

Vplyv hydrometeorologických podmienok na vznik pôdneho sucha na Východoslovenskej nížine

Impact of hydrometeorological conditions on the soil drought formation in the
Eastern Slovakian Lowland

Milan Gomboš¹, Branislav Kandra²

*VHZ ÚH SAV, Hollého 42, 071 01 Michalovce, gombos@uh.savba.sk¹; VHZ ÚH SAV,
Hollého 42, 071 01 Michalovce, kandra@uh.savba.sk²*

Abstrakt

V predložennom príspevku je na Východoslovenskej nížine analyzovaný vplyv zrážok, teplôt, úhrnov aktuálnej a potenciálnej evapotranspirácie na vznik pôdneho sucha. Analýza bola realizovaná s denným krokom vo vegetačných obdobiach rokov 1970 až 2013. V pôde boli hodnotené denné zásoby vody do hĺbky 1 m. Ako štart pôdneho sucha bola definovaná zásoba vody na úrovni bodu zníženej dostupnosti. Denné hodnoty zásoby vody v pôde, denné úhrny aktuálnej a potenciálnej evapotranspirácie boli získané numerickou simuláciou na matematickom modeli GLOBAL. Výsledky boli analyzované metódami matematickej štatistiky.

Kľúčové slová: zásoba vody v pôde, hydrolimity, numerická simulácia, vodný režim pôd

Abstract

In the present contribution the impact of rainfall, air temperature, actual and potential evapotranspiration sum on the soil drought formation is analysed in the Eastern Slovakian Lowland. The analysis was realized with daily time step in growing seasons between 1970 and 2013. The daily soil water storages were evaluated to a depth of 1 m. As the start of soil drought was defined water storage at the treshold point. Daily values of soil water storages, daily totals of actual and potential evapotranspiration were obtained by numerical simulation on a mathematical model GLOBAL. The results were analyzed by methods of mathematical statistics.

Keywords: soil water storage, hydrolimits, numerical simulation, soil water regime

