

URČOVANIE ZLOŽIEK VODNEJ BILANCIE MODELOM GLOBAL

Dušan Igaz, Zuzana Matiašová, Bernard Šiška

Summary

ESTIMATION OF WATER BALANCE ELEMENTS BY GLOBAL MODEL

During years 2002 and 2003 there was measured soil moisture by VIRRIB equipment in Koliňany (Nitra district). Consequently the hydro-physical properties of soil samples from this habitat were tested, retention (pF) curves were estimated and the soil moisture content was simulated by mathematical model GLOBAL. Significant or highly significant correlations were found between soils moistures simulated by GLOBAL model and moistures measured by VIRRIB equipment. This fact allows utilize GLOBAL model for calculation of water balance elements on this habitat under different crops. Next elements of water balance were calculated by GLOBAL model: infiltration, crop interception, transpiration, evaporation, water infiltration and water penetration to deeper layers of soil profile. Calculated mean actual evapotranspiration of spring barley during vegetative period $1,15 \text{ mm.d}^{-1}$ and total evapotranspiration 112 mm were influenced by duration of vegetative period 110 days when calculated values of crop interception varied in range 0 - 2,1 mm.

Abstrakt

V rokoch 2002 a 2003 boli v lokalite Koliňany (okr. Nitra) merané vlhkosti pôdy prístrojom VIRRIB. Po odobraní pôdnych vzoriek zo spomínaného územia, následnom určení hydrofyzikálnych a retenčných vlastností pôdy (pF), bola vlhkosť pôdneho profilu namodelovaná aj matematickým modelom GLOBAL. Obsah vody v pôde simulovaný modelom a meraný prístrojom VIRRIB má korelačný koeficient preukazný až vysoko preukazný, čo umožňuje model GLOBAL použiť na výpočet jednotlivých členov bilančnej rovnice danej lokality pre zvolenú plodinu. Jednotlivé modelované členy bilančnej rovnice boli infiltrácia, intercepcia porastu, transpirácia, evaporácia, tok vody cez dolnú hranicu a odtok vody do nižších vrstiev pôdneho profilu. Priemerná aktuálna evapotranspirácia jačmeňa jarného vo vegetačnom období $1,15 \text{ mm.d}^{-1}$ a úhrn evapotranspirácie 112 mm bol ovplyvnený dĺžkou vegetačného obdobia 110 dní, keď namodelované hodnoty intercepcie porastu sa pohybovali v rozsahu od 0 do 2,1 mm.

1. Úvod

Pre hodnotenie vplyvu antropogénnej činnosti na zložky vodnej bilancie, hodnotenie zásob vody v zóne aerácie pôdy pre rastliny, vplyvu globálnych zmien na zásoby vody v pôdnom profile sa v súčasnej dobe čoraz častejšie využíva matematické modelovanie (Skalová, 2003).

Jeden z najvýznamnejších pôdnych režimov významne ovplyvňujúcich produkčnú schopnosť pôdy je vodný režim pôdy (VRP). Bilančne VRP závisí predovšetkým od prítoku vody (vstupy) a odtoku vody (výstupy) z uvažovanej koreňovej zóny pôdneho profilu. Pretože sa posudzuje prevažne s ohľadom na možnosti pestovania kultúrnych plodín, treba uvažovať aj s vegetáciou. Hlavnou prítokovou zložkou je infiltrácia, ktorej zákonitosti platia

i pre povrch porastený vegetáciou. Výpar, ako jedna z odtokových zložiek, je pre povrch pokrytý vegetáciou kombináciou jednoduchého výparu (evaporácia) a výparu z nadzemných častí vegetácie (transpirácia). Dôležitou súčasťou VRP je zmena obsahu vody v pôde (Velebný et al., 2000).

