VPLYV ZRÁŽKOVÝCH EXTRÉMOV NA ZÁSOBU VODY V ŤAŽKEJ PÔDE

Milan Gomboš, Andrej Tall

Tento príspevok sa zaoberá numerickou simuláciou vodného režimu ťažkých pôd na lokalite Senné. Pri simulácii bolo uvažované s extrémnou udalosťou - hypotetickým úhrnom zrážok s pravdepodobnosťou opakovania raz za sto rokov. Tento úhrn bol štatisticky získaný z 30 – ročného radu denných zrážkových úhrnov zo stanice Vysoká nad Uhom. Podľa modelovaných výsledkov vyvolala zrážková udalosť (76,38 mm) povrchový odtok (20 mm). Zbytok bol absorbovaný hlavne puklinami (56,38 mm). Retenčný objem puklinovej siete je z hľadiska extrémnych meteorologických udalostí signifikantný pre absorbovanie veľkého prísunu vody za krátky čas v prípade extrémnych zrážok.

Kľúčové slová: numerická simulácia, dvojdoménový pôdny profil, extrémne zrážky

Extreme rainfall influence to the water storage in heavy soil. *This paper deals with numerical simulation of water regime under the condition of two-domain soil profile. Simulated was heavy soil profile in Senné. During the simulation the extreme rainfall, statistically obtained from 30-years daily rainfalls from meteorological station in Vysoká nad Uhom, was added to the inputs. Outputs were evaluated and compared with the data from monitoring. Extreme rainfall (76,38 mm) caused a surface runoff (20 mm) and the rest of the rainfall (56,38 mm) was mainly absorbed via cracks. Retention volume of crack network may be therefore significant for absorbing of large amount of water in case of extreme rainfall.*

Key words: numerical simulation, two-domain soil profile, extreme rainfall

---

ÚVOD

Pomocou numerickej simulácie vodného režimu pôd možno za predpokladu správnej interpretácie výstupov získať pomerne veľa informácií, ktorých získanie priamym monitoringom v teréne by bolo veľmi náročné alebo dokonca nemožné. Numerická simulácia je výrazne závislá na kvalite vstupných údajov. Získava sa ňou kontinuálny rad údajov v ľubovoľne zvolených časových intervaloch (Majerčák, 2001) a možno vypočítať vplyv zmeny vybraného vstupu na priebeh skúmaného procesu.

Jedným z príkladov využitia numerickej simulácie sa zaoberá tento príspevok, v ktorom je simulovaný vplyv „extrémnej“ (v tomto prípade storočnej) zrážkovej udalosti na vodný režim dvojdoménového pôdneho prostredia.

TEORETICKÝ ZÁKLAD

Dvojdoménové pôdne prostredie je dvojzložkovým systémom tvoreným doménou makropórov – puklinovej siete a doménou mikropórov – pôdnej matrice. Tento systém je charakteristický vysokým zastúpením ílovej zložky, ktorá okrem objemových zmien pôdy spôsobuje aj veľmi nízku priepustnosť v doméne mikropórov. Nízka priepustnosť pôdnej matrice značne obmedzuje pohyb vody a teda aj infiltráciu zrážok, ktoré padnú na povrch pédov. Naproti tomu doména makropórov, čiže puklín nepredstavuje pre prúdenie vody žiadnu prekážku a zrážková voda sa dostáva k hladine podzemnej vody takmer okamžite.

