

AUTOMATIZACE MĚŘENÍ VÝPARU Z VOLNÉ VODNÍ HLADINY

Automation of evaporation measurements from a small water level. In 2000-2002 concurrent automatic and manual measurements of evaporation from free water level were carried out at the stations Kostelní Myslová and Doksany. An analysis pointed out drawbacks of manual measurements caused both by random or systematic errors resulting from properties of the GGI 3000 evaporimeter and measurement methodology. At automatic measurements water level is measured by a precision digital sensor with the resolution of 0,025 mm. Within everyday calibration of the measuring instrument it comes to water filtration. The measurement is more accurate and provides information about daily variation of evaporation. Close relation between evaporation and selected meteorological elements was found out what can be used for the check of evaporation data and evaporation estimates for stations where an evaporimeter has not been installed yet. Automatic evaporation monitoring system has been installed as yet at 14 stations of the Czech Hydrometeorological Institute. Obtained high-quality evaporation data will be used together with lysimetric measurements from the Doksany station for calibration of evapotranspiration models to the conditions of the Czech Republic.

KLÍČOVÁ SLOVA: výpar – hladina vodní – měření – automatizace

1. ÚVOD

Výparem rozumíme množství vody odpařené za určitou dobu z různých povrchů, a to jak z půdy a vodní hladiny, tak i prostřednictvím fyziologických procesů živých organismů, především rostlin. Jedná se o významnou složku vodní bilance území [1].

Pro měření výparu z volné vodní hladiny se používají výparoměry. Vybrané stanice Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) používají od roku 1968 výparoměr GGI 3000 (GGI). Vedle tohoto typu je v observatoři (OBS) Doksany využíván i výparoměr Class-A-Pan.

V roce 1999 bylo v rámci ČHMÚ rozhodnuto o postupné modernizaci a automatizaci měření výparu z výparoměru GGI. Hlavním důvodem byl až na několik málo výjimek nespokojivý stav těchto přístrojů, ale i samotného měření, a snaha získat hustou a kvalitní síť výparoměrných stanic pro testování a kalibraci evapotranspiračních modelů. Toto rozhodnutí v praxi znamenalo navrhnout systém, který by vyřešil měření změn výšky hladiny a povrchové teploty vody ve výparoměrné nádobě, srážek a komunikaci s automatickým měřicím systémem již používaným v síti profesionálních a dobrovolných stanic ČHMÚ.

2. VÝBĚR VHODNÉHO PŘÍSTROJE

Počátkem roku 1999 byla zpracována rešerše mapující dostupné přístroje na měření výparu u nás a ve světě. Nejvíce informací bylo získáno o automatizaci ve světě patrně nejrozšířenějšího výparoměru Class-A-Pan, jehož válcovitá nádoba o průměru 121 cm a výšce 25,4 cm je umístěna na speciálním dřevěném roštu na povrchu půdy. Pro přesné zjištění výšky hladiny vody se zde převážně využívaly analogové snímače polohy hladiny [2]. Typickým příkladem byl systém Starlog [3]. Díky specifické konstrukci výparoměru Class-A-Pan se dá pro měření kolísání hladiny s dostatečnou přesností využít analogových senzorů, především induktivních, odporových a kapacitních.

V průběhu vegetačního období 1999 proběhlo v OBS Doksany testování dvou přístrojů upravených pro výparoměr GGI. Jednalo se o přístroj EWM firmy Asys Develop s digitálním senzorem HP a přístroj HP WEM firmy Chán s analogovým senzorem Schiltknecht. V průběhu testování se ukázaly nesporné výhody digitálního senzoru, především pětkrát

vyšší rozlišení než u jeho analogového protějšku. Podle [4] pouze využitím digitálních snímačů lze docílit nejpřesnější měření. Firma Meteoservis, dodavatel plovoucího výparoměru GGI na nádrži Nové Mlýny, se testování nezúčastnila vzhledem k dosud neukončenému vývoji vlastního zařízení.

Na základě výsledků těchto srovnávacích měření, detailní cenové nabídky od firem Chán a Asys Develop, bylo na jaře roku 2000 přijato doporučení Komise pro agrometeorologická měření a pozorování (KAMP) vybavit staniční síť ČHMÚ přístrojem EWM.

3. SLOŽENÍ SYSTÉMU

Na obr.1 je znázorněno schéma automatického výparoměrného systému pro ČHMÚ.