Cieľom tohto príspevku je poukázať na vhodnosť použitia matematického modelu GLOBAL na našom záujmovom území z hľadiska stanovenia vlhkosti pôdy a taktiež vypočítať členy bilančnej rovnice pre plodinu jačmeň siatí forma letná (*Hordeum vulgare*) na lokalite Koliňany-letisko v roku 2002.

2. Metodika

Matematický model GLOBAL je simulačný model prenosu vody v pôdnom profile s oso-

bitným zreteľom na koreňovú zónu. Umožňuje analýzu a prognózu dynamiky vody počas celého vegetačného obdobia. V modeli sú použité originálne metódy určenia evapotranspirácie a zložiek jej štruktúry, odberu vody koreňmi rastlín a intercepcie, čo dovoľuje podstatne upresniť výsledky výpočtu elementov vodnej bilancie pôdy a rozdelenia vlhkosti v pôdnom profile (Majerčák, 2002). Bilančná rovnica vyjadruje zmenu zásoby vody (W_w) v určitom objeme pôdy za daný časový interval (Majerčák, Novák 1992, Antal, Igaz 2003):

$$W_w = V_i + H_{p,k} - H_{o,d} - E_e - E_t$$

kde : $H_{o,d}$ – drenážny odtok (mm),
 $H_{p,k}$ – kapilárny prítok (mm),
 E_e – výpar z pôdy (mm),
 E_t – transpirácia (mm),
 V_i – infiltrácia do pôdy (mm)

Základnou rovnicou modelu je nelineárna parciálna diferenciálna rovnica pohybu vody vo vertikálnom smere v zóne aerácie pôdy, vychádzajúca z rovnice Richardsa (Majerčák, 2002):

$$\frac{\partial h_w}{\partial t} = \frac{1}{c(h_w)} \frac{\partial}{\partial z} \left[k(h_w) \left(\frac{\partial h_w}{\partial z} + 1 \right) \right] - \frac{S(z,t)}{c(h_w)}$$

kde: h_w – vlhkosťový potenciál pôdy [cm]
 k – nenasýtená hydraulická vodivosť pôdy [$\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$]
 $S(z,t)$ – intenzita príjmu vody koreňmi z jednotkového objemu pôdy za jednotku času [s^{-1}]

$c(h_w)$ – kapacita, definovaná vzťahom
$$c(h_w) = \frac{\partial \theta}{\partial h_w}$$

pričom: θ – objemová vlhkosť pôdy [$\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$]
 z – vertikálna súradnica [cm]
 t – čas [s]

Simuláciu pomocou modelu GLOBAL je možné uskutočniť aj v jednodňových intervaloch, čo ho dovoľuje použiť ako účinný prostriedok pre sledovanie aktuálneho obsahu vody v pôdnom profile s rastlinným krytom na danej lokalite (Štekauerová, Majerčák, Šútor, 2001).

Vstupné hodnoty do modelu možno zaradiť do niekoľkých skupín.

Hydrofyzikálne charakteristiky pôdy, kde pôdny profil do hĺbky 1m bol považovaný za homogénny a pre danú vrstvu bola stanovená odvodňovacia vetva retenčnej krivky. Z bodov retenčnej krivky boli pomocným súborom modelu získané parametre α a n , ktoré sú potrebné na analytické vyjadrenie pF krivky do modelu. Nasýtená vlhkosť pôdy bola získaná po pyknometrickom stanovení mernej hmotnosti pôdy a nasýtená hydraulická vodivosť bola meraná laboratórnym permeametro. Reziduálna vlhkosť θ_r bola získaná výpočtom zo zrnitostného zloženia pôdy:

$$\theta_r = 0,200580 \cdot \%I.kat. + 1,03746,$$

kde : $\%I. kat.$ – obsah častíc I. kategórie podľa Kopeckého (<0,01 mm) v skúmanej pôde [% hm.].

Pôdny typ územia môžeme bližšie charakterizovať ako hnedozem, subtyp hnedozem kultizemná (Chlpík, Pospíšil 2004). Výsledky zrnitostného zloženia poukazujú na pôdu piesočnato-hlinitú (obsah frakcie <0,01 mm v intervale 20 - 30%).