Ďalším fenoménom dvojdoménového pôdneho prostredia je puklinová pórovitosť, čiže objem puklín (Šútor, 2003). Pukliny tvoria významný retenčný priestor, ktorý je okamžite k dispozícii v prípade väčšieho prísunu vody za krátky čas. Puklinová pórovitosť sa v čase mení podľa aktuálnej vlhkosti pôdneho profilu a teda aj veľkosť retenčného priestoru má sezónny charakter: najväčší býva v čase najväčšieho sucha (letné až jesenné mesiace) a takmer nulový je v čase od konca zimy až po začiatok jari, keď je pôdny profil nasýtený vodou. Uvedené skutočnosti môžu byť podstatné z hľadiska

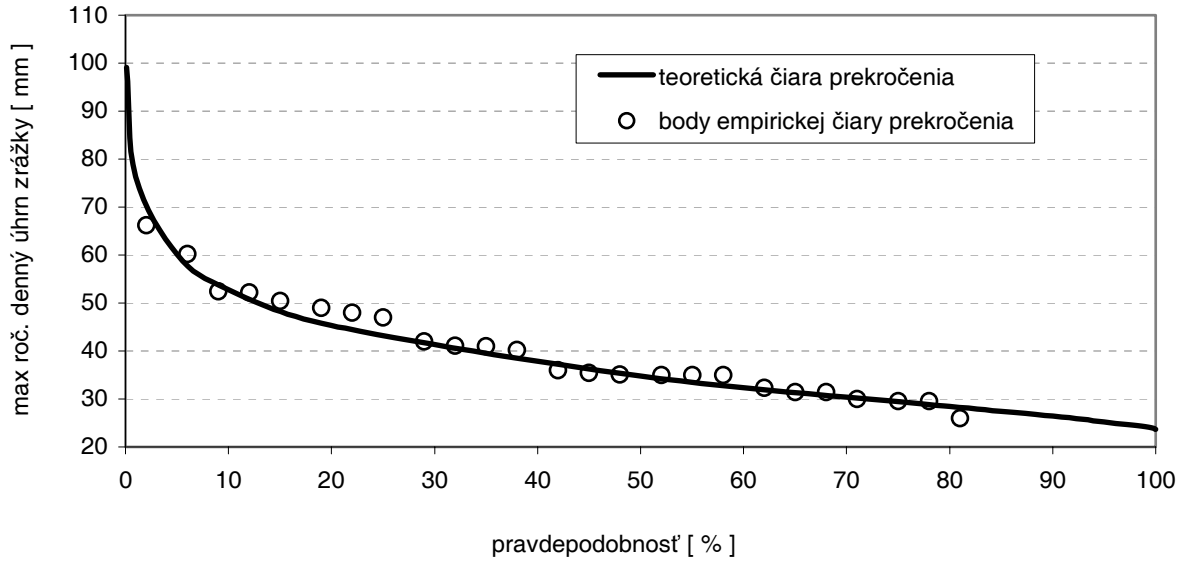
skúmania vplyvu extrémnych (hlavne letných) zrážok na území s dvojdoménovým pôdnym profilom. Tieto zrážky môžu byť celé, alebo aspoň ich podstatná časť zachytená puklinami a nemusí dôjsť k veľkému povrchovému odtoku, ktorý by bol nežiadúci.

MATERIÁL A METÓDY

Numerickou simuláciou s využitím modelu FLOCR (Oostindie, 1992) bol simulovaný vodný režim pôdneho profilu v lokalite Senné pre rok 2001 (od 14. 2. 2001 do 18. 12. 2001). Jedná sa o profil extrémne ťažkej pôdy s výraznou dvojdoménovou štruktúrou. Pôdny profil bol pri simulácii zadefinovaný do hĺbky 3m a rozdelený na 30 vrstiev po 0,1 m. Charakteristiky pôdneho profilu boli zadané vo forme vlhkostnej retenčnej čiary, priebehu hydraulickej vodivosti a zmrašťovacích charakteristík. Zrážky vo forme denných úhrnov boli získané z neďalekej stanice SHMÚ vo Vysokej nad Uhom. Simuláciou bol získaný priebeh hladiny podzemnej vody (HPV), priebeh objemovej vlhkosti po výške pôdneho profilu a hodnoty povrchového odtoku (Gomboš, 2003, Gomboš, 2003a, Tall, 2003).

V lokalite Senné bol vykonávaný aj monitoring, ktorý pozostával z meraní HPV a odbere vzoriek pôdy pre stanovenie objemovej vlhkosti do hĺbky 0,8 m po intervaloch 0,1 m. Monitorované hodnoty slúžili na overenie výsledkov modelovania.

