

PRŮBĚH POTENCIÁLNÍ EVAPOTRANSPIRACE V OBDOBÍ LEDEN AŽ KVĚTEN ROKU 2000

THE COURSE OF POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION FROM JANUARY TO MAY 2000

Kohut¹, M., Rožnovský², J.

Abstract

The attention of agrometeorological studies has recently been devoted to the variability of the climate. The occurrence of drought is typical of the most fertile region of the Czech Republic. The Penman – Monteith formula was used to evaluate the potential evapotranspiration dynamism from grass surface and potential evaporation from bare soil and water surface. We used agrometeorological data for Žabčice region. In April and May, 2000, the daily and monthly values of potential evapotranspiration and evaporation exceeded the normal values. The period with little precipitation occurred from the second half of March to the first half of May in 2000.

Úvod

Dostatek vody je limitujícím faktorem výnosů zemědělských plodin v našich neúrodnějších oblastech. V každém případě však při zemědělské produkci musíme počítat s obdobími jejího nedostatku, tedy sucha. Suchost podnebí - aridita, v pojetí klimatologie vyjadřuje výrazně převažující výpar nad množstvím spadlých srážek. V klimatografii je období sucha vztahováno na část roku, kdy jsou takřka pravidelně velmi malé srážkové úhrny nebo se vůbec nevyskytují. V našich geografických podmínkách jde o výskyt sucha nahodilého (Meteorologický slovník 1993). Jako suché období je často v klimatologické literatuře označováno období bezesrážkové. Tímto míníme vždy určitý počet po sobě jdoucích dnů (nejčastěji nejméně 5 dnů), kdy nebyly na stanici naměřeny srážky, případně byly srážky velmi malé (0,0 mm, výjimečně 1 mm) jak uvádí Rožnovský 1998).

Pro vymezení období sucha podle srážek uvádí Krška (1980) hledisko prof. Cablíka, který za hrubou hranici sucha považuje roční úhrny srážek 550 mm. Nedostatek půdní vláhy se potom projeví ve vegetačním období pokud srážkový úhrn nepřekročí 340 mm, v jednotlivých měsících, když úhrn srážek nedosáhne 50 mm. Ve shodě s definicemi mnoha

autorů (Kott 1993 a další) lze vyjádřit sucho agronomické jako nedostatek vody v půdě vyvolaný suchem meteorologickým, nejčastěji chápaným jako nedostatkem srážek, které se nevyskytují vůbec anebo jen v malých úhrnech (Rožnovský 1989). Toto znamená, že výskyt sucha je doslova limitován vlastnostmi půd, jejich hydropedologickými charakteristikami. Zákonnitě se při výskytu sucha uplatňuje vliv evaporace, v porostech potom evapotranspirace zvyšované vyššími teplotami vzduchu a většími rychlostmi větru (Brutsaert 1982, Oudhury, Monteith 1988, Novák 1995).

V současné době údaje potenciální evaporace a evapotranspirace získáváme pomocí modifikovaného způsobu výpočtu metodou Penman – Monteith, která poskytuje racionální a fyzikálně podložený způsob výpočtu výdeje vody z různých povrchů (Kohut, Rožnovský 1999). V podkladech o výskytu sucha na našem území nenajdeme mnoho citací, kde by bylo využito k popisu sucha údajů o potenciální evaporaci či evapotranspiraci.

Materiál a metody

Pro vyhodnocení dynamiky potenciální evapotranspirace z travního porostu (E_o) a potenciální evaporace z holé půdy (E_s) a volné vodní hladiny (E_w) byly použity denní hodnoty meteorologických prvků za období 1.1. až 31.5.2000, naměřených na agrometeorologické stanici v Žabčicích. Pro výpočet byla použita Penmanova -Monteithova rovnice [1], kterou můžeme obecně vyjádřit tvarem:

$$LE = \frac{\Delta (R - G) + \rho_a c_p (e_o - e) / r_a}{\Delta + \gamma [1 + (r_s / r_a)]},$$

kde L vyjadřuje latentní teplo, E evapotranspiraci, symbolem Δ je označená změna tlaku nasycené vodní páry vzhledem k teplotě, R je radiační bilance, G tok tepla do půdy, ρ_a hustota vzduchu, c_p jeho měrné teplo, e_o tlak nasycené vodní páry nad vypařujícím povrchem a e ve stanovené hladině atmosféry, r_a aerodynamická rezistence, γ je termodynamická psychrometrická konstanta a r_s je rezistence vypařujícího povrchu.