Výparoměrná nádoba

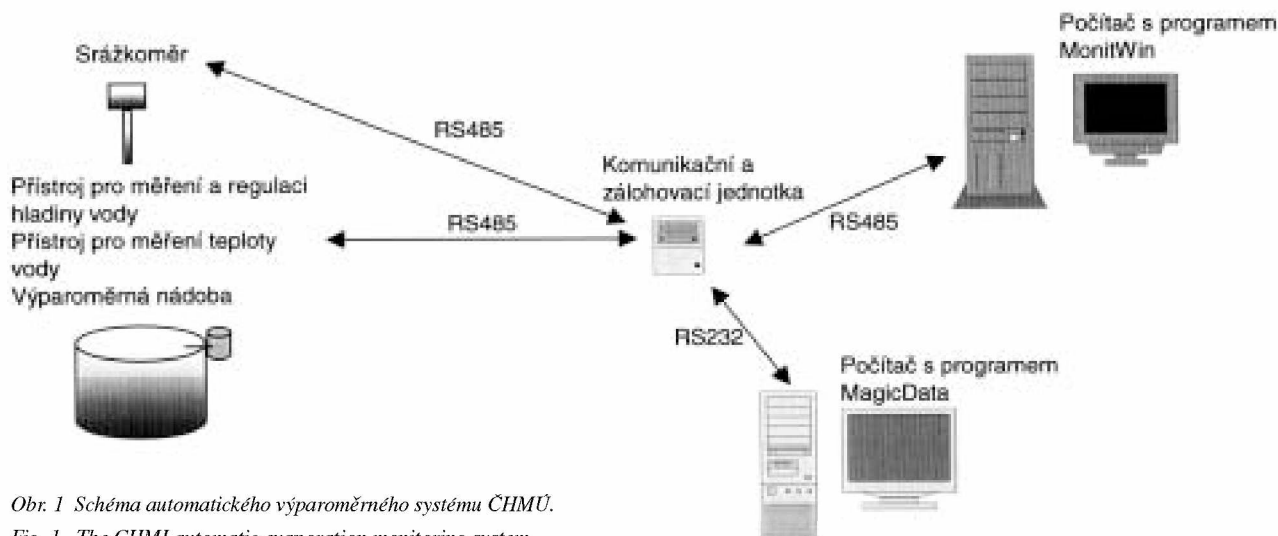
Z dosavadního výparoměru GGI byly převzaty rozměry výparoměrné nádoby (válec o poloměru 30,9 cm a výšce 60 cm) a zachováno její zapuštění do země po patky. Plocha vodní hladiny výparoměru tak zůstala 3 000 cm². Nádoba byla vyrobena z nerezového plechu se zesíleným dnem, aby byly eliminovány problémy s korozí a změnou barvy. Díky výběru přístroje EWM není v nádobě nosná tyč se stavovou jehlou, neboť vlastní měřicí zařízení je zde umístěno mimo vlastní nádobu z boku.

Přístroj pro měření povrchové teploty vody

Pro měření povrchové teploty vody v nádobě byl použit nerezový snímač Pt100 ZPA Ekoreg, který je umístěn vodorovně se středem 10 mm pod hladinou vody. Stálá hloubka snímače je udržována díky speciálnímu plováku vyrobenému v OBS Doksany. Samotný snímač je připojen k měřicí kartě Basic firmy Asys Develop, kterou lze přes rozhraní RS485 a hyperterminál Windows libovolně nakonfigurovat. Především se dá zvolit typ snímače, interval měření, zadat kalibrační konstanty jednotlivých snímačů a nastavit čas.

Přístroj pro měření a regulaci hladiny vody

Vlastní měřicí zařízení EWM firmy Asys Develop je umístěno v nerezové nádobě válcovitého tvaru o poloměru 7,5 cm s víkem, spojené s výparoměrnou nádobou (obr. 2). Využitím principu spojitých nádob dochází k vyrovnání hladin ve výparoměrné a měřicí nádobě. Hladina vody v měřicí nádobě je měřena plovákovým způsobem, přičemž poloha plováku je sledována precizním digitálním optickým sníma-



Obr. 1 Schéma automatického výparoměrného systému ČHMÚ.
Fig. 1. The CHMI automatic evaporation monitoring system.

čem polohy s rozlišením 0,025 mm. Kontinuálně se registrují jak úbytky vody výparem, tak i vzestupy hladiny vlivem srážek. Vlastní konečný výpar je dán součtem diference (sumy rozdílů výšek hladin) a úhrnu spadlých srážek. Na vývoji řídicího firmwaru spolupracoval dodavatel zařízení s OBS Doksany. Přístroj EWM je možno přes rozhraní RS485 a hyperterminál Windows libovolně nakonfigurovat. Především se dá zvolit typ snímače, jeho rozlišení, interval měření, nastavit čas, zvolit teplotní mez pro kalibraci, popř. provést cyklus nastavovacích měření.

