

VPLYV VLNKOSTNÝCH RETENČNÝCH ČIAR NA PRESNOSŤ MODELOVÝCH VÝSTUPOV

Branislav Kandra, Danka Pavelková, Andrej Tall

V predloženom príspevku bol kvantifikovaný vplyv objemových zmien na výsledky modelovania zásoby vody v pôde. Porovnávané boli dva prístupy. Pôvodný prístup nebral do úvahy objemové zmeny pôdných vzoriek v procese odvodňovania a následného stanovenia objemových vlhkostí. To viedlo k nepresnému určeniu priebehu vlhkostných retenčných kriviek, čo sa prejavilo aj v numerických simuláciách. Druhý prístup počítal s objemovými zmenami a umožnil presnejší výpočet objemových vlhkostí pôdných vzoriek. Následne po získaní presnejších priebehov vlhkostných retenčných kriviek boli pomocou numerických simulácií vypočítané zásoby vody v pôde, ktoré lepšie zodpovedali skutočným podmienkam.

KEÚČOVÉ SLOVÁ: modelovanie zásoby vody, objemové zmeny, vlhkostná retenčná čiara, Východoslovenská nížina

INFLUENCE OF WATER RETENTION CURVES ON THE MODEL OUTPUTS ACCURACY. In the present contribution was quantified the impact of soil volume changes on the results of water storages modelling. Two approaches were compared. The previous approach disregarded the changes in the volume of soil samples in the process of drying and a subsequent determination of volumetric moistures. This resulted in inaccurate determination of the course of soil retention curves which was also reflected in the numerical simulations. The second approach took into consideration the change in volume and allowed more accurate calculation of the volumetric moistures of samples. Following, after obtaining more accurate courses of retention curves were by means of numerical simulations calculated water storages which correspond better with real conditions.

KEY WORDS: water storage modelling, volumetric changes, water retention curve, East Slovakian Lowland

Úvod

Vodný režim pôd je u nás často posudzovaný len pomocou rôzne stanovených koeficientov alebo charakteristík, ako hydrolimity, maximálna kapilárna kapacita, retenčná kapacita, kapilárna nasiakavosť, atď. Tieto charakteristiky sa získavajú empiricky alebo zjednodušenými jednoúčelovými laboratórnymi metódami. Takýto prístup môže postačovať pri hodnotení vodného režimu na rôznych lokalitách pre všeobecné porovnávanie, či popis vodných vlastností medzi jednotlivými výskumnými plochami. Uvedené zjednodušené metódy sa s nástupom metód matematického modelovania stali nepostačujúce resp. nepoužiteľné.

Charakteristiky vodného režimu pôdy daného územia

vypočítané numerickou simuláciou na matematických modeloch predstavujú hypotetické údaje. Tieto údaje sú porovnávané s originálnymi, ktoré boli získané terénnym monitoringom. Presnosť a schopnosť modelov úzko súvisí s kvalitou vstupných údajov. Spoľahlivosť použitých modelov je posudzovaná na základe porovnávaní hypotetických údajov s meraniami. Existuje už pomerne veľa modelov popisujúcich charakteristiky vodného režimu pôdy, resp. pohyb vody v nenasýtenej zóne pôdy za stanovených podmienok. Takéto modely sa navzájom odlišujú vstupmi, výstupmi a limitami ich využitia. Vo všetkých je však potrebné mať spracované hydrofyzikálne charakteristiky konkrétnej pôdy. Vodné retenčné vlastnosti pôdy sú fyzikálne deterministicky vyjadrené vlhkostnou retenčnou krivkou (VRK) t. j.

závislosťou vlhkosti pôdy na vlhkosťnom potenciáli (Šútor a Štekauerová, 2000). Pri laboratórnom meraní VRK sa k zvoleným hodnotám vlhkosťného potenciálu vyjadreného sacím tlakom pôdy získavajú hodnoty objemových vlhkostí pôdnych vzoriek. Na základe zmeraných bodov sa vypočítajú parametre analytického vyjadrenia priebehu VRK, ktorá čo najtesnejšie prechádza týmito bodmi. Pri meraní VRK v pôdach s vysokým obsahom ílovej frakcie dochádza počas odvodňovania k postupnému zmrašťovaniu pôdnych vzoriek (Gomboš, 2015). Ak sa počas merania tento proces nezohľadňuje, dochádza k vzniku chyby pri výpočte objemových vlhkostí. Táto chyba postupne rastie so zvyšujúcim sa tlakom a mierou zmraštenia. Pôvodný spôsob merania počíta s konštantným objemom odberného valca, čoho výsledkom je chybné stanovenie VRK. V numerických simuláciách sa táto chyba prenáša do modelových výstupov.