Dolná okrajová podmienka bola zadaná počas celého uvažovaného obdobia hladinou podzemnej vody v hĺbke 12 m.

K meteorologickým údajom patria denné úhrny zrážok, rýchlosť vetra, tlak nasýtenej vodnej pary a trvanie slnečného svitu za vegetačné obdobie pozorovaných rokov. Uvedené hodnoty boli získané z meraní agroklimatickej stanice Katedry biometeorológie a hydrológie FZKI SPU v Nitre (Šiška, Repa 2003, Repa, Šiška 2004).

Fenologické údaje o rastlinnom kryte reprezentujú index listovej pokrývnosti LAI, drsnosť porastu, albedo a hĺbka koreňovej zóny.

Lokalita Koliňany sa nachádza 10 km severovýchodne od krajského mesta Nitra. V rokoch 2002, 2003 boli na lokalite, konkrétne na parcele Letisko merané vlhkosti pôdy prístrojom VIRRIB v denných cykloch. Tie boli následne porovnávané s výsledkami namodelovanými modelom GLOBAL.

3. Výsledky

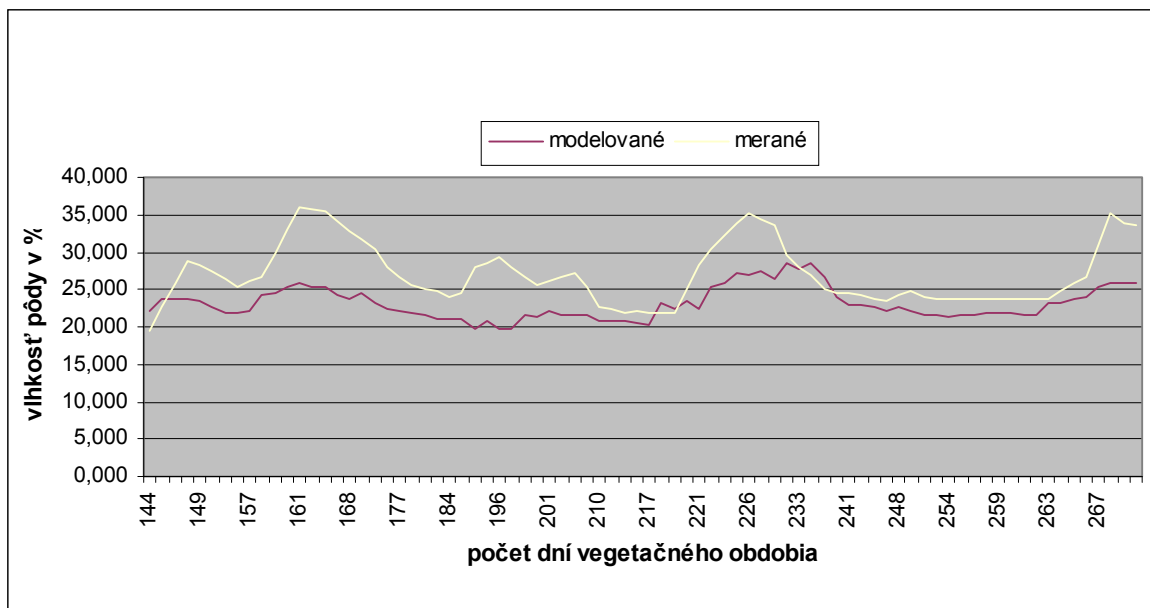
Priebehy vlhkostí merané prístrojom VIRRIB pod porastom cukrovej repy počas sledovaného obdobia rokov 2002, 2003 a modelo-

vané matematickým modelom GLOBAL boli použité na vyhodnotenie obsahu vody v pôdnom profile v hĺbke 0 až 100 cm.