Hladina vody ve výparoměrné nádobě je automaticky regulována ve zvolených mezích (-17 až +17 mm), v případě poklesu či vzestupu vody mimo zvolené meze se zapne příslušné čerpadlo, které dočerpá, případně odčerpá vodu na tzv. „počáteční nulovou hladinu“. Tato hladina je každý den v 7 h SEČ nastavována v rámci každodenní kalibrace modulu. V případě, že plovák nereaguje (z důvodů zámruzu či nedostatku vody v zásobním barelu s vodou, nebo je naměřená povrchová teplota ve výparoměru pod nastavenou mez), pak kalibrace neproběhne. Modul se pokusí kalibraci provést ještě jednou ve 12 h SEČ, pokud tento stav nadále trvá, měření



Obr. 2 Fotografie přístroje EWM.
Fig. 2. Photo of the EWM instrument.

výparu se v tomto dni neprovede. Zásobní barel o kapacitě 50 l má na víku umístěn filtr. Díky tomu dochází v rámci každodenní kalibrace i k filtraci vody v nádobě. Přístroj je chráněn před krátkodobým výpadkem proudu baterií.

Srážkoměr

V rámci staniční sítě ČHMÚ lze pro měření srážek využít stávající klasický či automatický srážkoměr. Navíc ke kartě Basic lze připojit některý z běžných typů automatických člunkových srážkoměrů.

Komunikační a zálohovací jednotka (CBU)

V síti stanic ČHMÚ bývá jednotka CBU umístěna uvnitř budovy a komunikace mezi ní a venkovními přístroji probíhá přes rozhraní RS485. Jednotka obsahuje LCD displej s tlačítkem, pomocí kterého lze zobrazit na displeji tato aktuální data:

- aktuální výšku hladiny (L_v) ve výparoměrné nádobě oproti „počáteční nulové hladině“, díky výše zmíněné regulaci se pohybuje v rozmezí od -17 do +17 mm,
- aktuální diferenci (D_f), neboli sumu rozdílů výšek hladin od 7 h SEČ, pokud nedojde k nucené regulaci hladiny vlivem větších srážek (při $L_v > 17$), pak $D_f = L_v$,
- aktuální úhrn srážek (R_n), je zobrazen pouze v případě zapojení automatického srážkoměru do karty Basic,
- aktuální čas (Time) v SEČ přístroje EWM
- aktuální povrchovou teplotu vody (T_o)
- průměrnou denní povrchovou teplotu vody (T_p)
- aktuální čas (Time) v SEČ karty Basic.

Jednotka obsahuje dva mikroprocesory, které zajišťují komunikaci s dalšími externími zařízeními. Pomocí několika desítek speciálních příkazů lze přes hyperterminál Windows jednotku CBU libovolně konfigurovat, zvolit počet měřených a zobrazovaných veličin na LCD displeji, jejich interval čtení, zadat kalibrační konstanty jednotlivých snímačů. V síti ČHMÚ je jednotka CBU využívána i pro měření půdní vlhkosti a teplot. Jednotka obsahuje rozhraní RS232 a RS485.

Počítač se softwarem MonitWin

V případě propojení počítače přes linku RS485 s CBU, která vysílá v automatickém režimu ve známém protokolu vybrané změřené hodnoty, se může v programu MonitWin pouze nastavit jejich příjem a následně zpracování.

Počítač se softwarem MagicData

Jednotku CBU lze přes sériový kabel připojit k počítači a přes hyperterminál Windows komunikovat s jednotkou. Dá se využít i standardně dodávaný program MagicData, kde se

může nastavit libovolný interval čtení a ukládání (v ASCII tvaru) všech změřených hodnot. V OBS Doksany byl vytvořen pomocný program MagicDataBase, který slouží k zobrazení a archivaci dat. Data jsou v automatickém režimu zkompimována a v zakódované podobě přenesena přes modem na definovaný server.

4. VÝSLEDKY A JEJICH ZHODNOCENÍ

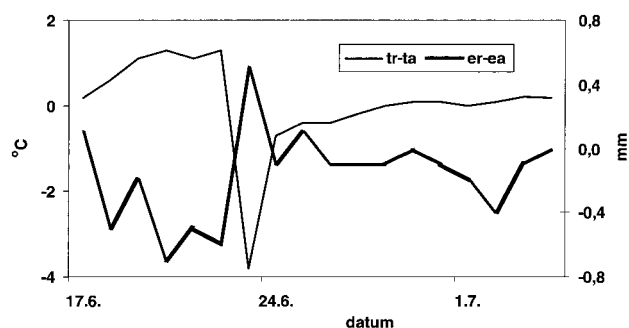
V letech 2000 až 2002 probíhalo v OBS Doksany (158 m n. m.) během vegetačního období souběžné ruční (e_r) a automatické měření výparu (e_a), doplněné o ruční (t_r) a automatické měření povrchové teploty vody (t_a). V roce 2002 bylo srovnávací měření rozšířeno i o stanici ČHMÚ v Kostelní Myslové (569 m n. m.). Na obou lokalitách bylo ruční měření prováděno přesně podle metodického předpisu ČHMÚ č.11 [5], automatické měření podle [6]. Údaje z automatických srážkoměrů byly korigovány s ohledem na systematickou chybu vyskytující se při silných srážkách a větru podle ručního měření. Pro detailní analýzu dat byl využit program Statistica (www.statsoft.cz).

