

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-15-0681****Vyšetrovanie hygrotermálnych a mechanických vlastností poréznych stavebných materiálov na báze matematického modelovania**Zodpovedný riešiteľ **prof. RNDr. Jozef Kačur, DrSc.**Príjemca **Slovenská technická univerzita v Bratislave - Stavebná fakulta**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Stavebná fakulta, STU v Bratislave

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Fakulta stavební, ČVUT

### Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

-

### Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. Jozef Kačur, Patrik Mihala, Michal Tóth. Numerical modeling of heat exchange and unsaturated–saturated flow in porous media, Computers & Mathematics with Applications, Volume 77, Issue 6, 2019, Pages 1668-1680, ISSN 0898-1221, <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2018.06.009>.  
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S089812211830333X>)
2. J. Kačur, J. Minár „Flow of water suspension in unsaturated – saturated porous media and determination of its filtration property“ Inverse Problems in Science and Engineering <http://dx.doc.org/10.1080/17415977.2016.1191070>
3. Jozef Kačur, Patrik Mihala and Michal Toth: Solution of some inverse problems for heat and mass transport in unsaturated porous media, International Journal of theoretical and applied Mechanics, Vol. 2, 2017, s. 85-91.
4. Jozef Kačur, Jozef Minár and Jela Babušiková: A remark to the numerical modeling of 2D geosynthetic tubes, Journal of Mathematical Sciences, Volume 44, 2017, p. 27-50.
5. Medved' I., Trník A. Fitting of heat capacity peaks of PCMs with theoretical formula. In Journal Thermal Analysis and Calorimetry Vol. 136, Iss. 4 (2919), s.2597-3603. ISSN 1388-6150 (2018:2.471 – IF, Q2 – JCR Best Q, 0,634 – SJR, Q2 – SRJ Best Q). V databáze: CC: 000499703500021 ; SCOPUS: 2-s2.0-85062724000 ; DOI: 10.1007/s10973-019-08125-8.

Pozvané prednášky.

Prof. RNDr. Jozef Kačur, DrSc., RNDr. Patrik Mihala

Heat Exchange in Unsaturated Porous Media with Heat Dependent Water Flow. 14th

International Conference on Diffusion in Solids and Liquids - DSL2018, Amsterdam, 25 -29 June.

Prof. RNDr. Jozef Kačur, DrSc., RNDr. Patrik Mihala

Numerical Modeling of Heat and Mass Transport with inner Heat Exchange in Unsaturated Porous Media. 15th International Conference on Diffusion in Solids and Liquids - DSL2019, Athens 24-28 June.

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Výsledky dosiahnuté v našom projekte majú priamu aplikáciu pri zhotovovaní fasád budov a iných stavebných konštrukciách, na báze pórovitých materiálov. Chemické a fyzikálne vlastnosti použitých materiálov a ich častí sú zahrnuté v modelových parametroch komplexného modelu, ktoré je potrebné určiť dodatočnými meraniami v laboratórnych podmienkach na báze inverzných metód. Komplexný vyvinutý model je určený na riešenie priamych a inverzných úloh s aplikáciou na reálne podmienky.

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)**

Naše výsledky sa týkajú numerického modelovania transportu vody, kontaminantu, suspenzie a tepelnej energie do pórovitých prostredí, ktoré môžu byť suché, čiastočne nasýtené a nasýtené, buď globálne, alebo lokálne. Boli vyvinuté originálne metódy numerického riešenia komplexných modelov popisujúce procesy vyššie spomenuté pri ich dynamických zmenách, napr. vplyvom vonkajších poveternostných podmienok. Výpočtové algoritmy v sebe zahrňujú riešenie priamych úloh, keď všetky geofyzikálne a chemické modelové dáta sú známe. Okrem toho naše výpočtové algoritmy sú efektívne aj pre určenie vyššie spomenutých modelových dát, ktoré umožňujú priamu aplikáciu komplexného modelu pri praktickej aplikácii v reálnom prostredí.

Proces riešenia inverzných úloh vyžaduje presnú numerickú metódu a vhodné scenár na laboratórne merania, ktoré sú technicky dobre dostupne na dodatočné merania. Tieto fakty a ich úspešná realizácia tvoria základ našich výsledkov. Postupne sme navrhli optimálne scenáre na spoľahlivé určovanie nasledujúcich parametrov: "soil parameters" popisujúcich infiltráciu pre modelovanie kapilárnych síl a hydraulikkej permeability, disperzné koeficienty zahrňujúce štruktúru pórovitých prostredí, adsorpčné izotermy a kinetiku adsorbcie kontaminantu vo vode, transport a usadzovanie fyzikálnych nečistôt v suspenzii, vzájomnú výmenu tepla transportovanej vody-suspenzie a pórovitej matrice, vplyv vonkajších hydraulických a tepelných vplyvov cez koeficienty prechodu atď. Okrem určovania daných parametrov modelu sme skúmali ich spoľahlivosť a štatistickú významnosť pro mnohých modifikáciách experimentálnych scenárov. Následne sme vybrali „optimálne scenáre“ a overili ich sériou numerických experimentov. Medzi najvýznamnejšie príspevky zaraďujeme rozšírenie modelu o vzájomnú výmenu tepla a výber spoľahlivej metódy na určovanie koeficientu prestupu tepla medzi pórmí a matricou. Ďalej usadzovanie a transport bahna cez „filtračnú funkciu“.

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)**

Our results are focused to the numerical modeling of transport including water-suspension, contaminant and heat energy into the porous media. Porous media can be globally or locally dry, partially or totally saturated. We have developed original numerical methods for the solution of a complex model describing the above mentioned processes taking into the account their dynamical changes due to external hydraulic and heat changes. The developed numerical codes include solution of direct problems when all model parameters are known. These algorithms also include solution of inverse problems to determine the model parameters. Then the complex model can be successfully applied to the practical solution in realistic sites. Procedure to solve the inverse problems requires the correct numerical solution and a suitable experimental scenario in laboratory conditions. Moreover, the additional measurements in laboratory conditions should be technically user friendly and sufficient correct. These facts create the ground of our results. Successfully we have proposed the following optimal scenarios for determination of following model parameters: soil parameters appearing in models of capillary phenomenon and hydraulic permeability, dispersion coefficients describing the porous media structure, adsorption

isotherms and kinetics for contaminants, transport and silt deposition of water suspension, inner heat energy exchange between suspension and porous media matrix and finally heat and hydraulic external sources using the transmission coefficients. We have determined the model parameters and simultaneously their reliability and statistical reliability realizing a large set of experimental scenarios. On the base of these experiments we have chosen the „optimal scenarios“ supported by many of experiments. These results create the ground of our contribution. Extension of complex model including inner heat energy exchange and proposal of optimal scenario for its determination together with introduction of "filtration function" for silt deposition in our complex model we consider as the best in our contribution.