

# Počasí na Churáňově (Šumava) v období 1983-2011 a jeho možná interpretace z hlediska dynamiky ekosystémů

Climate at the Churáňov station (Bohemian Forest) during 1983-2011 and possibilities of their interpretation related to the ecosystem dynamics

**Karel Matějka**

IDS, Na Komořsku 2175/2a, 143 00 Praha 4

[matejka@infodatasys.cz](mailto:matejka@infodatasys.cz)

## Abstract

Climate is a dynamic system that is constantly evolving. It is also shown by the basic climate characteristics of the station Churáňov (central Šumava, Czech Republic; altitude 1118 m a.s.l.). Attention was paid to the air temperature 2 m above the ground, rainfall sum and sunshine time. The data consisted of values for each five-day period (pentad) of the month. As the basis for the analysis were selected simple moving (running) averages for three mentioned climate parameters. Monthly, quarterly and annual length windows were applied.

The most significant change occurred between 1994 and 1995. This change was identified on a change in the distribution of precipitation (dry / wet periods) during the year. However, the changes were described as the increase in average temperatures and changes in the distribution of sunshine per year, too. The last (second) period is characterized by increased annual climate variability, underscoring the fact that in this period embraced significantly dry and warm year 2003 and wetter years (particularly 2002, 2005 and 2010).

In the period 1983-2011, there was an average annual temperature increase of 0.046 °C per year, the average temperature rises in the months from April to August of 0.054 °C per year. In the months of September to December, the average temperature changed only minimally.

Average precipitation increased by 0.025 mm day<sup>-1</sup> per year during the assessed period. It is equal to an annual increase of about 9.0 mm per year. Significant increase was recorded in the months of April to August, when the average was 0.049 mm day<sup>-1</sup> per year. Very important is the rise of episodic precipitation totals. It has probably only minor importance for the growth of long-term average soil moisture, because a large share of these precipitations participates in the surface run-off.

In terms of annual distribution of rainfall is a significant reduction in their totals in April. The reduction amount in the June not as pronounced, but it can significantly affect the development of the vegetation, because they are in the term of the most intense growth. Until 1994, the sharp decline in precipitation for the months April-August was recorded comparing the climate normal period (1961-1990). Since 1995, A reduction in average precipitation totals has been recorded only in the months April and June, while in the second half of the summer (respectively from July until October), there has been recorded a growth in average total precipitation.

The duration of sunshine does not show a clear trend; significantly reduced the sunshine duration was observed between 1991 and 2002. There have also been some changes in the annual distribution of the average length of time of sunlight.

**Keywords:** ecosystem dynamics, periodization, precipitation, sun-shine duration, temperature

## Úvod

Klima je dynamický systém, který se neustále vyvíjí. V tomto pohledu je termín "klimatické změny" pouhým módním pojmem (viz Poznámka 1). To však nemění nic na významu dynamiky klimatu. Proto byl roku 1989 založen Mezinárodní panel ke klimatické změně - IPCC (<http://www.ipcc.ch/>).

Nicméně je důležité vyhodnocovat dynamiku klimatu zvláště v případě, že současně pozorovatelné dynamické změny nejsou pouhými krátkodobými oscilacemi (náhodnými fluktuacemi), ale vykazují určitý trend. Pokud se tyto výkyvy odehrávají v časových intervalech srovnatelných s životností edifikátorů určitého ekosystému (například stromy v lese), mohou vyvolávat změny chování celého ekosystému a následně i změnu (druhově) struktury tohoto ekosystému. Proto je oprávněné provést srovnání klimatických charakteristik několika posledních let s předcházející periodou takzvaného klimatického normálu (v ČR je běžně uvažováno období 1961-1990; KVĚTOŇ 2001). Pro stanici Churáňov bylo takové porovnání provedeno pro období 1998-2010 (MATĚJKA 2011a). V regionu Šumavy je zhodnocení dynamiky klimatu důležité například pro posouzení pozorovaných změn jak v druhovém složení některých travních společenstev, tak pro pochopení dynamiky podkorního hmyzu způsobujícího rozpad stromové etáže některých smrkových porostů.

