích (dále ČHDZ), zkoušek nálevových a vtláčecí (dále NHDZ). I když jde relativně o úzkou skupinu HDZ, jde o zkoušky zásadního praktického významu.

Téma disertační práce, je **velmi aktuální** nejen v souvislosti řešení otázek „sucha“, což je pojem, který se smyslově stejně rychle vyprazdňuje jako v minulosti pojem „**ekologie, ekologický**“. „**trvale udržitelný rozvoj**“, „**globální oteplení**“, „**ekologické riziko**“. Proto tyto a podobné pojmy mají stále více již jen marketinkový tj. obchodní význam. Význam HDZ ve spojení s dalšími metodami získávání informací o vlastnostech nasyceného i nenasyčeného horninového prostředí, půd, antropogenních zemin (skládky, úložiště zemin, navážky) přitom nesouvisí, a v budoucnu nebude souviset pouze s pojmem „**sucho**“, ale lze očekávat, že i s pojmem „**ochlazení**“, „**povodně**“ a hlavně téměř s jakýmkoliv hospodářskými aktivitami státu, podniků i jednotlivců při snaze o rozumné využití a ochranu zdrojů pitné, minerální, termální či užitkové vody, ale i ochranu staveb před vodou atp.

Požadavky na kvalitu HDZ budou vždy souviset nejen se zajištěním zdrojů vody, ale i se všemi činnostmi související s využíváním horninového (půdního, antropogenního) prostředí jako např. s těžbou nerostných surovin (přítoky do těžeben), s nakládání s odpady (sanace i výstavba skládek a úložišť), s využitím geotermální energie (geotermální vrty), se zemědělstvím, zakládáním staveb atp.. Určitě půjde též i o činnosti jako je obrana státu, neboť voda byla a stále je strategickou surovinou.

Tím chci zdůraznit, že jakýkoliv pokrok v realizaci HDZ, v jejich interpretaci, má vždy nejen teoretický, ale hlavně praktický význam v souvislosti nejen se „suchem“, ale jde o význam zásadně širší.

Proto **téma disertační práce považuji za zásadní, a je a nadále zůstane, velmi aktuální.**

3. Splnění cílů práce

Hlavní cíl práce ing. Jiřího Holuba (str.18 – 19):

„... sestavení modelu (¹) pro vyhodnocení dodatečných odporů a vlivu objemu vody v reálném vrtu z dat hydrodynamických zkoušek (správně pouze v daném případě čerpacích) zkoušek“

byl splněn.

¹ Autor uvádí též na str. 19, že „...Dalším cílem je **upravení softwarového modelu** pro vyhodnocení parametrů z počáteční části čerpací zkoušky, kde je dominantní vliv storativity vrtu...“ což je nejasné, protože v textu není uveden název a autor softwarového modelu, který ing.J.Holub v práci upravuje. Zřejmě nejasnost vznikla nevhodnou formulací, kdy pojem „model“ je v disertační práci používán např. ve smyslu „Theisův model“ místo „Theistovo řešení“ atp.

Program RadFlow je založen na využití analytického Theisova řešení pro neustálené řešení a Jakobovy aproximace pro kvaziustálené radiální proudění vody v průřinovém prostředí k ideálnímu tj. nekonečně malému průměru vrtu.

Autor navrhl postup jak uvedené analytické řešení základních diferenciálních rovnic využít při interpretaci zkoušek i pro zohlednění dodatečných odporů na vrtu (např. vlivem kolmatace, hydraulické neúplnosti vrtu) a objemu vody v reálném vrtu (ang. wellbore storage, což není totéž co storativita).

Program RadFlow byl ověřen, jak již jsem uvedl, při průzkumných pracích v Srbsku a v ČR, kdy se ověřovala firmou Vodní zdroje a.s. účinnost regenerace (dekontaminace) vrtů.

Škoda jen, že vlastní program RadFlow nelze posoudit, neboť k práci není přiložen:

- a) podrobný manuál pro použití programu,
- b) listing programu a
- c) hlavně výsledky testování programu, při kterém jsou výsledky výpočtů podle programu RadFlow kontrolovány s tabulkovými hodnotami studničních funkcí pro jednotlivé technické podmínky vrtu a filtrační parametry.

Autor v **rešeršní části neuvádí** přehled obdobných programů, které jsou volně či za finanční úhradu dostupné na internetu.

Zajímavé je, že v části 3. **Diskuze a závěr**, autor vůbec nehodnotí výhody a nevýhody svého programu RadFlow v porovnání s již existujícími programy.