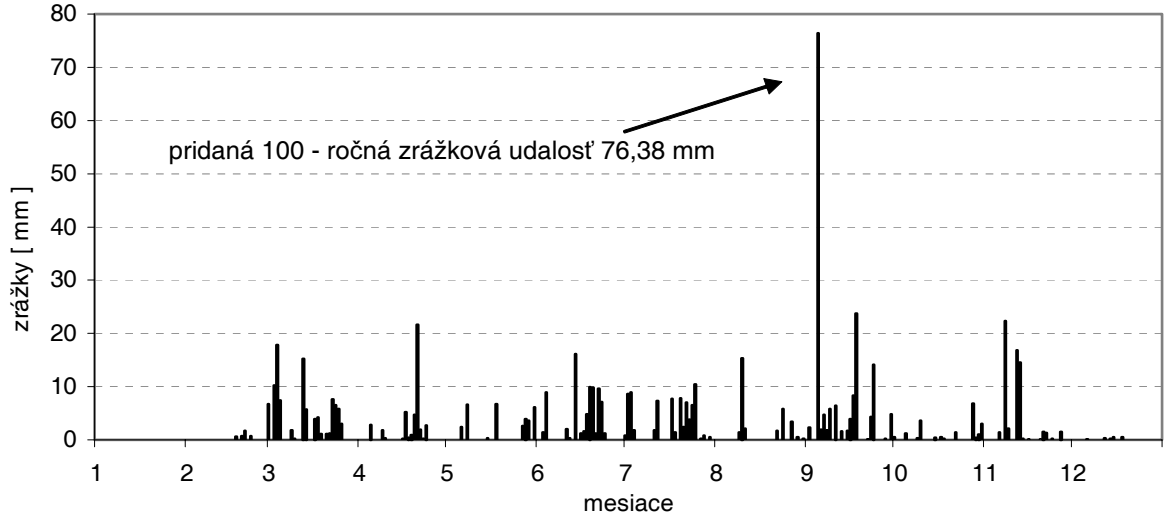
Ďalší postup spočíval v analýze 30 – ročného radu denných úhrnov zrážok zo stanice Vysoká nad Uhom (roky 1974 – 2003). Z maximálnych ročných denných úhrnov zrážok bola zostrojená empirická čiara prekročenia a metódou momentov aj teoretická čiara prekročenia (obr. 1). Následne bol získaný zrážkový úhrn s periodicitou výskytu 1 %, čo znamená pravdepodobnosť jeho opakovania raz za 100 rokov. Jej hodnota je 76,38 mm.



Obr. 1 Čiary prekročenia maximálnych ročných denných úhrnov zrážok zo stanice Vysoká nad Uhom (za roky 1974 – 2003).

Fig.1 Empirical and theoretical curves of exceedance from maximal annual dayly total precipitation (station Vysoká nad Uhom 1974 – 2003)

Takto získaná zrážková udalosť bola pridaná k vstupom do modelu v dni, keď bol podľa modelu pôdny profil najviac presušený, t. j. 5. 9. 2001 (obr. 2). Nakoniec bola vyhodnotená reakcia modelu na pridanú zrážkovú udalosť a bol analyzovaný jej vplyv na vodný režim skúmaného profilu podľa modelu.