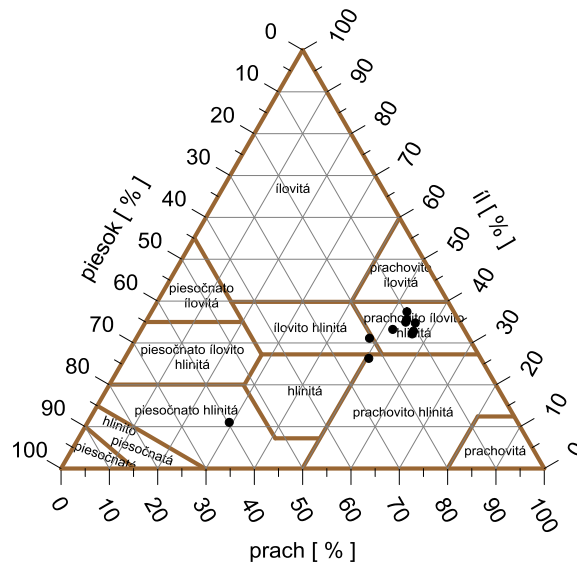
Úvod

Pôdne sucho je fenoménom zóny aerácie pôdy, ktorá je zdrojom vody pre biosféru. Zo systémového hľadiska je súčasťou systému atmosféra – rastlinný kryt – zóna aerácie pôdy – hladina podzemnej vody (AT–RK–ZAP–HPV). Prebiehajú v nej teda všetky hydrologické procesy medzi podzemnou vodou na jej dolnej hranici a rastlinným krytom a atmosférou na hornej hranici zóny aerácie (Gomboš a Pavelková, 2011). Z uvedeného vyplýva, že vlhkosť stav pôdy v zóne aerácie je výslednicou pôsobenia interakčných procesov zóny aerácie s okolitými podsystemami, pričom intenzita týchto interakcií je závislá od hydrofyzikálnych vlastností pôdy (Pavelková, 2010). Hydrofyzikálne vlastnosti sú pre jednotlivé pôdne druhy charakteristické, menia sa od jedného pôdneho druhu k druhému a tým je determinovaná aj tvorba a dynamika zásob vody v časovom a priestorovom vyjadrení. Pre posudzovanie disponibilných zásob vody v pôde pre vegetačný kryt sú na základe konvencie vybrané charakteristické body vlhkostnej retenčnej čiary (obsahu vody v pôde). Je to poľná vodná kapacita (PVK), bod zníženej dostupnosti (BZD) a bod vädnutia (BV). Obsah vody v zóne aerácie pôdy medzi bodom PVK a BV je existenčným intervalom obsahu vody pre rastlinný kryt na danom stanovišti územia, pretože v tomto intervale je voda v zóne aerácie pôdy preň dostupná. Tu je potrebné pripomenúť, že ak chod zásob vody v pôde klesne pod hodnotu zodpovedajúcu BZD, nastáva v pôde stav sucha. Vodný režim a jeho zložky je možné určiť dvoma spôsobmi, buď monitoringom alebo výpočtom. V prvom prípade doposiaľ absentujú dlhodobé a plošne ucelené informácie o zásobách vody v zóne aerácie pôdy ich tvorbe a dynamike počas hydrologického roka. Je to spôsobené tým, že monitoring zásob vody v zóne aerácie nie je v prírodnom prostredí Slovenska všeobecne zavedený. Druhou metódou je kvantifikácia vodného režimu a vývoja jeho zložiek v priebehu sucha výpočtom. Výpočtové metódy v súčasnosti spočívajú na numerickej simulácii na matematických modeloch. Simulácia na matematických modeloch má výhody v tom, že sa získa kontinuálny priebeh vlhkostí pôdy v horizontoch pôdneho profilu, zvyčajne s jednodňovým krokom (Tall, 2010). Z hľadiska riešenia uvedenej problematiky použitie prostriedkov numerickej simulácie na matematických modeloch bude rozhodujúce pre skúmanie vplyvu hydrometeorologických prvkov na zásobu vody vo vybranom pôdnom profile.

Materiál a metódy

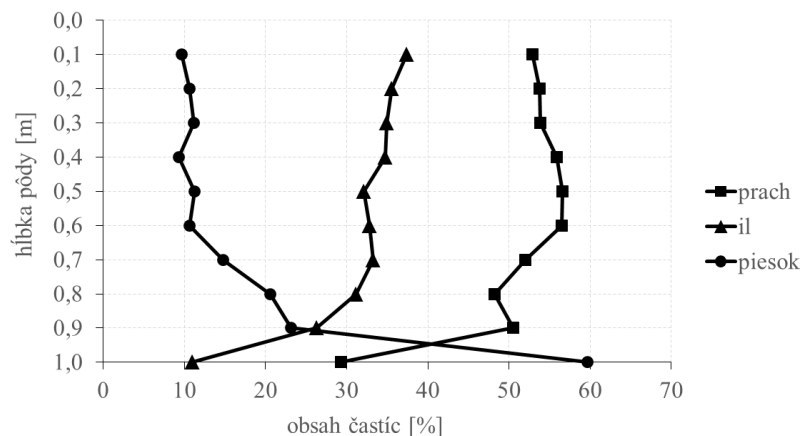
V príspevku sa pri hodnotení skúmaných ukazovateľov vychádzalo z údajov získaných z výskumnej stanice Milhostov. Lokalita sa nachádza v centrálnej časti Východoslovenskej nížiny v katastri obce Trebišov. V súčasnosti je v správe Národného poľnohospodárskeho

a potravinárskeho centra – Výskumného ústavu agroekológie Michalovce. Skúšobný hon č. 9 je zároveň v blízkosti stanice SHMÚ, z ktorej sú k dispozícii dlhodobé meteorologické údaje. Pôdne charakteristiky vychádzajú z merania zrnitosti neporušených pôdnych vzoriek hustomernou metódou podľa Casagrandeho. Na základe textúry je podľa USDA pôda klasifikovaná ako ťažšia, prachovito-ílovito-hlinitá obr.1.



