

MODELLING OF MOISTURE BALANCE AND DETERMINATION OF NEED OF IRRIGATION OF AGRICULTURAL PRODUCTS

MODELOVÁNÍ VLÁHOVÉ BILANCE A STANOVENÍ POTŘEBY ZÁVLAH U ZEMĚDĚLSKÝCH PLODIN

Středa T.¹⁾, Kohut M.²⁾

¹⁾ Ústav pěstování a šlechtění rostlin, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

²⁾ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Oddělení agrometeorologie a fenologie, Kroftova 43, 616 67 Brno, Česká republika.

E-mail: streda@mendelu.cz , mojmir.kohut@chmi.cz

ABSTRACT

For the modelling of moisture balance and quantification of the amount of supplementary irrigation (if any), the Department of Agrometeorology and Phenology of the Czech Hydrometeorological Institute, Brno Regional Office, has devised the AVISO agrometeorological model (Agrometeorologická Výpočetní a Informační Soustava – Agrometeorological Computation and Information System). The model is based on the British MORECS model, and on the modified way of calculation of the potential evapotranspiration by the Penman-Monteith method. At the present time, the model is being operated in an operative step for 94 climatological stations in the Czech Republic (CR). The output is a series of agrometeorological characteristics. The model is modified and fitted to the specific conditions of the CR. It is an open system with continual supplementation, adjustment and optimization, both organisation-wise and program-wise.

Keywords: evapotranspiration, irrigation, modelling

ABSTRAKT

K modelování vláhové bilance a kvantifikaci množství případné doplňkové závlahy byl na Oddělení agrometeorologie a fenologie Českého hydrometeorologického ústavu, pobočka Brno, vypracován agrometeorologický model AVISO (Agrometeorologická Výpočetní a Informační Soustava). Základem modelu na bázi britského modelu MORECS je modifikovaný způsob výpočtu potenciální evapotranspirace metodou Penman-Monteith. Model je v současné době provozován v operativním kroku pro 94 klimatologických stanic v ČR. Výstupem je řada agrometeorologických charakteristik. Model je modifikován

a přizpůsoben specifickým podmínkám ČR. Jedná se o otevřený systém s průběžným doplňováním, upřesňováním a optimalizací jak po stránce organizační, tak programové.

Klíčová slova: evapotranspirace, závlahy, modelování

ÚVOD

Voda je pro rostliny limitujícím faktorem jejich růstu a vývoje. V období, kdy nedostatek atmosférických srážek způsobuje vláhový deficit plodin, dochází k omezování základních růstových a vývojových procesů, což v konečném důsledku vede k poklesu výnosu. Pro docílení požadované účinnosti dodávání závlahové vody je rozhodující stanovení správného termínu zavlažování a vhodné velikosti závlahové dávky. Vzhledem k velmi složitým interakcím půda x rostlina x atmosféra je ovšem nutno k některým výstupům popisovaného modelu přistupovat jako ke kvalifikovaným odhadům.

Nejrozšířenějším postupem poskytujícím racionální a fyzikálně podložený způsob výpočtu výdeje vody z různých povrchů je vedle metody energetické bilance modifikovaný způsob výpočtu potenciální evapotranspirace metodou Penman-Monteith, který také tvoří základ modelu AVISO. Potenciální evapotranspirace je maximální možná evapotranspirace v daných klimatických a půdních podmínkách. Hodnota evapotranspirace závisí na půdních charakteristikách, druhu a vegetačním stadiu rostlinného krytu, rozloze krytu a na meteorologických činitelích. ANTAL, IGAZ, ŠPÁNIK (2003) uvádí, že vodní režim půd je prostřednictvím odběru vody na transpiraci, dominantně ovlivňován porostem.

POPIS MODELU AVISO

Tabelární vyjádření vláhové bilance plodiny

Základem vyjádření vláhové bilance je tabelární výstup operativně zpracovávaný pro každou klimatologickou stanici, který lze doplnit graficky. Mimo meteorologické a agrometeorologické údaje (srážky, potenciální evapotranspirace travního porostu, průměrná teplota vzduchu, intenzita dopadající radiace, doba slunečního svitu, evaporace z vodní hladiny, sytostní doplněk, efektivní teploty 0 °C, 5 °C a 10 °C) jsou důležitými informačními prvky kritické fáze růstu plodiny (0 a 1 = velmi kritické období, 2 = kritické období, 3 = důležité období, kterými rozumíme vývojové fáze, kdy plodina potřebuje dostatek vláhy v období tvorby generativních a vegetativních orgánů, tj. v obdobích, kdy má na vodu zvýšené nároky. Následují údaje o vláhových potřebách plodiny za zpracovávané období (operativně nastaven týden pondělí až neděle) a od počátku roku. Vláhovou potřebou rozumíme potenciální (maximálně možnou) evapotranspiraci dané plodiny pěstované na půdě