Cieľom predloženého príspevku je kvantifikovať chybu, ktorá vzniká pri meraní VRK vplyvom objemových zmien pôdnych vzoriek. Hodnotenie miery odchýlky

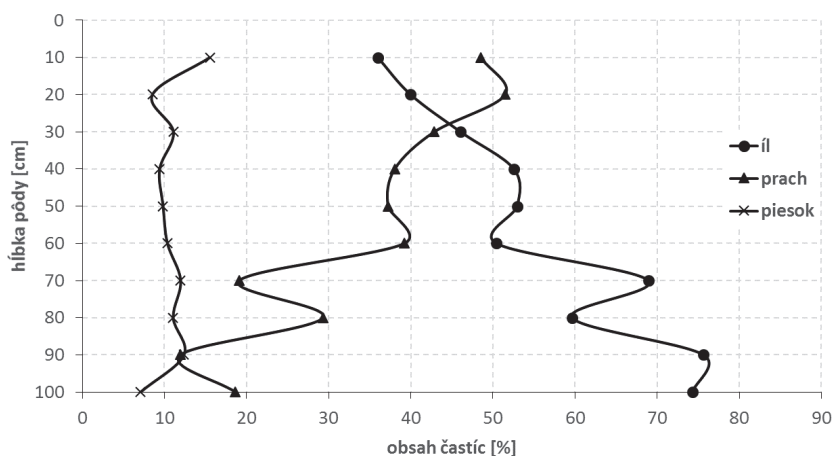
vychádzalo zo vzájomného porovnávania dvoch priebehov VRK. Skutočný priebeh odrážal reálne podmienky a rátať s objemovými zmenami a skreslením, ktorý vychádzal z konštantného objemu odberného valca. Veľkosť chyby bola analyzovaná aj cez modelové výstupy, vzájomným porovnávaním zásoby vody v pôde voči reálnym podmienkam na vybranej lokalite.

Materiál a metódy

Vzhľadom k snahe dosiahnuť stanovený cieľ bola zameraná vybraná lokalita s predpokladom výrazných objemových zmien pôdnych vzoriek počas laboratórneho merania VRK. Lokalita Senné je situovaná na Východoslovenskej nížine v okrese mesta Michalovce (obr. 1). Vyznačuje sa výskytom ťažkých pôd, čomu zodpovedajú laboratórne merania textúry pôdy získanej z výskumnej plochy (obr. 2). Z uvedeného miesta bolo odobratých 10 vzoriek z celkového počtu 40 vzoriek pre účely merania vlhkosťných retenčných kriviek z rôznych lokalít.



Obr. 1. Situácia oblasti Senné.
Fig. 1. Situation of the Senné area.



Obr. 2. Pôdna textúra v lokalite Senné.
Fig. 2. Soil texture in the Senné locality.

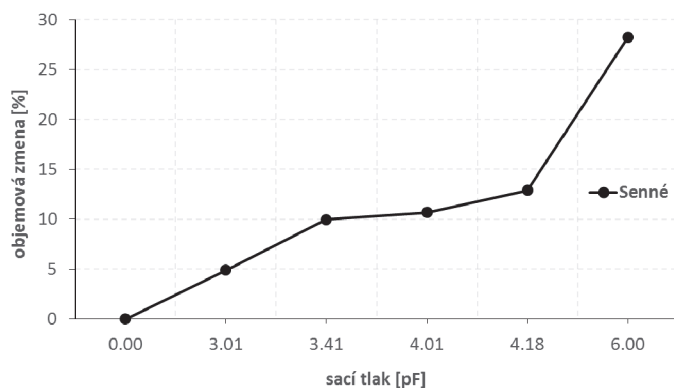
Odber bol realizovaný po vertikále pôdneho profilu z každých 10 cm do hĺbky 100 cm. Metodika merania bola založená na norme ISO a vychádzala z medzinárodného kruhového testu laboratórií (ISO standard 1998, Cools & De Vos 2010). Počas merania VRK boli súčasne merané aj objemové zmeny pomocou posuvného meradla. V závere merania sa vypočítali objemové vlhkosti Θ a $\Theta_{(100)}$. Vlhkosti $\Theta_{(100)}$ predstavujú pôvodný spôsob merania a berú do úvahy konštantný objem odberného valca 100 cm³ (Kopeckého valček). Θ reprezentuje korekciu vlhkosti podľa zmeny objemu pôdnych vzoriek.