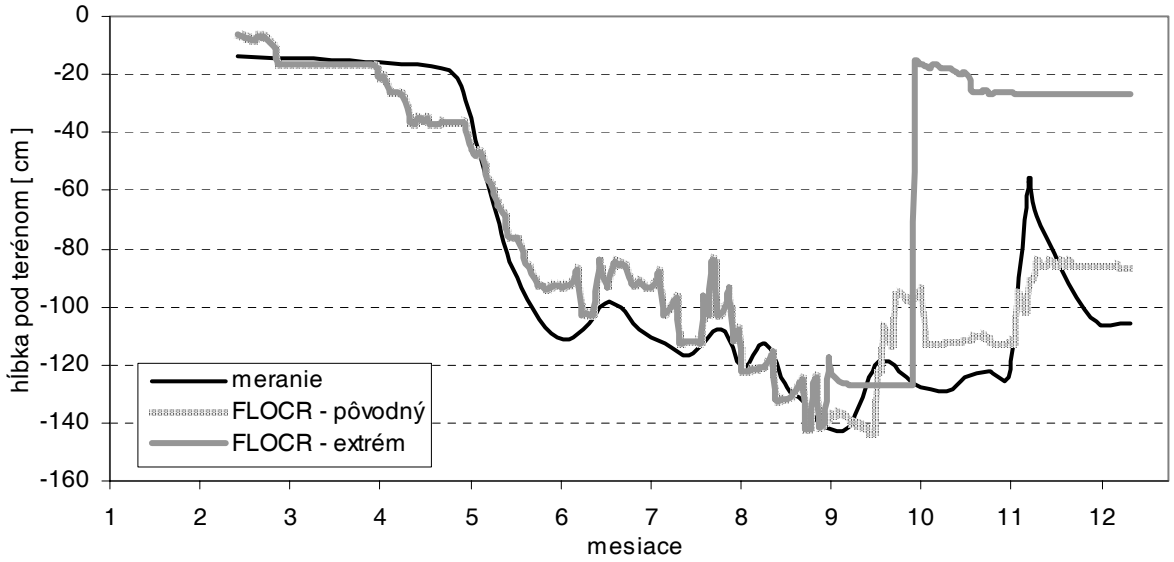


Obr. 2 Denné zrážkové úhrny (rok 2001) zo stanice Vysoká nad Uhom použité pri numerickej simulácii spolu s dosadenou 100 – ročnou zrážkou v dni 5. 9. 2001

Fig. 2 Daily total rainfall (year 2001) from Vysoká nad Uhom station used during numerical simulation together with fictive extreme rainfall from 5.9.2001

VÝSLEDKY A DISKUSIA

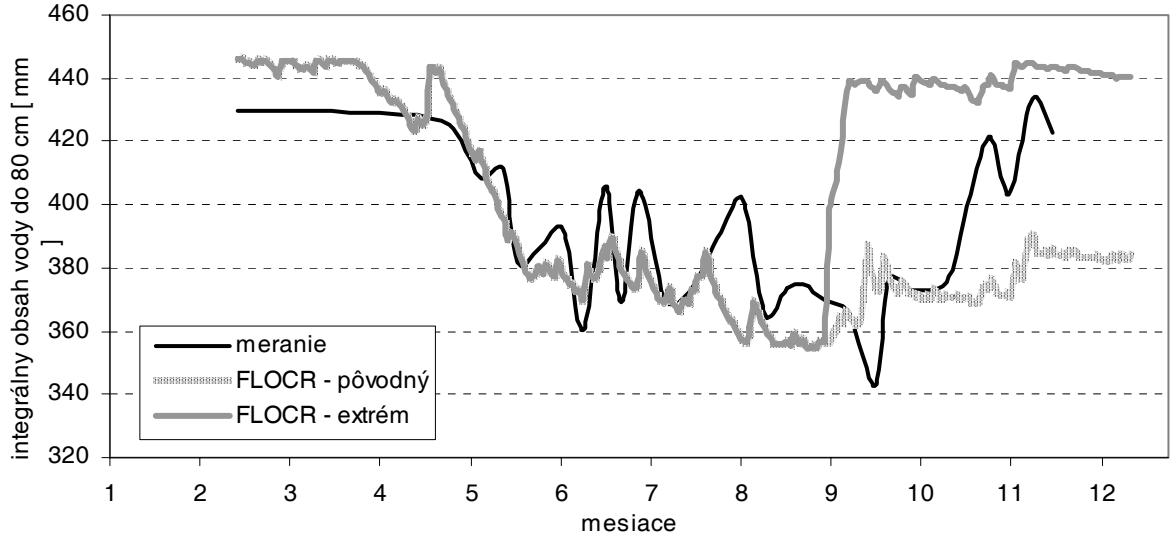
Výsledok simulácie priebehu HPV spolu z monitorovanými hodnotami je na obrázku č. 3. Graf pre porovnanie znázorňuje aj výsledok simulácie pred pridaním extrémnej zrážkovej udalosti. Ako vidno úroveň HPV sa okamžite po tejto udalosti zdvihla o cca 0,23 m a približne po mesačnom ustálenom stave prudko stúpla takmer na úroveň terénu.



