

Prejavy sucha na zložkách vodného režimu pôd v podmienkach Východoslovenskej nížiny

Impact of drought on the soil water regime elements under the East slovakian
lowland conditions.

Milan Gomboš¹, Branislav Kandra¹, Lucia Balejčíková¹

Ústav hydrológie SAV Bratislava, Výskumná hydrologická základňa Michalovce

Abstrakt

Zložky vodného režimu pôd majú veľkú premenlivosť. Pri poklese zásob vody v pôde na bod zníženej dostupnosti nastáva proces vzniku pôdneho sucha. Rastliny sa dostávajú do stresu. Ich fyziologické funkcie sú orientované na prežitie. Pri poklese zásob vody na bod vädnutia je voda v pôde pre rastliny nedostupná a rastliny hynú.

V predloženom príspevku bolo vybrané extrémne suché vegetačné obdobie roku 2015. V tomto období boli numericky simulované hydrologické procesy v pôdnom profile. Pre numerickú simuláciu bol použitý matematický model GLOBAL. Simulácia prebiehala s výpočtovým krokom jeden deň. Boli analyzované zrážky, potenciálna evapotranspirácia, aktuálna evapotranspirácia, evapotranspiračný deficit, teploty, hladina podzemnej vody a zásoba vody v pôde do hĺbky 1 m. Výsledky analýzy sú uvedené graficky.

Kľúčové slová: numerická simulácia, vodný režim pôd, zložky vodnej bilancie, koreňová zóna pôdy

Abstract

water regime have great variability. When the water storage in the soil drops to a threshold point, there starts a process of soil drought. Plants get into stress. Their physiological functions are oriented to survive. When the water storage drops below the wilting point, the water in the soil is inaccessible to plants and the plants die.

An extremely dry vegetation period of 2015 was selected in the present submission. During this period, the hydrological processes in the soil profile were numerically simulated. For numerical simulation, the mathematical model GLOBAL was used. The simulation was made with one-day calculation step. Potential evapotranspiration, actual evapotranspiration, evapotranspiration deficiency, air temperature, groundwater level, capillary inflow, drainage outflow and water storage to depth of 1 m were analyzed. The results of the analysis are presented graphically.

Keywords: numerical simulation, soil water regime, water balance elements, soil root zone

Úvod

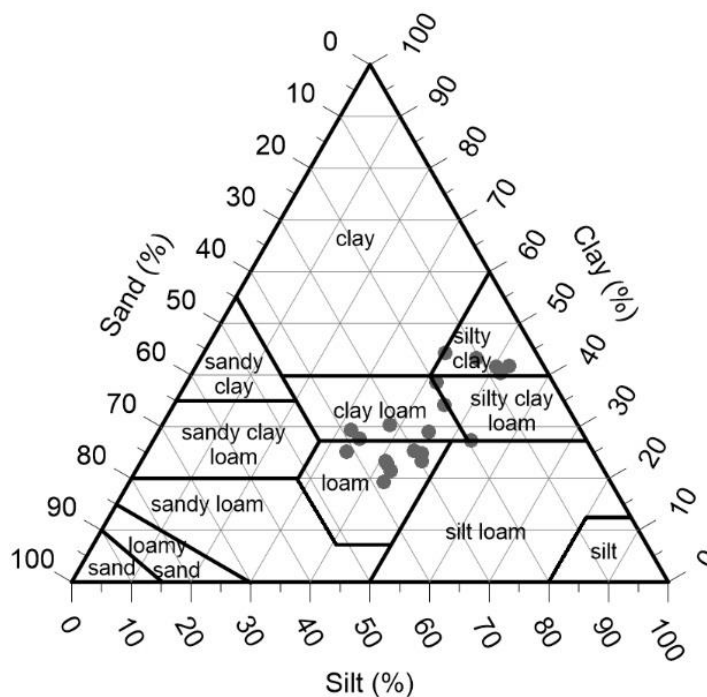
Vodný režim pôd môžeme klasifikovať z rôzneho pohľadu (hydrologické, ekologické, agronomické, atď...). Vo všeobecnosti je vodný režim popisovaný cez dynamiku vody v čase a priestore pod vplyvom rôznych činiteľov. Obsah vody v pôde je počas hydrologického roka pod vplyvom meteorologických javov, rastlinného krytu a hladiny podzemnej vody (Šoltész a Baroková, 2011). Dôležitým časovým úsekom v roku je vegetačné obdobie. Z pestovateľského hľadiska majú pestované plodiny rôzne nároky na spotrebu vodu v závislosti od druhu plodiny a jej rastovej fázy. Obsah vody v pôde počas vegetačného obdobia tak priamo ovplyvňuje možnosť dosiahnutia optimálneho hospodárskeho výsledku. Na základe toho má hodnotenie dynamiky vody v pôde dve hľadiska. Prvé hľadisko je hydrologické a druhé agroklimaticko-hydropedologické. Hydrologický prístup je založený na hodnotení členov vodnej bilancie, ktoré sú determinované javmi vplývajúcimi na dynamiku vody v pôde. Pre hodnotenie a bilancovanie vodného režimu pôd je potrebné poznať a kvantifikovať jeho procesy (Rožňovský a kol., 2018). Tieto možno rozdeliť na procesy interakcie zóny aerácie pôdy s atmosférou a vegetačným krytom. Sem patria výpar vody z pôdy, transpirácia vody rastlinami a zrážky. Ďalej procesy interakcie zóny aerácie pôdy s hladinou podzemnej vody, ktorá tvorí jej dolnú hranicu. K nim patrí kapilárny prítok vody od hladiny, alebo naopak odtok vody zo zóny aerácie pôdy do hladiny podzemnej vody, resp. pri jej absencii odtok do nižších horizontov pôdy. Na sklonových územiach je potrebné počítať aj s hypodermickým odtokom, ktorý sa pri bilancovaní vody na nížinách vylučuje. Obsah vody v pôde možno kvantifikovať monitoringom vlhkosti pôdy po vertikále pôdneho profilu, alebo výpočtom jednotlivých zložiek vodnej bilancie (Tall a Pavelková, 2016). Za týmto účelom sa používajú dva prístupy. Prvý vyžaduje priame meranie týchto zložiek na konkrétnej lokalite (Vitková a kol., 2017). Druhý je výpočtový, založený na numerickej simulácii vodného režimu pôd pomocou matematického modelu.

