

OPONENTNÍ POSUDEK DIPLOMOVÉ PRÁCE

Název diplomové práce : Matematický model regionálního proudění podzemní vody v oblasti melechovského masivu

Diplomant : Tereza Dupalová

Vedoucí diplomové práce : Doc. Jiří Mls, Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užitě geofyziky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy.

Oponent : Mgr. Michal Polák, PROGEO s.r.o., Tiché údolí 113, Roztoky u Prahy

Úvod k oponentnímu posudku

Cílem oponentního posudku je zhodnotit, zda diplomová práce odpovídá po obsahové i formální stránce požadavkům kladeným na její přijetí. Předkládaný posudek se vztahuje k čistopisu diplomové práce, který mi byl předán diplomantkou 23.5.2006.

Připomínky a komentáře k jednotlivým částem DP

ad úvodní listy (obsah, seznam příloh, abstrakt)

Abstrakt postihuje zadání diplomové práce a způsob jeho zpracování. Mimo to uvádí práci do kontextu s geologickými pracemi realizovanými v zájmové lokalitě.

K úvodním listům nemám připomínek.

ad kap. 1. Úvod

V *Úvodu* je rekapitulováno zadání, cíle diplomové práce a základní prostředek pro jejich naplnění (matematický model). Dále je zde lokalita melechovského masivu stručně představena jako testovací lokalita pro stanovení metodiky průzkumu prostoru budoucího úložiště vysoce aktivního odpadu a je nastíněna problematika bezpečnosti úložiště vzhledem k proudění podzemní vody. Pro potřeby uvedení do problematiky práce považuji tuto kapitolu za dostačující.

ad kap. 2. Metodika

Stručným způsobem je popsána metodika zpracování matematického modelu zájmové lokality. Je zde stručně vymezen rozsah modelového území, jeho diskretizace a shrnuto stanovení okrajových podmínek. Dále je uveden hlavní zdroj, ze kterého byly čerpány informace o hydraulických parametrech horninového prostředí a uveden název modelovací aplikace, která byla k realizaci modelu použita.

V této kapitole postrádám ucelenější zmínku o zpracování podkladových materiálů a vymezení nejdůležitějších zdrojů informací o zájmovém území, přestože z dalších kapitol je patrné, že byla provedena podrobná rešerše prací týkajících se zájmového území.

ad kap. 3. Přírodních poměry

Kapitola *Přírodní poměry* je členěna do podkapitol *Morfologie, Klimatologie a Hydrografie a hydrologie*. Kapitola věcně a přehledně dokumentuje přírodní poměry lokality. Jsou zde uvedena klimatická a hydrologická data, u kterých je vždy správně citován informační zdroj.

K této kapitole nemám žádné připomínky

ad kap. 4 Geologické poměry

Kapitola *Geologické podmínky* je tvořena podkapitolami *Geologický vývoj a charakteristika jednotek a Strukturní charakteristika*. Je zde popsána geologická stavba zájmové oblasti a jednotlivé litologické typy granitických hornin masivu. Rovněž jsou v této kapitole popsány hlavní strukturní směry a charakter tektonického porušení masivu. U všech převzatých údajů jsou náležitě uvedeny citace. Postrádám zde pouze odkaz, který by čtenáře upozornil na geologickou a tektonickou mapu v přílohové části. Jinak je kapitola velmi dobře a přehledně zpracována.

ad kap. 5 Hydrogeologie

Kapitola *Hydrogeologie* obsahuje podkapitoly *Hydrogeologická charakteristika území, Hydraulické vlastnosti hornin, Režim podzemních vod a Typy podzemní vody*.

V podkapitole *Hydrogeologická charakteristika území* jsou správně vymezeny tři základní hydrodynamické zóny hydrogeologického masivu. Postrádám ovšem alespoň přibližné vertikální vymezení rozsahu těchto zón. Je zde také uvedeno rozdělení masivu do tří dílčích kolektorů na základě litologických typů granitu.

V podkapitole *Hydraulické vlastnosti* jsou charakterizovány dostupné zdroje informací o hydraulických odporových parametrech prostředí masivu a uvedeny hodnoty koeficientu hydraulické vodivosti pro jednotlivé hydrodynamické zóny. Jeden z citovaných zdrojů (Krásný, 2004) není uveden v kapitole Literatura.

V podkapitole *Režim podzemních vod* je popsána představa oběhu podzemní vody v hydrodynamických zónách krystalinika a vliv tektoniky na režim proudění podzemní vody. Jsou zde také uvedeny některé hodnoty úrovně hladiny podzemní vody pod terénem. Chybí zde ovšem jakékoli informace o značném množství pramenních vývěrů v zájmové oblasti.

