

## Posudek disertační práce

Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, 17. listopadu 1192/12, 779 00 Olomouc

Uchazeč: **Mgr. Jakub Kmec**

Název disertační práce: **Analysis of the mathematical models for unsaturated porous media flow**

Studijní obor: **Matematická analýza**

Školitel: **RNDr. Rostislav Vodák, Ph.D.**

Oponent: **prof. Ing. Radka Kodešová, CSc.**, kodesova@af.czu.cz

### *Aktuálnost tématu disertační práce:*

Cílem této práce bylo vyvinout nové matematické modely pro interpretaci jevů, které mohou být pozorovány při infiltraci vody do velmi suchého písku nebo některých typů velmi vysušených půd. Jedná se o jevy, kdy v rozporu s běžně užívanou teorií pro popis proudění vody v porézním prostředí čelo zvlhčení nepostupuje do hloubky rovnoměrně, ale dochází k jeho nestabilitě a vzniku tzv. „fingeringu“. Tento jev byl experimentálně prokázán v dřívějších letech. Bylo prezentováno několik přístupů, jak tyto jevy matematicky popsat. Nicméně zdá se, že interpretace nebyla dostatečná. Proto je tato problematika stále velmi aktuální.

### *Splnění cílů disertační práce:*

Disertant vyvinul 2 matematické modely: 1. 1D semi-continuum model, 2. 2D semi-continuum model. V prvním případě se zaměřil především popis jevu „saturation overshoot“, kdy při vertikálním proudění v úzké trubici byla na a těstě za čelem zvlhčení pozorována vyšší saturace než ve zbývajících zvlhčených částech. V případě 2D modelu pak testovanou teorii aplikoval pro popis vzniku fingeringu. Disertant simuloval řadu scénářů, které měly za cíl vystihnout data dříve publikovaná jinými autory, a rovněž řadu scénářů, které měly ukázat chování modelu za různých podmínek. Cíle byly bezesbýtku splněny.

### *Metody a postupy řešení:*

Oba modely, tj. teorie, výsledky a závěry, byly opublikovány v prestižním časopise Scientific Reports (IF= 3.998). Oba manuskripty prošly náročným recenzním řízením, proto by nemělo být významných pochyb o jejich správnosti.

### *Výsledky disertace – konkrétní přínosy disertanta:*

Disertant věnoval velké úsilí vývoji obou modelů. Modely úspěšně aplikoval pro popis pozorovaných jevů. Správně provedl syntézu všech dat a interpretaci. Metody a výsledky úspěšně opublikoval ve zmíněném časopise. Disertant prokázal nejen matematické schopnosti, ale i to, že se v problematice proudění vody v porézním prostředí dobře orientuje.

### *Význam pro praxi a rozvoj vědního oboru:*

Hlavním přínosem práce je především snaha o matematické objasnění jevů spojených s nestabilitou proudění v porézním prostředí. Vyvinuté modely mohou být dále využity a popřípadě dále rozvíjeny pro popis podobných procesů. Modely a jejich výsledky významně přispěly k rozšíření znalostí v tomto oboru.

*Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň:*

Jazyková úroveň práce je dobrá. Práce je vypracována pečlivě. Zaznamenala jsem jen několik drobných nedostatků. Například citace [133] a [134] nejsou v seznamu literatury správně zařazeny. Hodnoty  $\alpha$  v tabulkách 4.2, 4.3 a 4.4 jsou podle odpovídajících křivek v obrázcích pravděpodobně v  $\text{hPa}^{-1}$ . Ne u všech proměnných jsou uvedeny jednotky (např.  $\lambda$  – str. 13, atd.). Bylo by vhodné uvést jednotky (nebo rozměry veličin) alespoň v přehledu na str. 103-104. Symbol  $\lambda$  je navíc použit ve více významech (např. str. 13, 67, 103) apod.

*Připomínky a dotazy:*

Na stránkách 82-83 je diskutován vliv úpravy zvlhčovací větve van Genuchtenovy retenční křivky. Lze očekávat nějaké podstatné změny v chování modelu, kdyby byl průběh retenčních čar popsán pomocí jiné rovnice například logaritmicko-normální funkce (Kosugi, 1996) nebo pomocí rovnice Brooks and Corey (1964)?

Mimochodem, V případě 2D modelu byla pro vyjádření tvaru retenčních čar využita van Genuchtenova funkce a aplikované parametry jsou uvedeny. V případě 1D modelu je uvedeno, že byla využita logistická funkce bez uvedení jejích parametrů? Jak byla definována a jaký má vztah k van Genuchtenovy funkci pro písek 20/30?

Myšlenka transformace retenčních čar v závislosti na velikosti bloku je zajímavá nicméně poněkud znervózňující. Ve skutečnosti částečně popírá ideu reprezentativního elementárního objemu, kdy při snižování objemu vzorku pod REO dochází k oscilaci například pórovitosti a s tím i hydraulických charakteristik, tj. retenční křivky mohou být možná plošší ale v různých menších blocích jiné. Jak by vlastně vypadaly vlhkostní profily (obr. 4.2), kdyby byly retenční křivky stejné? Lze transformaci a zároveň možnou oscilaci ve zmenšujících se blocích zahrnout do modelu?

V 1D modelu byl vztah mezi saturací a relativní propustností popsán pomocí mocninné funkce s exponentem 3, zatímco ve 2D modelu byl tento vztah popsán pomocí van Genuchten-Mualemova modelu. Může mít rozdílný způsob popisu tohoto vztahu podstatný vliv na chování modelu?

Vznik fingeringu byl modelově iniciován zavedením variabilního koeficientu  $\lambda$ , tj. vlastně variabilní relativní propustnosti. Vznik fingeringu je často vysvětlován počáteční vodoodpudivostí vysušených materiálů. Jak by mohl být tento jev zohledněn?

V závěru jsou sumarizovány charakteristiky modelů a jejich výsledky. Očekávala bych, že zde budou také nastíněny další záměry disertanta či jeho kolegů z pohledu další možné aplikace obou modelů a popřípadě jejich dalšího vývoje. Jaká je tedy budoucnost těchto modelů? Jedná se o teoretickou práci. Jaké jsou možnosti aplikace modelů nebo některých myšlenek pro simulaci nestabilního proudění v reálném prostředí?

Uvedené připomínky nijak nesnižují kvalitu disertační práce. Jedná se spíše o náměty k diskusi při její obhajobě.

Jedná o zajímavou disertační práci s nesporným vědeckým přínosem. **Proto doporučuji tuto práci k obhajobě a po úspěšné obhajobě disertační práce doporučuji udělení titulu Ph.D.**

V Praze dne 30. 4. 2021



Radka Kodešová