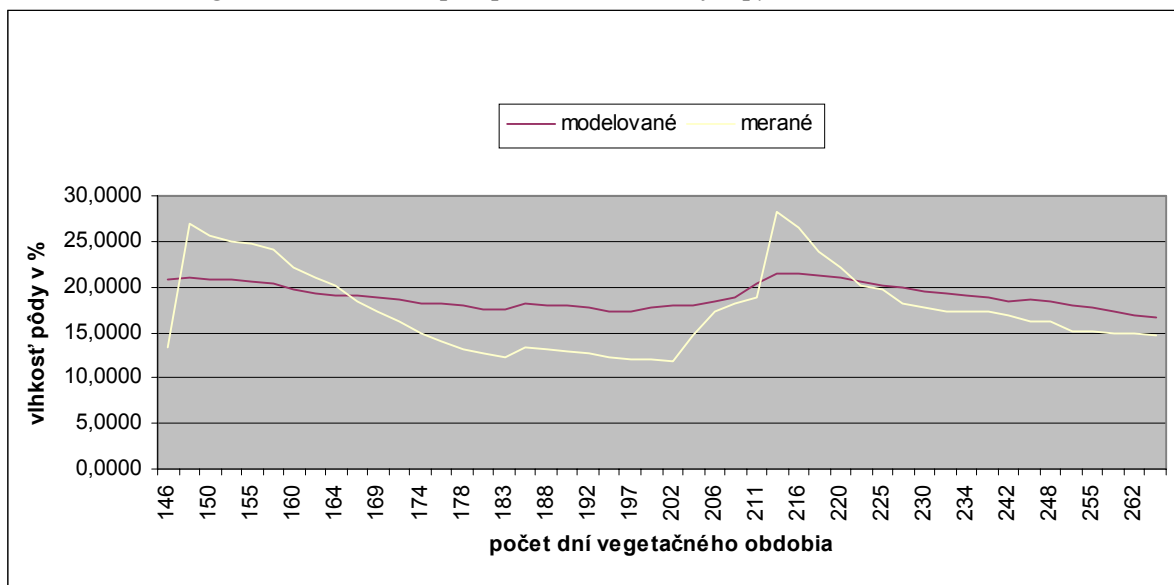
Korelačný koeficient nameraných a modelovaných hodnôt bol 0,64 a 0,85 t.j. vysoký až vysokopreukazný, čo umožňuje model GLOBAL použiť aj na určenie zložiek vodnej bilancie pôdneho profilu. Model bol

následne použitý pre stanovenie vlhkosti pôdy a vyhodnotenie jednotlivých členov bilančnej rovnice pod porastom jačmeňa jarného (*Hordeum vulgare*) v roku 2002. Hodnotené boli: infiltrácia vody do pôdy, aktuálna evaporácia, aktuálna transpirácia porastu, tok vody cez dolnú hranicu a intercepciu porastu.