4. Metody a postupy řešení a jejich odborná úroveň

Posuzovaná práce spočívala v propojení:

- a) teorie radiálního proudění k vrtu s nekonečně malým průměrem, konkrétně jde o Theisovo řešení a o Jakobovu aproximaci rovnice proudění při neustáleném a kvaziustáleném režimu, s
- b) programovou aplikací RadFlow, která umožňuje analyticky zohlednit doplňkové odpory na testovaných vrtech s využitím řešení in Agarwal, R. G., R. Al-Hussainy, H. J. Ramey Jr., (1970) a
- c) praktickým ověřením použitelnosti programu RadFlow při řešení konkrétních hydrogeologických průzkumných úloh.

Jde o správné propojení teorie s praxí. Toto **propojení je plně v souladu s požadavky na disertační práce tohoto typu**.

5. Výsledky práce a přínosy zpracovatele

Autor sestavil program RadFlow, který dal k dispozici širší odborné veřejnosti na internetu, což je velmi záslužný fakt.

Program je vhodný pro výpočet vybraných filtračních parametrů v reálných podmínkách:

- a) Theisovou metodou typových křivek a
- b) grafoanalytickou metodou vycházející z tzv. Jakobovy aproximace.

- c) s opravou analytického řešení o členy zohledňující doplňkové filtrační odpory, a proto se stává výsledné vyhodnocení čerpacích a případně i nálevových (²) zkoušek přesnější a spolehlivější.

Určitým nedostatkem práce je, že autor v části č.3 **Diskuse a závěry**, podrobněji nehodnotí výsledky své práce tj. práce programátora a interpretátora, např. neocení spolehlivost interpretace ČHDZ, jestliže se při interpretaci ČHDZ na vrtu s nekonečně malým průměrem použije interpretací HDZ s využitím autorova programu RadFlow zohledňující jím stanovené dodatečné filtrační odpory.

6. Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

Charakteristickým rysem dané práce je, že již při formulaci cílů byl kladen požadavek na propojení známých teoretických poznatků, s využitím výpočetních metod. V české i v zahraniční hydrogeologii jde trend, který je dlouhodobý, který přináší, díky dostupnosti programových aplikací i pro mobily, značný pokrok (³).

Z tohoto pohledu **hodnotím práci pozitivně**.

7. Literatura

Seznam literatury, která je v kap. 1 *Literární rešerše* hodnocena, je relativně rozsáhlý (34 položek) a obsahuje jak starší, tak i novější literaturu, která se zabývá vyhodnocením hlavně HDZ. Podrobněji viz níže.

8. Formální úprava práce a její jazyková úroveň

Práce má standardní formální úpravu, v textu i v přílohách jsou grafy výsledků analýzy dat získaných či vypočtených autorem. Jsou v rozsahu, který je dostačující pro pochopení tvrzení a závěrů, obsažených v textu.

Text je přehledný, i když ve formátu pdf není vždy plně čitelný, což je nedostatek, který zřejmě tištěná verze nemá.

Z jazykového hlediska je práce napsána tak, že jsou sdělované informace čtenáři pochopitelné. Nedostatkem je, že autor na mnoha místech opakuje některé myšlenky či tvrzení. V některých částech jsou formulace těžkopádné a i nejasné, např. pojem „model“ používá v textu v různých smyslech.

I přes to je z hlediska **požadavků je text disertační práce formálně vhodný a srozumitelný**.

9. Obecné připomínky

Disertační práce je zajímavá propojením teorie, současných běžně dostupných technických a programových prostředků a praxe. Za pozitivum považuji, že se podařilo výsledky získané při zpracování disertace opublikovat u nás i v zahraničí.

9.1 Úvod:

Autor měl již v úvodní části, a pak i v části rešeršní, podrobněji vysvětlit, **proč se ve své práci zaměřil pouze na čerpací zkoušky (ČHDZ)**, přitom se práce podle názvu, zabývá obecně **hydrodynamickými zkouškami**, které zahrnují poměrně rozsáhlou škálu zkoušek, které se dělí podle podmínek, za kterých jsou realizovány.

² Autor v práci neuvádí, za jakých podmínek je jeho řešení pro radiální proudění ke reálnému vrtu při čerpacích zkouškách použitelné i pro interpretaci nálevových či vtlačecích zkoušek.

³ Z části 5 „Diskuse a závěry“ není zřejmé, za jakých podmínek je daná aplikace použitelná i pro OS mobilů, což by zvýšilo význam disertační práce.