Cieľom predloženého príspevku je kvantifikovať vybrané zložky vodného režimu pôdy počas vegetačných období rokov 1970 – 2015 s dôrazom na extrémne suché vegetačné obdobie 2015. Zároveň je hodnotený aj vplyv evapotranspiračného deficitu na proces vysušovania skúmaného pôdneho profilu. Miera vysušovania je vyjadrená cez zásoby vody v pôde. Analýza je založená na poľných meraniach a numerickej simulácii vodného režimu v zóne

aerácie pôdy pomocou matematického modelu GLOBAL nastaveného na 1-dňový výpočtový krok.

Materiál a metódy

Analýza vybraných zložiek vodného režimu pôd bola vykonaná pre lokalitu Milhostov situovanú na Východoslovenskej nížine (VSN). V časovom horizonte vegetačných období rokov 1970 až 2015 boli hodnotené denné chody zásoby vody v pôde (WS) do hĺbky 1 m, hladiny podzemnej vody (GWL), kapilárneho prítoku (I_k), drenážneho odtoku (I_d) teploty vzduchu (T) a denné úhrny aktuálnej (ET_a) a potenciálnej evapotranspirácie (ET_0), zrážok (P) a evapotranspiračného deficitu (D). Obec Milhostov sa nachádza v centrálnej časti VSN (s.z.š. = 48°40'11.08"; v.z.d.= 21°44'18.02"; 100 m). Skúmaná lokalita v Milhostove je pre VSN charakteristická. Typickou pôdou oblasti je stredne ťažká fluvizem glejová s 18% - 39% obsahom ílových častíc (Obr. 1).



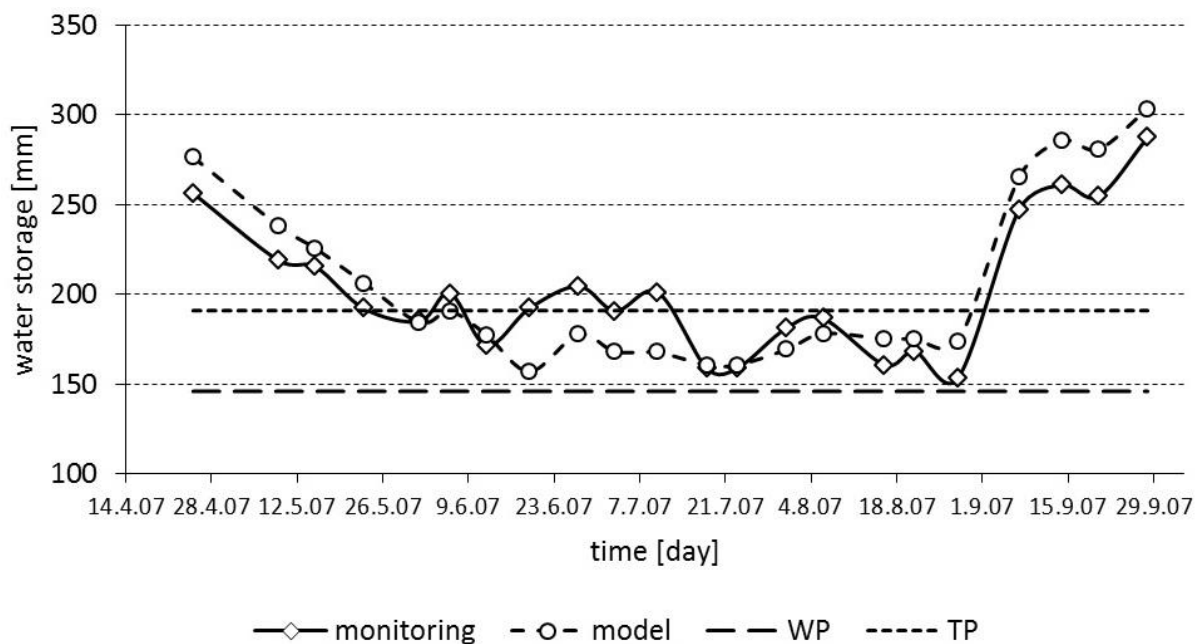
Obr. 1 Textúra skúmaného pôdneho profilu podľa USDA (sand 0.05 - 2.0 mm, clay < 0.002 mm, silt 0.002 - 0.05 mm)

Z hľadiska klímy sa skúmaná oblasť, ako aj zvyšok VSN, nachádza v prechodnom klimatickom regióne medzi morským a kontinentálnym podnebím. Pokiaľ ide o teplotu, oblasť je homogénna. Dlhodobá priemerná teplota v oblasti medzi rokmi 1961 a 2015 je 9,4 °C. Absolútna minimálna teplota v oblasti počas analyzovaného obdobia bola -29,1 °C (01.