Obr. 3 Priebehy meranej a modelovaných úrovní HPV

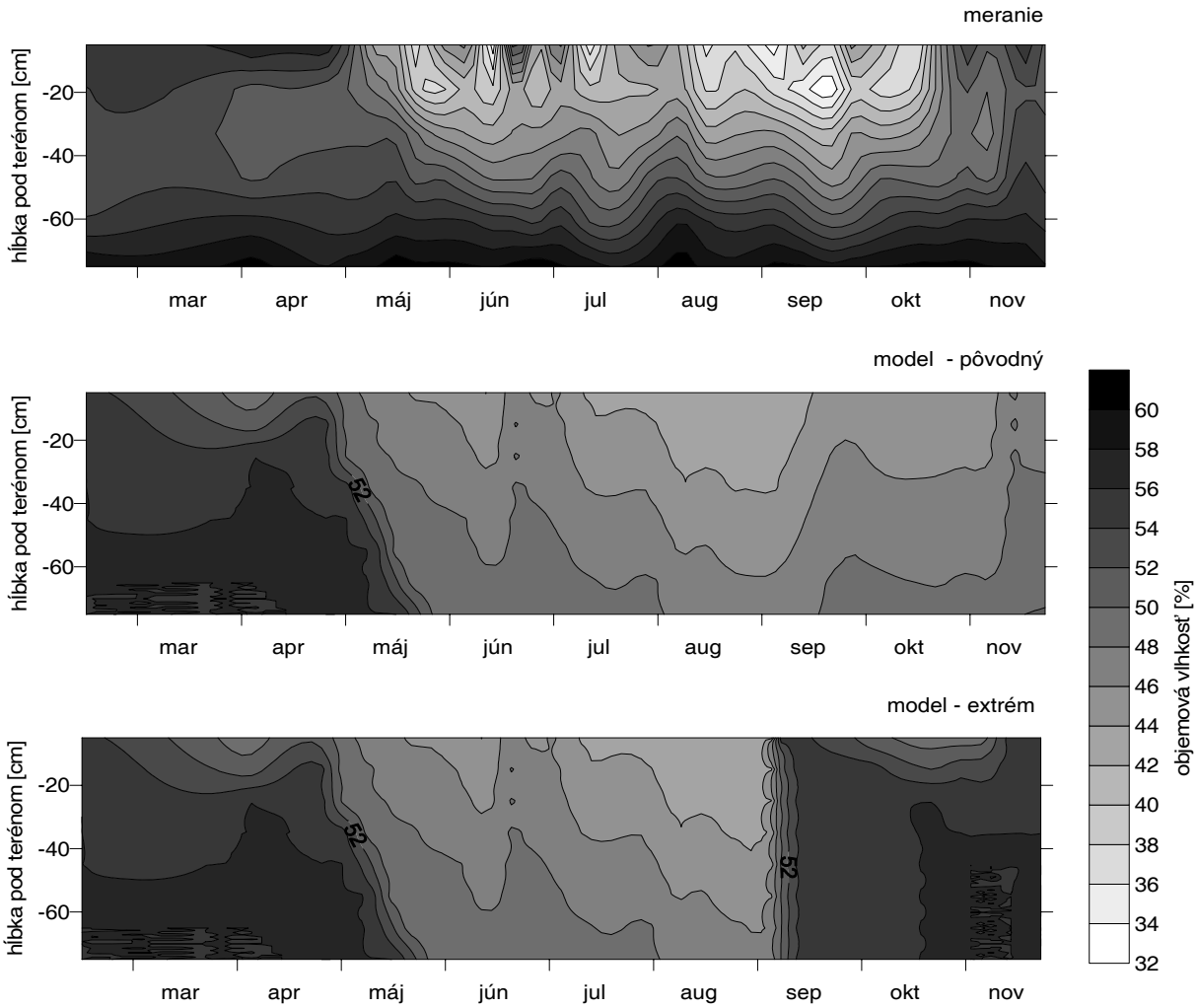
Fig. 3 Observed and simulated groundwater level