Lze zhruba konstatovat, že oteplování je znatelné od začátku 20. století, přičemž tato změna nebyla pravidelná: po přibližně prvních 40 letech vzrůstu průměrných teplot následovalo asi 20 let dlouhé období teplotního poklesu či stagnace, poté došlo k dalšímu vzrůstu průměrných teplot. Tento poslední vzrůst trvá dodnes. Tyto změny jsou patrné jak celosvětově (křivka globální průměrné teploty publikovaná v IPCC reportu 2007, viz též AGUADO et BURT 2013, p. 496), tak na území České republiky (TOLASZ 2007, p. 36-37). Podrobná analýza vývoje různých parametrů počasí v průběhu 20. století na území České republiky je dostupná například pro observatoř umístěnou na vrcholu Milešovky v Českém středohoří, v území dostatečně vzdáleném od větších měst, tedy i málo ovlivněná lokálními a přímými antropogenními vlivy (BRÁZDIL et al. 1999; Poznámka 2). Šetření delší časové řady teplot na Šumavě provedli KETTLE et al. (2003). Výsledky ze Šumavy odpovídají poznatkům pro celou střední Evropu (BRÁZDIL et al. 2010; DOBROVOLNÝ et al. 2010). Mimo běžně vyhodnocovaných průměrných teplot je potřebné věnovat pozornost i srážkovým úhrnům, které se mohou projevit ve formě záplav (GLASER et al. 2010).

Základními cíli této práce bylo:

- Vyhodnotit možnost použití publikovaných dat Měsíčních přehledů počasí (ČHMÚ 1983-2011).
- Zodpovědět na otázku jaký byl vývoj tří základních parametrů klimatu na stanici Churáňov mezi lety 1983 a 2011. Jednalo se o plynulou (postupnou) změnu nebo lze sledované období rozdělit na nějaké intervaly?
- Pokusit se najít nějaké příklady, jak se může změna sledovaných parametrů uplatňovat v dynamice ekosystémů Šumavy.

Sledované období je poměrně krátké, v rámci něho lze jen těžko hledat některé charakteristiky popisující potenciální periodicitu (ve smyslu opakovaného kolísání) ve vývoji sledovaných parametrů (mimo periodicity roční). Proto se analýza opírá o vyhodnocení klouzavých průměrů se třemi základními délkami okna - jeden měsíc, tři měsíce a jeden rok. Klouzavé průměry (moving average) představují z hlediska analýzy časových řad jednoduchý filtr typu dolní propust. Potenciálně se nabízející metody analýzy časových řad (například Fourierova transformace; HILL et LEWICKI 2007) tak zůstaly opomenuty.

Tento článek byl připraven v rámci projektů GAČR P504/12/1218 "Vliv přirozeného rozpadu horských smrkových porostů na mikroklima, chemismus a biodiverzitu terestrických a vodních ekosystémů" a NAZV QI112A170 "Možnosti cíleného pěstování a využití geneticky hodnotných částí populací sadebního materiálu smrku ztepilého s klimaxovou strategií růstu pro horské oblasti".

## Metodika

Meteorologická stanice Churáňov leží ve střední části masivu Šumavy (49° 04' 05,6" s.š., 13° 36' 53,9" v.d.) v nadmořské výšce 1118 m (pro umístění tlakoměru je udávána výška 1122 m). Její základní charakteristiku uvádějí STANĚK & BEDNAŘÍK (1998). Výhodou využití dat z této stanice je existence dlouhodobé a nepřetržité řady měření v jedné lokalitě, kdy základní parametry měření zůstávaly stále stejné. Přechod manuálního k automatickému měření proběhl od 22. 12. 1998.