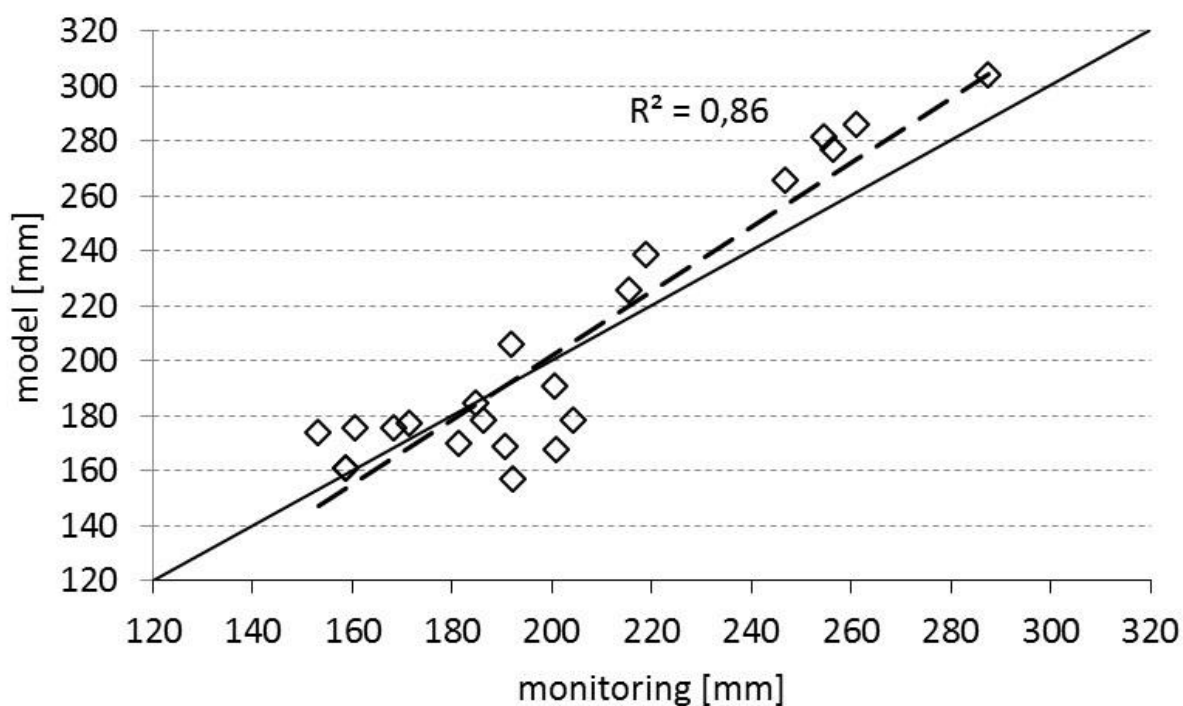
január. 1987) a absolútna maximálna denná teplota bola + 38,2 ° C (22. júl 2007). Najteplejší mesiac je júl, najchladnejší je január. Priemerný ročný úhrn zrážok v oblasti je 558 mm (roky 1961 - 2015). Maximálny denný úhrn zrážok bol 82,5 mm (26. jún 1995). Maximálna dĺžka obdobia bez zrážok bola 35 dní. Databáza údajov pre analýzu bola získaná monitoringom v teréne, laboratórnymi meraniami a numerickou simuláciou na matematickom modeli GLOBAL (Majerčák a Novák, 1994). Terénny monitoring zahŕňal merania hladiny podzemnej vody a objemovej vlhkosti po vertikále pôdneho profilu do hĺbky 0,8 m a horizontálne po 0,1 m vrstvách. Práca v teréne zahŕňala aj odber pôdnych vzoriek. Získané vzorky boli spracované v laboratóriu a boli stanovené základné charakteristiky pôdneho profilu. Skúmaná oblasť je pod správou Ústavu agroekológie, ktorý v rokoch 1970 – 2015 poskytoval hydrometeorologické údaje a charakteristiky pestovaných rastlín potrebné pre numerickú simuláciu pomocou matematického modelu GLOBAL. K dispozícii sú aj výsledky monitorovania zásoby vody do hĺbky 0,8 m. Model bol verifikovaný pomocou údajov z mimoriadne suchého vegetačného obdobia 2007. Uvedené obdobie bolo druhé najsuchšie zo skúmaného radu po vegetačnom období 2015. Po verifikácii boli vypočítané denné úhrny ET_0 , ET_a , I_k , I_d a WS do hĺbky 1 m. Okrem toho bol pomocou vzťahu „ $D = ET_0 - ET_a$ “ vypočítaný evapotranspiračný deficit. Simulácie boli vykonané pre vegetačné obdobia 1970 – 2015. Počas vegetačného obdobia 2015 boli hodnotené celkové úhrny ET_0 , ET_a , D, I_k a I_d vo vzťahu k WS, P a GWL. Pre ET_0 , ET_a a D sa vypočítali lineárne trendy a vykonala sa korelačná analýza medzi hodnotenými ukazovateľmi. V extrémne suchom vegetačnom období bol s jednodňovým krokom hodnotený vývoj WS v pôde.