Při analýze byla zjištěna statisticky významná závislost výparu e_r na teplotě vody a vyšší výšce hladiny ve výparoměrné nádobě (korelační koeficient $r = 0,529$). Poněkud překvapující závislost na výšce hladiny je dána specifickou konstrukcí výparoměru GGI, kdy při vyšších výškách je hladina vody nad úroveň okolního terénu a dochází k ovlivnění měření při přívalových srážkách. S rostoucí teplotou vody a výškou hladiny se zvyšoval i výpar. Zatímco ve výparoměru GGI může počáteční výška hladiny značně kolísat, v předpisu [5] je dovoleno rozmezí od 5 do 30 mm, v automatickém výparoměrném systému je každý den nastavována stejná počáteční nulová hladina (tolerance $\pm 0,2$ mm). Při střední hodnotě výšky je hladina vody ve výparoměru GGI v úrovni okolního terénu, při vyšších výškách je nad ním.

Tab. 1 Vybrané statistické charakteristiky řady e_r a e_a z Doksany a Kostelní Myslové.

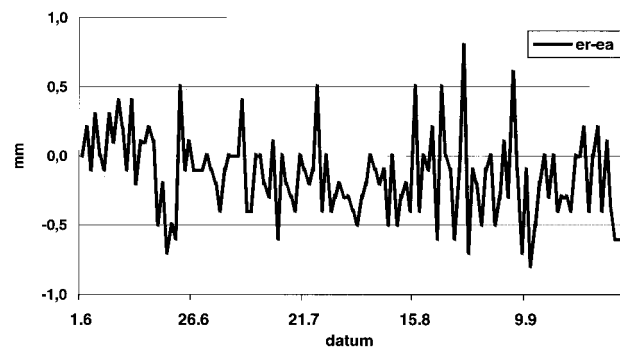
Table 1 Selected statistic characteristics of the series e_r and e_a from Doksany and Kostelní Myslová.

Stanice	Doksany	Doksany	Doksany	K.Myslová
Období	1.6.-31.10.	1.4.-30.9.	1.4.-30.9.	1.5.-30.9.
Rok	2000	2001	2002	2002
Průměr e_r	2.72	2.64	2.59	2.95
Průměr e_a	2.60	2.52	2.43	2.90
Součet e_r	413.5	482.3	474.7	451.0
Součet e_a	395.1	461.2	444.9	443.1
Maximum e_r	7.6	6.6	6.9	7.6
Maximum e_a	7.0	6.2	6.1	7.4
Minimum e_r	0.0	0.2	0.2	0.5
Minimum e_a	0.1	0.2	0.2	0.4
Medián e_r	2.75	2.70	2.50	2.90
Medián e_a	2.50	2.53	2.30	2.80
Spodní kvartil e_r	1.50	1.50	1.70	2.20
Spodní kvartil e_a	1.30	1.54	1.60	2.10
Horní kvartil e_r	3.90	3.50	3.30	3.70
Horní kvartil e_a	3.70	3.40	3.00	3.50
Rozptyl e_r	2.62	1.91	1.55	1.67
Rozptyl e_a	2.57	1.75	1.32	1.40
Směr.odch. e_r	1.62	1.38	1.24	1.29
Směr.odch. e_a	1.60	1.32	1.15	1.18
Šikmost e_r	0.25	0.39	0.61	0.37
Šikmost e_a	0.38	0.33	0.68	0.71
Špičatost e_r	-0.58	-0.17	0.73	0.47
Špičatost e_a	-0.51	-0.26	0.51	1.13



Obr. 3 Rozdíly teplot $t_r - t_a$ Doksany, 17. 6.–4. 7. 2000.

Fig. 3. Differences in temperatures $t_r - t_a$, Doksany 17 June – 4 July 2000.



Obr. 4 Rozdíly výparu $e_r - e_a$ v letním období roku, Doksany, 1. 6.–30. 9. 2000.