Zpracována byla data, která byla publikována Českým hydrometeorologickým ústavem v rámci periodika Měsíční přehled počasí (MPP; vydával ČHMÚ 1983-2011). Jedná se o průměrné hodnoty teploty vzduchu ve 2 m nad zemí, úhrn srážek a celkovou dobu slunečního svitu vždy za pětidenní periodu (pentádu) v měsíci začínající vždy 1., 6., 11., 16., 21. a 26. dne v daném měsíci (poslední perioda má tedy proměnlivou délku 3 až 6 dnů). Vzhledem k proměnlivosti poslední pentády byla data úhrnů srážek a délky slunečního svitu přepočítána vždy na období jednoho dne. Jsou tedy uváděny jednodenní průměry, nikoli úhrny. Tento postup umožňuje vyjádření objemu srážek i doby slunečního svitu v rámci jednotné škály i při práci s různě dlouhými periodami (například měsíční, kvartální a roční průměry). Záměrně se tedy nemluví o úhrnech srážek za dané období. Při všech výpočtech průměrných hodnot byly jednotlivé hodnoty váženy počtem dnů příslušného "pětidenního" období.

Z důvodu pochybnosti o možnosti užít data MPP pro podrobnější analýzy, byla data průměrných teplot a úhrnů srážek z MPP srovnána s daty v aktuální databázi ČHMÚ, ve které jsou opravené chyby. Ukázalo se, hrubé chyby s odchylkami více jak 10 mm srážek za pentádu se v MPP vyskytují ve 46 záznamech z 3744 údajů (t.j. 1,23 %) a chyby s odchylkami více jak 0,5 °C se v MPP vyskytují ve 44 záznamech (t.j. 1,12 %), přičemž dlouhodobé průměry za sledované období se liší o nižší hodnotu, nežli je přesnost dat uváděných v MPP. Lze tedy data MPP užít k následujícím analýzám. Navíc byly chyby v datech průměrných teplot a úhrnů srážek MPP opraveny podle dat v aktuální databázi ČHMÚ.

Základem pro zpracování se stal výpočet jednoduchých klouzavých průměrů pro všechny tři hodnocené parametry klimatu při užití měsíční, čtvrtletní a roční délky "okna". Prvý průměr dostatečně přesně popisuje variabilitu počasí v kratších periodách. Čtvrtletní klouzavý průměr byl využit zvláště pro charakterizaci jednotlivých vegetačních sezón a zim. Roční klouzavý průměr dokáže odhalit variabilitu klimatu v období několika let.

Z předchozích šetření (MATĚJKA 2011a) vyplývá, že v rámci roku je možno uvažovat za "vegetační sezónu" období ohraničené měsíci duben a srpen. V tomto smyslu je pod pojmem vegetační sezóna uvažováno období s maximálním nárůstem rostlinné biomasy a s reprodukcí většiny druhů rostlin. Současně se jedná o měsíce, v nichž je charakter dlouhodobé změny klimatu podobný. Počasí v září již vykazuje odlišnou dynamiku (vzhledem k předchozím letním měsícům) při srovnání posledních let a dlouhodobého normálu (viz též následující výsledky). Období duben až srpen představuje měsíce, které mají teplotu na Churáňově v posledních letech statisticky průkazně vyšší ve srovnání s obdobím klimatického normálu (MATĚJKA 2011a). Proto byly pro jednotlivé roky vypočteny průměrné hodnoty pro měsíce duben-srpen (tzv. vegetační období).

Průměrná roční dynamika jednotlivých charakteristik byla hodnocena na základě měsíčních průměrů pro dvě rozlišené klimatické periody (1983-1994 a 1995-2010), které byly definovány na základě výrazně odlišného chování srážek, které bude popsáno v příslušné kapitole výsledků. Jednotlivé průměry byly srovnávány s obdobím takzvaného klimatického normálu (KVĚTOŇ 2001).

Trendy v dlouhodobém vývoji jednotlivých charakteristik byly stanovovány pomocí lineární regrese metodou nejmenších čtverců.