Výsledky a diskusia

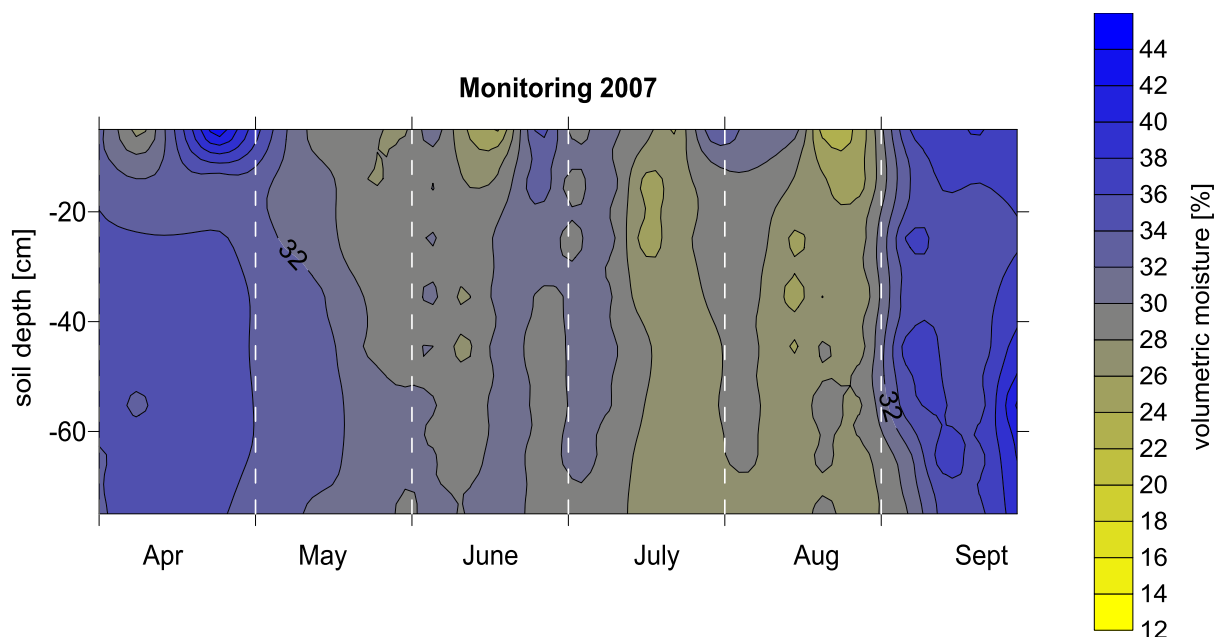
Verifikácia modelu GLOBAL bola uskutočnená na základe hodnotenia integrálneho obsahu vody v pôde do hĺbky 0,8 m, vyjadreného v milimetroch vodného stĺpca. Mocnosť počítaného pôdneho profilu bola definovaná hĺbkou v ktorej sa vykonával monitoring zásoby vody v pôde. Výsledky simulácie a meraní sú znázornené na Obr. 2. Vysoká miera zhody je preukázaná na Obr. 3 prostredníctvom lineárneho trendu a koeficientu korelácie medzi vypočítanými a nameranými hodnotami. Z výsledkov vyplýva, že model GLOBAL má pri objemovej vlhkosti pôdy $\theta > TP$ tendenciu nadhodnocovať a naopak pri nižšej vlhkosti podhodnocovať skutočný stav. Výsledky ukazujú, že model je vhodný pre podmienky skúmanej oblasti a môže byť použitý na simuláciu vodného režimu v nenasýtenej zóne pôdy. Treba poznamenať, že model bol overený a úspešne aplikovaný v iných oblastiach Slovenska (Novák et al., 1998).



Obr. 2 Porovnanie monitorovanej a modelovanej zásoby vody v pôde (water storage – WS) do hĺbky 0,8 m vo vegetačnom období 2007 (WP – bod vädnutia, TP – bod zníženej dostupnosti).

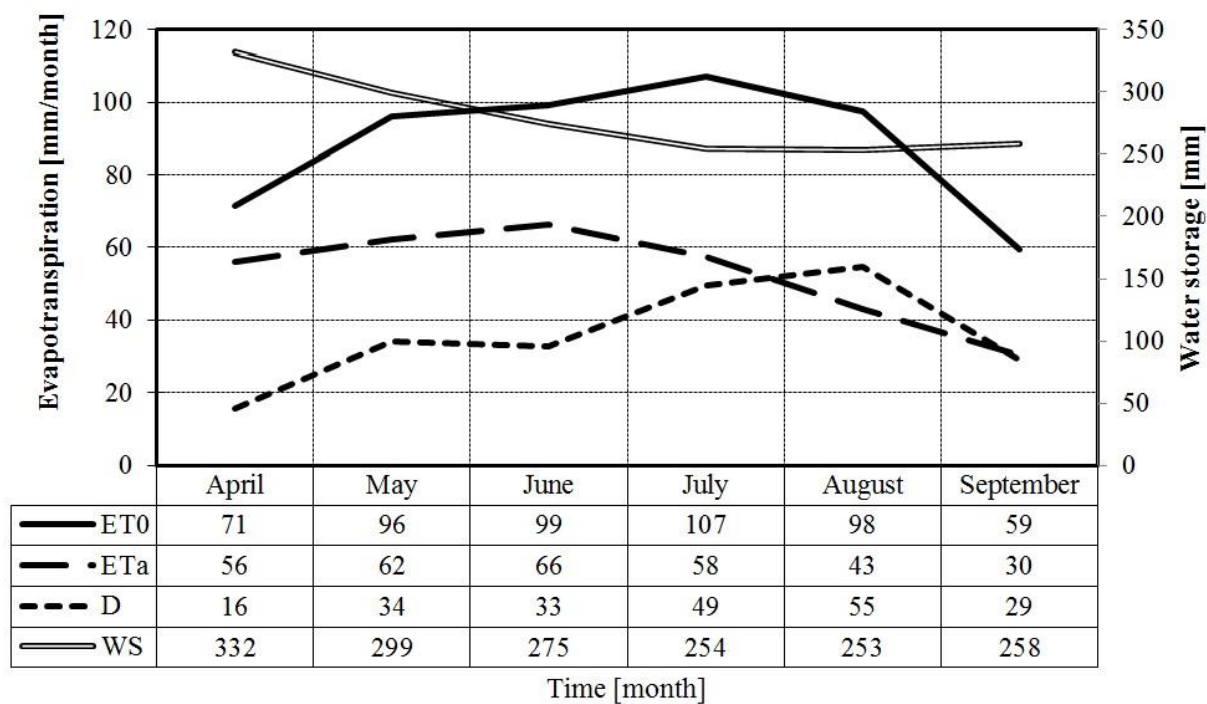


Obr. 3 Znázornenie lineárnej závislosti pomocou korelačného koeficienta medzi nameranými a modelovanými dennými hodnotami integrálneho obsahu vody v pôde do hĺbky 0,8 m v Milhostove.