Vlastní výpočty jsou prováděny programem, do kterého byly dosazeny tyto meteorologické prvky: průměrná denní teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$], průměrný denní tlak vodní páry [hPa], denní trvání slunečního svitu [h], průměrná denní rychlost větru [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]. Všechny meteorologické údaje byly měřeny na meteorologické stanici ve standardní výšce, pouze rychlost větru se přepočítává z hladiny měření (12 m) přepočítána na výšku 2 m. Denní průměry byly vypočteny z termínových měření (7.00, 14.00 a 21.00 SMČ) běžnými postupy

pro klimatologické stanice. Vlhkostní charakteristiky jsou počítány z psychrometrického rozdílu, barometrického tlaku a ventilační rychlosti v meteorologické budce odhadnuté podle rychlosti větru měřené na stanici. Odhad teploty vypařujícího povrchu lze provést z měřené teploty v meteorologické budce metodou postupných přiblížení (iterací), resp. malou úpravou základní rovnice Penman-Monteith.

Vypočtené denní hodnoty byly dále statisticky vyhodnoceny a použity pro výpočet sum měsíčních apod. Upozorňujeme na to, že na obr. 2 jsou vyjádřeny normálové měsíční sumy vypočtené z měsíčních sum v jednotlivých letech za období 1961 až 1990. Nejsou to sumy dané součtem denních normálů, které byly použity pro konstrukci grafů na obr. 1

Výsledky a diskuse

Pro analýzu hodnot E_o , E_s a E_w za sledované období je nutné provést stručné hodnocení jejich rozložení během roku. Z ročního chodu podle měsíčních sum vyplývá, že nejvyšší úhrny připadají na červenec, kdy $E_o = 103,1$ mm, $E_s = 93,2$ mm a $E_w = 118,8$ mm. Nejnižší sumy vycházejí pro leden, když $E_o = 6,7$, $E_s = 6,1$ a $E_w = 7,3$ mm. Hodnoty měsíčních sum postupně narůstají od ledna do července, od kterého opět postupně klesají k minimu v lednu.

Abychom mohli vyjádřit rozdílnost průběhu denních sum E_o , E_s a E_w za období leden až květen roku 2000, použili jsme v klimatologii běžného postupu a provedli jsme hodnocení po měsících a srovnání s denními normálovými sumami E_o za období 1961 až 1990, jak vidíme na obr. 1. Použili jsme údaje již od ledna s vědomím, že výpočet za zimní období je zatížen nepřesností. Pro tento postup jsme se rozhodli proto, abychom již od počátku roku mohli poukázat na rozdíly v sumách E_o , E_s a E_w , a tím na případný rozdílný průběh počasí.

Normálové denní sumy E_o v lednu výjimečně dosahují 0,3 mm. V letošním lednu se 19.1. a ve dnech od 28. do 31.1. vyskytly denní sumy E_o 0,5 mm, ovšem měsíční suma 6,2 mm (viz obr. 2a) je nižší než normálová, která činí 6,7 mm.. Toto je dáno nízkými i nulovými hodnotami denních sum E_o v první dekádě ledna. Obecně můžeme uvést, že se E_o travního porostu v lednu 2000 jevila jako normální.

Obdobný stav můžeme popsat pro holou půdu (obr. 1b). Rozdíl je v dosaženém maximu denní sumy E_s , které se vyskytlo ve stejných dnech jako u travního porostu, ale s hodnotou 0,4 mm. Jak dokumentuje obr. 2b, taktéž lednová suma E_s je nižší (5,2 mm) než za normálové období (6,1 mm). Evaporace z vodní hladiny má rozdíly ve výskytu maxim oproti holé půdě

a E_o (obr. 1c). Maximum 0,7 mm bylo v letošním lednu zaznamenáno 30.1., když normálové maximum je shodně s ostatními hodnocenými povrchy 0,3 mm. Navíc měsíční suma E_w (obr. 2c) je v lednu 2000 hodnotou 7,5 mm o 0,2 mm vyšší než normálová lednová suma (7,3 mm).

