

SIMULOVANÝ VPLYV EXTRÉMNEJ ZRÁŽKY NA VODNÝ REŽIM V ÍLOVITO-HLINITOM PÔDNOM PROFILE

SIMULATION OF EXTREME RAINFALL INFLUENCE TO THE WATER REGIME IN CLAY-LOAM SOIL PROFILE

Andrej Tall, Milan Gomboš

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. Numerickej 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) zrážky 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 pódov. 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

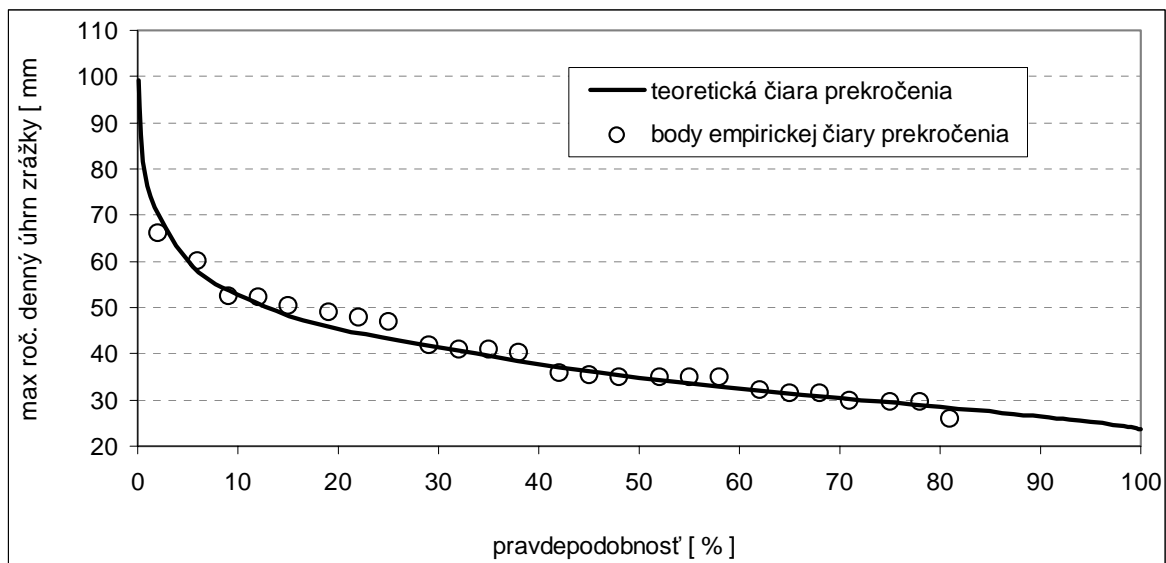
byť celé, alebo aspoň ich podstatná časť zachytená puklinami a nemusí dôjsť k veľkému povrchovému odtoku, ktorý by bol nežiadúci.

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 vlhkosťnej retenčnej čiary, priebehu hydraulického vodivosti a zmrašťovacích charakteristík. Zrážky vo forme denných úhrnov boli získané z neďalekej stanice SHMÚ vo Vysokaj 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).