s optimální vlhkostí. Maximální hodnoty evapotranspirace jsou v teplém období vrcholu vegetace při nízké vzdušné vlhkosti a dostatku půdní vláhy (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992). Pokud v jarním období plodina nebyla ještě zasetá, vyhodnocení probíhá podle holé půdy.

Pro stanovení vláhové bilance, popřípadě pro potřeby doplňkové závlahy jsou nutné informace o aktuálním a kritickém deficitu plodin. V operativním režimu je model schematizován rozlišením na tři základní typy půdy, a to podle využitelné vodní kapacity půdy (VVK = 70 mm, VVK = 120 mm, VVK = 170 mm, vždy na 1 m půdního profilu). Využitelnou vodní kapacitou půdy se rozumí hodnota amplitudy mezi základními hydrolimity – polní (retenční) vodní kapacitou a bodem vadnutí. Polní vodní kapacita udává množství vody poutané v půdě působením adheze a napětím menisků v kapilárních pórech. Charakterizuje největší množství zavěšené kapilární vody zjišťované v polních podmínkách. Bod vadnutí udává vlhkost půdy, při jejímž poklesu jsou rostliny trvale nedostatečně zásobeny půdní vodou a vadnou. Dalším hydrolimitem používaným při modelování vláhové bilance je potom bod snížené dostupnosti, který charakterizuje vlhkostní stav v půdě, při kterém se podstatně snižuje pohyblivost půdní vody a její využitelnost pro rostliny. Údaje o aktuálním deficitu platí pro klimatologickou stanici, odkud byly k dispozici všechny vstupní meteorologické údaje. Pokud by případný uživatel měřil srážky individuálně, slouží k upřesnění aktuálního deficitu volný sloupec s označením místní aktuální deficit. Kritický deficit vyjadřuje pokles půdní vláhy na hodnotu, při které začne rostlina omezovat výdej vody přivíráním průduchů a tím i příjem oxidu uhlíku z ovzduší a jeho fotosyntetickou přeměnu v organickou hmotu. Kritický deficit plodiny je v podstatě závislý na hloubce aktivní kořenové zóny plodiny a na využitelné vodní kapacitě půdy. Jestliže je aktuální deficit nižší než kritický deficit, plodina netrpí suchem. Jestliže je aktuální deficit vyšší než kritický deficit, plodina začíná trpět suchem. Kompletní výpočty probíhají denně, výstupy se vždy vztahují k neděli (týdenní zpracování pondělí až neděle).

V Tabulce 1 je uveden příklad tabelárního zhodnocení vláhové bilance pro stanici Dyjákovice na jižní Moravě. Stanice leží v okrese Znojmo v nadmořské výšce okolo 200 m n. m. V oblasti převládají písčitohlinité půdy. Pro ilustraci jsou dále v Grafu 1 uvedeny i konkrétní meteorologické údaje z prezentované stanice Dyjákovice pro období leden až červenec 2003.

Tabulka 1: Vláhová bilance plodin – Dyjákovice k 6. 7. 2003

VLÁHOVÁ BILANCE VYBRANÝCH PLODIN pro neděli 06.07.2003

Interová stanice: **696 Dyjákovice**
Zpracované období: 30.06.2003 - 06.07.2003

Charakteristika	jedn.	pondělí	úterý	středa	čtvrtek	pátek	sobota	neděle	Σobdobí	Σod 1.1.
Srážky	mm	0,0	2,2	3,1	0,6	1,5	0,9	0,0	8,3	183,2
PEVA - TP	mm	4,2	4,0	5,5	2,3	2,8	3,8	2,5	25,1	386,2
Teplota	°C	25,8	21,8	19,3	17,2	16,5	18,1	17,2	135,9	1665,6
Záření Rc	W.m ⁻²	5461,7	5692,1	7210,7	3535,7	4897,2	4697,0	2742,6	34237,0	651965,7
Sluneční svit	hod	8,1	8,7	12,6	3,2	6,7	6,2	1,2	46,7	1076,3
Evaporace - VH	mm	4,5	4,4	5,9	2,6	3,3	4,0	2,6	27,3	423,1
Sytostní doplněk	hPa	17,9	8,7	10,4	4,5	3,8	7,3	5,6	58,2	959,3

