

# KVANTIFIKÁCIA VPLYVU PORASTU NA DYNAMIKU ZÁSOB VODY V ZÓNE AERÁCIE PÔDY V PODMIENKACH VÝCHODOSLOVENSKEJ NÍŽINY

J. Šútor<sup>1</sup>, M. Gomboš<sup>2</sup>, R. Mati<sup>3</sup>

Ústav hydrológie SAV, Račianska 75, 838 11 Bratislava, [sutor@uh.savba.sk](mailto:sutor@uh.savba.sk)<sup>1</sup>  
Ústav hydrológie SAV, pracovisko VHZ, Hollého 42, 071 01 Michalovce, [uh.sav.mi@stonline.sk](mailto:uh.sav.mi@stonline.sk)<sup>2</sup>  
Oblasťný výskumný ústav agroekológie, Špitálska 071 01, Michalovce, [ovua@minet.sk](mailto:ovua@minet.sk)<sup>3</sup>

## Abstract

During vegetation season, the water reserve in the soil aeration zone is under the influence of meteorological phenomena and the vegetation cover. If it is in contact with the soil profile, it also depends on the groundwater water table. The water regime stored in the soil aeration zone is under the joined impact of these components. This impact can be either monitored directly or the mathematical model of the soil moisture regime can be used to simulate it. Water requirements of cultivated agricultural crops differ during the vegetation season. In this study, the results are presented of the direct monitoring of the effect that agricultural crops exert on the water storage dynamics in the conditions of the East Slovakian Lowland (ESL), particularly:

- The mean water storage in the aeration zone during the vegetation period (April trough September), under the maize in the locality Vysoká n /Uhom in the years 1972–1976, and 1998–2003.
- The mean water storage in the aeration zone during the vegetation period under ten plant species in the locality Milhostov in 2003.
- The mean water storage in the aeration zone during the particular months of vegetation season, under plant species in the locality Vysoká nad Uhom in 2003

Interpretation of the presented results has been made with regard to the potential actual evapotranspiration (Ea), and taking into account the observed precipitation (P) for the relevant time horizons with respect to the monitored data.

KEY WORDS: soil aeration zone, monitoring of soil moisture, interaction canopy with soil

## Úvod.

Pri bilancovaní objemu vody v zóne aerácie pôdy (tj. hodnotení vlhkostného stavu pôdy) v nížinných oblastiach v určitom časovom období (Šútor, 1997; Šútor, 2000) sa vychádza z jednoduchej bilančnej rovnice (1). Predpokladajme, že v čase  $t_0$  objem vody v zóne aerácie pôdy zodpovedá hodnote  $W_0$  a v čase  $t$  hodnote  $W_t$  (v oboch prípadoch vyjadrené v mm vodného stĺpca). Berúc do úvahy, že na tvorbe, resp. zmenách zásob vody v zóne aerácie pôdy sa podieľajú toky vody cez jej hranice (t.j. keď priamy vplyv na vodný režim má poloha hladiny podzemnej vody a vegetačný pokryv aktívneho horizontu zóny aerácie pôdy), zmenu objemu vody  $\Delta W = (W_t - W_0)$  v časovom intervale  $\Delta t = (t - t_0)$  môžeme vyjadriť nasledovne

$$(W_t - W_0) = I_k + P - E - T - I_p, \quad (1)$$

kde

$W_0$  - východiskový obsah vody v zóne aerácie pôdy,

$W_t$  - obsah vody v uvažovanom časovom horizonte v hydrologickom roku,

$I_k$  - kapilárny prítok vody,

$P$  - prítok vody zo zrážok,

$E$  - odtok vody v dôsledku fyzikálneho výparu vody z povrchu pôdy,

$T$  - odtok vody výparom z rastlinného krytu, t.j. transpiráciou,  $E+T = E$  (tiež  $E_0$  alebo  $E_a$ ,  $E_r$ ),

$I_p$  - odtok vody zo zóny aerácie priesakom do nižších horizontov, resp. do hladiny podzemnej vody.

