

PROGNÓZA PŮDNEHO SUCHA

Július Šútor, Vlasta Štekkauerová, Viliam Nagy

. Ústav hydrologie SAV, Račianska 75, 838 11 Bratislava, E-mail: sutor@uh.savba.sk

Abstract

Water reserves in aeration zone of soil in lowlands depend on meteorological phenomena, vegetation cover, gravitation and groundwater table. The integrated impact of these components determines the water reserve regime in the soil aeration zone during the whole hydrological year or vegetation period.

Climatic changes manifest by increasing mean monthly or year temperature and decrease of precipitation totals in the same period. Apart from that, redistribution of precipitation total during the year is presumed in a way that the precipitation total of winter months will increase compared to summer months. It is also connected with increase of time interval between individual precipitations.

If the time interval between precipitations increases to time during which the water reserve in soil aeration zone decreases due to evapotranspiration to the withering point, it means the onset of soil aridity.

The article presents the forecasting method of the soil aridity onset. The procedure was verified in the locality Trstená na Ostrove (situated on the inland island Žitný ostrov) for 1994. It is based on water reserve data in the soil aeration zone obtained by direct monitoring. The set of data obtained by numerical simulation on the mathematical model of water regime in the soil aeration zone can be also used.

Keywords: moisture regime of soil, soil water supply, monitoring of soil water supply

Úvod.

Zdrojom vody pre poľnohospodárske plodiny je zásoba vody v pôde. To, či a ako bude plniť funkciu v produkčnom procese v priebehu vegetačného obdobia závisí nielen od samotného obsahu pôdnej vody, ale aj od charakteristík pôdy a pestovaných plodín. Pre charakterizovanie vzťahu medzi rastlinou a vlhkosťou pôdy, resp. jej vlhkosťným potenciálom, ako sa už uvádza niekoľkokrát v tejto publikácii, sú na základe konvencie používané hydrolimity vyjadrené charakteristickými vlhkosťami pôdy, a to

a) bod vädnutia, BV, zodpovedajúci hodnote $pF = 4,18$ (ide o takú vlhkosť pôdy, keď rastlinný kryt je trvale nedostatočne zásobený vodou z pôdy a vädne.

b) bod zníženej dostupnosti, BZD , zodpovedajúci hodnote $pF = 3,3$ (charakterizuje vlhkosť pôdy, pri ktorej fyziologické procesy rastlinného krytu sú limitované nedostatkom),

c) poľná vodná kapacita, (PVK), zodpovedajúca hodnote $pF = 2,0$ až $2,7$ (charakterizuje vlhkosť pôdy, ktorá sa udržuje v pôdnom profile za relatívne dlhší čas, pričom prevzdušnosť pôdy je ešte postačujúca pre vývoj rastlinného krytu .

V tejto súvislosti je potrebné pripomenúť ešte nasledovné. Obsah vody v nenasýtenej zóne pôdy medzi bodom PVK a BV t.j. (PVK-BV) je existenčným intervalom obsahu vody pre rastlinný kryt (Šútor, Rehák, 1999) na danom stanovišti územia, pretože v tomto intervale je voda v nenasýtenej zóne

pôdy preň dostupná. Tento objem vody nemá vlastnosti voľnej vody. Aby ju rastliny mohli využiť, musia mať rozvinutý koreňový systém a taký sací tlak, aby bol schopný prekonať väzbu vody s pôdou.

Pre úplnosť je potrebné ešte pripomenúť nasledovné. Najviac rozšírené metódy pre stanovenie stavu zásob vody v zóne aerácie pôdy sú založené na meraní pôdnej vlhkosti, alebo na výpočtovej metóde z meteorologických charakteristik. V týchto metódach sa nezohľadňuje potreba vody pre rastlinu, ktorá sa v priebehu ontogenézy mení v závislosti od rastových a vývinových zmien rastliny. Fyziologické metódy charakterizovania stavu zásob vody v zóne aerácie pôdy (vzhlľadom na porast založené na fyziologických ukazovateľoch v kritickom období potreby vody rastlinami) sú vhodnejšie, pretože informujú o skutočnej potrebe a zefektívňujú využívanie zásob vody v pôde. Metódy založené na sledovaní morfológických znakov rastliny, napr. na vädnutí (bode vädnutia – BV) spoľahlivo signalizujú nedostatok (Štekauerová – Nagy 2002) vody ale oneskorene, pretože v týchto príznakoch sa už začína prejavovať poškodenie rastliny. Optimalizácia vodného režimu založená na fyziologických ukazovateľoch, ktoré charakterizujú stav vody v rastline, sú objektívne a veľmi citlivé (Kostrej a kol., 1998; Matejka, F. - Huzulák, J., 1993)). Signalizujú potrebu vody v čase, keď ešte rastlina nebola poškodená. Takými ukazovateľmi sú: vodný potenciál rastliny, osmotický potenciál, difúzna rezistencia listov, vodný sýtosť deficit listov atď. Metódy optimalizácie potreby vody podľa fyziologických ukazovateľov sledujú skutočnú potrebu vody rastlinou na základe zistenia odchýlky od normálneho stavu a zaisťujú maximálnu efektívnosť využitia zásob