V ďalšom kroku boli hľadané parametre analytického vyjadrenia VRK na základe zmeraných bodov a textúry pomocou programu RETC (van Genuchten a kol., 1991). Výstupom programu boli dva typy kriviek, skutočná VRK _{Θ} a zdánlivá VRK _{$\Theta_{(100)}$} . Takto stanovené retenčné krivky boli aplikované v numerických simuláciách na matematickom modeli GLOBAL (Majerčák a Novák, 1994). Pre simuláciu zásoby vody v pôde do hĺbky 80 cm boli vybrané vegetačné obdobia rokov 2001, 2002, 2003, 2007, 2014 a 2015. Výber rokov súvisel s tým, že terénne merania vlhkosti pôdy na lokalite začali až v roku 2000. Vzhľadom k náročnosti modelu na kompletnosť vstupov rôzneho druhu (meteorologické, fenologické, merania hladiny podzemnej vody atď.) nebolo možné uskutočniť simulácie pre všetky vegetačné obdobia daného časového radu (2000 – 2015). Taktiež pre porovnanie modelových výsledkov chýbali v niektorých rokoch potrebné dáta z terénnych meraní.

Výsledky a diskusia

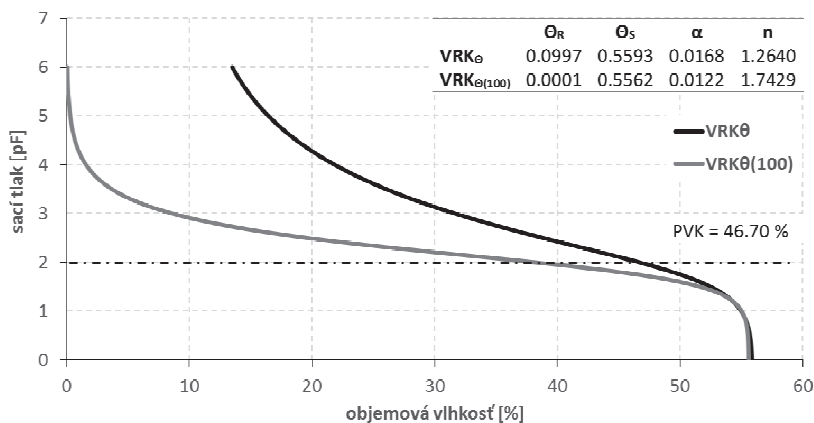
V prvom kroku výsledky reprezentujú proces merania VRK v pretlakovom zariadení na meranie pF kriviek. Na obrázku 3 je znázornené priemerné zmraštenie pôdnych vzoriek reprezentujúcich pôdny profil s mocnosťou 100 cm podľa meraných tlakov. Počiatočný objem vzoriek je vo vlhkosťne saturovanom stave a predstavuje objem odberného valca (100 cm³). Na obrázku je uvedené % priemerného zmraštenia pôdnych vzoriek oproti východziejmu objemu vzoriek v saturovanom stave. Korekciou objemových vlhkostí boli na základe zmeraných bodov VRK a textúry získané parametre analytického vyjadrenia skutočnej VRK _{Θ} a zdánlivej VRK _{$\Theta_{(100)}$} pomocou programu RETC.

Na obrázku 4 sú znázornené obidva priebehy VRK _{Θ} a VRK _{$\Theta_{(100)}$} spolu s hodnotami parametrov ich analytického vyjadrenia.



Obr. 3. Priemerná zmena objemu pôdnych vzoriek.

Fig. 3. Average volume change of soil samples.