Zložky vodnej bilancie, uvedené na pravej strane rovnice, sa podieľajú na zmene obsahu vody v zóne aerácie pôdy  $\Delta W = (W_t - W_0)$  svojim priebehom v uvedenom časovom intervale  $\Delta t = (t - t_0)$ . Zmenu obsahu vody  $\Delta W$  možno na záujmovom území kvantifikovať priamym monitoringom vo vertikále zóny aerácie pôdy (napr. meraniami metódou neutrónovej sondy) t.j. v ich časovom a priestorovom prejave – samozrejme v závislosti od frekvencie meraní a od rozloženia meracích bodov na povrchu záujmového územia.  $\Delta W$  možno určovať taktiež stanovením jednotlivých členov bilančnej rovnice uvedených na pravej strane rovnice (1). Pre určenie hodnôt týchto členov, resp. zložiek vodnej bilancie, sa využívajú dva metodické postupy. Prvý je založený na priamych metódach ich stanovenia *in situ* na záujmovej lokalite, resp. území. Druhý prístup je výpočtový. Je založený na numerickej simulácii vodného režimu s využitím jeho matematického modelu.

Rezultujúci účinok procesov vyjadrených v rovnici (1) členmi na jej pravej strane predstavuje chod integrálneho objemu vody v zóne aerácie pôdy vo vymedzenom časovom horizonte, napr. počas hydrologického roku, vegetačného obdobia, alebo iným záujmom vytýčeného obdobia. Tento chod na danej lokalite, resp. v sieti stanovišť organizovaného monitoringu, môže byť analyzovaný z rôznych aspektov, ktorý je determinovaný cieľmi a zámermi okruhom používateľov týchto informácií.

Dynamika zásob vody v zóne aerácie pôdy je v centre pozornosti

- ekológov pre potrebu hodnotenia zásob vody pre zásobovanie rastlinného krytu vodou,
- geografov z hľadiska hodnotenia retenčných vlastností jednotlivých horizontov pôdneho profilu,
- hydroológov pre získanie, stanovenie smeru pohybu vody v zóne aerácie pôdy ako časti hydrologického cyklu,
- odborníkov pre ochranu podzemných vôd proti znečisteniu prienikom znečisťujúcich látok z pôdneho profilu,
- odborníkov závlahového hospodárstva pre zefektívnenie závlah poľnohospodársky využívaných plôch.
- krajinného inžinierstva pre kvantifikáciu akéhokoľvek navrhovaného zásahu do prírodného prostredia .

V ďalšom je príspevok orientovaný na analýzu a kvantifikáciu chodu zásob vody v zóne aerácie pôdy pod rôznymi porastami na jej povrchu.

Signifikantnosť problematiky interakcie zásob vody v zóne aerácie pôdy s rastlinným je dokumentovaný jej účasťou pri formulovaní vedného odboru - ekohydrologie (Witte et al., 2004; Zalewski et al., 1997).

### Metodický postup a výsledky.

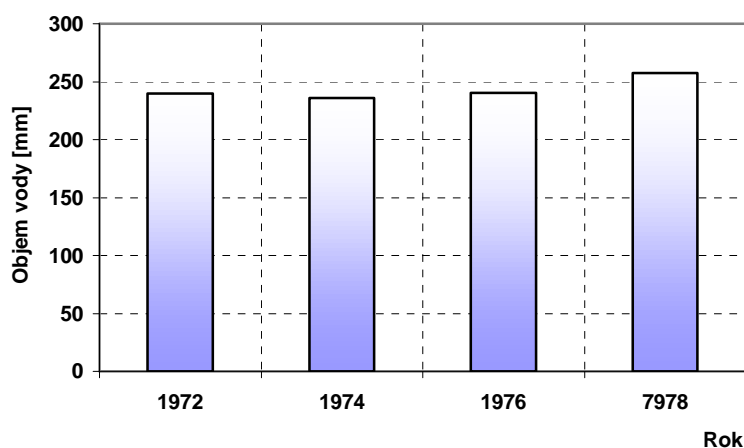
Priamym monitoringom obsahu vody vo vertikále zóny aerácie s diskretizáciou po 10 cm od jej povrchu až do hĺbky 80 cm na lokalite v Milhostove (nachádzajúcej sa na Východoslovenskej nížine) v rokoch 1972, 1974, 1976 a 1978 (Šútor a kol.; Šútor, Mati, 1993, 1994; Gomboš a kol., 1999) pod porastom d'ateliny, bol získaný súbor údajov o priebehu vlhkosti v jednotlivých vrstvách pedoprofilu a chod integrálneho objemu vody v 80 cm horizonte. Pre jednotlivé mesiace vegetačného obdobia (apríl až september) bol stanovený primerný objem. Grafické zobrazenie sa uvádza na [Obr.1](#).