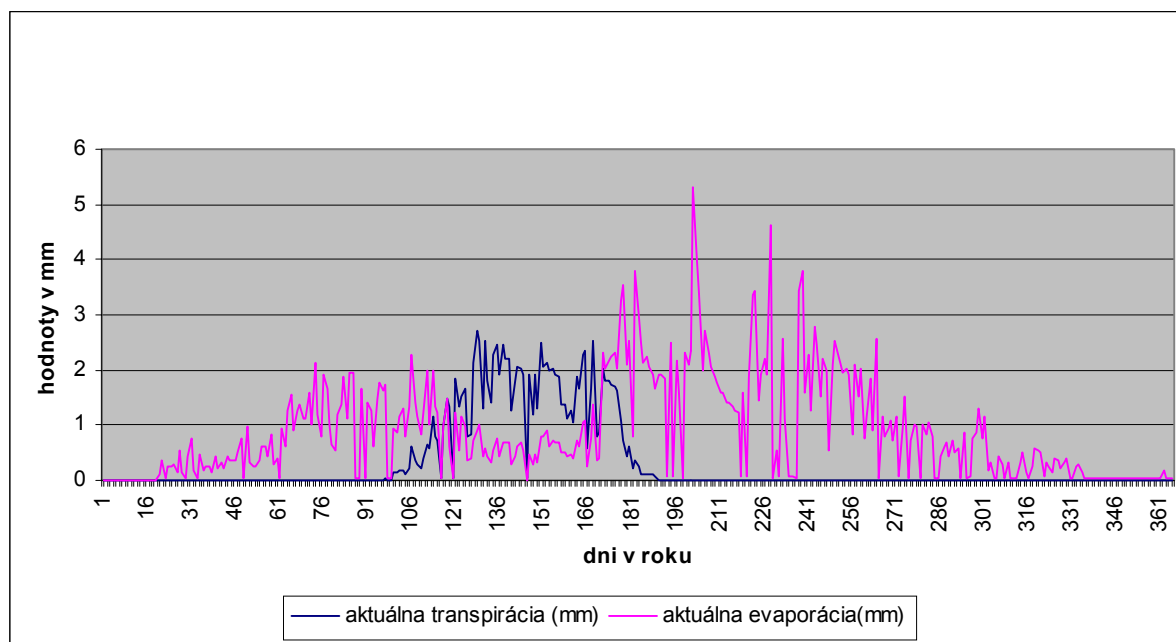
Obr. 1 Vlhkosti pôdy namerané VIRRIBom a modelované GLOBALom v roku 2002 počas vegetačného obdobia pod porastom cukrovej repy



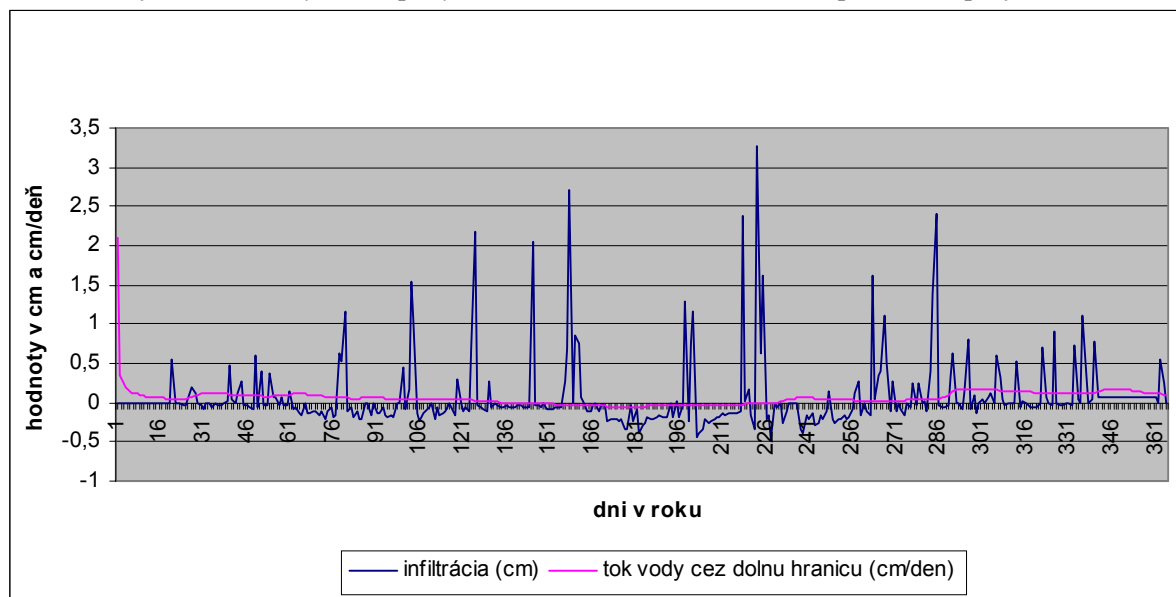
Obr. 2 Vlhkosti pôdy merané VIRRIBom a modelované GLOBALom v roku 2003 počas vegetačného obdobia pod porastom cukrovej repy