vody v zóne aerácie pôdy. Avšak fyziologické ukazovatele vyššie uvedené si vyžadujú náročné experimentálne prístroje a preto ich rozšírenosť je relatívne malá, resp. u nás nevyužívaná. Preto sa využívajú uvedené kritické body vlhkostnej retenčnej čiary, tj. PVK, BZD a BV.

Materiál a metódy.

Metóda prognózovania nástupu pôdneho sucha vychádza z jeho definície (Šútor a kol., 2006). Ak chod zásob vody v pôde dosiahne hodnotu zodpovedajúcu bodu vädnutia, štartuje v pôde stav sucha. Identifikácia vývoja stavu zásob v časovom a priestorovom prejave je fundamentálnym podkladom pre prognózovanie štartu pôdneho sucha.

Materiál a metódy.

Metóda prognózovania nástupu pôdneho sucha vychádza z jeho definície (Šútor a kol., 2006). Ak chod zásob vody v pôde dosiahne hodnotu zodpovedajúcu bodu vädnutia, štartuje v pôde stav sucha. Identifikácia vývoja stavu zásob v časovom a priestorovom prejave je fundamentálnym podkladom pre prognózovanie štartu pôdneho sucha.

Za týmto účelom je potrebné sledovať vývoj zásob vody v pôde počas časového intervalu medzi zrážkami, resp. aplikáciou závlahovej dávky. Z tohoto údaju môžeme stanoviť dĺžku časového intervalu, kedy možno očakávať nástup sucha. Inými slovami, aký čas po zrážke je nebezpečný pre vývoj vlhkostného režimu. K tomuto účelu slúži priamy monitoring zásob na reprezentatívnej lokalite záujmového územia (Šútor Štekauerová, 2001; Štekauerová, Nagy, 2006), alebo alternatívna metóda k monitoringu, získavanie chodu zásob z numerickej simulá-

cie na matematickom modeli vodného režimu zóny aerácie pôdy (Majerčák a kol., 2003; Mikulec, Skalová, 2002).

Pre interpretáciu tejto metódy prognózovania sa vychádza z chodu zásob vody v zóne aerácie pôdy monitorovaný na lokalite Trstená na Ostrove (obr.1).

Z uvedeného zobrazenia vidíme, že zásoby vody v zóne aerácie pôdy od 16. januára, tj. od štartu monitoringu, sú pod vplyvom zrážok a nástupu vegetačného obdobia (začiatkom apríla). Zásoby vody v tomto časovom úseku (v intervale PVK-BZD) dokumentujú dobrú pripravenosť na vegetačné obdobie až do 26. mája 1994, keď začína takmer bezzrážkové obdobie, dokumentované na obr.2. Od tohoto dňa pozorujeme lineárny pokles zásob až do začiatku augusta (pozri obr.3), keď klesajú na prahovú hodnotu štartu pôdneho sucha. 4. augusta zásoby klesli až pod bod vädnutia (BV). Následne opäť začínajú rásť. Potom pod vplyvom jesenných zrážok zásoby vody pozvoľna rastú až koncom novembra dosahujú takmer hodnotu PVK a okolo tejto hodnoty zotrúva až do ukončenia monitoringu. Pre interpretáciu tejto metódy prognózovania sa vychádza z chodu zásob vody v zóne aerácie pôdy monitorovaný na lokalite Trstená na Ostrove (obr.1).