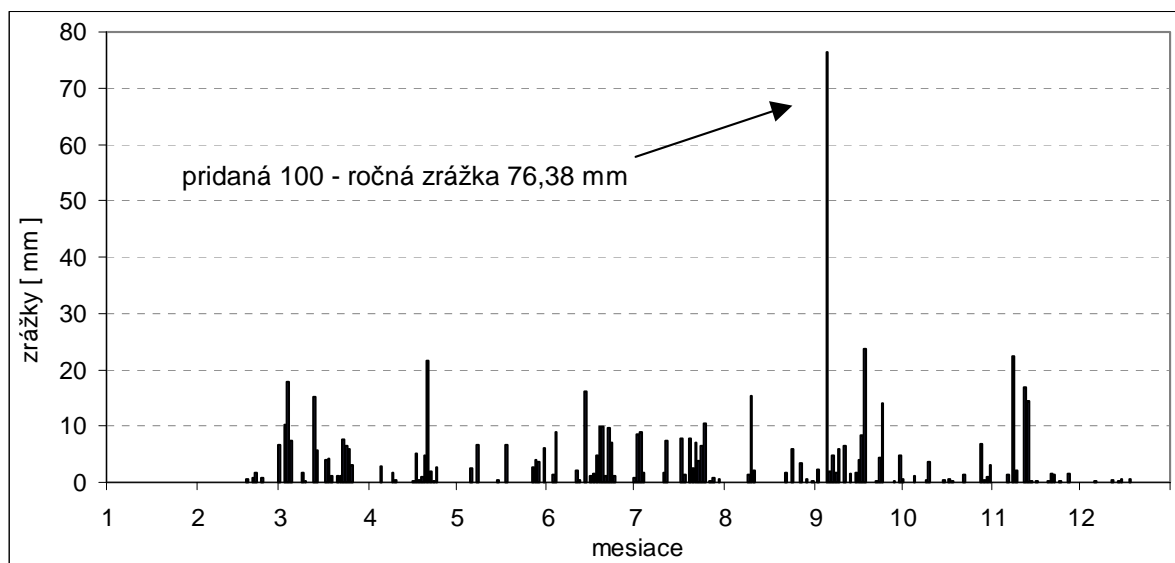
V lokalite Senné bol vykonávaný aj monitoring, ktorý pozostával z meraní HPV a odbere vzoriek pôdy pre stanovenie objemovej vlhkosti do hĺbky 0,8 m po intervaloch 0,1 m. Monitorované hodnoty slúžili na overenie výsledkov modelovania

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 bola získaná zrážka s periodicitou výskytu 1 %, čo znamená pravdepodobnosť jej 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).

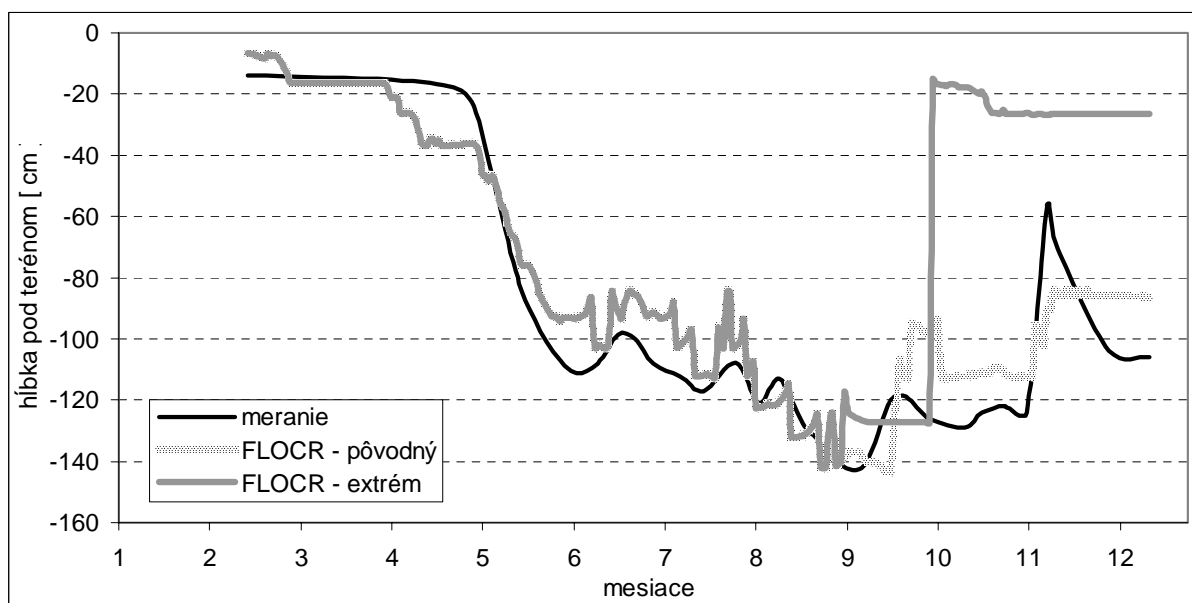
Takto získaná zrážka bola pridaná k vstupom do modelu v dni, keď bol podľa modelu pôdny profil najviac presušený, t. j. 5. 9. 2001 (obr. 2). Nakoniec bola vyhodnotená reakcia modelu na pridanú zrážku a bol analyzovaný jej vplyv na vodný režim skúmaného profilu podľa modelu.