Ďalšie grafy na obrázku č. 4 znázorňujú priebehy integrálnych obsahov vody v pôdnom profile do hĺbky 0,8 m. Obsah vody v pôdnom profile zaznamenal po extrémnej udalosti výraznú stúpajúcu tendenciu a po deviatich dňoch bol už blízko stavu nasýtenia.



Obr. 4 Priebehy integrálneho obsahu vody do hĺbky 0,8 m

Fig. 4 Course of water content to the depth of 0,8 m



Obr. 5 Chronoizoplety podľa meraní a modelu do hĺbky 0,8 m

Fig. 5 Redistribution of volume moisture in soil profile (observed and calculated)

Rozdelenie vlhkosti po výške pôdneho profilu v čase znázorňujú chronoizoplety na obrázku č. 5. Na obrázku (spodný graf) vidieť veľmi rýchly nárast vlhkosti po padnutí storočnej zrážkovej udalosti, čo poukazuje na rýchly prestup vody z puklín do pôdneho profilu.

Modelom vypočítaný povrchový odtok mal v dni pridania extrémnej udalosti hodnotu 20 mm, čo znamená, že z celkového úhrnu 76,38 mm bolo pôdnym profilom prakticky okamžite absorbovaných 56,38 mm. Z uvedeného vyplýva, že pôdny profil by bol v uvedenom dni (5. 9. 2001) schopný absorbovať zrážky o úhrne 56,38 mm bez toho, aby došlo k povrchovému odtoku. Takéto zrážky mjú podľa obrázku č. 1 periodicitu výskytu blízku 10 %, čo zodpovedá pravdepodobnosti ich opakovania raz za 5 rokov. Prakticky okamžité absorbovanie týchto zrážok je možné zdôvodniť jedine retenčnou schopnosťou puklinovej siete, nakoľko infiltračná schopnosť pôdnej matrice je v takýchto ílovitých pôdach veľmi nízka.

ZÁVER

V príspevku sú analyzované výsledky numerickej simulácie vodného režimu profilu dvojdoménovej pôdy v lokalite Senné v roku 2001 (14. 2. až 18. 12. 2001). Na uvedenej lokalite je vykonávaný monitoring, ktorý slúžil na verifikáciu výsledkov simulácie. Pomocou numerickej simulácie bol skúmaný aj vplyv extrémnej zrážkovej udalosti na vodný režim pôdy. Do modelových vstupov bola pridaná extrémna zrážková udalosť o úhrne 76,38 mm, čo v uvedenej lokalite predstavuje udalosť s pravdepodobnosťou jej opakovania raz za sto rokov. Úhrn tejto zrážkovej udalosti bol vypočítaný z čiar prekročenia na základe tridsaťročného radu denných úhrnov zrážok zo stanice vo Vysokej nad Uhom. Táto udalosť bola dosadená do modelu v „suchom období“ v dni, keď mal podľa modelu pôdny profil najväčší deficit vlahy (dňa 5. 9. 2001).

Z výsledkov vyplýva, že pôdny profil zareagoval na storočnú zrážkovú udalosť veľmi citlivo a takmer okamžite, pokiaľ sa jedná o vlhkosť nenasýtenej zóny. Dokumentuje to priebeh integrálneho obsahu vody (obr. č. 4) a chronoizoplety na obr. č. 5. Pri HPV došlo okamžite jej zvýšeniu o 0,23 m, ale na svoje maximum v blízkosti povrchu terénu stúpla s cca mesačným oneskorením.