Do základních skupin se hydrodynamických zkoušek (dále HDZ) dělí hlavně podle toho, zda dochází při vyvolání hydrodynamického impulsu v vrtu, sondě, studni atp. k přítoku (**zkoušky odběrové**) či odtoku (**zkoušky nálevové**). V obou případech se při interpretaci používá Theisovo řešení a Jacobova aproximace.

HDZ se dělí dále podle délky režimu, který je při HDZ ve zkoušeném vrtu dosažen. Jde o zkoušky a) expresní (s impulsním či maloobjemovým jednorázovým či intervalovým odběrem), b) krátkodobé, c) dlouhodobé resp. exploatační.

Podle **způsobu vyvolání hydrodynamického impulsu** se rozlišují např. HDZ nálevové, testerové, čerpací, stoupací, objemové (při vnoření do vrtu fixního objemu, který způsobí zvýšení hladiny), vtláčecí, kdy se docílí změna tlaků či hladiny ve vrtu situovaném ve zkoušené zvodni, vtláčením vody. Při stanovení filtračních odporových, kapacitní atp. parametrů zvodně lze využít i výsledky režimních pozorování změn, ke kterým došlo např. při povodňové vlně v blízkém recipientu, při zemětřesení (komprese a dekomprese zvodně), ale při mimořádných situacích, např. při průvalech důlních vod atp..

Zajímavé by bylo, kdyby program RadFlow byl využitelný i pro zkoušky stoupací.

Mezi základní kritéria členění HDZ patří způsob a doba trvání **vyvolaného tlakového impulsu**. Pak jde o zkoušky při **ustáleném odběru**/dotaci vody do vrtu, **při ustáleném snížení hladiny** ve vrtu a dále při kvaziustáleném (stupňovité zkoušky) či ustáleném režimu odběru i hladiny vody. Domnívám se, že aplikace RadFlow by měla být schopná interpretovat i výsledky zkoušek za podobné situace, zvláště proto, že jsou analytická řešení velmi jednoduchá a lze použít grafoanalytické metody.

Vlastní výběr vhodné HDZ provádíme podle **cílů zkoušky**, kdy se liší zkouška, jejímž cílem je např. ověření **efektivnosti dekolmatace** (vyčištění) vrtané či kopané studny a nebo piezometru, a jiný typ HDZ na stejných objektech bude a při vyhledávacím průzkum zdrojů vody, posouzení možnosti odvodnění ložiska nerostných surovin, anebo ještě oceňujeme jednotlivé kategorie využitelných zásob podzemních vod. Obdobně bude jinak organizována a vyhodnocována HDZ na vrtu, na kterém oceňujeme hydraulické odpory podmíněné nejen kolmatací, ke které došlo buď při vrtání anebo v důsledku stárnutí a zarůstání filtrační části vrtu např. hydroxidy železa a jinak HDZ je při řešení otázek spojených se sanací znečištěných vod, při projektování monitorovací sítě, při soudních sporech vzájemného ovlivnění studní, při řešení spojených s oceněním infiltrace do zóny nenasycené zóny.

Odlišné jsou HDZ při řešení lesnických, zemědělských, vodohospodářských problémů, které zpravidla mohou být spojeny s již zmíněným „suchem“. V tomto případě je důraz kladen na nejrůznější typy nálevových a vsakovacích zkoušek. HDZ neposkytují informace pouze o filtračních parametrech horninového prostředí, ale vhodně volené HDZ umožňují ve spojení s hydrogeofyzikálními metodami získat informace o vhodném vystrojení vrtu, technických problémech, o směrech proudění podzemních vod atp..

Projekt realizace HDZ a je vždy závislý na hydrogeologických podmínkách (heterogenitě, anizotropii zvodně, okrajových a počátečních hydraulických i hydrochemických podmínkách, vlivu přetékání mezi zvodněmi, ale i technickými či antropogenními prvky, např. v důlní hydrogeologii). Proto považuji za velmi správné, že se autor zabývá i těmito otázkami, viz kap. 1.1.8. *Homogenita a anizotropie půdního* (pozn.I.L. - autor zřejmě myslel horninového) *prostředí*.

Na výběr HDZ a interpretačních metod mají vliv technické možnosti, odborné zkušenosti realizačního týmu a dostupnost programového vybavení. V současnosti v běžné praxi převládá hloubení vrtů technologií příklepového maloprůměrové vrtání nad ostatními technologiemi. Omezujícím faktorem jsou i finanční možnosti, kdy se řada soukromníků spokojí s maloprůměrovým vrtem vystrojeným filtrem z flexou prořízlou plastovou pažnicí, který se pak zpravidla rychle buď kolmatuje, a nebo má vliv na rychlé zanášení kalníku a znehodnocení celého vrtu.