Obr. 1. Textúrne zloženie pôdy v Milhostove podľa USDA

Podiel frakcií prachu, piesku a ílu po vertikále pôdy do hĺbky 1 m je znázornený na obr. 2. Typovo je pôda predstaviteľom fluvizeme glejovej. Na parcele dochádza k pravidelnému striedaniu plodín pre pokusné účely výskumného pracoviska, odkiaľ sú dostupné údaje o druhoch pestovaných rastlín a ich charakteristike (Mati a kol., 2011). Dostupné údaje boli použité ako vstupy do numerických simulácií vybraných zložiek vodného režimu pre 44 ročný horizont vegetačných období 1970 až 2013. Modelovanie bolo realizované s jednodňovým výpočtovým krokom pomocou jednorozmerného matematického modelu GLOBAL (Majerčák a Novák, 1994).



Obr. 2. Obsah častíc zrnitostných frakcií po vertikále pôdy

Uvedený model umožňuje špecifikovať dolný okraj zóny aerácie pôdy zadaním priebehu hladiny podzemnej vody. Za týmto účelom boli využité týždenné merania hladiny v blízkosti parcely. Správnosť modelových výstupov bola verifikovaná meraniami v teréne. Z modelových výstupov bola za celé 44 ročné obdobie vypočítaná korelačná matica medzi zásobou vody v pôde (ZV) do 1 m a hydrometeorologickými prvkami, potenciálnou evapotranspiráciou (ET_0), aktuálnou evapotranspiráciou (ET_a), deficitom evapotranspirácie $\Delta ET = ET_0 - ET_a$, zrážkami (Z) a teplotou vzduchu (T). Na základe čiary prekročenia boli vybrané vegetačné obdobia s priemernou zásobou vody blízko bodu zníženej dostupnosti. Uvedený hydrolimit predstavuje začiatok pôdneho sucha spojený so vznikom rastlinného stresu z vlhkovného nedostatku. Takto vyselektované suché obdobia boli štatisticky hodnotené z hľadiska závislosti skúmaných ukazovateľov. Vzájomne boli posudzované priebehy zrážkových a evapotranspiračných úhrnov vo vzťahu k priemerným zásobám vody ako aj zásoby vody s priebehmi hladiny podzemnej vody. Hlavným cieľom hodnotenia bolo kvantifikovať v dlhodobom meradle vybrané zložky vodného režimu v skúmanom pôdnom profile. Vyjadrením vzájomnej väzby medzi nimi je možné preukázať mieru interakcie zóny aerácie pôdy a ďalších podsystémov v hydrologickom cykle. Selekciou suchých období došlo k zvýrazneniu vzájomného vplyvu niektorých ukazovateľov.