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

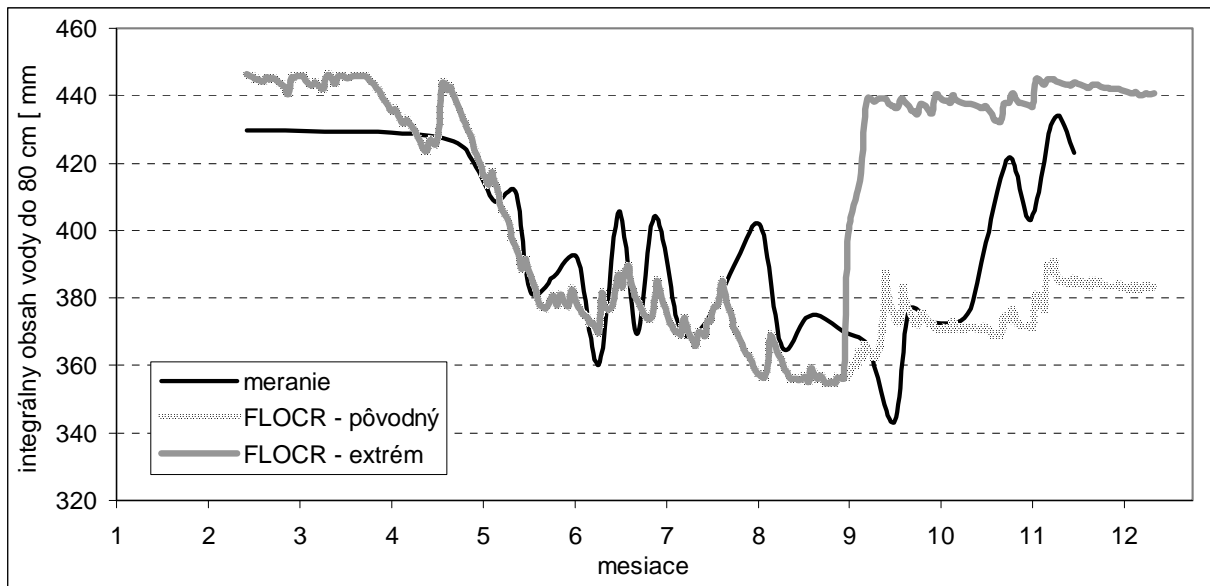
VÝSLEDKY A DISKUSIA

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

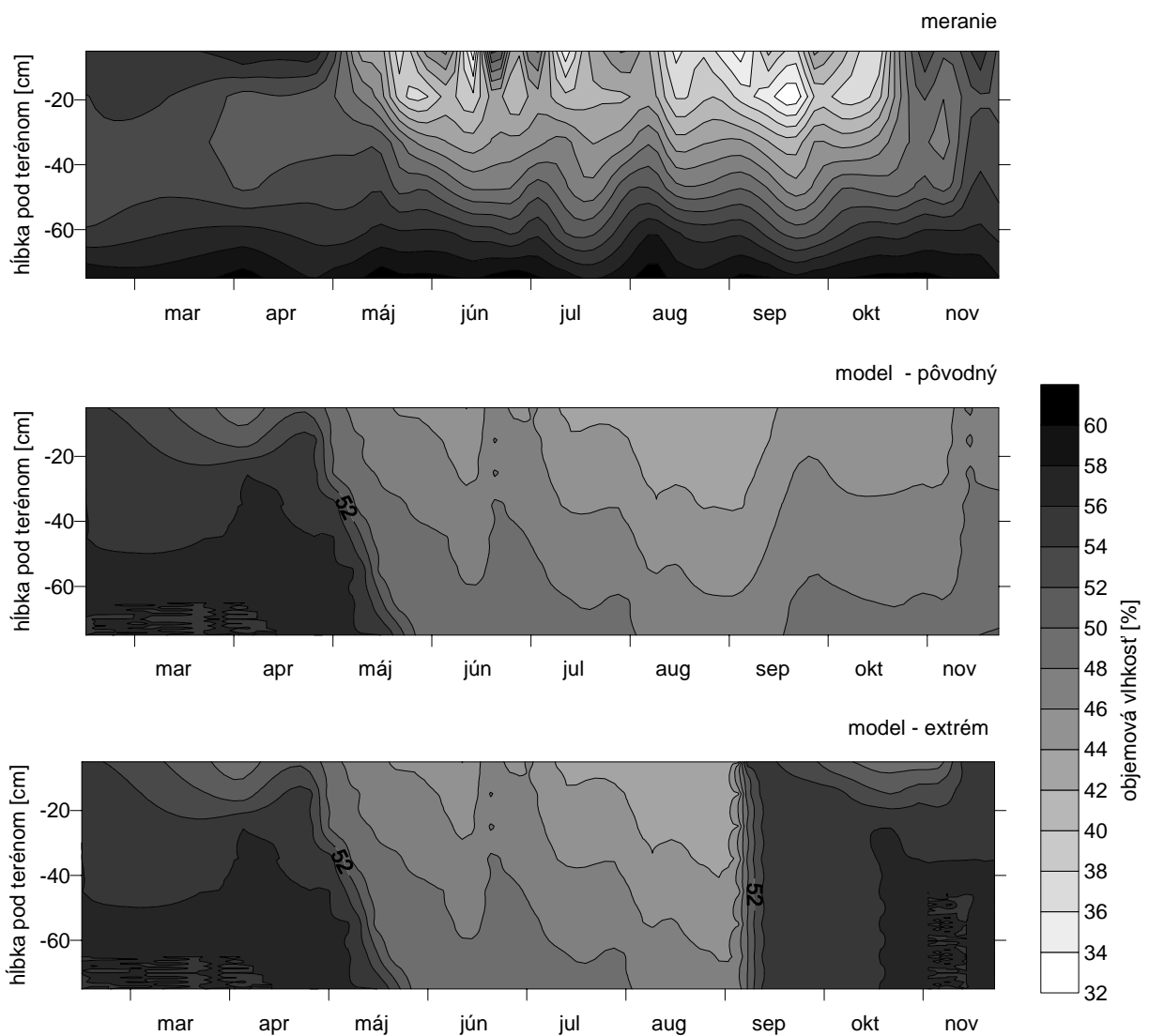


Obr. 3 Priebeh meranej a modelovaných úrovní HPV

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 zrážke výraznú stúpajúcu tendenciu a po deviatich dňoch bol už blízko stavu nasýtenia.



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



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

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 zrážky, čo poukazuje na rýchly prestup vody z puklín do pôdneho profilu.

Modelom vypočítaný povrchový odtok mal v dni pridania extrémnej zrážky hodnotu 20 mm, čo znamená, že z celkového úhrnu zrážky 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 zrážku o úhrne 56,38 mm bez toho, aby došlo k povrchovému odtoku. Takáto zrážka má podľa obrázku č. 1 periodicitu výskytu blízku 10 %, čo zodpovedá pravdepodobnosti jej opakovania raz za 5 rokov. Prakticky okamžité absorbovanie takejto zrážky 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 zrážky na vodný režim pôdy. Do modelových vstupov bola pridaná extrémna zrážka o úhrne 76,38 mm, čo v uvedenej lokalite predstavuje zrážku s pravdepodobnosťou jej opakovania raz za sto rokov. Úhrn