V podkapitole *Typy podzemní vody* jsou stručně uvedeny základní hydrochemické typy vod a jejich obvyklé úrovně mineralizace.

Celkově je kapitola dobře zpracována a podává jasný přehled o hydrogeologických poměrech lokality.

ad kap. 6 Koncepční model

Kapitola je dále členěna na podkapitoly *Vymezení modelové oblasti*, *Popis modelových vrstev*, *Hydraulické vlastnosti*, *Srážky a Odpor vrstvy ve dně řek*.

Podkapitola *Vymezení modelové oblasti* definuje hranice modelového území. Dále je zde komentováno, jakým typem okrajové podmínky jsou jednotlivé části hranice simulovány. V závěru podkapitoly je patrně omylem zaměněna Dirichletova podmínka za Newtonovu. V obr.2 „Mapa rozvodnic v zájmové oblasti“ postrádám vysvětlivky.

Podkapitola *Popis modelových vrstev* informuje o způsobu vertikálního členění modelové domény na modelové vrstvy. Pro zjednodušení orientace v celé práci by bylo vhodné do této podkapitoly doplnit přehledné schéma popisující vertikální členění modelu a mocnosti jednotlivých modelových vrstev.

V podkapitole *Hydraulické vlastnosti* autorka uvádí, jaké hodnoty koeficientu hydraulické vodivosti jsou zadány do jednotlivých vrstev modelu při jeho sestavování. Drobnou chybou v podkapitole je pouze jedno zaměnění termínu izotropie za termín homogenita.

Podkapitoly *Srážky a Odpor ve dně řek* uvádí, jaké hodnoty jsou při konstrukci modelu použity pro simulaci srážkové infiltrace a pro simulaci potenciálně zvýšeného hydraulického odporu dna vodotečí. Hodnota plošné modelové infiltrace je uvedena chybně, autorka patrně z nepozornosti zapomněla doplnit, že hodnota je v řádu 10^{-4} m/d.

Pro ucelenost kapitoly koncepční model doporučuji na začátek kapitoly doplnit, v čem spočívá konceptualizace puklinového prostředí pro simulaci pomocí modelu ekvivalentního kontinua.

Přes drobné nedostatky je tato kapitola, kterou považuji za jednu ze stěžejních částí práce, zpracována věcně správně a účelně.

ad kap.7 Matematický model

Tato kapitola je členěna na podkapitoly *Matematická formulace*, *Použitý software*, *Geometrie modelu*, *Topografie a vlastnosti slices* a *Okrajové podmínky a vstupní parametry*.

V podkapitole *Matematická formulace* jsou správně uvedeny a označeny dva tvary řídicí rovnice pro proudění vody v porézním prostředí.

V podkapitole *Použitý software* je stručně představena použitá modelová aplikace Feflow. Jsou zde uvedeny dvě rovnice označené za „základní rovnice“ použité pro modelování. Označení „základní rovnice“ je značně diskutabilní a spíše bych upřednostňoval jejich nahrazení nějakou formou řídicí rovnice.

V podkapitole *Geometrie modelu* je uveden rozsah modelového území a počet uzlů a prvků modelové výpočetní sítě. Souřadnice, které jsou zde uvedeny, nejsou v Gauss-Kruegerově systému, ale jedná se o relativní Křovákovy souřadnice běžně používané při matematickém modelování ($X_{rel} = -Y_{kr}$, $Y_{rel} = -X_{kr}$).

Podkapitola *Topografie a vlastnosti slices* popisuje, jak je v modelu zohledněn reliéf území a jaké typy ploch (slice) byly v modelu použity.

Podkapitola *Okrajové podmínky a vstupní parametry* stručně uvádí jakým způsobem byly do modelu zadány okrajové podmínky a hydraulické vlastnosti hornin.

ad kap. 8 Kalibrace

V kapitole *Kalibrace* je popsáno, že pro ladění modelu bylo využito hladinového kritéria a správná funkčnost modelu byla ověřována pomocí bilance řešení. V kapitole je dále uvedeno, že ke kalibraci

modelu bylo použito změn hydraulické vodivosti, hydraulického odporu dna vodotečí a plošné infiltrace ze srážek. Dále jsou zde představeny varianty simulace, které dokumentují postup kalibrace modelu. Volba variant při kalibraci odpovídá míře zkušeností autorky modelu s podobnou problematikou. Na začátku této kapitoly je uvedeno: „Ke kalibraci byly použity pouze průměrné hodnoty úrovní hladin ve studnách a vrtech.“ Bylo by vhodné blíže specifikovat, jak byl tento průměr stanoven a ke kterým objektům, případně oblastem, se vztahuje.