Z uvedeného zobrazenia vidíme, že zásoby vody v zóne aerácie pôdy od 16. januára, tj. od štartu monitoringu, sú pod vplyvom zrážok a nástupu vegetačného obdobia (začiatkom apríla). Zásoby vody v tomto časovom úseku (v intervale PVK-BZD) dokumentujú dobrú pripravenosť na vegetačné obdobie až do 26. mája 1994, keď začína takmer bezzrážkové obdobie, dokumentované na obr.2. Od tohoto dňa pozorujeme lineárny pokles zásob až do začiatku augusta (pozri obr.3), keď

klesajú na prahovú hodnotu štartu pôdneho sucha. 4. augusta zásoby klesli až pod bod vädnutia (BV). Následne opäť začínajú rásť. Potom pod vplyvom jesenných zrážok zásoby vody pozvoľna rastú až koncom novembra dosahujú takmer hodnotu PVK a okolo tejto hodnoty zotrúva až do ukončenia monitoringu.

Výsledky a diskusia.

Chod zrážok v období 26.05 až 4.08.1994 uvedený na obr.2 (bez identifikácie hodnôt intercepce) dokumentuje minimálny prítok vody do zóny aerácie pôdy. Pri predpoklade, že na zásoby vody v zóne aerácie pôdy dominantne vplýva aktuálna evapotranspirácia E_a , štart prognózovania znižovanie zásob, v uvedenom časovom intervale, spočíva na postupnom odčítavaní hodnôt E_a od W_p . Hodnoty E_a pre danú lokalitu a rok 1994 sa uvádzajú v práci (Šútor a kol., 2001). Postup výpočtu je uvedený v Tabuľke č.1. Výsledok výpočtu postupného klesania zásob vody v zóne aerácie pôdy ($W_p - E_a$) pre bezzrážkové obdobie porovnaný s monitorovanými hodnotami zásob vody v zóne aerácie pôdy (W_p) sa uvádza na obr.4.

Uvedený metodický postup je urobený pre prognózovanie tvorby pôdneho sucha v zjednodušených bilančných podmienkach lokality Trstená na Ostrove a rok 1994. V reálnych interakčných podmienkach v nížinných oblastiach sa vychádza z bilančnej rovnice, ktorá poskytuje informácie o chode zásob vody v zóne aerácie pod vplyvom vegetačného pokryvu, atmosférických podmienok, kapilárneho prítoku od hladiny podzemnej vody a drenážneho odtoku do hladiny podzemnej vody, resp. nižších geologických štruktúr. V týchto podmienkach predpokladajme, že v čase t_{n-1} zásoba

vody v zóne aerácie pôdy zodpovedá hodnote W_{n-1} a v čase t_n hodnote W_n (v oboch prípadoch vyjadrené v mm vodného stĺpca). Zmena zásob vody v časovom úseku $\Delta t = (t_{n-1} - t_n)$ je vyjadrená rozdielom hodnôt $(W_{n-1} - W_n) = \Delta W$. Potom v každom výpočtovom časovom horizonte je potrebné

$$P_{(n-1)-n} + I_{k(n-1)-n} - E_{a(n-1)-n} = (W_{n-1} - W_n) = \Delta W_p \quad (1)$$

Priame meranie členov bilančnej rovnice (1) v prírodných podmienkach u nás je obmedzené len na zložky P a ΔW_p . Absencia ostatných je vyvolaná nedostatkom meracej techniky. Z toho dôvodu sa pre určovanie vyššie uvedení členov využíva numerická simulácia na matematickom modeli vodného režimu zóny aerácie pôdy. Keď model pracuje s dňovým krokom, sú k dispozícii pre relevantnú lokalitu hodnoty členov bilančnej rovnice získané taktiež s dňovým krokom. Tak ako priamy monitoring zásob vody v zóne aerácie pôdy poskytuje chod zásob v priebehu roka, resp. vegetačného obdobia, tak numerická simulácia na matematickom modeli poskytuje i chody zložiek vodnej bilancie (Šútor et al., 2001; 2002). Tento poznatok môže byť plne využitá pri prognózovaní pozvoľného vývoja pôdneho sucha v interakčných podmienkach v zmysle uvedenej metodiky pre lokalitu Trstená na Ostrove. Zvlášť významná je táto skutočnosť pre prognózovanie impaktu klimatickej zmeny v ľubovoľnom časovom horizonte v budúcnosti, ak sa využijú očakávané hodnoty charakteristík meteorologických javov z klimatických scenárov, a to v danom roku s denným krokom (Stehlová, 2004; Mikulec, Stehlová, 2006)

Intenzita vývoja pôdneho sucha v medzirážkovom období je závislá od intenzity aktuálnej evapotranspirácie E_a a tá od druhu porastu, vegetač-

poznať hodnoty členov bilančnej rovnice, ktorá determinujú spôsobenú zmenu, tj. I_k - kapilárny prítok vody, P - prítok vody zo zrážok, E_a - aktuálnu evapotranspiráciu (kde $E_a = E_a + T_a$). Teda pre každý výpočtový interval platí

ného pokryvu a od využiteľnej zásoby vody porastu v pôdnom druhu na záujmovej lokalite. Využiteľná zásoba vody porastom je daná rozdielom hodnôt (PVK-BV).