tejto zrážky bol vypočítaný z čiar prekročenia na základe tridsaťročného radu denných úhrnov zrážok zo stanice vo Vysokej nad Uhom. Táto zrážka 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 zrážku 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 stúpila s cca mesačným oneskorením.

Hodnoty povrchového odtoku mali pri simulácii s reálnymi zrážkami (bez extrémnej zrážky) nulové hodnoty. Po pridaní extrémnej zrážky 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 zrážky, ktorý by bol pôdny profil v uvedenom prípade schopný absorbovať, bez povrchového odtoku má teda hodnotu 56,38 mm, čo približne zodpovedá 5 ročnej zrážke.

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 privalových dažďov vysokej intenzity.

Pod'akovanie

Autori d'akujú za finančnú podporu z projektov VEGA č.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 pôdy 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 pôdy 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.

RNDr. Andrej Tall
Ústav hydrológie SAV,
Výskumná hydrologická základňa
Hollého 42,
071 01 Michalovce
Telefon: 64 251 47,
Fax: 64251 47,
E-mail: uhsavmi@stonline.sk

Ing. Milan Gomboš, CSc.
Ústav hydrológie SAV,
Výskumná hydrologická základňa
Hollého 42,
071 01 Michalovce
Telefon: 64 251 47,
Fax: 64251 47,
E-mail: uhsavmi@stonline.sk