Výsledky

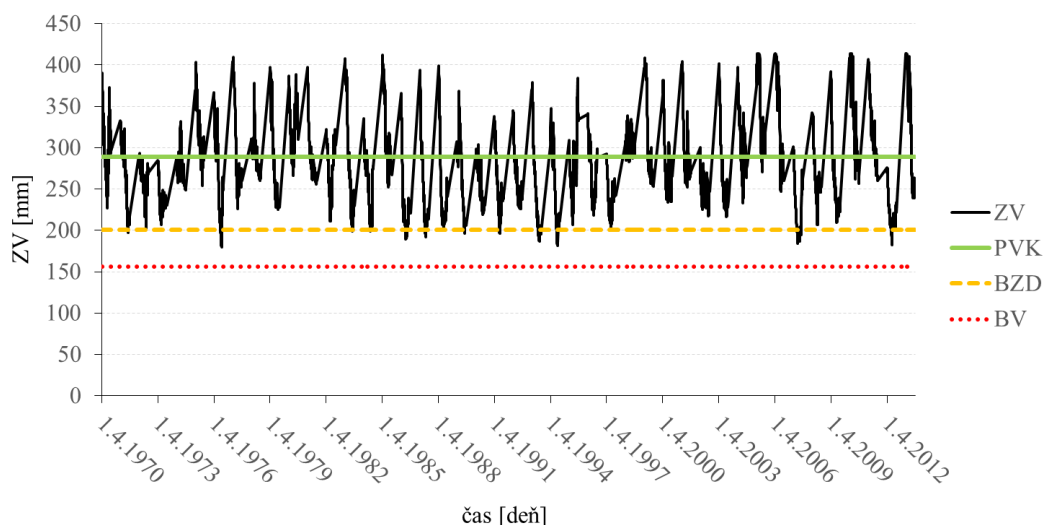
Vzájomnú väzbu medzi zásobou vody a hydrometeorologickými prvkami v skúmanom 44 ročnom rade vegetačných období charakterizuje korelačná matica (tab. 1).

Tab. 1. Korelačná matica hodnotených ukazovateľov za VO (1970 – 2013)

	ZV	Z	T	ET ₀	ET _a	ΔET
ZV	1					
Z	0,08	1				
T	-0,41	-0,03	1			
ET ₀	-0,14	-0,21	0,50	1		
ET _a	0,43	-0,09	0,05	0,38	1	
ΔET	-0,47	-0,14	0,47	0,71	-0,38	1

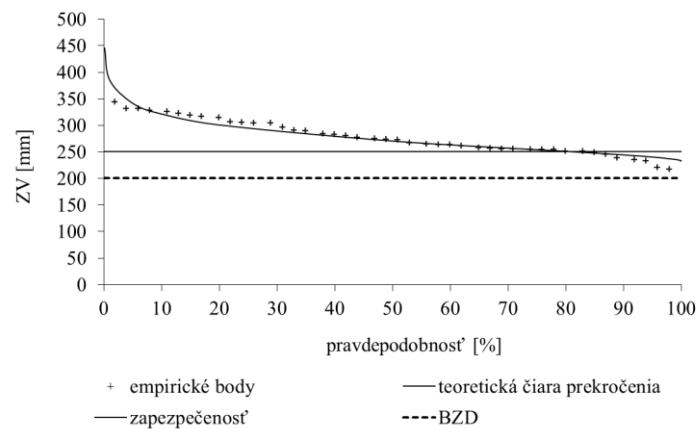
ZV - zásoba vody v pôde; Z – zrážky; T – teplota vzduchu; ET₀ – potenciálna evapotranspirácia; ET_a – aktuálna evapotranspirácia; ΔET – deficit evapotranspirácie

Zásoba vody, potenciálna a aktuálna evapotranspirácia bola získaná numerickou simuláciou. Najvyššiu mieru závislosti vo vzťahu k zásobám vody v dlhodobom meradle mal ΔET, ET_a a T. Deficit predstavuje rozdiel medzi ET₀ a ET_a. V korelačnej matici sa preukázala užšia väzba medzi ΔET s ET₀. Menšiu spojitosť s priebehom ZV mali zrážky a ET₀. Dlhodobý priebeh zásoby vody v dennom kroku s vyznačením hydrolimitov znázorňuje obr. 3.

**Obr. 3.** Zásoba vody v pôde s hydrolimitmi za VO (1970 – 2013)

Pri PVK pôda obsahuje maximálne množstvo vody, ktoré je pôdny profil schopný udržať po odtečení gravitačnej vody, BZD charakterizuje vlhkosť pôdy, pri ktorej fyziologické procesy rastlinného krytu sú limitované nedostatkom vody a BV je vlhkosť pôdy, keď je rastlinný kryt nedostatočne zásobený vodou z pôdy a vädne. Zásoba vody na úrovni BV sa počas celého obdobia nevyskytla ani raz. Vlhkosť na úrovni BZD, ktorý signalizuje začiatok pôdneho sucha sa vyskytla počas najsuchších časových úsekov niektorých vegetačných období. Tieto suché obdobia trvali vo väčšine prípadov počas letných mesiacov. Metodikou založenou na

stanovení priebehu empirickej čiary prekročenia a kvantifikácii parametrov jej teoretického rozdelenia boli vyselektované priemerné vegetačné zásoby vody v pôde (obr. 4).