Efektivní teploty:	Σobdobí	Σod 1.1.
0°C	135,9	1817,1
5°C	100,9	1207,8
10°C	65,9	720,3

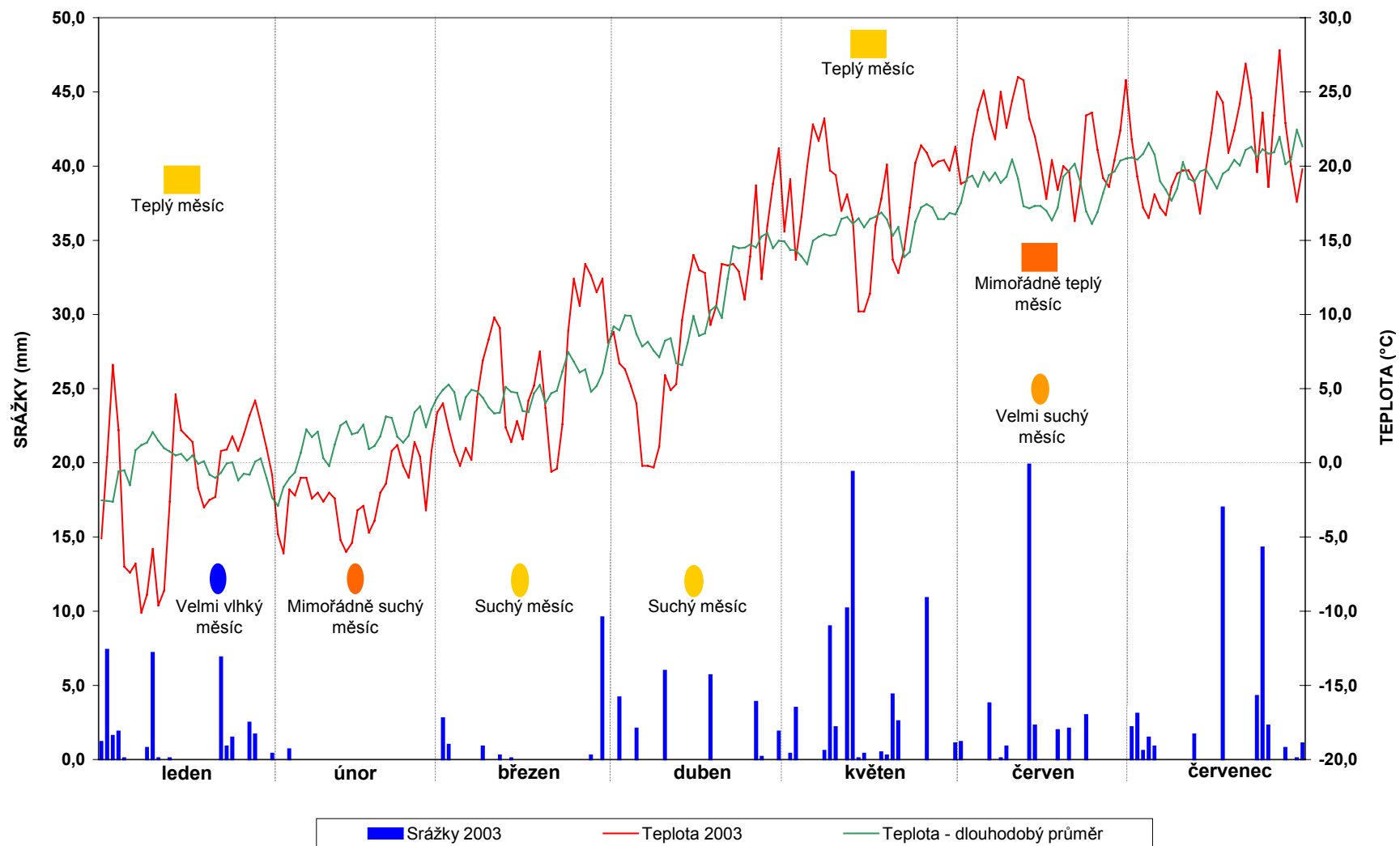
Agrometeorologické údaje:

Plodina (povrch)	Krit. fáze plod.	Vláhová potřeba plodiny	Vláhová potřeba plodiny	Půda lehká VVK=70 mm			Půda těžká VVK=120 mm			Půda střední VVK=170 mm		
	(0-3)	období	od 1.1.	kritický deficit	aktuální deficit	místní akt.def.	kritický deficit	aktuální deficit	místní akt.def.	kritický deficit	aktuální deficit	místní akt.def.
Holá půda	-	21,2	338,0	0	8		0	14		0	19	
Travní porost	-	25,1	386,2	35	69		60	120		85	168	
Vojtěška	1	26,6	402,5	35	69		60	119		85	167	
Pšenice ozimá	3	30,3	406,9	35	97		60	147		85	192	
Ječmen jarní	3	30,3	396,6	35	69		60	119		85	165	
Brambory	2	28,8	382,7	20	48		34	82		48	115	
Cukrovka	2	26,9	368,1	28	68		48	112		68	125	
Kukuřice	1	29,7	383,6	22	52		37	88		53	109	
Ovocné sady	2	30,2	436,7	52	102		90	144		128	171	
Vinice, chmel	1	29,1	428,0	52	102		90	145		128	172	
PD 0.80	3	20,1	309,0	• luskoviny, slunečnice								
PD 0.85	2	21,3	328,3	• zelenina cibulová (cibule konzumní, cibule šalotka, česnek, pór)								
PD 0.90	1	22,6	347,6	• rajčata, paprika zeleninová								
PD 0.95	0	23,8	366,9	• košťálová zelenina, okurky nakládačky, okurky salátové								
PD 1.00	1	25,1	386,2	• ostatní plodiny, všechny následné plodiny								

Poznámky: Kritické fáze plodiny: • 0, 1 = velmi kritické období, 2 = kritické období, 3 = důležité období,
Srážky • denní hodnoty srážkových úhrnů [mm],
PEVA (TP) • denní hodnoty potenciální evapotranspirace travního porostu [mm H₂O],
Teplota • průměrné denní hodnoty teplot vzduchu [°C],
Záření Rc • denní hodnoty globální radiace (přímá a difúzní) [W.m⁻²],
Sluneční svit • denní hodnoty trvání slunečního svitu [hod],
Evaporace (VH) • denní hodnoty evaporace z vodní hladiny [mm H₂O],
Sytostní doplněk • denní hodnoty sytostního doplnku [hPa].
Všechny údaje vláhových potřeb a deficitů plodin jsou v mm H₂O.

Datum zpracování: 07-07-2003

**Graf 1: Průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrn srážek na stanici DYJÁKOVICE
v roce 2003 a dlouhodobý průměr**



Grafické vyjádření vláhové bilance

Příklad grafického vyjádření vláhové bilance, které umožňuje aktuálně a přehledně zhodnotit situaci na sledované lokalitě a stanovit potřebu případné závlahy, je uveden v Grafu 2. Konkrétně je v Grafu 2 zachycen vývoj vláhových deficitů u brambor v Dyjákovících v roce 2003 (vývoj a stav k 6. 7. 2003, kdy začala v oblasti sklizeň brambor).

Plocha ležící mezi časovou osou X a základnou s ní rovnoběžnou vyjadřuje hodnotu využitelné vodní kapacity pro danou plodinu a daný druh půdy na daném místě. Červená plná čára, která rozděluje plochu využitelné vodní kapacity na dvě nestejně části, specifikuje časový průběh kritického deficitu:

- od červené plné čáry po dolní základnu (časová osa X) je oblast lehce přístupné využitelné vodní kapacity,
- od červené plné čáry po horní základnu (u půdy středně těžké ve vzdálenosti 70 mm od časové osy X) je oblast obtížně přístupné využitelné vodní kapacity.

Na potřebu doplnění půdní vláhy (nutnost závlahy) lze usoudit ze vzájemné pozice mezi aktuálním a kritickým deficitem:

- je-li hodnota aktuálního deficitu výrazněji pod hranicí kritického deficitu, závlaha není nutná,
- je-li hodnota aktuálního deficitu v těsné blízkosti kritického deficitu nebo je-li rovna kritickému deficitu a plodina se bude v nejbližších dnech nacházet ve druhé nebo dokonce v první kritické fázi růstu, je nutné provést závlahu. Teoretická velikost závlahové dávky je dána hodnotou aktuálního deficitu.