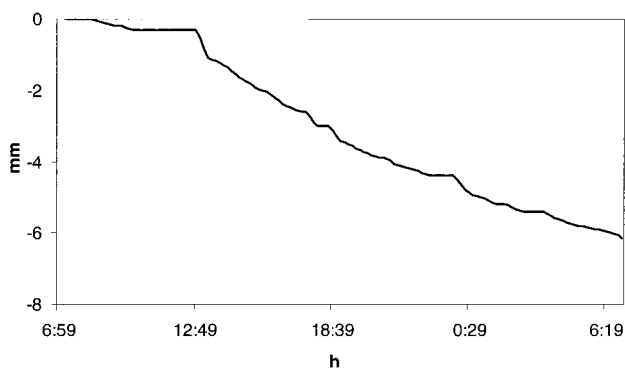
Fig. 4. Differences in evaporation $e_r - e_a$ in the summer period of the year, Doksany 1 June – 30 September 2000.

V tab.1 jsou uvedeny vybrané statistické charakteristiky řady e_r a e_a z obou výše zmíněných lokalit. Průměrné hodnoty e_r jsou o 0,05 (Kostelní Myslová) až 0,16 mm (Doksany, rok 2002) vyšší než e_a . Vzhledem k výše uvedené závislosti jsou zjištěné rozdíly pochopitelné, neboť průměrné hodnoty t_r byly o 0,11 (Kostelní Myslová) až 0,38 °C (Doksany, rok 2002) vyšší než t_a , průměrná počáteční výška hladiny vody ve výparoměru GGI byla v Doksanech o 5,5 mm vyšší než v Kostelní Myslové. Rozdíly v teplotě vody mohou být způsobeny jak stavem a umístěním obou nádob v terénu, tak absencí filtrace vody ve výparoměru GGI.

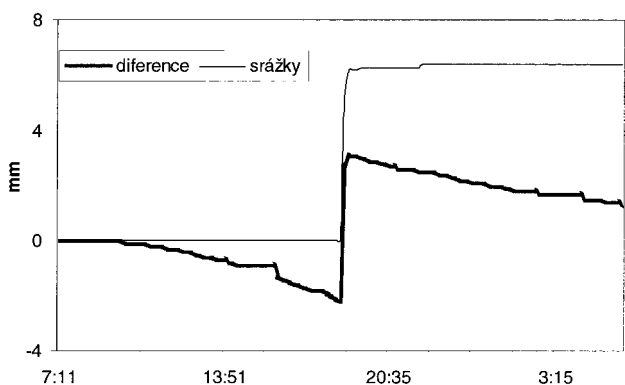
Tab. 2 Průměrné měsíční hodnoty e_r , e_a a jejich rozdíl pro Doksany v letech 2000–2002.

Table 2. Average monthly values of e_r , e_a and their difference for Doksany in 2000–2002.

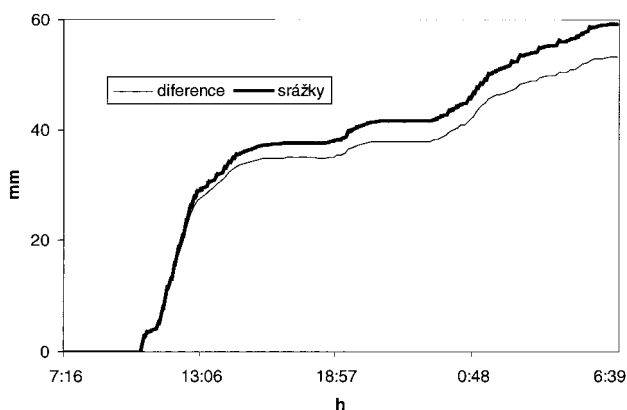
Rok	měsíc						
	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
2000	e_r	2.30	3.70	4.40	2.58	4.09	2.22
	e_a	2.20	3.70	4.17	2.50	3.93	2.20
	$e_r - e_a$	0.10	0.00	0.23	0.09	0.16	0.02
Rok	měsíc						
	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
2001	e_r	1.54	3.31	2.82	3.32	3.25	1.35
	e_a	1.38	3.23	2.73	3.18	3.20	1.33
	$e_r - e_a$	0.16	0.08	0.09	0.14	0.05	0.03
Rok	měsíc						
	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
2002	e_r	1.95	2.41	3.34	3.02	2.62	2.08
	e_a	1.77	2.25	3.20	2.78	2.64	1.93
	$e_r - e_a$	0.17	0.16	0.13	0.25	-0.02	0.15



Obr. 5 Chod difference v bezsrážkovém dnu, Doksany, 28.–29. 6. 2002.
Fig. 5. Variation of the difference in the day without precipitation, Doksany 28–29 June 2002.



Obr. 6 Chod difference ve dnu s deštovou přeháňkou, Doksany, 10.–11. 7. 2002.
Fig. 6. Variation of the difference in the day with shower, Doksany 10–11 July 2002.