Pre spracovanie závislosti hodnôt hydrolimitov PVK, BZD a BV od obsahu častíc I.kat., boli využité vlhkostné retenčné čiary zo siedmych druhov pôd Žitného ostrova v počte 80 (Šútor-Štekauerová, 1999). Týmto bolo pre jednotlivé hydrolimity, t.j. pre $pF = 2,6; 3,3$ a $4,18$, z 80 vlhkostných retenčných čiar, vybrané hodnoty vlhkosti a k nim priradené odpovedajúce údaje o obsahu častíc I.kat. Vytvorené súbory dvojíc hodnôt „ pF - %častíc I.kat.“ o počte prvkov $n = 80$, boli podriadené lineárnej regresii a získané obecné závislosti hydrolimitov od obsahu častíc I.kat. (Šútor, Štekauerová, 2003).

Týmto metodickým postupom boli stanovené funkcionálne závislosti hydrolimitov PVK, BZD a BV od obsahu častíc I. kat. zrnitostného zloženia pôdy v nasledovnom vyjadrení

$$PVK (\% \text{obj.}) = 16,726 * x^{-0,1898}$$

$$BZD (\% \text{obj.}) = 3,195 * x^{0,5218}$$

$$BV (\% \text{obj.}) = 1,089 * x^{0,7318},$$

kde $x = \% \text{ častíc I.kat.}$

Zo súborov dvojíc (PVK-BV) boli pre pôdne druhy Žitného ostrova spracovaná využiteľná zásoba vody v zóne

aerácie pôdy porastom. Získané výsledky spracované v grafickej forme sa uvádzajú na obr.5.

Z výsledkov spracovaných na obr.5 vyplýva, že intenzita procesu vysušovania pôdy rastie smerom od pôd s relatívne nižším obsahom častíc I. kategórie k pôdam s vyšším obsahom, t.j. smerom od piesočnatej pôdy (obsah častíc I. kategórie je v intervale 0 až 10 %) k ílovitým pôdam (obsah častíc I.

kategórie je v intervale 60 až 75 %) pretože disponibilné zásoby vody odberom porastom v uvedenom smere rýchlejšie klesajú. Toto platí, keď zásoby vody nie sú dopĺňané, čiže v medzizrážkovom období a bez vplyvu hladiny podzemnej vody. V prípade interakcie hladiny podzemnej so zónou aerácie je klesanie zásob spomalené, resp. odber eliminovaný, a to kapilárnym prítokom.

Literatúra.

- Kostrej, A.: Indicators of water deficit and evapotranspiration forming in winter wheat stand. In: Short communications : Volume II : Fifth congress of European Society for Agronomy. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 1998, s. 153-154. ISBN 80-7137-501-2
- Majerčák, J., J. Šútor, V. Štekauerová (2001): Simulácia vodného režimu pôd ako alternatíva k monitoringu jeho charakteristík in situ. Národný klimatický program Slovenskej republiky. Zborník NKP 11/01. MŽP a SHMÚ, Bratislava 2001, s.50-62.
- Matejka, F. - Huzulák, J.(1993): Relations between the soil moisture and evapotranspiration for various crops. In: Evaporation, water balance and deposition : Proceedings of the international symposium on precipitation and evaporation. Bratislava : Slovenský hydrometeorologický ústav, 1993. s. 123-127.
- Mikulec, V., J. Skalová (2002): Vyhodnotenie charakteristík vodného režimu pôdy v lokalite Malé Leváre matematickým modelovaním. Acta Hydrologica Slovaca, Roč. 3, č.1, 102-112 .
- Mikulec, V., K. Stehlová (2006): Application of the climate change scenarios on selected meteorological characteristics for the purposes of water content course prognosis in time horizons 2010, 2030 and 2075. Cereal Research Communications, Cereal Research Non-Profit Company, ISSN-0133/3720, 2006, pp. 45-48.
- Stehlová, K.: Assessment of change of soil water content in the soil profile at locality Bodiky in comparison with a forecast of his potential change in the time horizon 2010, 2030 and 2075. Pollution and water resources Columbia University seminar proceedings, Slovak Academy of Sciences Institute of Hydrology, 2004, 203-215.
- Štekauerová, V. - Nagy, V. (2002): Influence of climate conditions on security necessary Water for vegetation in various ecosystems. In: Gaál, K. K. (ed.): CD Proc. 29th Scientific Days in Mosonmagyaróvár., Mosonmagyaróvár, 2002, CD, 10p.
- Štekauerová, V., Nagy, V.: Course of soil layer water content in agricultural cultivated soil during years 1999 and 2000. Cereal Research Communications, Cereal Research Non-Profit Company, ISSN-0133/3720, 2006, pp. 287-290.
- Šútor, J.-V.Štekauerová (1999): Pedotransférne funkcie pôd prírodného prostredia Žitného ostrova. J.Hydrol. Hydromech., 47, 443-458.