V měsíci únoru podle normálového vyhodnocení jsou denní maxima E_o zaznamenávána v poslední dekádě s hodnotou 0,6 mm, když měsíční suma činí 12,1 mm. V únoru 2000 jsme vypočetli maximální sumu E_o pro 28. 2. a měsíční suma činí 16 mm. Znamená to, že v letošním únoru byl oproti normálu výpar vyšší o 4 mm, tedy o 25 %. Podobně u E_s zjišťujeme vyšší sumu pro tento únor, ale jen o 1,2 mm, kdy oproti normálu (10,6 mm) je suma E_s rovna 11,8 mm. Taktéž u E_w má letošní únor vyšší sumu, a to 16,6 mm, která o 2,3 mm přesahuje normál (14,3 mm). Ve srovnání se sumami v měsíci lednu také vidíme na obr. 1a, 1b a 1c pro letošní únor větší rozkolísanost, která je doložena i vyšší hodnotou koeficientu variace.

Velmi zajímavý má průběh hodnot E_o , E_s a E_w v měsíci březnu tohoto roku. U travního porostu je maximum vypočteno již pro 9.3. (1,8 mm) a naopak minimální hodnotu nacházíme pro 25.3. (0,4 mm). Průběh E_o v měsíci v podstatě nevyjadřuje vzestup denních sum od počátku do konce měsíce, jak to vidíme u chodu sum normálových. Měsíční suma letošního března je srovnatelná či o 0,5 mm nižší (31,7 mm) než za normálový březen (32,2 mm). Výrazný pokles pod normálové hodnoty zaznamenáváme v poslední dekádě března. Podobně je v letošním březnu nižší E_s (23,8 mm) než je normál (26,6 mm). Totéž platí i pro E_w , kde normál činí 36,3 mm a letos v březnu je suma 33,1 mm. Pro oba tyto povrchy platí obdobné hodnocení chodu denních sum. U všech tří povrchů vidíme, že normálové denní sumy v měsíci březnu postupně rostou, takže 31. březen má u všech povrchů maximální hodnotu. V březnu také normálové denní sumy překonávají hodnotu 1 mm. U travního povrchu je to 19.3, u holé půdy 20.3. a u vodní hladiny od 14.3.

V měsíci dubnu vidíme z grafů E_o , že dochází k významnému překročení normálových hodnot. Pokles denních sum pod normálovou hodnotu je pouze ve 4 dnech za celý měsíc. Důležitá je výše překročení. Denní maximum E_o v dubnu tohoto roku bylo 5,9 mm 28.4., z normálových hodnot je maximum 2,7 mm, které přísluší 30.4. Vidíme, že letošní dubnové denní maximum dosahuje 219 % normálu. Srovnáme-li měsíční sumy, potom suma E_o letošního dubna 92,1 mm, dosahuje 146 % normálu (62,8 mm).

Průběh E_s a E_w v dubnu je zákonitě obdobný průběhu E_o . U E_s i u E_w jsou to též 4 dny, ve kterých klesla denní suma pod normálovou hodnotu. Taktéž shodně je maximum

28.4.2000, když u Es dosáhla jeho suma 4,7 mm a překročila normálové maximum o 114 %. U Ew bylo dosáhlo maximum dubna hodnoty 6,6 mm a překročilo normálovou nejvyšší dubnovou denní sumu o 120 %. Logicky se normálová dubnová maxima vyskytovala 30.4. Měsíční suma Es dosáhla v letošním dubnu 77,1 mm, což je 153 % normálu, který činí 50,4 mm. U Ew měsíční suma dosáhla 101,8 mm, tedy 147 % normálové sumy (69,1 mm). Normálové denní sumy Eo překračují hodnotu 2 mm od 14.4., u Es až od 28.2., ale u Ew již od 6.4. Významné je, že sumy Eo, Es a Ew za duben 2000 překročily nebo se shodovaly s normálovými sumami za květen. Jinými slovy, potenciální evapotranspirace a evaporace z holé půdy a vodní hladiny odpovídaly v letošním dubnu hodnotám průměrného května.