ad kap. 9 Výsledky

Kapitola velmi stručně informuje o tom, jaké výstupy model poskytuje a které přílohy obsahují příslušné výsledky. V této kapitole je rovněž uvedena tabulka, která by podle autorky měla dokumentovat převládající směr vertikálního proudění v jednotlivých modelových vrstvách. Je třeba si uvědomit, že kromě modelových ploch (slices), do kterých je zadána okrajová podmínka 3. typu, neobsahuje model žádný další zdrojový nebo propadový člen. Veškeré množství, které určitou plochou (nebo vrstvou) proteče ve vertikálním směru dolů, musí touto plochou opět zákonitě protéct i směrem vzhůru. Doporučuji proto opět zvážit metodu, kterou byl tento výsledek stanoven a zamyslet se nad jejími omezeními vzhledem k metodě konečných prvků.

ad kap. 10 Diskuse

V této kapitole je stručně a nepřiliš přehledně popsáno, jakým způsobem se projeví změny jednotlivých modelových parametrů ve výše uvedených variantách modelu. Dále je zde konstatováno, že varianta 10 byla zvolena za variantu nejlépe odpovídající reálným podmínkám, a že je v dobré shodě s modelovým řešením, které zde bylo realizováno v rámci projektu PADAMOT. Je zde diskutována problematika infiltračních a drenážních oblastí zájmového území a popsán úbytek množství vody a snížení rychlosti proudění s hloubkou.

Celkově se domnívám, že interpretace modelových výsledků měla být pojata méně stručně a srovnání s předchozím modelovým řešením z této lokality mohlo být více detailní (zajímavé srovnání modelů stejných konceptů s různými numerickými metodami a srovnání kalibrovaných hydraulických parametrů).

ad kap. 11 Závěr

V *Závěru* jsou rekapitulovány provedené práce a dosažené výsledky. Je zde též správně upozorněno, že výsledky se vztahují k simulaci pomocí přístupu ekvivalentního kontinua a uvedeno, že režimní stanovení postupných profilových průtoků v místních vodotečích by umožnilo lépe kalibrovat modelové řešení.

K této kapitole nemám žádné připomínky.

ad Přílohy

V přílohové části jsou uvedeny grafické a tabelární přílohy. K přílohám mám tyto připomínky:

Příloha 4 – ve vysvětlivkách by mělo být uvedeno co znamenají kolečka s čísly,

Příloha 5 – záplavová výplň by měla spíše reprezentovat rychlost (hydraulická výška je již uvedena v příloze 4),

Příloha 6 – měl by být uveden správný název systému souřadnic,

Příloha 7 – hodnoty v tabulce doporučuji zaokrouhlit na menší počet desetinných míst.

Celkové hodnocení diplomové práce

Předložená práce zpracovává metodicky správně zadané téma. Pro diplomovou práci byly využity prakticky veškeré dostupné podklady a materiály. Tyto materiály jsou v textu řádným způsobem citovány. Převzaté poznatky jsou zřetelně odlišeny od vlastních výsledků diplomantky.

Ve zpracování matematického modelu i textu diplomové práce se sice vyskytuje několik chyb, ty však vyplývají z nedostatku zkušeností diplomantky s problematikou matematického modelování. Prakticky ve všech případech připomínek, které jsou uvedeny v předchozím oddílu posudku, se jedná o chyby formální, nikoliv odborné a zásadní. Za hlavní nedostatek diplomové práce pokládám nedostatečnou a příliš stručnou interpretaci modelových výsledků, jak po stránce textové, tak po stránce grafické. V textu práce je také možné najít určité stylistické nedostatky, což ovšem může být pouze věcí subjektivního názoru.

Za stěžejní výsledky diplomové práce považuji velmi dobré zpracování koncepčního modelu zájmového území a jeho další zpracování v modelovacím programu Feflow. Vytvořený matematický

model je v rámci možností diplomantky, které jsou dány jejími praktickými zkušenostmi, na velmi dobré úrovni.

Přes výše uvedené výhrady předložená práce odpovídá po obsahové i formální stránce požadavkům na zpracování diplomové práce.

Doporučuji diplomovou práci k přijetí.

Roztoky, 29.5.2006

Michal Polák