Pri porovnávaní hodnôt objemu vody v 80 cm horizonte zóny aerácie pôdy zodpovedajúci jednotlivým vybraným hydrolimitom s priemernými hodnotami monitorovaného objemu vody v uvedených rokoch bola získaná nerovnosť

$$307,2 \text{ mm (PVK)} > 257,51 \text{ mm (MON-1978)} > 240,24 \text{ mm (MON-1976)} > 239,53 \text{ mm (MON-1972)} \\ > 236,16 \text{ mm (MON-1974)} > 217,6 \text{ mm (BZD)} > 153,6 \text{ mm (BV)}$$

Keď berieme do úvahy aritmetický priemer monitorovaných údajov za uvedené 4 roky získava sa prehľadnejšia nerovnosť v tvare

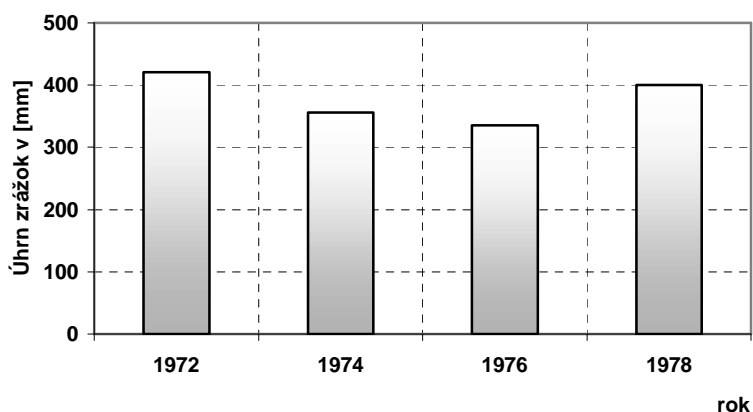
$$307,2 \text{ mm (PVK)} > 243,36 \text{ mm (MON)} > 217,6 \text{ mm (BZD)} > 153,6 \text{ mm (BV)}$$



**Obr.1** Integrálny objem vody v zóne aerácie pôdy na lokalite Milhostov vo vegetačnom období rokov 1972, 1974, 1976 a 1978 pod porastom ďateliny, mocnosť zóny aerácie 80cm

Táto nerovnosť poukazuje na skutočnosť, že v uvedených rokoch na záujmovej lokalite bola zásoba objemu vody v zóne aerácie pôdy dostatočná, ak nie podľa rôznych kritérií optimálna, pre zásobovanie vegetačného krytu, tj. rastu ďateliny.

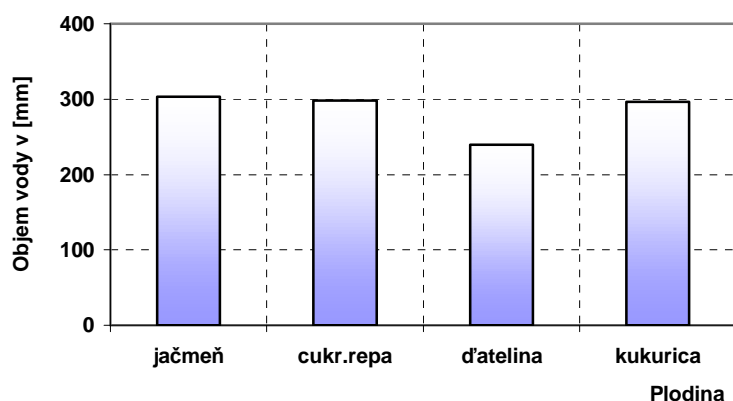
Pre posúdenie dopadu zrážkových úhrnov na ročné priemery objemu vody (obr.1) sa na [obr.2](#)