Obr. 7 Chod difference ve srážkovém dnu, Doksany, 12.–13. 8. 2002.
Fig. 7. Variation of the difference in the day with precipitation, Doksany 12–13 August 2002.

U ručního měření hraje velkou roli kvalita vody v nádobě, která úzce souvisí s průběhem povětrnostních podmínek. Když do vody napadá hodně organických nečistot, při teplém počasí se vytvoří v krátkém čase silná hnojící vrstva na dně, která vytváří ideální podmínky pro rozvoj řas. Po čase nezbyvá než vodu z nádoby vybrat, dno vyčistit a napustit čistou vodu. Automatické měření obsahuje filtraci vody od hrubších nečistot, díky níž se daří rozvoj řas udržet v přijatelných mezích. Na obr. 3 je patrné postupné zvyšování rozdílů $t_r - t_a$ a $e_r - e_a$ vlivem řas ve výparoměru GGI a po výměně vody

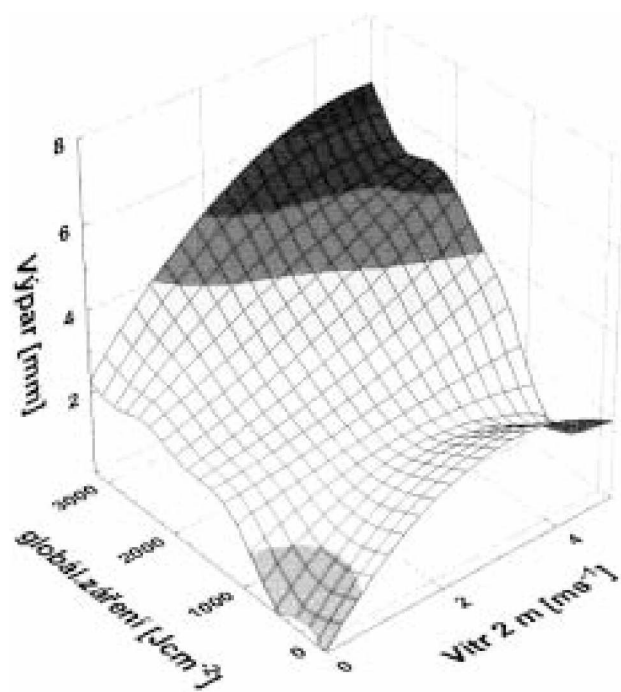
jejich postupné vyrovnání. Obr. 4 dokumentuje kolísání rozdílů $e_r - e_a$ v extrémně teplém roce 2000 v Doksanech zaviněné růstem řas spolu s vynucenými výměnami vody ve výparoměru GGI. V tab. 2 jsou uvedeny průměrné měsíční hodnoty e_r , e_a a jejich rozdíl. Rozdíly $e_r - e_a$ jsou především způsobeny již zmiňovaným „ochlazovacím efektem“ filtrace vody v automatickém výparoměru a rozdílnou počáteční výškou hladiny ve výparoměru GGI.

V zimním období 2000/2001 a 2001/2002 probíhalo srovnávací měření v laboratorních podmínkách OBS Doksany. Výpar a srážky byly simulovány elektronickou pipetou. V těchto podmínkách byla zjištěna velmi dobrá shoda mezi snímačem EWM a pipetou. Rozdíly výšky hladiny nepřesahovaly, až na několik ojedinělých případů, 0,15 mm a větší, což se pohybovalo v mezích 0,06–0,11 mm.

Automatické měření probíhá kontinuálně a údaje o aktuální hladině, diferencii a srážkách lze ukládat v počítači. Obr. 5 dokumentuje průběh difference ve dnu bez srážek s trvalým poklesem aktuální hladiny vody vlivem výparu. Obr. 6 dokládá pokles aktuální hladiny vody výparem, vystřídáný jejím vzestupem deštovou přeháňkou a posléze jejím opětovným poklesem. Obr. 7 znázorňuje vzestup aktuální hladiny vody vlivem srážek. Měření výparu snímačem EWM není zatíženo náhodnými chybami pozorovatelského charakteru a systematickými chybami vlivem změn kvality vody, tak jak je tomu u ručního měření. Výpar z volné vodní hladiny ovlivňuje celá řada meteorologických prvků. Na základě analýzy automatického měření výparu a meteorologických měření z Doksany byl odvozen jednoduchý regresní vztah (korelační koeficient $r = 0,8629$):

$$E = -17,01 + 0,0186 \times T + 0,4043 \times v + 0,0005 \times Q + 0,0926 \times R - 0,0415 \times U + 0,1052 \times t,$$

kde E je denní úhrn výparu z volné vodní hladiny v mm, T je průměrný denní tlak v hPa přepočtený na hladinu moře, v je průměrná denní rychlost větru v ms^{-1} ve výšce 2 m nad zemí,