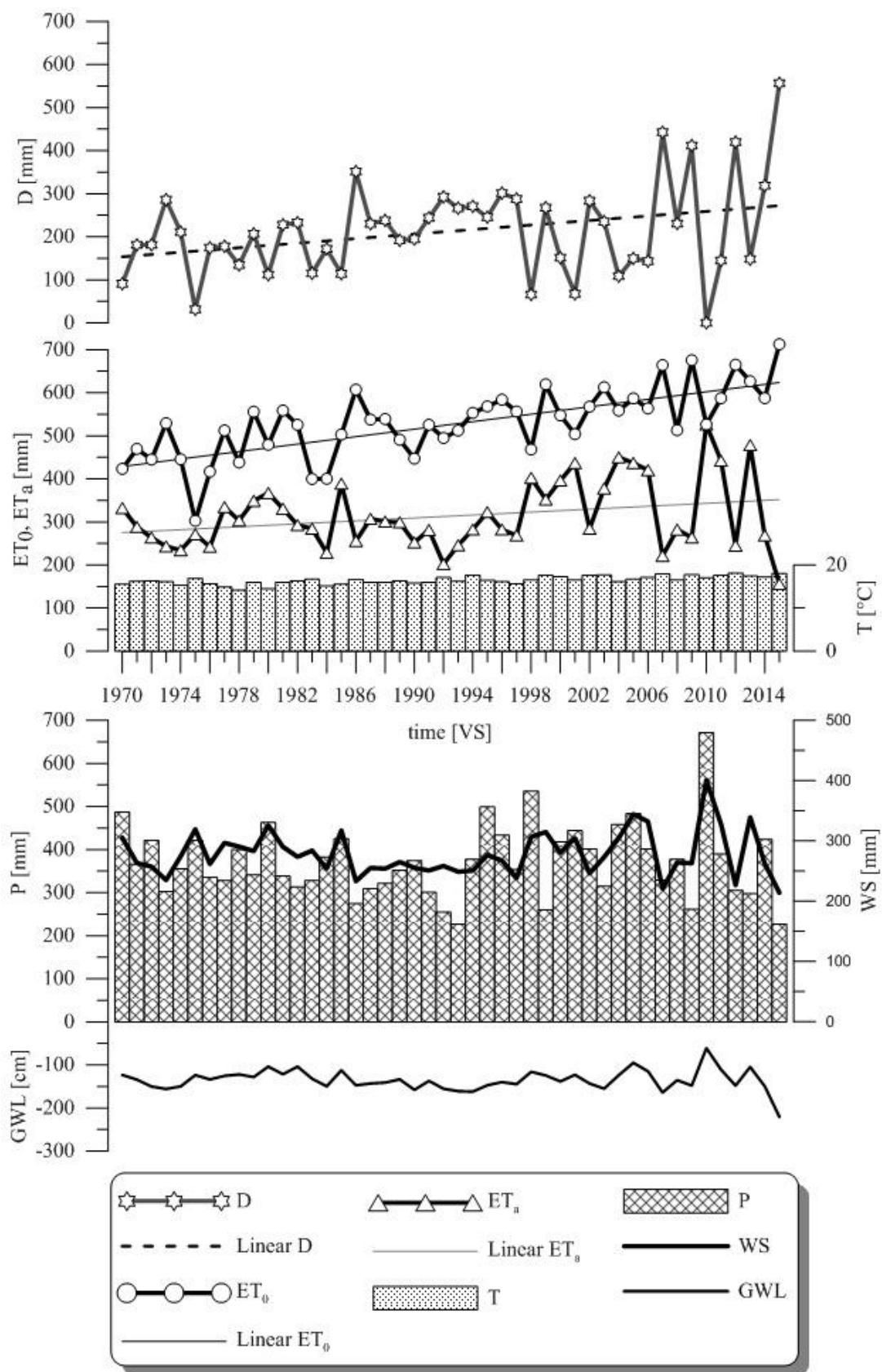


Obr. 4 Chronoizoplety objemovej vlhkosti pôdy (θ) do hĺbky 0,8 m počas vegetačného obdobia 2007.

Na Obr. 4 je uvedený priebeh objemovej vlhkosti prostredníctvom chronoizopliet. Tieto boli vytvorené na základe hodnôt vlhkosti pôdy sledovanej do hĺbky 0,8 m po 0,1 m vrstvách v Milhostove počas vegetačného obdobia 2007. Z obrázka vyplýva, že pôdny profil bol presušený po celej svojej hrúbke.