Pro každou z těchto podmínek realizace HDZ, jejichž výčet není úplný, a jejich vzájemné kombinace, jsou rozpracovány interpretační metody: a) grafoanalytické, b) integrální, c) typových křivek, d) charakteristických bodů atp. lišící se svojí náročností, dostupností, vypovídací schopností a přirozeně i cenou.

To není vše, co souvisí podle názvu s tématem disertační práce. Proto je škoda, že autor neshrnl, nejlépe pouze v tabulkové formě, některé informace uváděné na str. 26 – 29 (kap. 1.1. Základní popis horninového prostředí a jeho fyzikální charakteristiky ve vztahu k podzemním vodám) a podrobně se nevěnoval vlastním zkouškám.

V práci je zmínka i o **zkouškách při ustáleném proudění**, kdy je na vrtu docílen ustálený odběr ($Q = \text{konst.}$) a ustálené snížení hladiny ($S = \text{konst.}$) (Theim - Dupuitův vztah). Jen pro zajímavost, právě Theim v roce 1911 v Kolíně, tj. v blízkosti lokality Veletov, kde autor disertační práce ověřoval příhodnost použití jím rozpracovaného programu, projektoval zásobování města Kolín ze studní v blízkosti řeky Labe. Theim právě na jím interpretované HDZ při ustáleném režimu prokázal zásadní vliv Labe na indukované zásoby daného jímacího území. Tak tomu bude i na lokalitě Veletov, kde jsou vrty cca 200 – 300 m od břehu Labe.

Na závěr úvodní části souhlasím s názorem autora, že **význam HDZ a jejich objektivní vyhodnocení s následným využitím získaných informací, je při každém hydrogeologickém průzkumu zásadní**, a bude určitě stoupat i s prohlubujícími se trendy nedostatku zdrojů vody, a při zhoršujících se podmínkách zadržení vody (degradace půd, kácení lesů, zcelování zemědělských pozemků agrárními společnostmi nevlastnící zpravidla pozemky, které obdělávají).

Autor však měl, podle mého názoru, již v úvodu, případně když tak v části **3. Diskuze a závěr** zdůraznit, že jeho práce je zaměřena pouze na:

- program RadFlow pro vyhodnocení čerpacích zkoušek při neustáleném a kvaziustáleném režimu,
- zpřístupnění veřejnosti programu RadFlow, který zpřístupnil na internetu, a na
- otestování programu při expresních zkouškách posouzení efektivnosti dekolmatace studní v ČR (Veletov) a v Srbsku (Bela Crkva, Straza), které prováděla firma Vodní zdroje a.s..

9.2 Literární rešerše:

Jak již jsem uvedl, tato část (str. 26 – 50) je relativně rozsáhlá (je jí věnována značná část práce), a **obsahuje** informace, které by bylo možné přehledně zpracovat do jedné či více tabulek, a získaný prostor využít pro kritický pohled na současnou úroveň určování parametrů (geometrické, látkové, energetické parametry), určovaných při běžných i specializovaných HDZ, jejichž znalost je nezbytná při rozhodování o způsobu řešení praktických, ale i vědeckých úloh.

Autor se v rešerši jen okrajově zmiňuje **typizaci doplňkových filtračních odporů** např.

- a) hydraulické neúplnosti vrtů, přetékání ze sousedících zvodní anebo přes technicky nesprávně vyprojektovaný či realizovaný vrt,
- b) vlivu neúplnosti blízkého vodních recipientů s $H = \text{konst.}$ či nepropustných hranic s $Q = \text{konst.}$, protože právě program navržený autorem má tu výhodu, že je vlastně použitelný vždy, když jsou splněny konkrétní podmínky doby trvání ČHDZ.

Škoda, že autor v rešerši neuvedl **přehled jednotlivých typů indikačních časových, prostorových či časoprostorových křivek** (S versus $\log t$, ale i r versus $\log t$ a nebo též S versus $\log r^2/t$ resp. S versus $\log t/r^2$ atp.) při HDZ za čerpání při $Q = \text{konst.}$ a pak i $H = \text{konst.}$, protože ne vždy jednoduchý S -tvar křivky jednoznačně znamená, že se projevuje pouze vliv objemu vrtu, kolmatace atp., zvláště pak ne při krátkodobých HDZ. Důležité je, že vliv objemu vrtu se při ČHDZ uplatňuje při obvyklých průměrech (cca do 200 mm) ve velmi krátké době.