Vyhodnocení vláhové bilance u modelového příkladu – Dyjákovice, rok 2003, brambory

Dyjákovice jsou z hlediska pěstování brambor teplou, úrodnou ranobramborářskou oblastí, kde jsou pěstovány velmi rané odrůdy brambor určené pro nejranější spotřebu. Klimatické podmínky oblasti (nedostatek přirozených srážek) vyžadují ovšem při pěstování raných brambor doplňkovou závlahu pro zvýšení výnosů a urychlení sklizně. Velmi důležité není jen celkový úhrn srážek ale také rozdělení srážek během vegetace. Nedostatek vláhy v období od sázení až po vzejití působí na výnos brambor příznivě (větší tvorba kořenové hmoty, pozdější lepší hospodaření s vodou). Od fáze tvorby poupat (přibližně v této době se začínají nasazovat hlízy) do květu a v období intenzivního růstu hlíz (začátek květu až odkvět a následné období až do počátku fyziologické zralosti hlíz) reagují všechny odrůdy velmi citlivě na nedostatek půdní vláhy (VOKÁL, 2000).

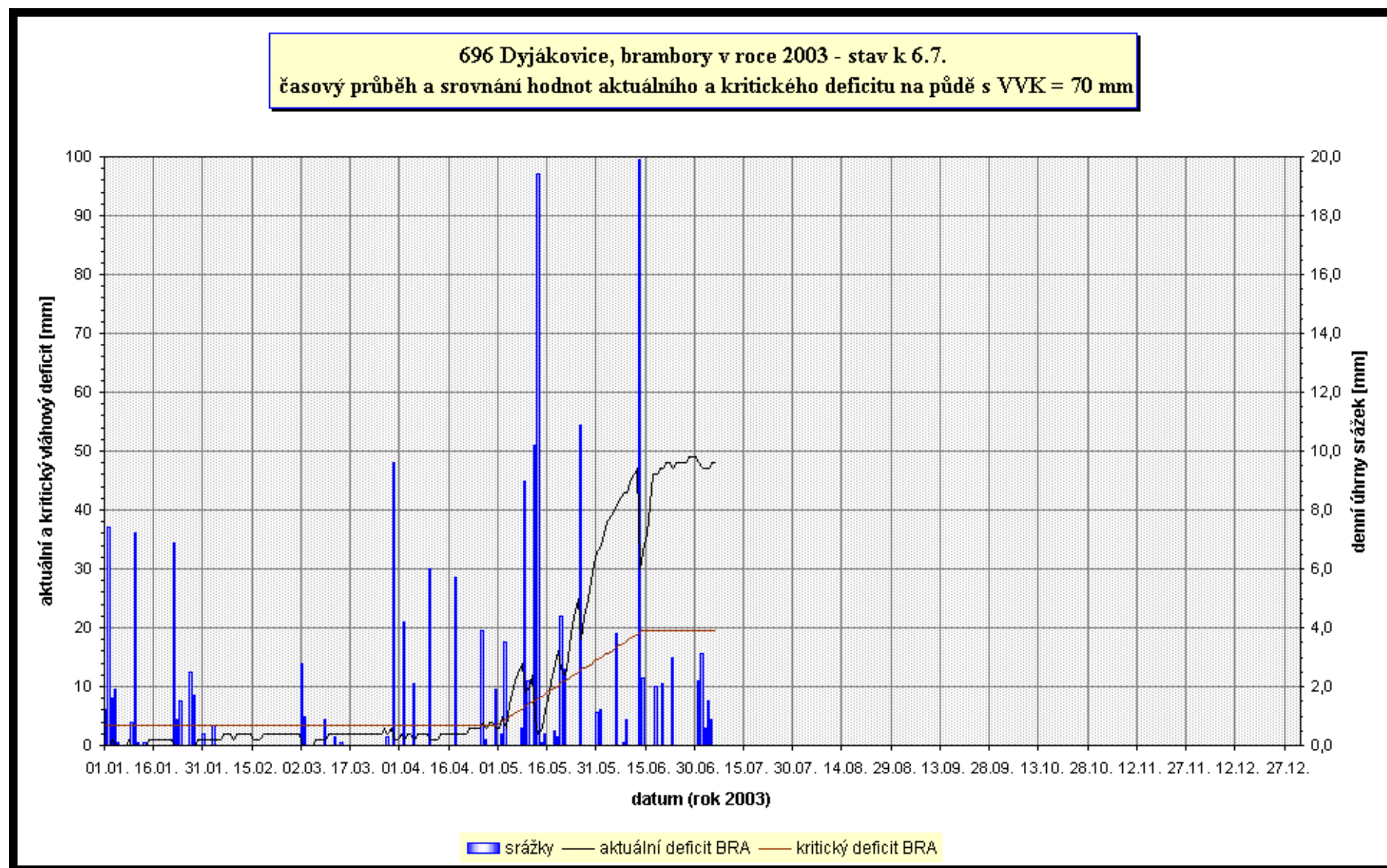
Díky suchu v měsíci únoru (mimořádně suchý měsíc) a v měsíci březnu (suchý měsíc) trval mírný vláhový deficit v Dyjákovících v roce 2003 u brambor již v době sázení (tj. přibližně od počátku dubna). Přetrvávající suché počasí v měsíci dubnu, zvýšené nároky rostlin bramboru v době butonizace (přibližně od 45. – 55. dne od výsadby) a suché a velmi teplé počasí v měsíci červnu přispěli k postupnému prohlubování vláhového deficitu.