Letošní květen jak dokládá obr. 1, má denní sumy Eo, Es Ew vyšší oproti normálu až do 9.5. Následující dny až do 14.5 jsou denní sumy většinou nižší než normálové. Do konce měsíce jsou potom u všech povrchu pozorovatelné velké rozdíly, tedy vysoké překročení, ale také hluboký pokles. Denní maximum u Eo je shodné s dubnovým (5,9 mm) a normálovou nejvyšší denní hodnotu překračuje o 2,5 mm, což je o 74 % více.

Připomínáme, že nejen u Eo ale i u ostatních povrchu nepřísluší nejvyšší denní suma poslednímu dni v měsíci. U Eo je denních normálových sum 3,0 mm dosaženo 10.5. Ovšem hlavně mezi 20. až 25. květnem jsou sumy opět nižší. Jistě jde o květnovou singularitu, tedy vliv tzv. „zmrzlých mužů“. U Es květnové normálové denní sumy hodnotu 3,0 mm nepřekračují. Naopak u Ew jen mimořádně klesá denní normálová suma pod hodnotu 3,0 mm. Taktéž zde je mezi 20. až 25. květnem sledován pokles denních sum.

Nejvyšší denní suma letošního května je u Es 5,4 mm, a překračuje normálovou nejvyšší květnovou hodnotu (3,0 mm) o 80 %. U Ew je překročení letošního maxima (6,9 mm) rovno 73 %. Jak vidíme, květnová maxima Es a Ew v mm překračovala maxima dubnová. Ovšem procenticky byla dubnová oproti květnovým vyšší. Měsíční sumy letošního května překročila normované sumy. Pro Eo je suma 117,1 mm překročení normálové sumy (90,3 mm) o 30 %. Es dosáhla v květnu 2000 104,4 mm, takže oproti normálu 77,1 mm představuje 136 %. U Ew je suma 135,8 mm a vyjadřuje 132 % normálové sumy května (102,8 mm). U všech povrchů překročily sumy nejvyšší průměrnou měsíční sumu, tedy sumu za červenec.

Závěr

Mimořádně teplé a srážkami chudé jaro bylo příčinou sucha, které se v tomto období vyskytuje jen nahodile. Pro popis období od ledna do května roku 2000 v oblasti Žabčic bylo

využito výpočtů potenciální evapotranspirace z travního porostu a potenciální evaporace z holé půdy a volné vodní hladiny podle Penmana a Monteitha.

Na rozdíl od průběhu výparu v měsících leden až březen se v dubnu a květnu vyskytují jeho mimořádně vysoké hodnoty. Významné je, že sumy potenciální evapotranspirace z travního povrchu a potenciální evaporace z povrchu holé půdy a vodní hladiny za duben 2000 překročily nebo se shodovaly s normálovými sumami za květen. Jinými slovy, potenciální evapotranspirace a evaporace z holé půdy a vodní hladiny odpovídaly v letošním dubnu hodnotám průměrného května. Květnová suma byla vyšší než normálová nejen červnová, ale i červencová.

Sečteme-li sumy za hodnocené období. Tedy leden až květen letošního roku a porovnáme se sumami normálovými, potom zjišťujeme, že u Eo tato suma letos dosáhla 263 mm, u Es 222,3 mm a u Ew 294,8 mm. Když vezmeme normálové hodnoty, zjistíme, že tyto sumy představují období od ledna do konce 2. dekády června. Z uvedených hodnot vidíme, že měsíce duben a květen letošního roku měly nadnormální výpar, a s ohledem na jen několikamilimetrové srážky od druhé dekády března do poloviny května, to byly velmi suché měsíce. Tímto došlo k výskytu nejen atmosférického, ale i půdního sucha. Potvrdil to i stav zemědělských plodin, hlavně jařin.