**Obr.2** Zrážkové úhrny na lokalite Milhostov pre vegetačné obdobie rokov 1972, 1974, 1976 a 1978

uvádzajú zrážkové úhrny pre vegetačné obdobie v rokoch relevantných k [obr.1](#). Možno pozorovať slabú väzbu medzi úhrnmi zrážok objemu vody, avšak tendencia je zrejmalá. Roky 1972 a 1978 sú v oboch prípadoch rozdielne od údajov v rokoch 1974 a 1978. No v rokoch 1972 a 1978 by sa čakalo opačný pomer hodnôt.

Pre záujmovú lokalitu Milhostov bol vyhodnotený i druh porastu na priemerný ročný objem vody v zóne aerácie pôdy. Výsledok pre porast jačmeňa, cukrovej repy, ďateliny a kukurice a rok 1972 sa uvádza na [obr.3](#).



**Obr.3** Integrálny objem vody v zóne aerácie pôdy na lokalite Milhostov vo vegetačnom období roku 1972 pod porastom jačmeňa, cukrovej repy, ďateliny a kukurice, mocnosť zóny aerácie 80cm

Hodnoty objemu vody pre uvedené podmienky **obr.3** a jednotlivé hydrolimity pôdy sú nasledovné

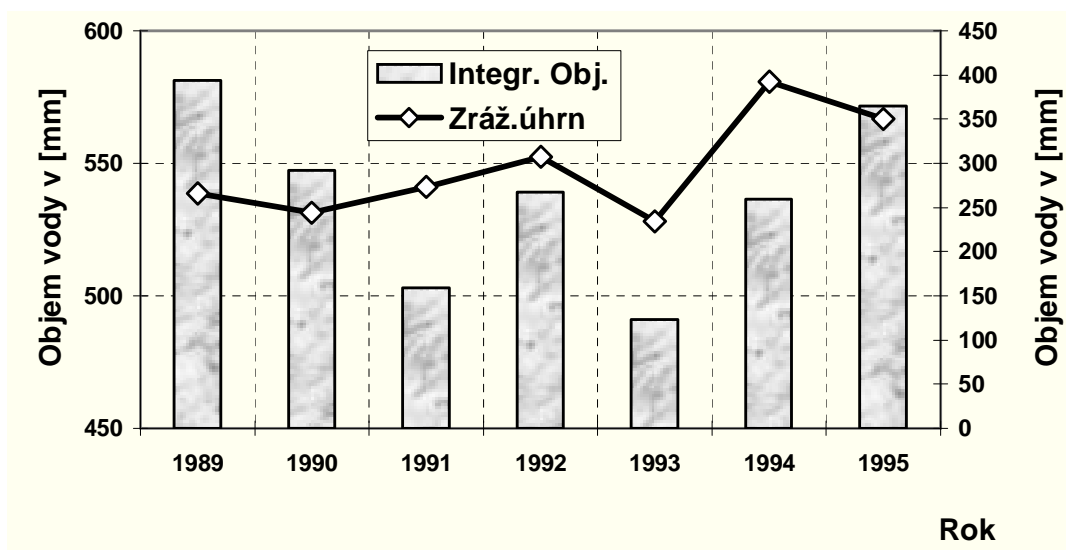
$$307,20\text{mm (PVK)} > 217,60\text{mm (BZD)} > 153\text{mm (BV)}$$