Na základě vývoje vláhové bilance (Graf 2) a vzhledem k tomu, že pro výnos hlíz u velmi raných odrůd mají hlavní vliv zejména srážky v červnu (RYBÁČEK, 1988), byla doporučena doplňková závlaha raných brambor v první polovině května a na počátku června na úrovni přibližně 15 – 20 mm v každé dávce.

ZÁVĚR

Model AVISO poskytuje výstupy z 94 výpočetních míst, víceméně rovnoměrně situovaných v rámci území ČR. Nabízí tak operativní (průběžný) přehled o vybraných agrometeorologických charakteristikách (především vlhkost půd a jejich nasycenost) pro celé území ČR. Pro konkrétní uživatele se jeví jako vhodné přizpůsobení modelu specifickým podmínkám lokality uživatele (upřesnění vstupních meteorologických a fenologických údajů, konkretizace půdních poměrů apod.). V tomto případě, na základě porovnání aktuálního deficitu plodiny s deficitem kritickým, specifikuje množství závlahové vody, které je nutné do půdy dodat.

Graf 2: Vývoj vláhové bilance - brambory, Dyjákovice, rok 2003



LITERATURA

ALLEN, R.G. et al. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Roma, 1998. 301 s.

ANTAL, J., IGAZ, D., ŠPÁNIK, F. Vplyv meteorologických faktorov na predvegetačnú pôdnu vlhkosť v rôznych pestovateľských systémoch. In Seminár „Mikroklima porostů“, Brno, 26. března 2003. Brno: ČHMÚ, 2003, s. 15-22. 1 CD-ROM. ISBN 80-86690-05-9.

HOUGH, M. et al. The Meteorological Office Rainfall and 5. Evaporation Calculation System: MORECS version 2.0. Meteorological Office Bracknell, Meteorological Office Wolverhampton, Bracknell, 1997. 82 s.

KOHUT, M. Modelování vláhové bilance. Úroda, 2003, roč. 51, č. 6, s. 15-17. ISSN 0139-6013.

KOHUT, M. Vybrané metody výpočtu evaporace a evapotranspirace. In Seminár „Mikroklima porostů“, Brno, 26. března 2003. Brno: ČHMÚ, 2003, s. 172-186. 1 CD-ROM. ISBN 80-86690-05-9.

NOVÁK, V. Vyparovanie vody v prírode a metódy jeho určovania. Veda, Bratislava, 1995. 257 s.

RYBÁČEK, V. Brambory. SZN, Praha, 1988. 358 s.

THOMPSON, N., BARRIE, I.A., AYLES, M. The Meteorological Office Rainfall and Evaporation Calculation System: MORECS. Hydrological Memorandum No. 45, Bracknell, 1981. 71 s.

TLAPÁK, V., ŠÁLEK, J., LEGÁT, V. Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda a MŽP Praha, Praha, 1992. 320 s. ISBN 80-209-0232-5.

VOKÁL, B. et al. Brambory. s. 36-39: Voda. Agrospoj, Praha, 2000. 244 s.