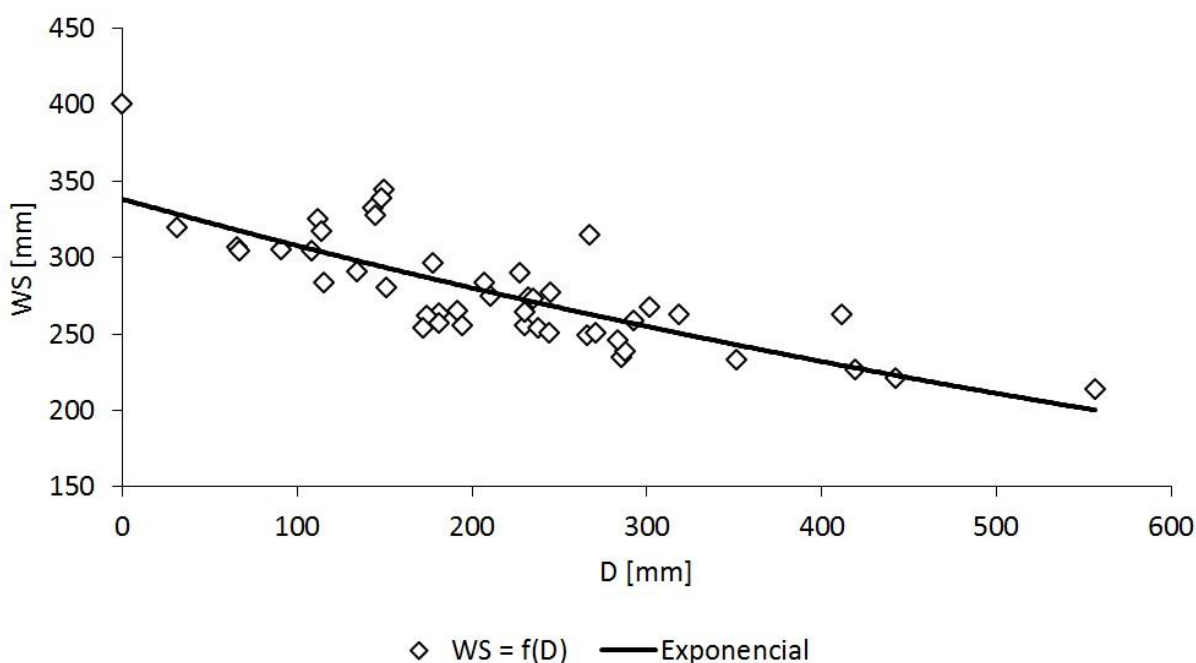


Obr. 5 Dlhodobé priemerné mesačné úhrny ET₀, ET_a a D



Obr. 6 Evapotranspirační deficit a složky vodního režimu počas vegetačních období 1970 – 2015.

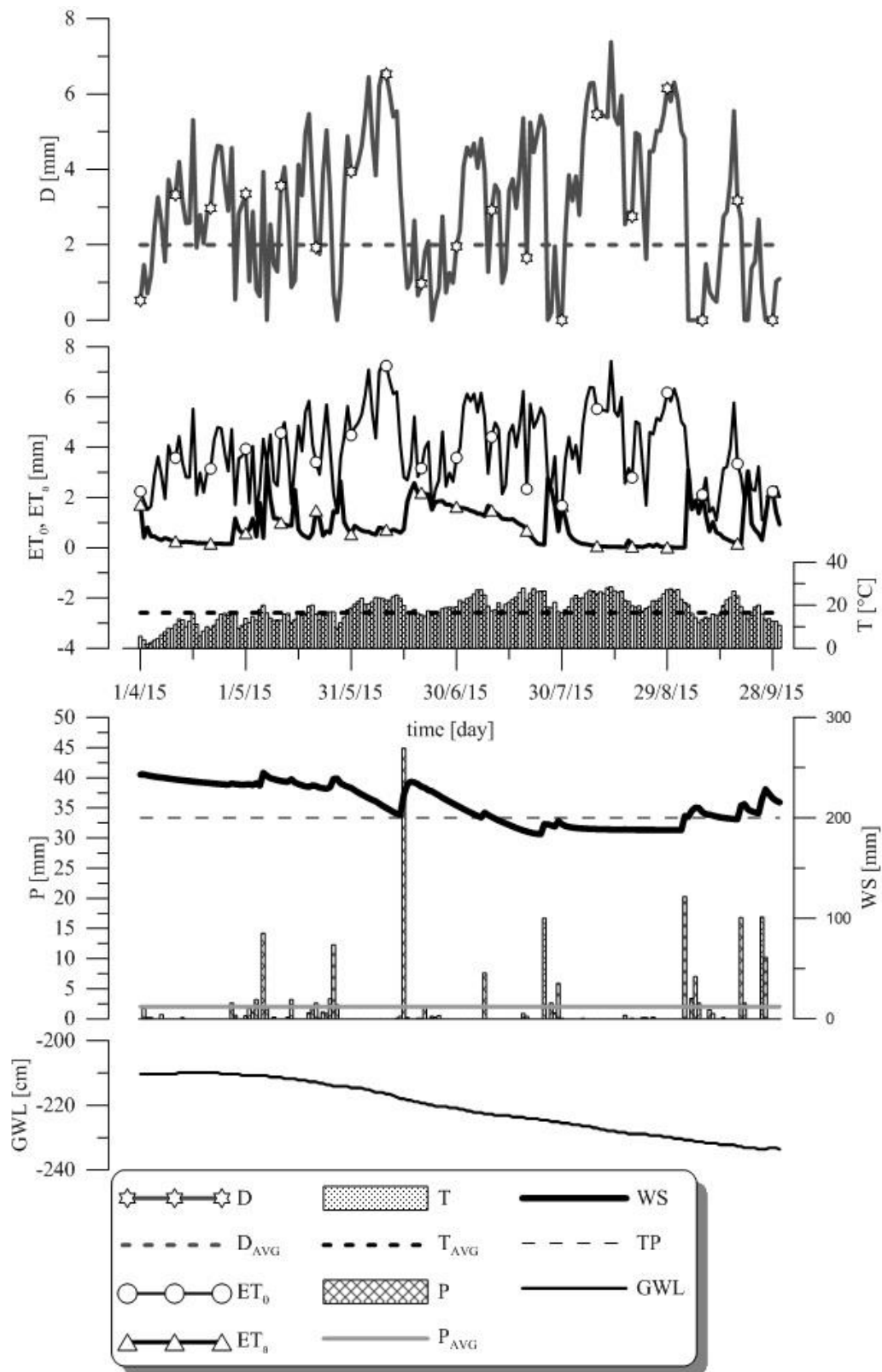
Obr. 5 znázorňuje dlhodobé priemerné mesačné hodnoty ET_0 , ET_a a D . Výsledky ukazujú, že najvyšší dlhodobý priemerný mesačný deficit výparov bol v júli a auguste. Je to spôsobené tým, že priemerná mesačná zásoba vody v pôde sa počas vegetačného obdobia postupne znižovala až do júla, kedy ostala na minimálnej hodnote. Naopak ET_a sa zvyšovala a v júli dosiahla najvyššiu hodnotu. Maximálna hodnota dlhodobého priemeru ET_a bola v júni, kedy mal pôdny profil dostatok vody. Od júna do konca vegetačného obdobia ET_a neustále klesala. Na Obr. 6 je znázornený vývoj úhrnov D , ET_0 , ET_a , P , priemernej WS v pôde do hĺbky 1 m, priemernej T a priemernej GWL počas vegetačných období medzi rokmi 1970 a 2015. Je zrejmé, že sa počas skúmaného obdobia rástol rozdiel medzi ET_0 a ET_a . Výparový deficit sa preto zvyšoval. Najvýznamnejší a najtesnejší vzťah je medzi WS v pôde a D (Obr. 7), ktorý je nepriamo úmerný.