Pri porovnávaní hodnôt objemu vody v 80cm horizonte zóny aerácie pôdy zodpovedajúce jednotlivým hydrolimitom s priemernými hodnotami monitorovaného objemu vody bola získaná nerovnosť

$$307,20\text{mm (PVK)} > 303,00 \text{ mm (jačmeň)} > 298,25 \text{ mm (cukrová repa)} > 296,54\text{mm (kukurica)} > > 239,53 \text{ mm (ďatelina)} > 217,60\text{mm (BZD)} > 153\text{mm (BV)}$$

Uvedená nerovnosť potvrdzuje, že monitorované hodnoty obsahu vody sa pohybujú medzi objemom vody zodpovedajúcim poľnej vodnej kapacite (PVK) a bodu zníženej dostupnosti (BZD). Čo potvrdzuje, že pestované plodiny boli dostatočne zásobované vodou zo zóny aerácie pôdy.

Ďalšia analýza je venovaná údajom integrálneho objemu vody v zóne aerácie pôdy na lokalite Trstená na Ostrove (Šútor, 1997; Šútor, 2000), mocnosť zóny aerácie 100 cm. Táto lokalita sa nachádza na ľavobrežnom území derivačného kanála VDD Gabčíkovo. Uvádzané výsledky sú z rokov monitoringu 1989 až 1995. Na uvedenej lokalite v tomto období bola pestovaná kukurica.



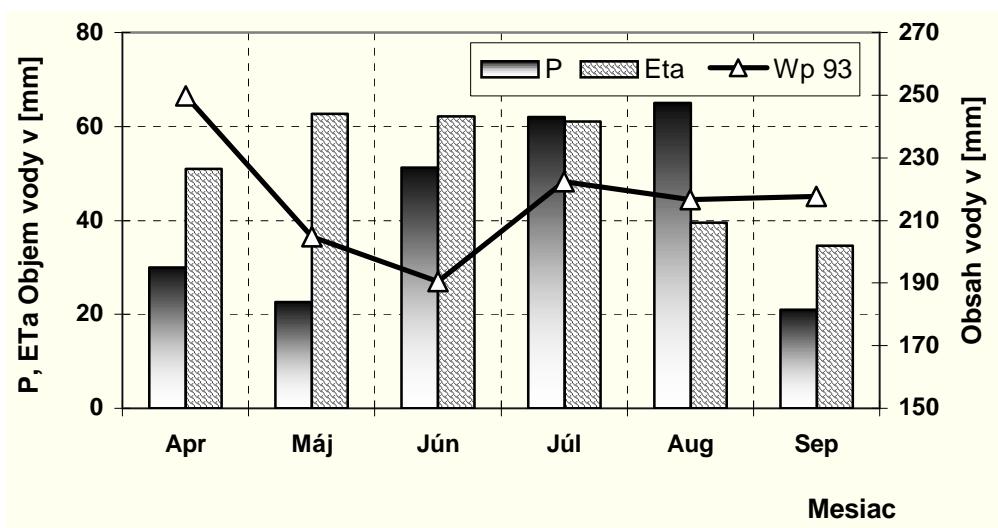
**Obr.4** Integrálny objem vody v zóne aerácie pôdy na lokalite Trstená na Ostrove vo vegetačnom období rokov 1989 až 1996 pod porastom kukurice, mocnosť zóny aerácie 100cm

Ďalšia analýza je venovaná údajom integrálneho objemu vody v zóne aerácie pôdy na lokalite Trstená na Ostrove (Šútor, 1997; Šútor, 2000), mocnosť zóny aerácie 100 cm. Táto lokalita sa nachádza na ľavobrežnom území derivačného kanála VDD Gabčíkovo. Uvádzané výsledky sú z rokov monitoringu 1989 až 1995. Na uvedenej lokalite v tomto období bola pestovaná kukurica.