Souhrn: Průběh počasí během letošního jara byl typický velkou proměnlivostí. Po srážkově bohaté první polovině března nastoupilo období z velmi nízkými, jen několikamilimetrovými srážkami, které trvalo až do poloviny května. K charakteristice období od ledna do května letošního roku bylo využito údajů o potenciální evaporaci a evapotranspiraci pomocí modifikovaného způsobu výpočtu metodou Penman – Monteith, která poskytuje racionální a fyzikálně podložený způsob výpočtu výdeje vody z různých povrchů. Pro naše hodnocení byly provedeny výpočty pro travní porost, holou půdu a vodní hladinu. Bylo prokázáno, že v měsících duben a květen roku 2000 překračovaly mnohdy denní sumy potenciální evaporace a evapotranspirace více než dvojnásobek normálové hodnoty vypočtené za období 1961 až 1990, a že celková suma výparu za toto období odpovídá normálovému období leden až druhá dekáda června.

Klíčová slova: sucho, potenciální evapotranspirace, Penman-Monteith, bezsrážkové období

Poděkování: Výsledky předkládané v článku byly získány v rámci řešení projektu č. 215/99/1561 GA ČR.

Literatura

Brutsaert, W.: Evaporation into the Atmosphere. D. Reidel Publishing Company, Dodrecht 1982, 269 s.

Kohut, M., Rožnovský, J.: Dynamika potenciální evapotranspirace podle Penmana-Monteitha. In: Krajina, meliorace a vodní hospodářství na přelomu tisíciletí. Dům techniky, Brno 1999, s.143-148, ISBN 80-02-01304-2.

Kott, I. (1992) Vláhová bilance na území České republiky v letech 1974-1990. Sborník prací ČHMÚ, svazek 42, 125 s.

Krška, K.: K vymezení nejsušší jihomoravské oblasti na základě průměrných ročních úhrnů srážek. Meteorol. Zpr., 33, 1980, č. 1, s. 12-18.

Novák, V.: Vyparovanie vody v prírode a metódy jeho určovania. Bratislava, Veda 1995, 260 s.

Oudhury, B. J., Monteith, J. L.: A four layer model for the heat budget of homogeneous land surfaces. Q. J. R. Meteorol. Soc., 114, 1988, 373-398.