Šútor, J. - Majerčák, J. - Štekauerová, V.: Quantification of water store in soil aeration zone in agricultural ecosystems using data files from numerical simulation.pp.352-361. In: Pollution and water resources Columbia University Seminar Proceedings, (Ed.G.J.Halasi-Kun).Vol. 2002, Budapest, Hungary.

Šútor, J. - Rehák, Š. (1999): Evaluation of disposable water supply in soil for biosphere in the area of Žitny ostrov. In: Scientific Papers of the Research Institute of Irrigation Bratislava, No 24, pp. 173-187.

Šútor, J. - Štekauerová, V.: Kvantifikácia zásob vody v zóne aerácie pôdy v poľnohospodárskych ekosystémoch. 1. využitie súborov údajov získaných monitoringom. Acta Hydrologica Slovaca, 2, 2001a, 1, 64-71

Šútor, J., Majerčák, J., Štekauerová, V.: Kvantifikácia zásob vody v zóne aerácie pôdy v poľnohospodárskych ekosystémoch. 2. využitie súborov údajov z numerickej simulácie. Acta Hydrologica Slovaca, 2, 2001b, 1, 72-77.

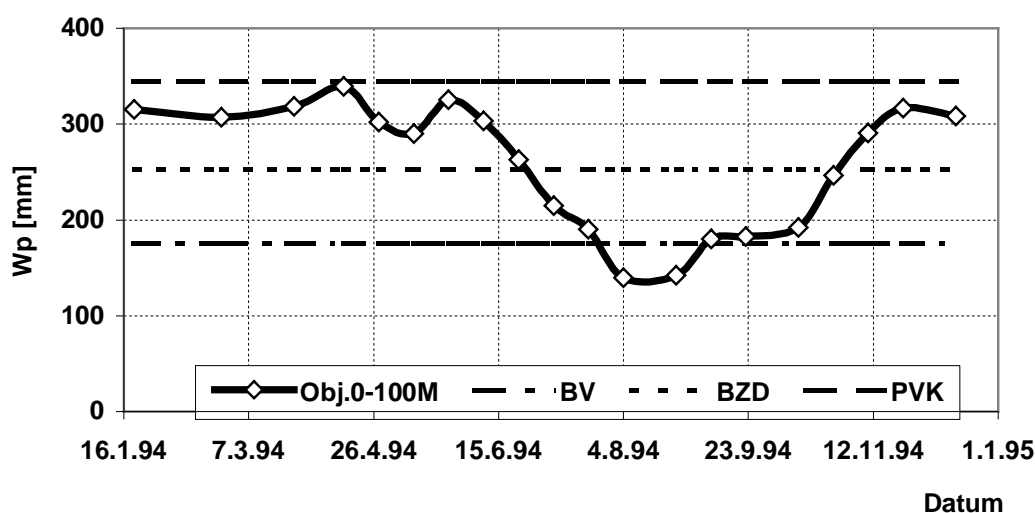
Šútor, J., V. Štekauerová (2003) : Stanovenie hydrolimitov pôdy PVK, BZD a BV zo zrnitostného zloženia pôdy. Bioklimatické dni 2003 „Funkcia energetickej a vodnej bilancie v bioklimatických systémoch“, Račková dolina, 2.-4. september, ISBN 80-8069-244-0 SPU Nitra, 5 str.