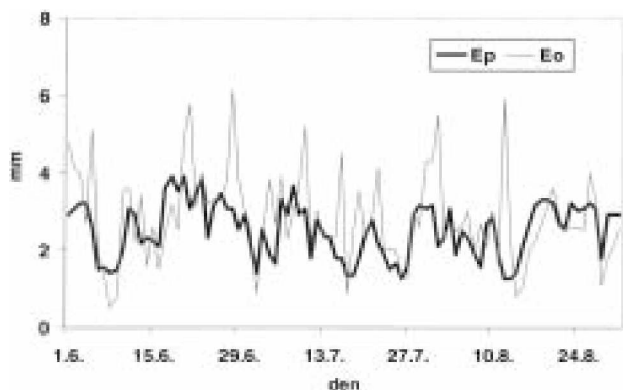


Obr. 8 Závislost výparu na sumě globálního záření a rychlosti větru.
Fig. 8. Dependence of evaporation on the sum of global radiation and wind speed.

Q je denní suma globálního záření v Jem^{-2} , R je denní úhrn srážek v mm, U je průměrná denní relativní vlhkost vzduchu v % a t je průměrná denní teplota půdy pod trávnickem v hloubce 5 cm ve $^{\circ}\text{C}$.

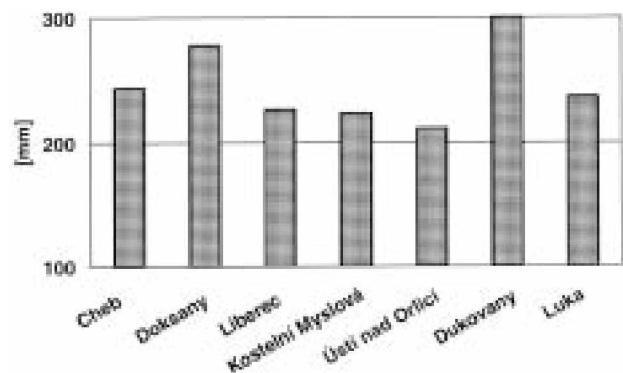
Ze všech výše uvedených meteorologických prvků výpar nejvíce ovlivňuje suma globálního záření (korelační koeficient $r = 0,604$). Nepřímé metody pro výpočet výparu ze standardních meteorologických dat nejčastěji využívají vedle sumy globálního záření, rychlosti větru, teplotu a vlhkost vzduchu, pro tyto proměnné byl regresní koeficient $r = 0,727$. Zajímavá je zjištěná závislost výparu z ručního i automatického měření na srážkách. Získání delších řad kontinuálních automatických měření hladiny vody ve výparoměru při srážkách může pomoci tuto závislost blíže pochopit. Obr. 8 znázorňuje závislost výparu na sumě globálního záření a rychlosti větru.

Dosavadní ruční měření výparu z volné vodní hladiny prováděné ve staniční síti ČHMÚ nebylo dostatečně spolehlivé. Výpar z volné vodní hladiny byl proto v rámci ČHMÚ



Obr. 9 Denní úhrny výparu z volné vodní hladiny naměřené přístrojem EWM a spočtené metodou Penman-Monteith pro letní období, Doksany, 1. 6.–31. 8. 2002.

Fig. 9. Daily evaporation totals from free water level measured by the EWM instrument and calculated by means of Penman-Monteith method for the summer period, Doksany 1 June - 31 August 2002.



Obr. 10 Úhrny výparu za letní období ze stanic s přístroji EWM, 1. 6.–31. 8. 2001.

Fig. 10. Evaporation totals for the summer period from stations with EWM instruments, 1 June-31 August 2001.



Obr. 11 Konfigurace přístroje EWM na stanici Luká.

Fig. 11. Configuration of the EWM instrument at the station Luká.

zjišťován na základě nepřímých metod vycházejících z rovnice vodní bilance v půdě, nebo byl počítán některou ze zahraničních mikrometeorologických metod, využívajících empirické závislosti mezi intenzitou výparu a některými meteorologickými prvky. Automatické měření výparu může proto posloužit pro pozdější kalibraci těchto nepřímých výpočtových metod na podmínky ČR. Užitečnost této kalibrace je patrná i z obr. 9, kde jsou zobrazeny denní úhrny výparu z volné vodní hladiny naměřené automatickým výparoměrem a spočtené metodou Penman-Monteith pro letní období roku 2002 v Doksanech.