Hodnoty povrchového odtoku mali pri simulácii s reálnymi zrážkami (bez extrémnej udalosti) nulové hodnoty. Po pridaní extrémnej zrážkovej udalosti došlo podľa modelu okamžite k povrchovému odtoku o hodnote 20 mm. Znamená to, že pôdny profil absorboval 56,38 mm vody (76,38 mm – 20 mm). Pri veľmi obmedzenej infiltračnej schopnosti povrchu pôdnej matrice takejto pôdy to znamená, že podstatná časť tohto objemu vody bola okamžite zachytená puklinami. Puklinová sieť predstavuje významný retenčný objem, ktoré majú ťažké pôdy najmä v suchom období k dispozícii.

Maximálny úhrn zrážok, ktorý by bol pôdny profil v uvedenom prípade schopný absorbovať, bez povrchového odtoku má teda hodnotu 56,38 mm, čo približne zodpovedá 5 ročnej zrážkovej udalosti.

Fenomén puklinovej siete dvojdoménového pôdneho prostredia z hľadiska jeho retenčnej schopnosti má okrem iného aj podstatný vplyv na vodný režim v prípade náhlych vysokých úhrnov zrážok. Táto skutočnosť má veľký význam pri ďalšom skúmaní vplyvu dvojdoménového pôdneho prostredia na jeho vodný režim, najmä pri zohľadnení súčasného nárastu periodicity prívalových dažďov vysokej intenzity.

Poďakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou pre podporu vedy a techniky prostredníctvom finančnej podpory č. APVT – 51 – 044802 a grantovou agentúrou VEGA 2/3018/23.

Literatúra

GOMBOŠ, M. – ŠÚTOR, J. – TALL, A. 2003. Vodný režim ťažkých pôd stanovený monitoringom a numerickou simuláciou. In: Zborník Bioklimatické pracovné dni 2003 „Funkcia energetickej a vodnej bilancie v bioklimatických systémoch“. Račková dolina : SHMÚ. 2003, CD.

GOMBOŠ, M. – TALL, A. – ŠÚTOR, J. 2003a. Numerická simulácia dynamiky vody v puklinovom pôdnom prostredí. In: Zborník Seminár s medzinárodnou účasťou „Hydrologie půdy v malém povodí“. Praha : Ústav pro hydrodynamiku AV ČR. 2003, 71-78.

MAJERČÁK, J. – ŠÚTOR, J. – ŠTEKAUEROVÁ, V. 2001. Simulácia vodného režimu pôd ako alternatíva k monitoringu jeho charakteristík in situ. In: Národný klimatický program SR zv. 11. Bratislava : MŽP SR – SHMÚ. 2001, 104 s. ISBN 80-88907-25-X

OOSTINDIE, K. – BRONSWIJK, J. J. B. 1992. FLOCR – A simulation model for the calculation of water balance, cracking and surface subsidence of clay soils : Report 47. Wageningen : The Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research. 1992, 65 s.

ŠÚTOR, J. – GOMBOŠ, M. – TALL, A. 2003. Kvantifikácia puklinovej pórovitosti ílovito – hlinitých pôd Východoslovenskej nížiny. In: Zborník Seminár s medzinárodnou účasťou „Hydrologie půdy v malém povodí“. Praha : Ústav pro hydrodynamiku AV ČR. 2003, 29-34.

TALL, A. – ŠÚTOR, J. – MATI, R. 2003. Numerická simulácia vodného režimu ťažkej pôdy. In: Zborník vedeckých prác č.19, Michalovce OVÚA, 2003, s. 207-215.

Autori: Ing. Milan Gomboš, CSc., RNDr. Andrej Tall

Ústav hydrológie SAV, Hollého 42, 071 01 Michalovce, e-mail: uhsavmi@stonline.sk