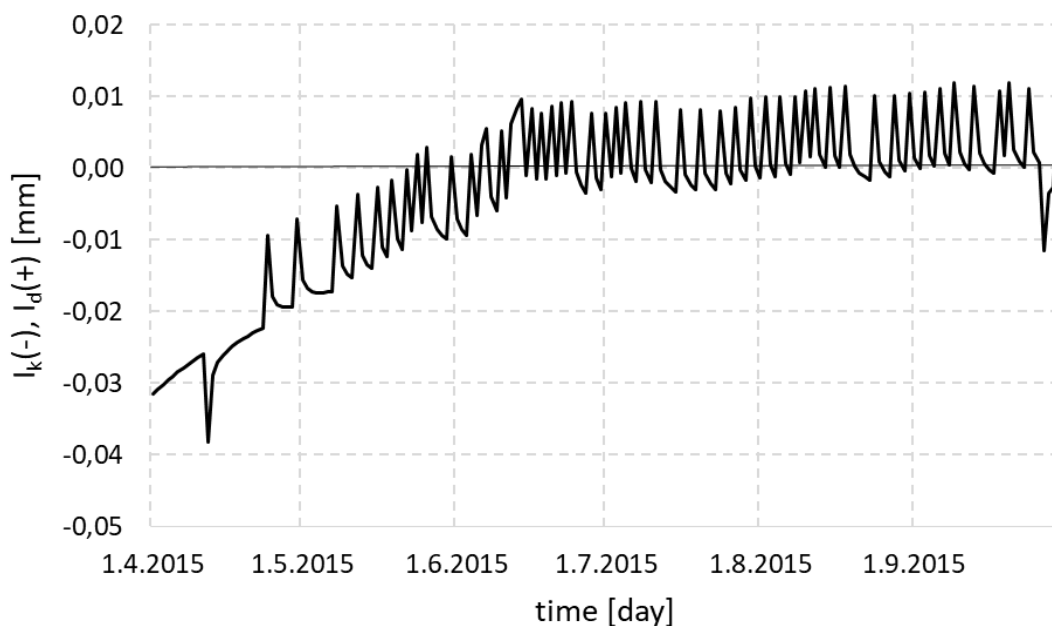
Obr. 7 Grafické znázornenie exponenciálnej závislosti medzi D a WS v pôde do hĺbky 1 m; $R = 0,8$.

Na druhej strane zásoba vody v koreňovej zóne pôdneho profilu štatisticky závisí od GWL a ET_a . Tieto vzťahy možno vysvetliť tým, že GWL predstavuje dolnú hranicu nenasýtenej zóny pôdy a pre účely hodnotenia vodného režimu pôdy je definovaná ako dolná okrajová podmienka. Dolná hranica nenasýtenej zóny pôdy je teda dynamická a v závislosti od interakcie s podzemnou vodou sa môže meniť v priestore a čase. V prípade ak je GWL

vysoko, podzemná voda môže dosiahnuť povrch pôdneho profilu. V depresívnych nížinných oblastiach ako je VSN sa podzemná voda často dostáva na úroveň povrchu pôdy, alebo vyššie, pričom dochádza k strate nenasýtenej zóny pôdy. V dôsledku kolísania v čase môže podzemná voda dosiahnuť pôdny profil aj keď je priemerná hodnota GWL nižšia. Týmto spôsobom interakčné procesy ovplyvňujú zásobu vody v pôde a jej dostupnosť pre rastlinný kryt. Obzvlášť to možno pozorovať v období meteorologického sucha. Počas dlhších období bez dažďa zrážky nemôžu pokryť aktuálnu evapotranspiráciu a začína proces vysušovania. Proces vysušovania má s menším časovým oneskorením vplyv na GWL a nenasýtenú zónu pôdy. V nížinných oblastiach sa ako prvé vysušia horné vrstvy pôdneho profilu. Vysušovanie sa potom rozšíri do spodných vrstiev smerom k GWL. Časové oneskorenie vyplýva z toho, že podzemná voda zásobuje nenasýtenú zónu pôdy vodou a tým zlepšuje jej dostupnosť v koreňovej zóne rastlín. Následne GWL klesá a mocnosť nenasýtenej zóny pôdy rastie. Ak GWL klesne pod kritický bod, transfer vody z GWL do koreňovej zóny sa zastaví. Vlhkostné podmienky v bilancovanej vrstve koreňovej zóny závisia výhradne od zrážok a výparu. Ak nastane dlhšie obdobie bez zrážok, zastaví sa prísun vody ku koreňom. Vrchné horizonty pôdy a následne aj celá koreňová zóna sa dostanú do stavu sucha. Pokiaľ ide o zásobu vody v pôde, najsuchším vegetačným obdobím v skúmanom rade bol rok 2015. V dôsledku toho boli analyzované prvky vodného režimu v roku 2015. Výsledky analýzy prvkov s jednodňovým krokom sú znázornené na Obr. 8. Evapotranspiračný deficit je 257% z dlhodobého priemeru (1970 – 2015). ET_0 je 134% a ET_a je 49% zodpovedajúceho dlhodobého priemeru. Priemerná teplota vzduchu je relatívne stabilná, 110% zodpovedajúceho dlhodobého priemeru. Zrážky tvorili 61% zodpovedajúceho dlhodobého priemeru a zásoba vody v pôde do hĺbky 1 m bola 77% zodpovedajúceho dlhodobého priemeru. Výsledky uvedené na Obr. 8 naznačujú, že v druhej polovici vegetačného obdobia poklesla zásoba vody v pôde pod úroveň zníženej dostupnosti. To zodpovedá skutočnosti, že hodnota D bola vysoko nad priemerom. Podzemná voda nepretržite klesala počas celej vegetačnej sezóny. Obr. 8 tiež ukazuje vývoj a koreláciu medzi ET_0 , ET_a a D. Numerickou simuláciou boli pre vegetačné obdobie 2015 stanovené aj toky vody I_k (kapilárny výstup od GWL) a I_d (drenážny odtok do GWL), ktoré sa v grafickej forme uvádzajú na Obr. 9. Plusové hodnoty zobrazujú drenážny odtok I_d do GWL a mínusové hodnoty I_k zobrazujú prítok vody do nenasýtenej zóny od GWL. Priebeh tokov na dolnej hranici nenasýtenej zóny súhlasí s vývojom GWL a WS. V prvej tretine vegetačného obdobia dominuje I_k z vyššej úrovne GWL, čo zodpovedá vyšším hodnotám WS a naopak v ďalšom období prevláda I_d a s poklesom GWL klesá aj WS s výnimkou posledných dní vegetačného obdobia.