V praxi se zcela běžně vyskytují ČHDZ s vyšším stupněm deformací indikačních křivek. V této souvislosti pak měl autor provést následně, tj. v dalších částech, jednoduchou analýzu jím hodnocených praktických příkladů. V první řadě měl v každém praktickém příkladu vypočítat teoretickou dobu čerpání při ČHDZ, po kterou platí Theistovo řešení a kdy Jakobovu aproximaci při splnění podmínky ideálního vrtu. Tyto hodnoty měl pak porovnat s reálnými podmínkami, kdy se projevují doplňkové filtrační odpory. Vypočtené odporové a kapacitní filtrační parametry (T , μ) využít pro stanovení oblasti, v níž může být umístěn pozorovací vrt, který poskytuje pro jejich výpočet dostatečně spolehlivé parametry.

Podobně měly být v tabulkové formě shrnuty výsledky teoretických výpočtů doby, kdy by se na indikačních křivkách (např. S versus $\log t$) měl projevit např. na lokalitě Veletov vliv řeky Labe, anebo na lokalitě Bela Crkva, vlivy možného přetékání přes jednotlivé filtrové části vrtů. Všechny výsledky teoretických výpočtů by pak byly porovnány se skutečnými hodnotami (t_0), kdy se již začíná projevovat pokles hladiny v monitorovacích vrtech (na lokalitě Bela Crkva jsou ve vzdálenosti cca 5 m od čerpaného vrtu)..

Jsem přesvědčen, že právě v rešeršní části disertace měl autor porovnat všechny existující - a to třeba i jen hypotetické HDZ, např. použití obturátorů pro lokální izolaci úseků ve vrtu - které se dají použít, anebo se používají při posouzení účinnosti dekolmatace studní. V jedné z mnoha příruček pro kontrolu míry úspěšně vyčištění vrtaných studní vydávaných v USA, a též ve skriptech pro Stavební fakultu ČVUT z roku cca 1975, pro expresní stanovení relativní propustnosti částečně vodou podtopené základové spáry s převládajícími písky, je např. popisována velmi levná metoda jednorázového expresního nálevu s následným postupným měřením poklesem hladinu ve vrtu/sondě.

Tím chci opět upozornit, že význam práce přesahuje jen autorem úzce zadané využití ČHDZ, v daném případě, při kontrole dekolmatačního efektu.

Rešerše by byla zajímavější, kdyby autor zahrnul do této části též rešerši:

- a) obdobných programů dostupných na internetu, či dostupných, za relativně malé částky
- b) zkušeností z ČR a zahraničí při řešení analogického problému.

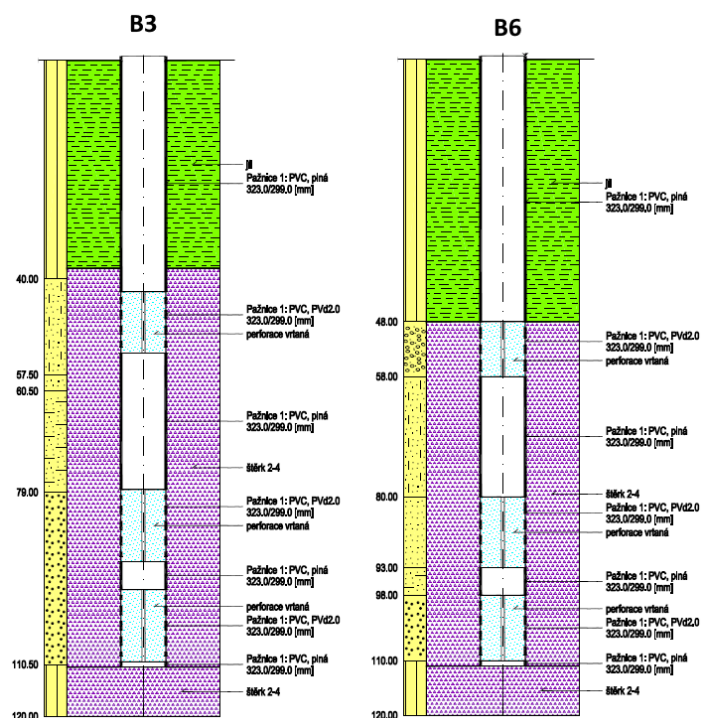
Tyto zkušenosti autor mohl vzájemně porovnat v tabulkové formě.