Obr. 4. Čiara prekročenia priemerných zásob vody v pôde

Selekcia bola založená na predpoklade, že pravdepodobnosť výskytu priemernej ZV za vegetačné obdobie rovná alebo menšia ako 250 mm je 20%, t.j. raz za 5 rokov. Raz za 20 rokov sa môže vyskytnúť stav kedy priemerná ZV za vegetačné obdobie bude 240 mm a menej, čo je pravdepodobnosť 5%. Na základe čiary prekročenia bolo vybraných 9 najsušších vegetačných období (1973, 1986, 1991, 1993, 1994, 1997, 2002, 2007, 2012), kedy je $ZV \leq 250$ mm. V týchto obdobiach boli priemerné ZV najbližšie k BZD. Korelačnú analýzu zásoby vody s vybranými hydrometeorologickými prvkami počas suchých rokov znázorňuje tab. 2.

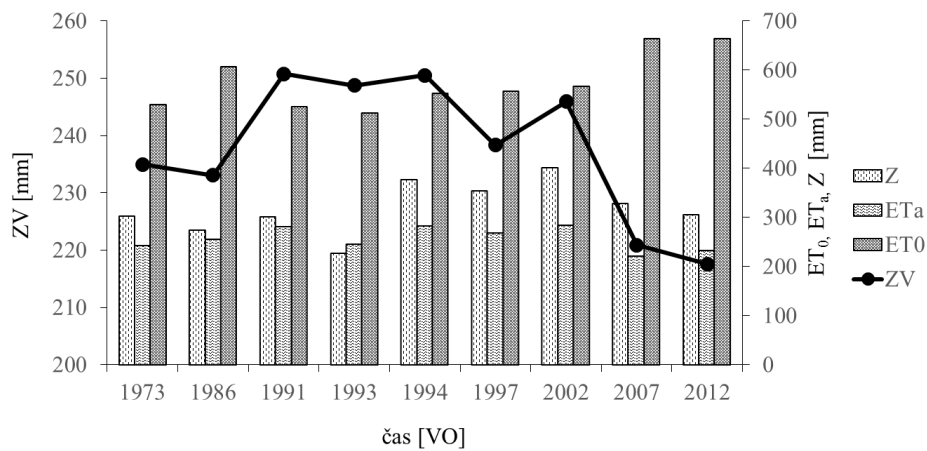
Tab. 2. Korelačná matica hodnotených ukazovateľov vo vybraných VO

	ZV	Z	T	ET_0	ET_a	ΔET
ZV	1					
Z	0,05	1				
T	-0,58	-0,02	1			
ET_0	-0,30	-0,20	0,62	1		
ET_a	0,29	-0,08	-0,09	0,08	1	
ΔET	-0,42	-0,14	0,61	0,86	-0,44	1

ZV - zásoba vody v pôde; Z - zrážky; T - teplota vzduchu; ET_0 - potenciálna evapotranspirácia; ET_a - aktuálna evapotranspirácia; ΔET - deficit evapotranspirácie

V prípade suchých období vzrástla závislosť medzi ZV, T a ET_0 , ale vo vzťahu k ΔET a ET_a došlo k poklesu hodnôt koeficientov oproti celému hodnotenému obdobiu. Závislosť vzájomných priebehov vzrástla aj medzi ΔET a ET_0 .