Obr. 8 Evapotranspiračný deficit a zložky vodného režimu v extrémne suchom vegetačnom období 2015.



Obr. 9 Priebeh kapilárneho prítoku vody I_k a drenážneho odtoku I_d cez dolnú hranicu nenasýtenej zóny pôdy vo vegetačnom období roku 2015 na lokalite Milhostov, keď dolnou hranicou je hladina podzemnej vody.

Záver

V príspevku bol analyzovaný vývoj jednotlivých zložiek vodného režimu pôdy (ET_0 , ET_a , D , WS , P , GWL , I_k , I_d a T) počas vegetačných období rokov 1970 – 2015 na základe nameraných údajov a údajov získaných numerickou simuláciou. Kvantifikované boli interakčné procesy vodného režimu v koreňovej zóne pôdneho profilu. Kvantifikácia je kľúčová pre pochopenie procesov prebiehajúcich počas tvorby, trvania a ukončenia sucha. Bolo preukázané, že zásoba vody v pôde vo veľkej miere závisí od vyparovania, t.j. aktuálnej evapotranspirácie. Následne aktuálna evapotranspirácia ovplyvňuje evapotranspiračný deficit a polohu hladiny podzemnej vody. Z toho dôvodu môže byť evapotranspiračný deficit považovaný za indikátor vysušovania pôdneho profilu. Vysušovanie začína, keď je prítok vody smerom ku koreňom rastlín znížený. Počas evapotranspiračného deficitu podzemná voda zásobuje vodou koreňovú zónu pôdneho profilu. V prípade dlhšieho obdobia bez zrážok sa prítok vody smerom z GWL ku koreňom rastlín zastavuje. Vlhkostné podmienky v bilancovanej vrstve koreňovej zóny závisia výhradne od zrážok a vyparovania. Tieto procesy boli demonštrované na najsuchšom vegetačnom období roku 2015. Z hľadiska zásoby vody do hĺbky 1 m bolo vegetačné obdobie 2015 absolútne najsuchším v sledovanom rade 1970 – 2015.

Literatúra

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. In Research Report, Bratislava, Institute of Hydrology, Slovak Academy of Sciences, 1994, 75 pp.

Rožňovský, J., Chuchma, F., Fiala, R. 2018. Základní vlahové bilance na území ČR v suchých letech. In Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia: Zborník recenzovaných príspevkov - Proceedings of peer-reviewed contributions [elektronický zdroj]. - Bratislava; Michalovce: Ústav hydrológie SAV: Výskumná hydrologická základňa, 2018, s. 223-232. ISBN 978 – 80 – 89139 – 41 - 5.

Šoltész, A., Baroková, D. 2011. Impact of landscape and water management in Slovak part of the Medzibodrožie region on groundwater level regime. In Journal of Landscape Management. 2011, vol. 2, no. 2, pp. 41-45

Tall, A., Pavelková, D. 2016. Evaluation of Selected Locality of East-Slovakian Lowland According the Soil Water Capacity. In OVIDIUS UNIVERSITY ANNALS CONSTANTZA, 2016, vol. XVIII, issue 18, s. 121-128. ISSN 1584-5990.

Vitková, J., Tall, A., Pekárová, P. 2017. Monitoring teploty pôdy v roku 2015 v rôznych pôdnych horizontoch [Soil temperature monitoring in different soil horizons in 2015]. In XXI. Okresné dni vody : recenzovaný zborník referátov. - Bratislava ; Michalovce ; Košice : ÚH SAV : Výskumná hydrologická základňa : Východoslovenská vodárenská spoločnosť, a.s. Košice, 2017, s. 103-108. ISBN 978-80-89139-39-2.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná grantovou agentúrou VEGA 2/0062/16, a tiež je výsledkom realizácie projektu: Dobudovanie infraštruktúry hydrologických výskumných staníc, ITMS kód 26210120009, podporovaný výskumným a vývojovým operačným programom financovaným z ERDF.

Kontakt:

Ing. Milan Gomboš, CSc.

Ústav hydrológie SAV, Výskumná hydrologická základňa

Hollého 42, 071 01 Michalovce

+421 (0)56 64 251 47, gombos@uh.savba.sk