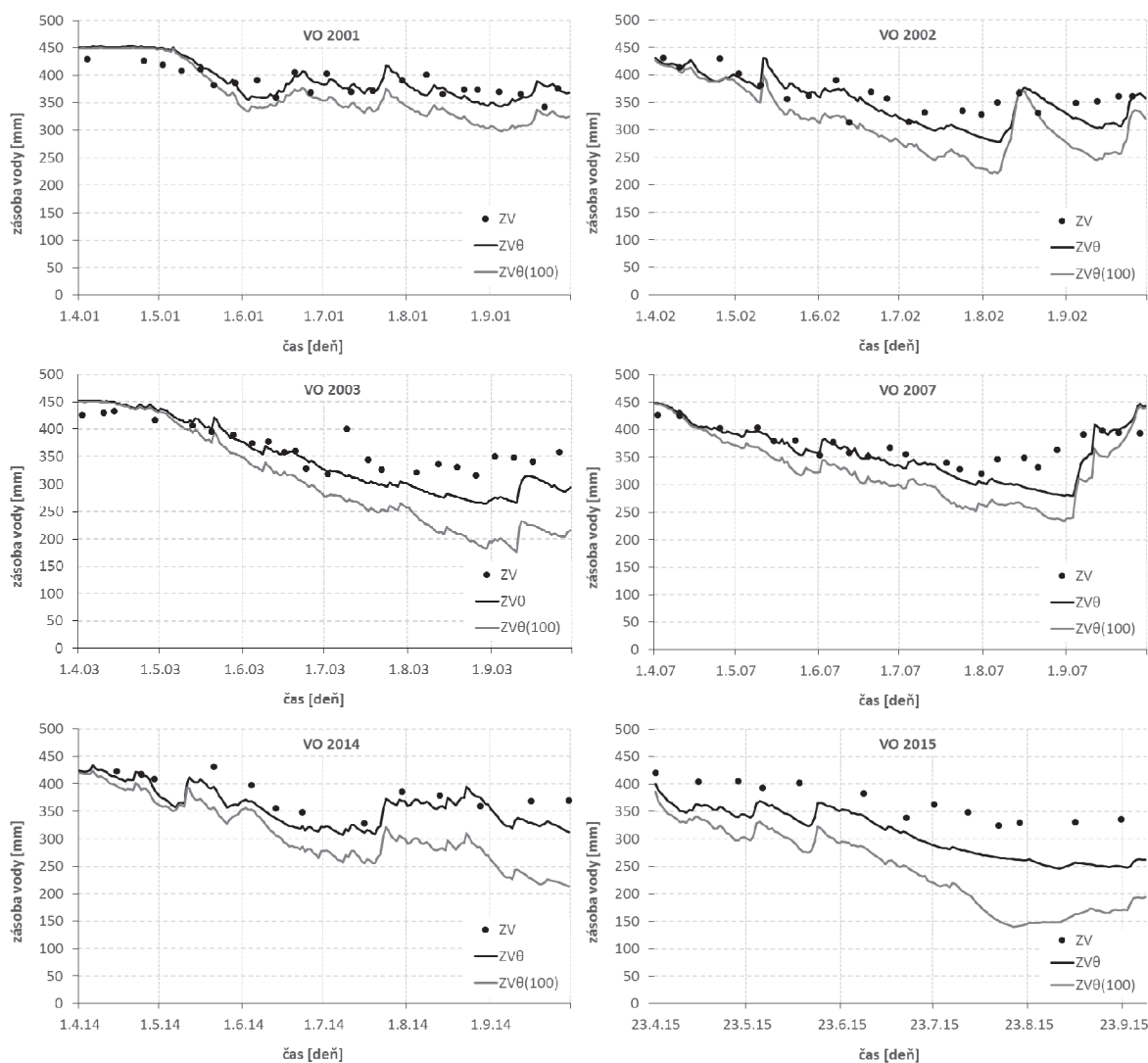


Obr. 4. Skutočná (VRK _{Θ}) a zdánlivá (VRK _{$\Theta_{(100)}$}) vlhkostná retenčná krivka pre lokalitu Senné.

Fig. 4. Real (WRC _{Θ}) and unreal (WRC _{$\Theta_{(100)}$}) water retention curve for the Senné locality.