Obr. 3 Aktuálna transpirácia a evaporácia jačmeňa siateho f: jarná v roku 2002



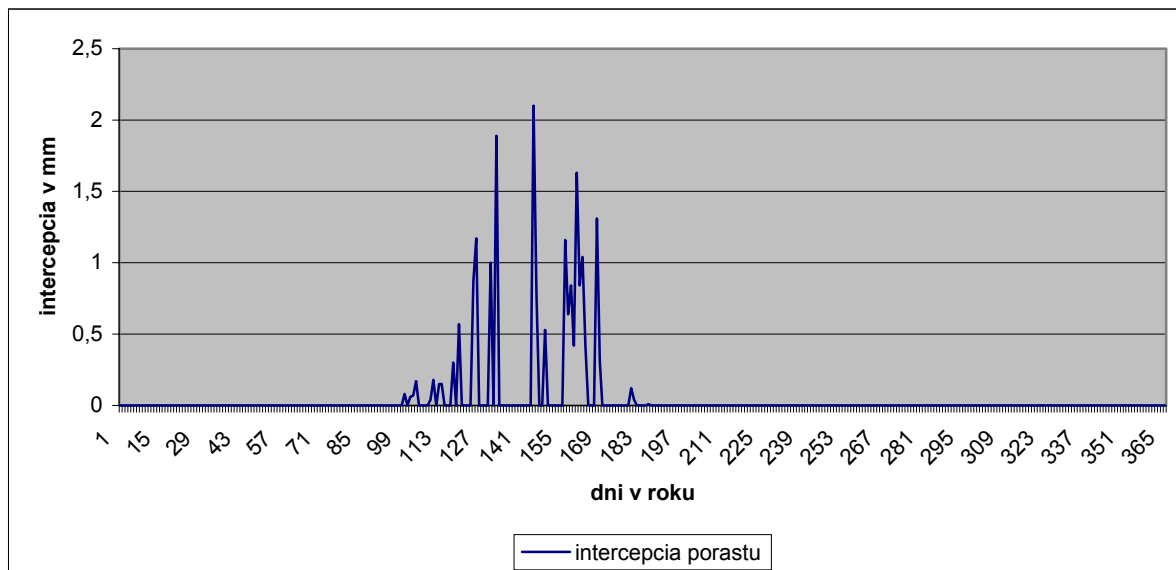
Obr. 4 Infiltrácia vody do pôdy a tok cez dolnú hranicu pôdneho profilu v r.2002



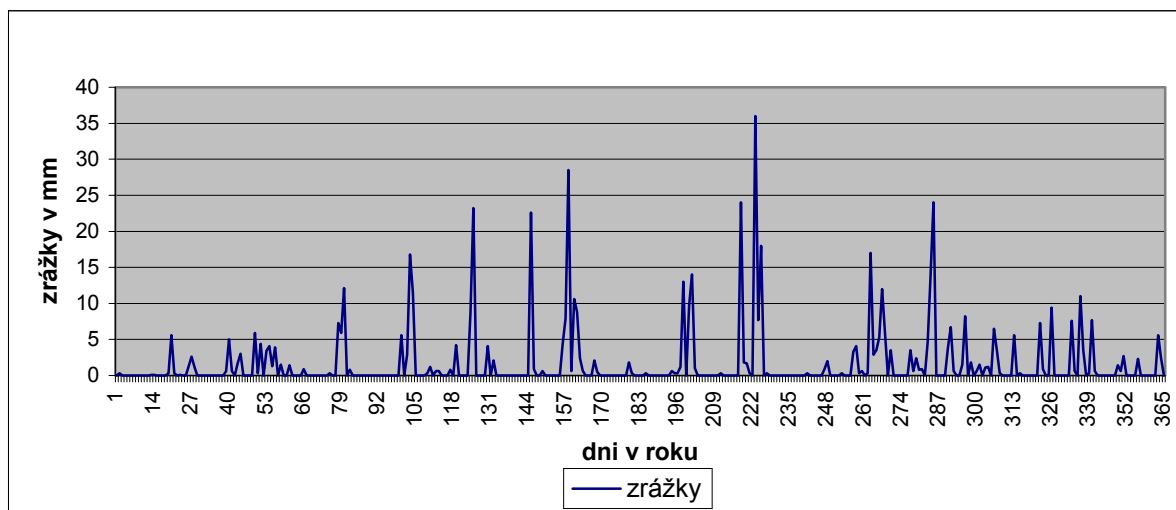
V roku 2002 boli jednotlivé mesiace z hľadiska množstva spadnutých zrážok charakterizované nasledovne (obrázok 6): január ako veľmi suchý, február až júl ako normálny, august až október ako veľmi vlhký a november s decembrom ako mesiace normálne (Šiška, Repa 2003). Na obrázku 7 sú