Šútor, J., M.Gomboš, R. Mati (2006): Vplyv pôdneho druhu na zásoby vody v zóne aerácie pôdy. Acta Hydrologica Slovaca, R 7, No 1, str.

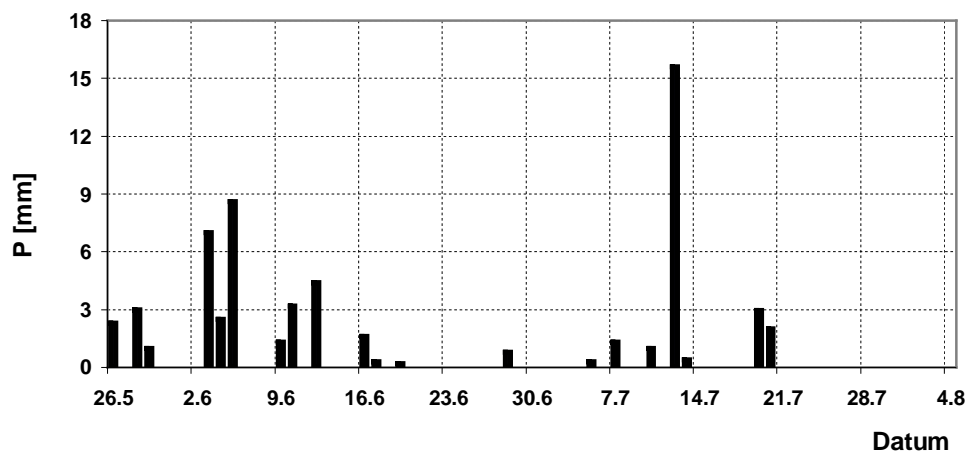
PodĎakovanie.

Táto práca bola podporovaná Agentúrou pre podporu vedy a techniky prostredníctvom finančnej podpory č. APVT-51-044802 a grantovou agentúrou VEGA 2/20030/22.