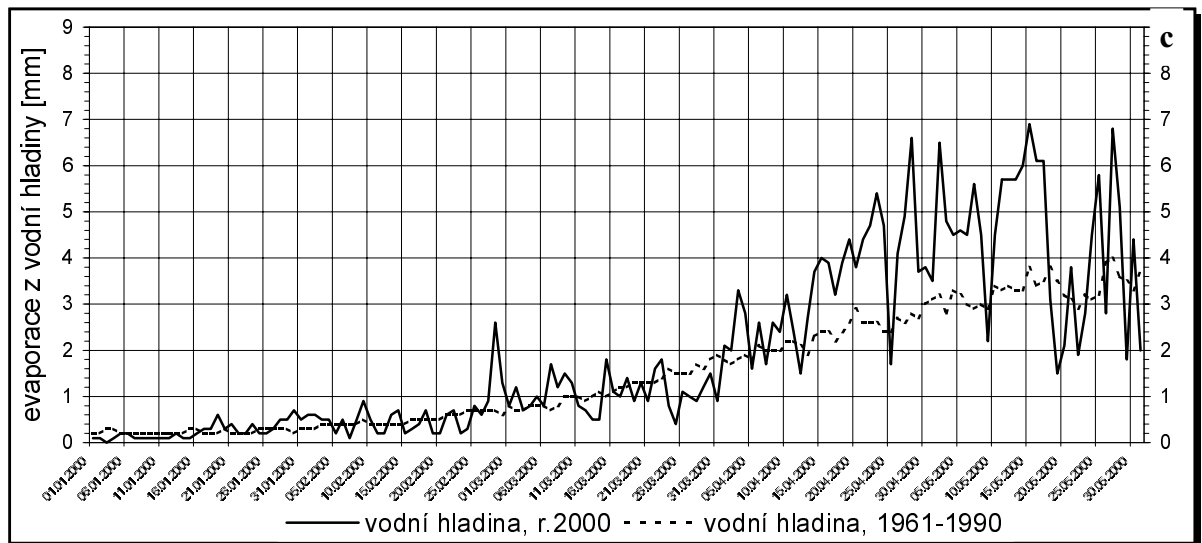
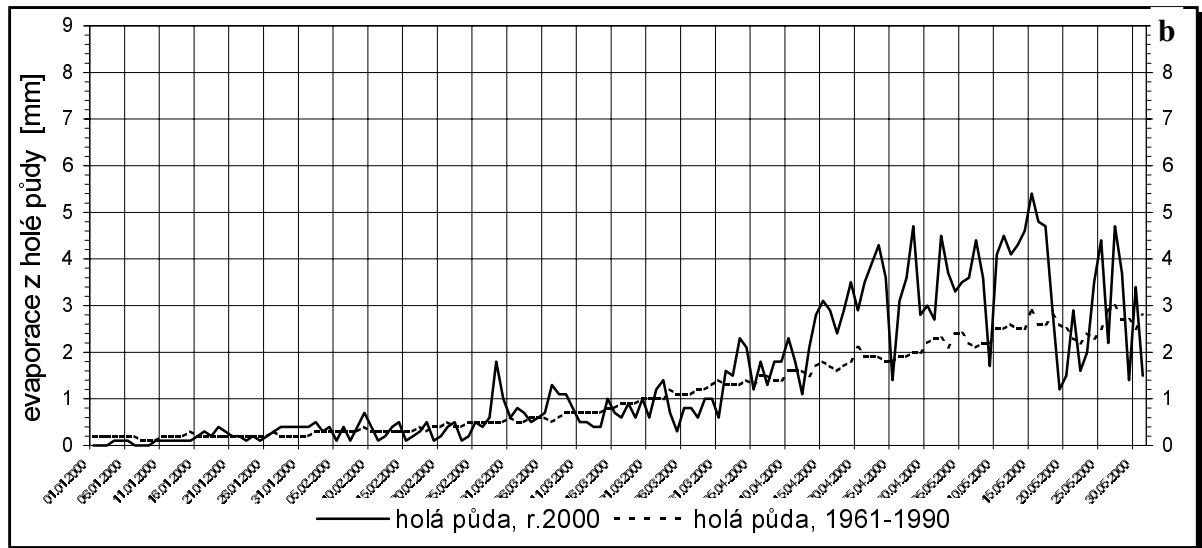
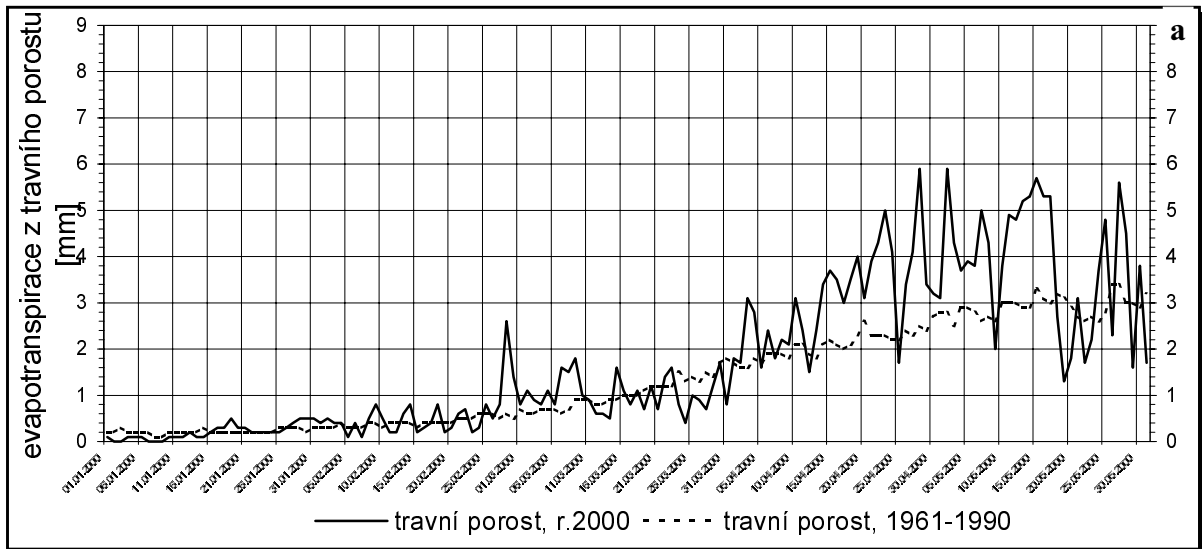
Rožnovský, J.: Agroklimatická studie výskytu srážek. Bratislava, Slovenská bioklimatologická spoločnosť 1989, Štúdia VI., 93-97.