zobrazené denné chody vlhkosti pôdy v % obj. Chody aktuálnej transpirácie a evaporácie v poraste jačmeňa jarného sú zobrazené na obrázku 3. Počas vegetačného obdobia plodiny sú vyššie hodnoty aktuálnej transpirácie, hodnoty aktuálnej evaporácie sú nižšie, čo je spôsobené zatienením pôdy porastom.

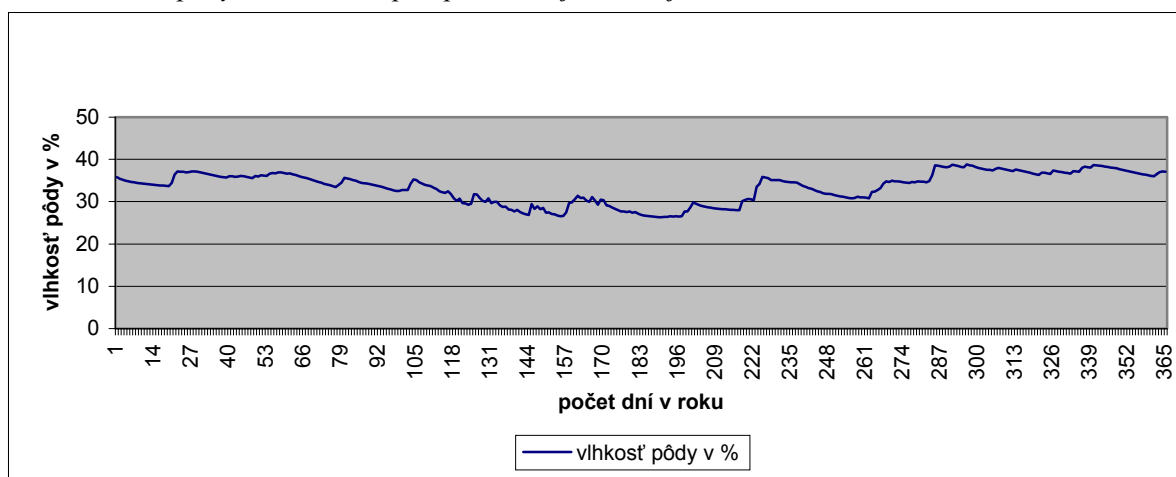
Obr. 5 Intercepcia porastu jačmeňa jarného v roku 2002