V ďalšom postupe prác boli získané priebehy VRK použité v numerických simuláciách a ich rozdiely boli kvantifikované cez zásoby vody v pôde (ZV) do hĺbky 80 cm. Na obrázkoch 5 sú uvedené denné hodnoty zásoby vody v pôde pre jednotlivé vegetačné obdobia. ZV sú zásoby vody získané z terénneho monitoringu a reprezentujú skutočný stav. ZV_{θ} predstavujú modelované zásoby vody v pôde, vychádzajúce z VRK $_{\theta}$, v ktorých sa počítalo so zmenami objemu. $ZV_{\theta(100)}$ sú modelom vypočítané zásoby vody v pôde, ktoré však vo výpočte obsahujú zanesenú chybu. Uvedenú chybu predstavuje VRK $_{\theta(100)}$, ktorá bola získaná pôvodným spôsobom merania bez zohľadnenia objemových zmien. Z obrázkov jasne vyplýva, že v prípade ťažkých pôd, ak berieme do úvahy aj zmeny objemu pri meraní VRK, môže to priniesť významné spresnenie modelových výstupov. V tabuľke 1 sú v absolutných hodnotách

uvedené priemerné, maximálne a minimálne odchýlky medzi monitorovanými a modelovanými zásobami vody ($\Delta ZV_{m\theta}$ a $\Delta ZV_{m\theta(100)}$ a medzi modelovanými zásobami vody navzájom ΔZV_{θ}). Najväčšie rozdiely boli počas najsušších vegetačných období 2015, 2014 a 2007. V rámci mesiacov boli najmenšie rozdiely v zásobách vody v jari (apríl, máj) a najväčšie v lete (júl, august) a jeseni (september). Odchýlky v zásobách vody medzi ZV_{θ} a $ZV_{\theta(100)}$ (ΔZV_{θ}) postupne rastú s klesajúcim trendom ZV_{θ} (obr. 6). Na retenčnej čiare začínajú významné rozdiely medzi VRK $_{\theta}$ a VRK $_{\theta(100)}$ už pri hodnote 46,70 % (pF = 2,0) objemovej vlhkosti pôdy, t.j. väčšej ako hydrolimit poľná vodná kapacita (PVK = 2,7 pre ťažké pôdy), tu sa začína prejavovať vplyv zmršťovania pôdnych vzoriek na presnosť stanovenia VRK a teda aj na presnosť modelových výstupov.



Obr. 5. Zásoba vody do hĺbky pôdy 80 cm.
Fig. 5. Soil water storage to 80 cm of soil depth.

Tabuľka 1. Odchýlky medzi monitorovanými a modelovanými zásobami vody v pôde
Table 1. Deviations between monitored and modelled soil water storages

Ukazovateľ	Hodnota [mm]	Vegetačné obdobie					
		2001	2002	2003	2007	2014	2015
ΔZV_{θ}	Priemer	28,2	37,1	43,9	33,6	51,7	64,8
	Max	53,0	57,6	88,1	49,3	102,0	119,6
	Min	1,9	1,2	1,7	1,6	14,9	13,9
$\Delta ZV_{m\theta}$	Priemer	17,1	25,1	31,3	22,0	24,1	55,8
	Max	38,5	71,2	86,6	80,3	57,6	85,7
	Min	0,9	1,1	3,2	0,2	5,4	20,0
$\Delta ZV_{m\theta(100)}$	Priemer	34,1	52,1	71,4	52,8	73,4	120,5
	Max	75,4	128,3	168,7	125,2	156,5	187,0
	Min	3,0	1,8	12,6	3,5	26,6	33,9

Záver

V predloženej práci bol na vybranej lokalite Senné skúmaný význam merania objemových zmien na presnosť stanovenia vlhkostnej retenčnej čiary. Za týmto účelom bolo z 15 ročného radu vegetačných období vybraných 6 období. Hodnotenie spočívalo na analýze odchýlky, ktorá vznikla z dôvodu zanedbania objemových zmien pri meraní VRK. Veľkosť tejto odchýlky bola kvantifikovaná cez modelované zásoby vody v pôde, ktoré boli vzájomne porovnávané a zároveň porovnávané aj voči skutočnému stavu zásoby vody na skúmanej lokalite.