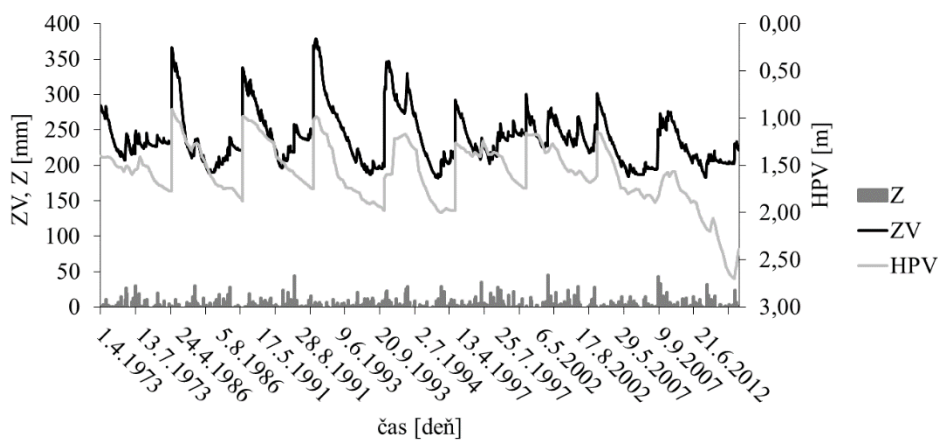
Na obrázku 5 je zobrazený priebeh priemerných ZV, sumy Z, ET_0 a ET_a vo vybraných suchých obdobiach.



Obr. 5. Priemerné zásoby vody, sumy zrážok a evapotranspirácie vo vybraných VO

Z obrázka vyplýva, že s vegetačnými priemermi ZV v pôde najlepšie korelujú vegetačné úhrny ET_0 a ET_a a naopak v malej miere zrážky.

Porovnaním denných hodnôt chodov ZV a polohy hladiny podzemnej vody (HPV) na obrázku 6 vidno výrazný vplyv jarného nárastu HPV zhruba na úroveň 1 m pod terénom. V priebehu vegetačných období suchých rokov plynule s poklesom HPV klesá aj ZV, s výnimkou časových úsekov, kedy bola vlhkosť v zóne aerácie pôdy ovplyvnená výraznejšími zrážkovými udalosťami.



Obr. 6. Denné chody skúmaných ukazovateľov vo vybraných VO

Diskusia

Pri hodnotení miery interakcie hydrometeorologických prvkov so zásobou vody v zóne aerácie pôdy boli použité metódy matematickej štatistiky. Korelačnou analýzou bola preukázaná väčšia vzájomná závislosť hodnôt ΔET , ET_a a T so ZV do hĺbky 1 m. Naopak so ZV menej korelovali úhrny Z a ET_0 . Podobné výsledky priniesli výstupy z korelačnej matice po selekcii suchých vegetačných období pomocou čiary prekročenia. ΔET predstavuje jeden z najspôhlivejších ukazovateľov zabezpečenia vody pre výpar a teda aj pre porast. Jeho zvýšenie signalizuje nedostatok vody pre výpar hlavne počas suchých období, čo zároveň znamená začiatok fyziologického stresu rastlín z nedostatku vody. Evapotranspirácia je proces zložený z evaporácie (výpar z voľného povrchu) a transpirácie (rastlinný výpar), ktorého energetická potreba je priamo limitovaná teplotou prostredia. Táto súvislosť bola preukázaná aj vo výsledkoch. Na druhej strane zóna aerácie pôdy je vodou dotovaná z hladiny podzemnej vody cez dolnú hranicu a zrážkami cez svoju hornú hranicu. Hlavným zdrojom vody v pôde je kapilárny prítok z nasýtenej zóny ktorej hranica sa v čase mení a na ktorú s určitým oneskorením reaguje aj zóna aerácie. Táto vzájomná interakcia je zreteľnejšia pri vyšších polohách HPV bližšie k hranici bilancovaného profilu. Pri nižších polohách HPV, keď je kapilárny prítok obmedzený, zásobu vody v bilancovanej zóne ovplyvňujú predovšetkým zrážky. Táto súvislosť je jasne vyobrazená na obrázku 6. V jari, kedy úroveň HPV stúpa, rastie aj zásoba vody v pôde. Naopak, od neskorej jari až do leta pokles HPV spôsobuje znižovanie zásoby vody v pôde. V suchých letných mesiacoch až do jesene býva poloha HPV veľmi nízko pod terénom. Zmena zásoby vody v tomto období viac súvisí s množstvom spadnutých zrážok.