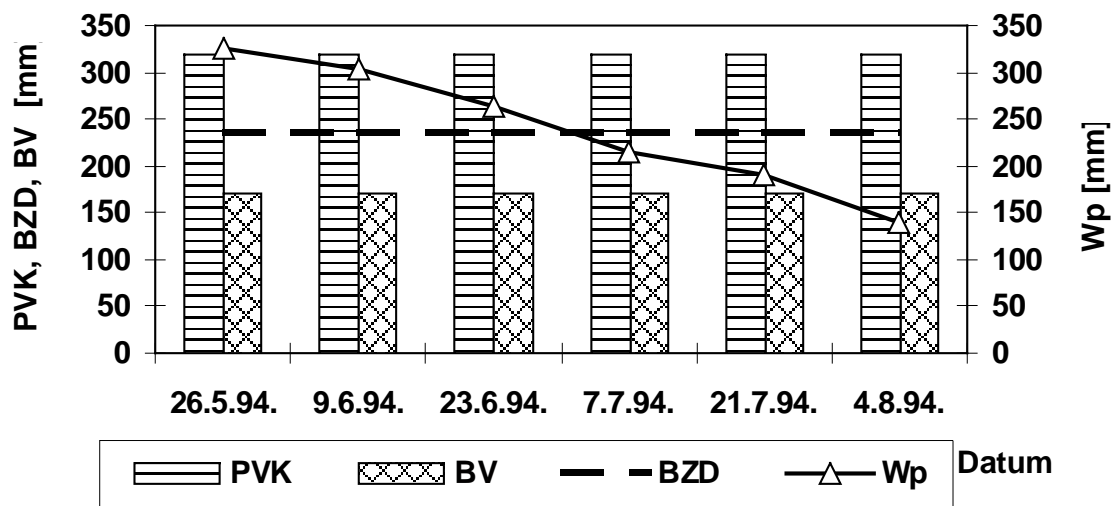
Tabulková a grafická príloha



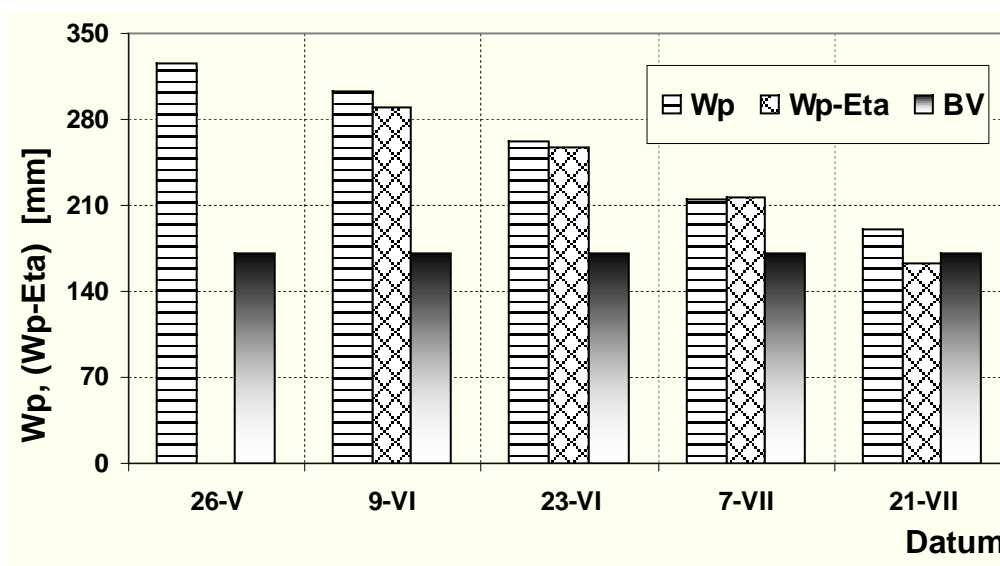
Obr. 1. Chod zásob vody v zóne aerácie pôdy W_p na lokalite spolu so zásobami odpovedajúcimi hydrolimitom, tj. PVK – polnej vodnej kapacite, BZD – bodu zníženia dostupnosti a BV- bodu vädnutia na lokalite Trstená na ostrove.



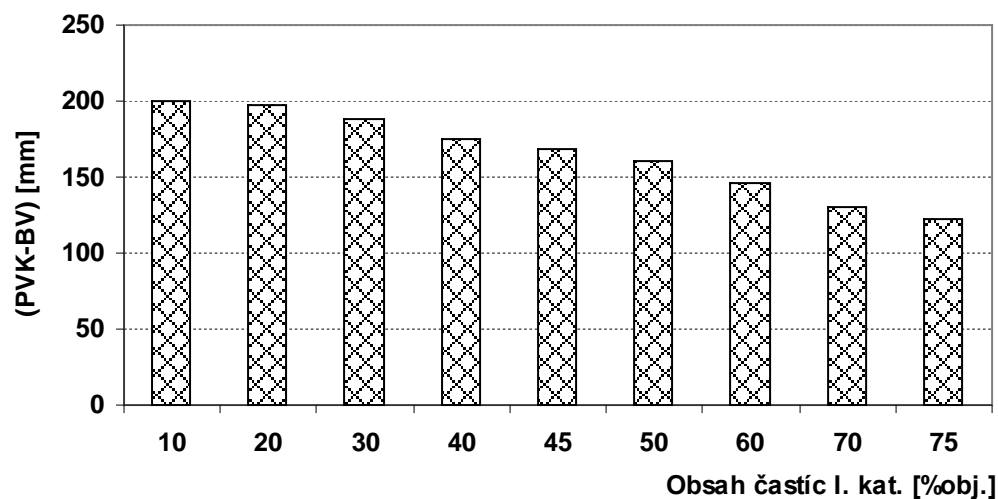
Obr. 2 Chod denných úhrnov zrážok pre analyzované obdobie chodu zásob vody v zóne aerácie na obr.1.



Obr. 3 Fragment klesajúceho chodu zásob vody Wp z obr.1 vo vegetačnom období na uvedenej lokalite



Obr. 4 Porovnanie monitorovaných hodnôt zásob vody Wp v zóne aerácie pôdy s vypočítanými (Wp-Ea) spolu s hodnotami odpovedajúcimi bodu vädnutia – BV.



Obr. 5 Závislosť využiteľnej zásoby vody v zóne aerácie pôdy porastom od obsahu častíc I. kat. zrnitosťného zloženia pôdy

Tabuľka č.1. Hodnoty Wp a (Wp-Ea) pre obdobie 26.05. až 21.07. 1994

Datum	Wp [mm]	Wp-Eta [mm]	BV [mm]
26.V	325,15	0	170,38
9.VI	303,45	290,3	170,38
23.VI	262,7	257,83	170,38
7.VII	214,6	216,72	170,38
21.VII	190,15	162,6	170,38