Objemové zmeny pôdných vzoriek ovplyvnili výsledky meraní vlhkostných retenčných kriviek a ich následného analytického vyjadrenia pomocou programu RETC. Zmrašťovanie pôdných vzoriek spôsobilo zvyšovanie ich objemových vlhkostí Θ v porovnaní s vlhkosťami vyjadrenými na konštantný objem $\Theta_{(100)}$. Význam merania objemových zmien v ťažkých pôdach pri stanovení VRK bol preukázaný na modelovaných zásobách vody v pôde do hĺbky 80 cm. Najväčšie rozdiely medzi ZV_{θ} a $ZV_{\theta(100)}$ boli počas suchých a extrémne suchých vegetačných období a mesiacov. V oblasti týchto hodnôt zásoby vody dochádzalo aj k výrazným objemovým zmenám pôdy. Pre hodnotený profil bola stanovená hraničná hodnota vlhkosti pôdy a pF tlaku, pri ktorej sú rozdiely medzi ZV_{θ} a $ZV_{\theta(100)}$ významné. Uvedená hodnota sa v tomto pôdnom prostredí nachádza už v blízkosti hydrolimitu poľná vodná kapacita. Prínosom tejto práce bolo spresnenie metodiky merania vlhkostných retenčných kriviek v ťažkých pôdach. Snaha o čo najpresnejšie stanovenie pôdných hydrofyzikálnych charakteristík, v tomto prípade vlhkostnej retenčnej krivky je nevyhnutná pre spoľahlivú prácu matematických modelov, čo sa v práci potvrdilo.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná grantovou agentúrou VEGA 2/0062/16, agentúrou pre podporu výskumu a vývoja APVV-0163-11, APVV-14-0735 a realizáciou projektu ITMS 26240120004 Centrum excelentnosti integrovanej protipovodňovej ochrany územia, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- Cools, N., De Vos, B. (2010): 1 st FSCC soil physical ringtest 2009. (online). Brusel, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO): 47 s. (cit. 12. 11. 2011). Available at World Wide Web: <http://www.inbo.be/docupload/4330.pdf>.
- Gomboš, M. (2015): Evaluation of isotropy of soils from the view of volume changes. In Növénytermelés, 2015, vol. 64, suppl., p. 221 – 224. ISSN 0546-8191.
- ISO 11274 (1998): Soil quality – Determination of the water retention characteristics – Laboratory methods. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 20p. (available at www.iso.ch).
- Majerčák, J., Novák, V. (1994): GLOBAL one-dimensional variable saturated flow model, including root water uptake, evapotranspiration structure, corn yield, interception of precipitations and winter regime calculation: Research Report. Bratislava: Institute of Hydrology S.A.S.), 1994. 75 p.
- Šútor, J., Štekauerová, V (2000): Hydrofyzikálne charakteristiky pôd Žitného ostrova. 170 s. Bratislava: ÚH SAV, 2000. ISBN 80 - 968480 - 1 - 1.
- van Genuchten, M. Th., Leij, F. J., Yates, S. R. (1991): The RETC Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils, Version 1.0. EPA Report 600/2-91/065, U.S. Salinity Laboratory, USDA, ARS, Riverside, California.

INFLUENCE OF WATER RETENTION CURVES ON THE MODEL OUTPUTS ACCURACY

The presented paper studied the impact of volumetric changes on the accuracy of water retention curves in the selected area of Senné. From the course of 15 years of growing seasons, the six seasons were selected to achieve this goal. The evaluation of model outputs was based on the variance analysis which emerged as a result of disregarding volumetric changes during measurement of water retention curve (WRC). The magnitude of this variation was quantified through the water storage modelling in soil. These variables were compared mutually as well as with the actual status of water storage in soil.

Volumetric changes of soil samples had influence on the measurement results of water retention curve and its subsequent analytic depiction by the RETC programme. Shrinking of soil samples caused the increase of volumetric moisture Θ when compared to moisture of constant volume $\Theta_{(100)}$. The importance of measuring

volumetric changes in heavy soils with defined WRC was proven on water storage modelling in the soil depth of 80 cm. The biggest differences between WS_{Θ} and $WS_{\Theta(100)}$ were shown during dry and extremely dry growing seasons. During these periods, there was a considerable volumetric change in soil in the areas with such level of water storage. In the selected profile was determined a limit of soil moisture and pF pressure which shown considerable differences between WS_{Θ} a $WS_{\Theta(100)}$. Regarding the given soil profile, this limit was close to hydrolimit called Field water capacity. Presented paper's contribution was to improve the precision of methodology used for measuring water retention curves in heavy soils. The goal of achieving the most precise measurements of hydrophysical characteristics, in this case water retention curves, is necessary for reliable operation of mathematical models what was proven in the presented paper.

Ing. Branislav Kandra, PhD.
Ing. Dana Pavelková, PhD.
RNDr. Andrej Tall, PhD.
Ústav hydrológie SAV Bratislava
Výskumná hydrologická základňa Michalovce
Hollého 42
071 01 Michalovce
Tel.: +42156 6425 147
E-mail: kandra@uh.savba.sk
pavelkova@uh.savba.sk
tall@uh.savba.sk