Rožnovský, J.: Dynamics of occurrence of dry periods in the region of south Moravia and possible reduction of the effect of drought in agriculture. Acta univ. agric. et silvic. Mendel.Brun.(Brno), 1998, XLVI, No. 3, 63-68.

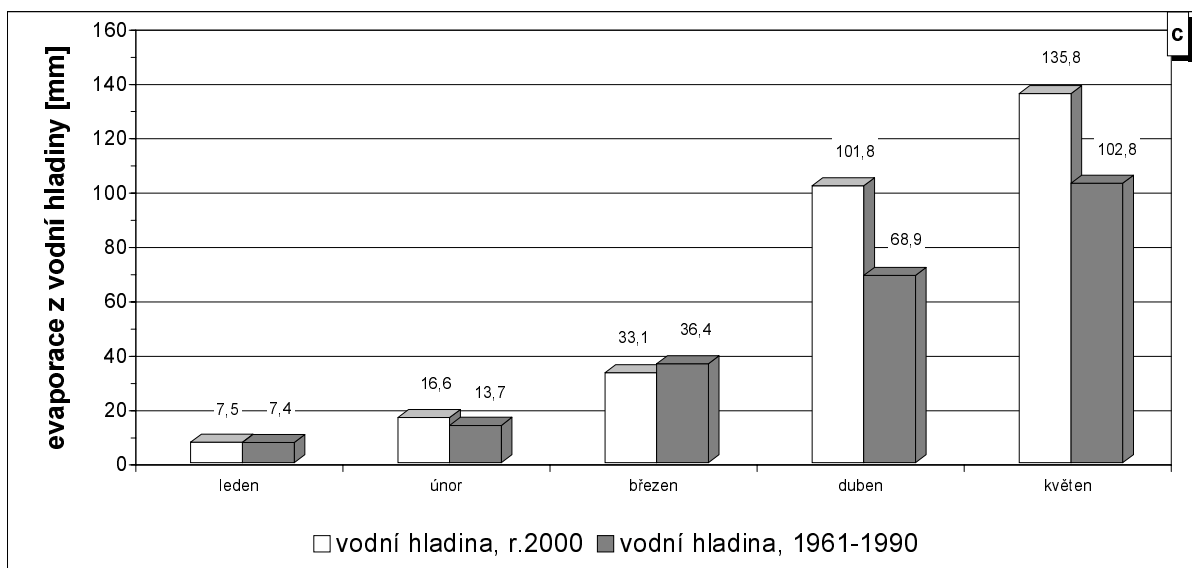
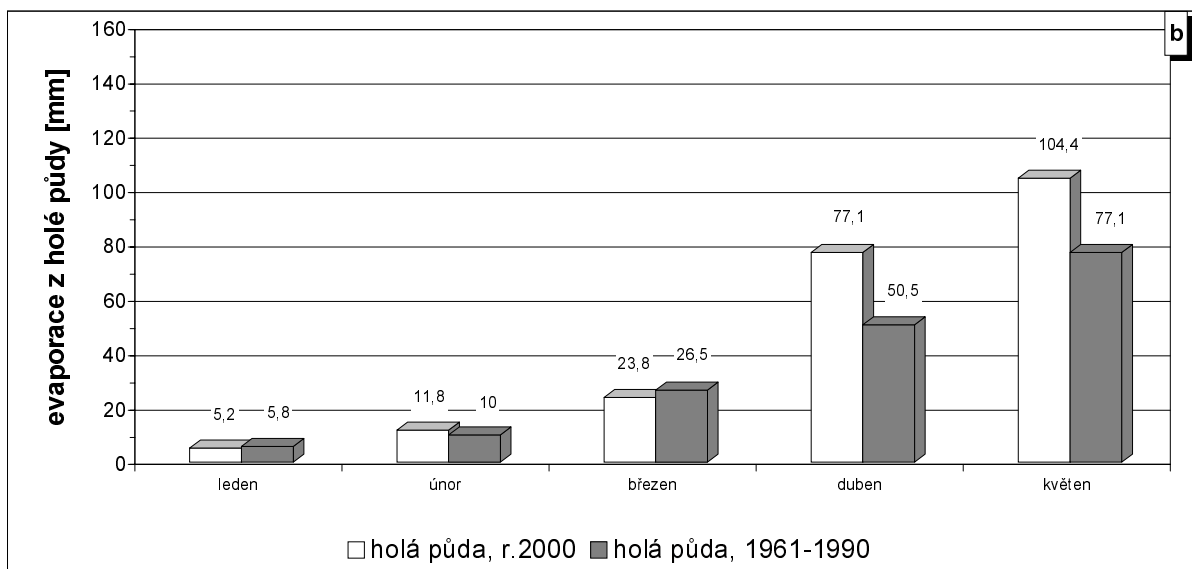
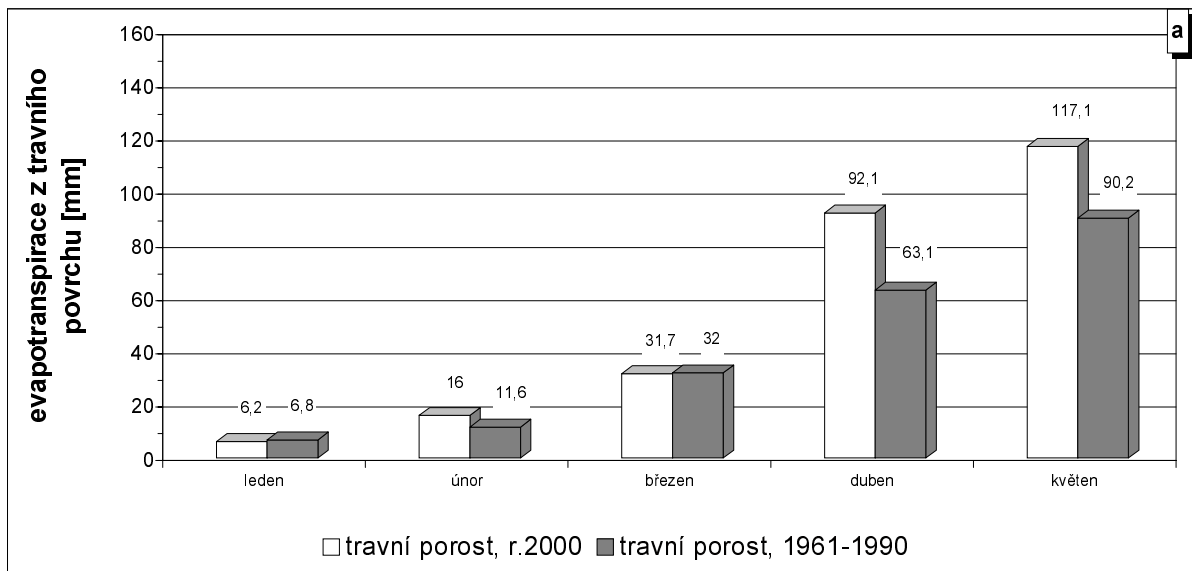
Kontaktní adresy autorů

¹ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno

² Ústav krajinné ekologie MZLU v Brne, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.



Obr. 1 Chod denních sum potenciální evapotranspirace travního povrchu (a), potenciální evaporace z holé půdy (b) a vodní hladiny (c) za leden až květen 2000 a za období 1961 až 1990, Žabčice



Obr. 2 Měsíční sumy potenciální evapotranspirace z travního porostu (a), potenciální evaporace z holé půdy (b) a vodní hladiny za leden až květen 2000 a za období 1961 až 1990, Žabčice