Na **obr.4** sa uvádzajú priemerné mesačné hodnoty objemu vody v zóne aerácie pôdy získaných monitoringom počas siedmych rokov, od roku 1989 do roku 1995. Spolu s týmito hodnotami sa uvádza aj chod zrážkových úhrnov za vegetačné obdobie jednotlivých rokov. Jedine rok 1993 preukazuje väzbu so zrážkami. Pokles zrážok signalizuje aj relatívne najnižší objem vody v zóne aerácie pôdy v analyzovaných rokoch.

Vo všetkých prípadoch, tj. v Milhostove i v Trstenej na Ostrove, bol analyzovaný chod priemerných mesačných hodnôt objemu vody vo vegetačnom období v jednotlivých rokoch. Takéto údaje však nemôžu dať vyčerpávajúcu odpoveď na otázku vzťahu vegetačného pokryvu a jeho druhovej skladby so zásobami vody v zóne aerácie pôdy. Dávajú veľmi dôležitú odpoveď, či rastlinný kryt vo vegetačnom období mal k dispozícii dostatočný zdroj vody zo zóny aerácie pôdy alebo nie. Ak by sme takýmto metodickým postupom spracovávali súbory údajov získané numerickou simuláciou, s využitím prognózovaných meteorologických a klimatických údajov, potom získané súbory údajov možno hodnotiť, či sú alebo nie sú, postačujúce pre zásobovanie vodou rastlinného krytu v prognózovanom období.

Z obr.4 sa ukazuje možná väzba úhrnu zrážok s priemerným objemom vody v zóne aerácie pôdy v roku 1993. V ďalšom túto situáciu analyzujeme cez hodnoty členov bilančnej rovnice (1), s využitím úhrnu zrážok, aktuálnej evapotranspirácie a priemerných mesačných chodov objemu vody v zóne aerácie pôdy. Chod uvedených členov v roku 1993 sa v grafickej spracovanej forme uvádza na obr.5.



**Obr.5** Mesačné úhrny zrážok (P), aktuálnej evapotranspirácie (Eta) a chod priemerných mesačných hodnôt objemu vody v zóne aerácie pôdy (Wp) v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia roku 1993 na lokalite Trstená na Ostrove.

Na uvedenom chode objemu vody spotrebovanom aktuálnou evapotranspiráciou pozorovať väzbu s chodom zásob vody v zóne aerácie pôdy. V mesiacoch kde evapotranspirácia prevyšuje zrážkové úhrny (Apr, Máj, Jún) objem vody v zóne aerácie klesá so stúpajúcou hodnotou evapotranspirácie. V septembri sice tento jav nepozorujeme, pretože zrážky koncom augusta eliminuje odber vody evapotranspiráciou.

## **Záver.**

Pre analýzu väzby rastlinného krytu s chodom zásob vody v zóne aerácie pôdy sa využívajú priamym monitoringom získané súbory údajov z lokality Milhostov (Východoslovenská nížina) v rokoch 1972 až 1978 a z lokality Trstená na Ostrove (Žitný ostrov, ľavobrežné územie derivačného kanála VDD Gabčíkovo) v rokoch 1989 až 1995.

Dynamika zásob vody v zóne aerácie pôdy v nížinných podmienkach je kreovaná zrážkami, infiltráciou, evapotranspiráciou, kapilárnym výstupom a prienikom vody do nižšie položených geologických štruktúr. Z hľadiska bilancie vody v zóne aerácie pôdy nie je možné obecné posudzovať vzťah rastlinného krytu s chodom objemu vody pomocou súboru údajov o objeme vody získaný priamym monitoringom. No možno hodnotiť zásobovanie rastlinného krytu vodou počas vegetačného obdobia. Dostupnosť vody zo zóny aerácie pôdy pre rastlinný kryt sa posudzuje podľa vybraných kritérií. Tieto zodpovedajú výskytu zásoby vody v intervaloch vymedzených hydrolimitmi, t.j. poľnou vodnou kapacitou (PVK), bodom zníženej dostupnosti (BZD) a bodom vädnutia (BV). Tento metodický postup dáva dôležitú odpoveď, či rastlinný kryt vo vegetačnom období mal k dispozícii dostatočný zdroj vody zo zóny aerácie pôdy alebo nie. Táto skutočnosť je dokumentovaná v súvislosti s výsledkami uvedenými na obr.1 a obr.4.