9.3 Vlastní práce, diskuze a závěry:

Realizace čerpacích zkoušek:

Některé připomínky jsem uvedl již výše. Autorovou výhodou bylo, že měl během zpracování disertace možnost **seznámit se s praktickými zkušenostmi fy Vodní zdroje a.s.**, která patří mezi nejzkušenější v ČR.. Škoda, že autor alespoň v příloze neuvedl všechny důležité informace o hydrogeologických podmínkách na lokalitě Veletov, Bela Crkva. V prvním případě se mohl projevit hlavně přítok vody z řeky Labe, ve druhém pak hydraulická neúplnost způsobená např. použitím tří etází ve zkoušených vrtech kolony skládající se ze tří od sebe oddělených filtrů (viz obr. 1) a dokonce jsou ve vzdálenosti 5 m pozorovací vrty.

Autor nehodnotí, možný vliv obsypu zřejmě propojujícího všechny filtrové části a reálné vertikální heterogenity zvodně (v příloze by měl být např. petrografický popis vrtů). V obou případech chybí hydrogeologické profily územím a základní údaje o petrografickém složení zkoušené zvodně. Chybí i údaje o vystrojení vrtů atp.. Jsem přesvědčen, že v závěrečné zprávě z dané lokality jsou všechny tyto údaje k dispozici.



Obr. 1 Profily vrtů z lokality Bela Crkev s vyznačením možného přetékání, které je dáno obsypem i umístěním čerpadla (pozní.L.:žlutá část profilu není v textu vysvětlena)

Popis aplikace programu RadFlow a jeho použití:

Popis (str.52 - 62) ve své podstatě odpovídá zjednodušené příručce pro použití autorem sestaveného programu RadFlow. Domnívám se, že každý programový produkt, který byl rozpracován a je zaváděn do praxe, by měl mít zcela jasně uvedeny výsledky porovnání s jinými metodami, v tomto případě např. porovnání s tabulkovými hodnotami tzv. studňové funkce a případně dalších funkcí $W(x,y)$ resp. $H(x,y)$ a další, zohledňující přetékání atp. atd.. a uvedeny omezující podmínky pro použitelnost programu. S tím souvisí i to, že by k programu RadFlow, že by v příloze měl být přiložen vypracovaný „Manuál“ pro použití programu RadFlow.

V textu jsou skrytá určitá dekadentní filosofická zákoutí (str.63), jako např.

„...Cílem datového modelu je tvorba vhodné datové struktury pro vyvíjený software a databázový systém, který aplikaci slouží k uložení uživatelských a systémových dat. Výsledný model se skládá z jednotlivých entit, které nejčastěji reprezentují objekty reálného světa. Samotné entity k popsání jednotlivých vazem samozřejmě nestačí, k tomu účel je nutné použít logické vazby mezi objekty. Pro účely aplikace byly navrženy tři entity: uživatel, model a parametry modelu. Každý objekt obsahuje logickou referenci na jinou entitu, tímto je zajištěna konzistence dat....“

Přitom je bez jakýchkoliv pochyb, že autor opomněl, že existují „modely“, které zahrnují objekty imaginárního tj. nereálného světa. Je zajímavé, že autor používá pojem „model“ jak v chápání „datový model“ tak i „výsledný model, který se však skládá, z entit...“, jak sám autor upozornil, jehož součástí je „model“.

Ne vždy je v disertaci jasné, jak autor nakládá s ochranou autorských práv, např. k programu RadFlow, který v rámci disertační práce sestavil, ale ani k používanému (str. 63) open-source objektově-relační databázový systém **PostgreSQL**, kde by měl být citován i zdroj, odkud byl tento systém „stáhnut“ atp.. Týká se to i převzatých výsledků od Vodních zdrojů a.s. Praha, kde v textu a ani v seznamu použité literatury není uvedena citace použité průzkumné zprávy, z které jsou výsledky průzkumu převzaty. Jen na grafické příloze je uvedeno jméno zpracovatele, což je podle současných přijatých pravidel evidentně nedostačující. Chybí i vyjádření majitele výsledků průzkumu, kterým jsou Vodní zdroje a.s., zda autor může výsledky použít a případně publikovat.