Měření výparu z volné vodní hladiny bylo a je v rámci ČHMÚ „popelkou“. Přesto se podařilo díky velkému úsilí komise KAMP alespoň několik stanic vybavit automatickým výparoměrem se snímačem EWM. Na obr. 10 jsou zobrazeny úhrny výparu za letní období 2001 z několika stanic s tímto typem měření. V roce 2002 bylo měření rozšířeno o stanici Tušimice, Košetice, Hradec Králové a Žabčice, v roce 2003 o Kocelovice, Brno-Tuřany a Dyjálkovic.

Servisní zabezpečení speciálních meteorologických přístrojů ve staniční síti ČHMÚ je dlouhodobě nedostatečné, důsledkem jsou časté několikaměsíční výpadky měření. Z těchto důvodů každoroční „oživení“, kalibraci, konfiguraci, servis a přípravu výparoměru na zimu zajišťovali v rámci ČHMÚ pracovníci OBS Doksany raději sami. Na obr. 11 je vidět konfiguraci přístroje EWM z notebooku při instalaci automatického výparoměrného systému na stanici Luká. Automatický výparoměrný systém pracoval na všech stanicích během celé sezony velmi spolehlivě, k drobným závadám docházelo pouze po silnějších bouřkách na stanicích s chybějící přepětovou ochranou komunikační linky RS485. V případě několikadenního zámru vody ve výparoměrné nádobě se měření automaticky přerušilo, po rozmrznutí se opět rozběhlo. Při využití automatického člunkového srážkoměru, je nutné měřené údaje korigovat s ohledem na systematickou chybu vyskytující se při silných srážkách a větru podle ručního měření. Do roku 2002 tyto korekce nebyly ošetřeny metodickým předpisem, ve zprávě INTER byly posílány údaje bez této opravy.

Pokračují práce na dalším zdokonalování celého systému. Jedná se především o kontinuální zálohování měřených údajů ve vnitřní paměti CBU, které umožní zpětně několik dní dozadu načíst naměřená data i v případě poruchy komunika-

ce či výpadku napájení. Pro analýzu dat je vyvíjen program MagicDataBase.

5. ZÁVĚR

Lze konstatovat, že navržený automatický výparoměrný systém se osvědčil. Výpar z volné vodní hladiny měřený snímačem EWM je srovnatelný s dosavadním ručním měřením ve výparoměru GGI. Automatické měření je přesnější, podstatně méně zatíženo náhodnými a systematickými chybami a je kontinuální, proto lze získat představu i o denním chodu výparu.

Výsledky uvedených srovnávacích měření lze využít při práci s výparoměrnými daty, zejména při zpracování jejich dlouhodobých charakteristik. Pro přesnější bilanční výpočty a studium kolísání výparu bude nutné provést korekci výparu z výparoměru GGI o systematické chyby plynoucí z jeho vlastností a metodiky.

Nalezený těsný vztah mezi výparem a vybranými meteorologickými prvky vybízí k využití při kontrolách výparoměrných dat a odhadu výparu pro stanice, kde dosud výparoměr není instalován.

ČHMÚ nedisponuje dlouhou řadou kvalitních lyzimetrických měření, které by umožnily kalibraci nepřímých metod stanovení evapotranspirace podle [7, 8]. Jediným východiskem pro realizaci projektu podobného rozsahu je doplnění

desetileté řady těchto měření z OBS Doksany o velmi kvalitní výparoměrná měření z dostatečného počtu stanic.

Literatura

- [1] PARCEVAUX, S. et al., 1990. Dictionnaire encyclopédique d'agrometeorologie. Paris: Editions CILF. 323 s.
- [2] Evaporation Monitoring System, 1997. Unidata Australia. 16 s.
- [3] Starlog – Precision Water Level Instrument, 1998. Unidata Australia. 34 s.
- [4] ĎAĎO, S. a kol., 1999. Senzory a měřicí obvody. Praha: Vydavatelství ČVÚT. 315 s.
- [5] FIŠÁK, J., 1994. Návod pro pozorovatele meteorologických stanic. Metodický předpis č.11. Praha: ČHMÚ. 114 s.
- [6] MOŽNÝ, M., 2001. Elektronická měření výparu a vlhkosti půdy. Návod pro pozorovatele. Praha: Český hydrometeorologický ústav. 36 s.
- [7] CHOISNEL, E. et al., 1992. Une approche uniformisée du calcul de l'évapotranspiration potentielle pour l'ensemble des pays de la communauté européenne. Luxembourg: ECSC – EEC – EAEC. 109 s.
- [8] HOLDEN, N.M. et al., 2001. Agro-Meteorological Modelling – Principles, Data and Applications. AgroMeteorological Review – AGMET. 206 s.

Lektor RNDr. M. Kohut, článek odevzdán v březnu 2003.