Obrázok 6 Denné úhrny zrážok v mm za rok 2002



Obr. 7 Vlhkosť pôdy modelovaná pod porastom jačmeňa jarného v roku 2002



Po zbere plodiny výpar z pôdy výrazne narástol. Podľa Larchera (1988) v miernom pásme môže potenciálna evaporácia v pekných letných dňoch dosiahnuť až 4 mm.d^{-1} , zatiaľ čo v priemere za celú vegetačnú sezónu je zhruba 2 mm.d^{-1} a v zime iba $0,1$ až $0,2 \text{ mm.d}^{-1}$. Skutočný výpar z vlhkých povrchov (pôda, bunkové steny) je obvykle menší ako potenciálna evaporácia, pretože k týmto povrchom sa voda takmer nikdy nedostáva tak rýchlo, ako sa vyparuje. Nami namodelovaná priemerná aktuálna evaporácia bola vo vegetačnom období $1,15 \text{ mm.d}^{-1}$. Spomínaný autor uvádza transpiráciu

v poraste obilného poľa v Nemecku asi 400 mm za vegetačné obdobie. Nami namodelovaná transpirácia bola 112 mm , čo môžeme odvodiť aj krátkou dĺžkou vegetačného obdobia jačmeňa jarného (110 dní). Zo zobrazených prítokov vody a odtokov vody z nej je možné posúdiť, ako bol pôdny profil zásobovaný vodou a ako sa na tejto zásobe odrazili klimatické podmienky. Z obrázku 5 je zrejмый priebeh intercepcie porastu jačmeňa jarného počas vegetácie t.j. hrúbky vrstvy vody zachytenej porastom s jednotkovým indexom listovej pokrývnosti, sa pohybovala do $2,1 \text{ mm.d}^{-1}$.

PodĎakovanie:

Tento príspevok vznikol vďaka podpore Agentúry na podporu vedy a techniky na základe zmluvy č. APVT-51-019804 a grantových projektov VEGA 2/3073/23 a GA SPU 712/04140.

4. Literatúra

- Antal, J. – Igaz, D. 2003. Aplikovaná agrohydrologia. SPU: Nitra. 173 s. ISBN 80-8069-163-0
- Chlpík, J. – Pospíšil, R. 2004. Plošná charakteristika mechanických a chemických vlastností pôdy na výskumnej báze Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre, lokalita Koliňany. In: Acta fytotechnica at zootechnica, roč. 7, č. 1, 2004, str. 6-10, ISSN 1335-258-X
- Hanáčková, E.–Pospíšil, R.–Danišová, M.: Účinok vyhnitého biokalu po kontinuálnej výrobe bioplynu na úrodu repy cukrovej. In: Listy cukrovarníckej, r. 112, 11/2003 s. 268-270.
- Larcher, W. 1988. Fyziologická ekológia rastlín. Praha: Academia, 1988, 368 s.
- Majerčák, J. – Novák, V. 1992. Simulation of the soil-water dynamics in the root zone during the vegetation period. I. Simulation model. In: Vodohospodársky časopis, 1992. č.3, s. 299 – 315
- Majerčák, J. 2002. Matematický simulačný model ako nástroj pre diagnózu a prognózu vodného režimu pôdneho profilu s rastlinným krytom: dizertačná práca, Bratislava 2002, 111 s.
- Skalová, J. 2003. Použitie pedotransferových funkcií pri diagnostike vodného režimu pôd. . In: Acta Hydrologica Slovaca, 2003 roč.4, č. 2, s. 300 –306.
- Šiška, B. – Repa, B. 2003. Klimatická charakteristika roku 2002 v Nitre. SPU: Nitra. 31 s. ISBN 80-8069-219-X
- Šiška, B. – Repa, B. 2004. Klimatická charakteristika roku 2003 v Nitre. SPU: Nitra. 22 s. ISBN 80-8069-384-6
- Štekauerová, V. – Majerčák, J. – Šútor, J. 2001. Kvantifikácia zložiek vodnej bilancie v nenasýtenej oblasti pôdy. In: Acta Hydrologica Slovaca, 2001 roč.2, č. 2, s. 183 –190.
- Veľbný, V. et al. 2000. Vodný režim pôdy. Bratislava: STU, 2000. 208 s. ISBN 80-227-1373-2