Záver

V príspevku boli pomocou numerických simulácií na matematickom modeli GLOBAL vypočítané denné hodnoty zásoby vody v pôde s hodnotami potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie. Výsledky modelovania boli použité pri hodnotení vzájomnej väzby medzi zásobou vody v pôde počas suchých období a vybranými hydrometeorologickými prvkami (evapotranspirácia, zrážky a teplota vzduchu). V 44 ročnom rade (1970 - 2013) vegetačných období boli pomocou korelačnej matice získané závislosti medzi zásobou vody a vybranými prvkami. Najvyššie hodnoty korelačných koeficientov mali vo vzťahu k zásobám vody evapotranspiračný deficit, teplota vzduchu a aktuálna evapotranspirácia. Najslabšie bola preukázaná väzba so zrážkami a potenciálnou evapotranspiráciou. S menšími obmenami boli výsledky podobné aj v prípade 9 suchých vegetačných období, získaných po výbere

prostredníctvom čiary prekročenia. Z výsledkov vyplýva, že hodnoty evapotranspiračného deficitu najlepšie odzrkadľujú vlhkosť stav pôdy. Čím sú jeho hodnoty vyššie, tým horšia je zabezpečenosť vody pre dosiahnutie výparového potenciálu a naopak. S tým súvisí aj zabezpečenosť potreby vody pre rastliny. Rovnako aj teplota vzduchu nepriamo odráža vlhkosť podmienky pôdy, pretože energeticky limituje veľkosť výparu. Závislosť zásoby vody v pôde s hladinou podzemnej vody je výrazná v prípade, že HPV je dostatočne vysoko a kapilárne dotuje bilancovanú zónu. Táto situácia vo vybraných rokoch nastala v jarých mesiacoch. Od leta do jesene HPV postupne klesala až na svoje minimum 270 cm v roku 2012. V čase, keď nízka poloha HPV nedistribuovala vodou bilancovanú zónu, jej vlhkosť závisela od veľkosti zrážok.

Literatúra

Gomboš, M., Pavelková, D. 2011. The Impact of Groundwater Level Position on the Actual Evapotranspiration in Heavy Soils in Eastern-Slovakian Lowland. OVIDIUS UNIVERSITY ANNALS CONSTANTZA - Civil Engineering., vol. XIII., Issue 13, p. 65-71.

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, Slovak Academy of Sciences, 1994, p. 75.

Mati, R., Kotorová, D., Gomboš, M., Kandra, B. 2011. Development of evapotranspiration and water supply of clay-loamy soil on the East Slovak Lowland. Agricultural Water Management, ISSN 0378-3774, IF-1.782, 7, p. 1133-1140.

Pavelková, D. 2010. Influence of ground water level on the water supply of plants on soils with various hydrophysical characteristics. Növénytermelés, Vol. 59, ISSN 0546-8191, Supplement, p. 247-250.

Tall, A. 2010. Impact of predicted climatic changes to the groundwater level in lowland territory. Növénytermelés, Vol. 59, ISSN 0546-8191, Supplement, p. 239-242.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Vedeckou grantovou agentúrou MŠVVaŠ SR a SAV (VEGA 2/0142/12).

Kontakt:

Ing. Branislav Kandra, PhD.

VHZ ÚH SAV

Hollého 42, 071 01 Michalovce

0566425147, kandra@uh.savba.sk