Autor je na mnoha místech stylisticky komplikovaný, např. místo toho aby napsal jednoduše: „**cílem je určení transmisivity a storativity s využitím pozorovacích vrtů**“ myšlenku formuluje (str.64) tak, že:

„....hlavním cílem analýzy dat je stanovení základních hydraulických charakteristik prostředí v podobě transmisivity a storativity. ... K tomu účelu bylo nezbytné provést také měření na pozorovacím objektu v průběhu čerpacích zkoušek..“

Do textu není zařazena tabulka s prvotními výsledky měření získaných v průběhu zkoušky, např. nejsou uvedena data a hodiny, kdy byly jednotlivé zkoušky realizovány, délka zkoušek, jaké a jak resp. jakým zařízením byly hodnoty (snížení hladin) měřeny, jaké bylo použito čidlo (zřejmě membránové), od jakého výrobce a hlavně, kde bylo čidlo ve vrtu umístěno.

V celé práci jsou i další téměř nepochopitelná a komplikovaná místa, když autor od počátku práce popisuje „čerpání“ na **čerpaném objektu**, přitom je metoda použitelná i pro výsledky měření poklesů hladin na pozorovacích vrtech. Přesto opakovaně zdůrazňuje, že (str. 64):

„....Tento průběh je možné pozorovat díky velmi krátkému časovému intervalu odečtu snížení hladiny (nejlépe v sekundovém intervalu) na čerpaném objektu. Stanovení parametrů reálného vrtu je také nedílnou součástí zde prezentovaného vyhodnocení dat. Tomu však předchází určení koeficientů transmisivity a storativity zvodnělé vrstvy, pomocí výše popsané Jacobovy semilogaritmické metody přímkou. Následně tyto základní charakteristiky použijeme ke stanovení parametrů reálného vrtu (⁴) z analytického předpisu pro bezrozměrné snížení hladiny podzemní vody v homogenním a izotropním kolektoru s najatou hladinou, storativitou vrtu a dodatečnými odpory dle Agarwal et al. (1970). Bylo prokázáno, že zanedbání parametrů reálného vrtu může vést k desinterpretaci výsledků čerpací zkoušky a následné znehodnotit navazující činnosti, do kterých hodnoty vstupují. Dále jsou tyto parametry předpokladem pro získání relevantní informace o stavu vrtu s možností sledování vývoje kolmatace vrtu v kontextu návrhu možné regenerace vrtového objektu....“

Uvedu příklad, kdy je použita i nejednoznačná terminologie, např. pojem storativita v hydrogeologii znamená česky zásobnost. Pojem „storativita vrtu“, nelze přeložit jako „zásobnost vrtu“, a proto se musí používat slovní spojení „objem vody ve vrtu“ (angl. wellbore storage, což je termín, který autor v textu na jiném místě jednou správně použil).

V práci se lze (str. 64) dočíst o Bele Crkvi, že:

„....Oblast a její okolí je charakteristická chladnějším klimatem, které je specifické dlouhým a teplým létem a chladnějším zimou se sněhovými přeháňkami..“

V textu přitom chybí poměrně důležitější a zajímavější informace, např. o směru proudění podzemních vod, o jednotlivých zvodnách, není přiložen hydrogeologický profil územím mezi vrty řady B (vrty B1, B3 a B6). Píše se o pozorovacích vrtech, které jsou 5 m od vrtu čerpaného, ale i jejich lokalizace a hydrogeologický profil není doložen. Chybí údaj, zda během čerpání byla měřena hladina i v blízkých vrtech řady B. Jestliže ne, tak z jakých důvodů hladina nebyla měřena.

10. Dotazy

Protože hlavním výstupem disertační práce je program RadFlow, mám k autorovi **následující otázky**:

- 1) Podílel se autor na terénních pracích v ČR a Srbsku, a nebo je nekriticky převzal od Vodních zdrojů a.s.?
- 2) Jak hodnotí současný stav využívání digitalizovaného systému vyhodnocování HDZ v ČR, v případech, kdy jsou měřicí tlakové sondy přímo spojeny s interpretační jednotkou?

⁴ Není jasné, jestli může jít i o reálný monitorovací tj. pozorovací vrt, na kterém se např. neprojevuje objem vody, ale jeho kolmatace.