Ak by sme takýmto metodickým postupom spracovávali súbory údajov získané numerickou simuláciou, s využitím prognózovaných meteorologických a klimatických údajov, potom získané súbory údajov možno hodnotiť, či sú alebo nie sú, postačujúce pre zásobovanie vodou rastlinného krytu v prognózovanom období.

Hodnotenie vzťahu medzi rastlinným krytom a zásobami vody v zóne aerácie pôdy, na báze bilančnej rovnice (1) v nížinných podmienkach, je adekvátne s využitím úhrnu zrážok, aktuálnej evapotranspirácie a priemerných mesačných chodov objemu vody v zóne aerácie pôdy. Chod uvedených členov v roku 1993 na lokalite Trstená na Ostrove sa v grafickej forme uvádza na obr.5. Tento metodický postup je možný, napr. s využitím numerickej simulácie vodného režimu zóny aerácie pôdy na matematickom modeli vodného režimu pôdy.

## **PodĎakovanie:**

Táto práca bola podporovaná Agentúrou pre podporu vedy a techniky prostredníctvom finančnej podpory č.APVT-51-044802

## **Literatúra**

- Gomboš, M., Ivančo, J., Mati, R., Pavelková, D. (1999): Výsledky merania pôdnej vlhkosti v ťažkých pôdach na Východoslovenskej nížine. In: Zb. z III. Vedeckej konferencie „vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia“. Michalovce-Zemplínska Šírava, máj 1999, str.258-261
- Šútor, J. (2000): Hodnotenie a interpretácia obsahu vody v zóne aerácie pôdy s využitím monitoringu. Acta Hydrologica Slovaca, ÚH SAV, Bratislava, 2000, 1, 143-154.
- Šútor, J. (1997): Monitorovanie, spracovávanie a interpretácia zásob vody v zóne aerácie pokryvnej vrstvy Žitného ostrova. [Správa za roky 1989-1997], zv. I., II., a III., Ústav hydrologie SAV, Bratislava, Marec - 1997, str. 320.
- Šútor, J.- Gomboš, M.- Mati, R.- Ivančo, J. (2002): Charakteristiky zóny aerácie ťažkých pôd Východoslovenskej nížiny. Ústav hydrologie SAV, OVÚA Michalovce, ISBN 80 – 968 – 480 – 8 – 9, Bratislava 2002, 215 p.
- Šútor, J., Ivančo, J., Gomboš, M., Mati, R. (2004): Hodnotenie vplyvu vegetačného pokryvu na dynamiku zásob vody v zóne aerácie pôdy. Acta Hydrol. Slovaca, Roč. 5, č.2, s.187-195
- Šútor, J., Mati, R. (1993): Vplyv porastu na dynamiku zásob vody v zóne aerácie. In: zborník z konf. o VSN, PbaH Košice-Michalovce, 1993, s. 126-132
- Šútor, J., Mati,R.(1994): Zásoby vody v zóne aerácie pôd východoslovenskej nížiny a ich dynamika. Zborník vedeckých prác OVÚA Michalovce, 1994, s. 14-25

Šútor, J.,Mati, R.,Gomboš, M.,Ivančo, J.,Kotorová, D. (2000): K problémom vodného režimu ílovitohlinítých pôd. Zborník vedeckých prác OVÚA, č.16, Michalovce, str.231-242

Witte, J., P., Meuleman, M.-A.F.M., van der Schaaf, S. and Raterman, B. (2004): Eco-hydrology and biodiversity. In: Fedes, R.A. et al.: Unsaturated-zone Modeling. Kluwer Academic Publishers. p. 301-330

Zalewski, M., Janauer, G.A., Jolankai, G. (1997): Ecohydrology: a new paradigm for the sustainable use of aquatic resources. UNESCO, Paris. IHP-V Technical Document in Hydrology no.7