- 3) Bude program RadFlow autorem rozšířen i pro interpretaci ve složitějších hydrodynamických podmínkách, např. pro ČZDZ v blízkosti jedné či více hranic, např. tvořených řekou, nepropustnou tektonikou atp., což umožňuje metoda superpozice?
- 4) Mohou se na S-tvaru indikační křivky podílet i jiné faktory než doplňkové filtrační odpory na zkoušeném vrtu?
- 5) Jak se při interpretaci pomocí RadFlow odliší i jiné faktory mající vliv na doplňkové filtrační odpory, např. hydraulická neúplnost čerpaného vrtu? Za předpokladu, že odpory spojené s objemem vody ve vrtu a kolmatací budou zanedbatelné, lze pomocí programu RadFlow určit doplňkového odporu alespoň stupeň vzkrytí testované zvodně a tím i hloubku podloží?
- 6) Byl program RadFlow testován a výsledky porovnávány s publikovanými tabulkovými hodnotami studniční funkce? Byl program RadFlow porovnáván s analogickými programy dostupnými na trhu a nebo na internetu?
- 7) Lze využít program RadFlow v případě, kdy jsou „reálné podmínky“ (vliv objemu vody ve vrtu, vliv kolmatace) nejen na vrtu čerpaném, ale i na vrtech pozorovacích, kdy má jejich kolmatace zpravidla vliv na tzv. jejich hydraulickou setrvačnost? Kolik pozorovacích i najednou čerpaných vrtů lze v programu RadFlow zadat? Jak se chová program při dlouhodobých HDZ, a nebo, když se projeví více faktorů?
- 8) Lze využít program RadFlow pro HDZ ve vrstevnatém prostředí, ve kterém se projevuje vliv přetékání, a vlastně i pro další případy, pro která jsou k dispozici analytická řešení?
- 9) Předpokládá se další rozšíření programu RadFlow pro složitější podmínky, např. stupňovité zkoušky atp.?
- 10) Umožňuje program RadFlow analyzovat případy, kdy se na S-tvaru indikační křivky projevil vliv tzv. Boultonova efektu, a případně i další faktory, např. již zmíněné přetékání vody mezi jednotlivými zvodněmi obsypem, a nebo vliv zdržení uvolňování vody ve dvouvrstevném kolektoru, kdy filtr čerpacího vrtu je v propustnější vrstvě překryté kolektorem s nižší propustností?
- 11) Je možné použít program RadFlow v mobilní aplikacích, a jestliže ano, tak pro jaký operační systém?

11. Závěr

Disertační práci lze vytknout řadu nedostatků, o nichž jsem se o některých zmínil výše.

Za hlavní nedostatek považuji, že se autor „**nevyužil příležitosti**“ které mu doktorandské studium poskytlo, a spokojil se v mnoha částech své práce jen s obecnými a i povrchními formulacemi, k tomu navíc často i nejasnými.

Disertační práce je přesto výjimečná tím, že se ing. Jiřímu Holubovi se podařilo propojit alespoň částečně tři základní znalostní schopnosti, které by měl současný český hydrogeolog již prakticky ovládat a to:

- a) schopnost proniknout do teoretických základů jakékoliv jím vybrané metody, v našem případě HDZ

- b) umění definovat podmínky pro praktické řešení problému, a samostatně si sestavit potřebnou programovou aplikaci, např. i pro mobilní telefon,
- c) schopnost využít získané teoretické poznatky v jím sestaveném programu RadFlow pro automatizovanou interpretaci praktických výsledků čerpacích zkoušek (lokalita Veleň a Bela Crkev).

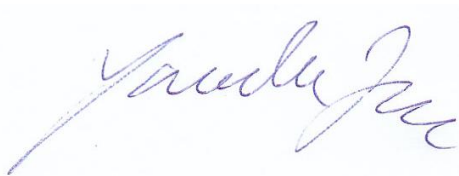
Práci hodnotím celkově kladně, i když by bylo užitečné, aby autor práce zpracoval, resp. k obhajobě předložil doplněk, ve kterém odpoví na výše uvedené otázky, a uvede konkrétní odkazy na internetové stránky, kde jsou volně dostupné jím použité programové prostředky, dále bude citovat zprávy, z kterých převzal výsledky ČHDZ. Zřejmě by bylo vhodné, kdyby do doplňku dal i souhlas Vodních zdrojů a.s. s využitím výsledků v disertační práci a případně i publikací.

Ponechávám na komisi, zda tyto požadavky budou akceptovány a nebo - podle výsledků obhajoby - ještě budou doplněny o další. Přes všechny nedostatky disertační práce, která nepatří mezi vynikající

d o p o r u č u j i ,

aby práce pana ing. Jiřího HOLUBA **byla po doplnění přijata, a autorovi přiznána příslušná hodnost.**

V Praze, dne 9.9.2018



.....

Prof. Ing. RNDr. Ivan LANDA, DrSc.

i.landa@email.cz

tel: 602 36 35 41