Vzhledem k tomu, že aktuální vlhkost půdy je závislá nejen na úhrnu srážek v posledním období, ale též na srážkách v čase předcházejícím a to s mírou klesající s délkou časového intervalu mezi srážkou a současností, byl nově navržen index vlhkosti ( $W$ ) počítaný ze srážek v posledním pětiměsíčním období dle vzorce

$$W(n) = \sum_{i=0}^{29} \frac{V_{n-i}}{2^{i/6}}$$

kde  $V_{n-i}$  je srážkový úhrn v (n-i)-té pětidenní periodě (poznámka: všechny výpočty byly ve skutečnosti dělány s ohledem na skutečnou délku "pětidenní" periody). Každodennímu rovnoměrnému srážkovému úhrnu ve výši 1 mm odpovídá hodnota indexu vlhkosti  $W = 44.4$  mm. Ohraničení celkového započítávaného období na 5 měsíců vychází z toho, že poměr

$$\sum_{i=0}^5 \frac{1}{2^i} / \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{2^i} = \frac{63}{64}$$

tedy chyba vznikající nezapočtením dalšího období činí přibližně 1,6 %. Použití kratšího období by logicky vedlo ke zvýšení této chyby.

Protože při extrémně vysokých srážkách většina vody není zachytávána v půdě, ale odtéká, nemají srážky vyšší nežli určitý limit význam pro zvyšování vlhkosti stanoviště. Proto byl navržen redukováný index vlhkosti ( $W_r$ ), kde jsou započítávány srážky až do limitního objemu ( $V_{\text{lim}}$ )

$$W_r(n) = \sum_{i=0}^{29} \frac{\text{Min}(V_{n-i}, V_{\text{lim}})}{2^{i/6}}$$

Hodnota  $V_{\text{lim}}$  byla stanovena jako 95% percentil všech pětidenních úhrnů srážek (48 mm, tedy  $9.6 \text{ mm d}^{-1}$ ). Takto navržený index vlhkosti se snaží o maximálně jednoduchý formální popis empiricky známého jevu, kdy pro dostupnost vody v terestrických ekosystémech je důležitější objem srážek spadlých v období nedávném ve srovnání se srážkami spadlými v období vzdálenějším. Současně jakákoli verifikace nebo přesné ukotvení obdobného indexu na základě dat či jiných měření jsou nesmírně složité až nemožné, uvážíme-li variabilitu ekosystémů a půd v celé krajině (nejde o pouhý jeden bod, kde se provádí měření srážek). Mělo-li by se vycházet z nějakého modelu chování vody v krajině, pak by zase bylo potřebné znát obrovské množství parametrů, které však nejsou k dispozici. Z tohoto faktu vychází i skutečnost, že v literatuře existuje řada indexů hodnotících míru sucha (přehled např. BLINKA 2004, kde index  $EP_{365}$  - tzv. efektivní srážka je podobně konstruovaný, jako index  $W$  zde užívaný; zvláště podstatná je obdobná závislost faktoru, který determinuje významnost objemu srážky vzhledem k délce doby, která uplynula od této srážky).

Každá pětidenní perioda byla označena za suchou (ve smyslu meteorologického sucha), vlhkou nebo normální podle toho, jestli index  $W$  byl nižší nežli 10% percentil, vyšší než 90% percentil nebo mezi těmito limitními hodnotami. Percentily byly stanoveny vždy pro roční období dané pětidenní periody  $\pm 1$  sousední pětidenní perioda.

Celé sledované období 1983-2011 je možno členit na intervaly let  $I_1 = [1983;y]$  a  $I_2 = [y+1;2011]$ . Významnost takového rozčlenění je možno kvantifikovat statistikou  $X^2(y)$ ,

kteřou počítáme na základě výskytu suchých (s), vlhkých (v) a ostatních (o) pentád v těchto intervalech let. K tomu je možno užít kontingenční tabulku

	v	s	o	suma
I <sub>1</sub>	v <sub>1</sub>	s <sub>1</sub>	o <sub>1</sub>	Σ <sub>1</sub>
I <sub>2</sub>	v <sub>2</sub>	s <sub>2</sub>	o <sub>2</sub>	Σ <sub>2</sub>
suma	Σ <sub>v</sub>	Σ <sub>s</sub>	Σ <sub>o</sub>	T

Statistika  $X^2(y)$  je počítána jako  $\chi^2$ -test nezávislosti v této kontingenční tabulce. V rámci celého sledovaného období je hledán takový rok  $y$ , pro který dosahuje hodnota  $X^2(y)$  maxima. Příslušné členění na dva intervaly je statisticky průkazné na hladině  $\alpha$ , pokud je hodnota  $X^2(y)$  vyšší než kritická hodnota  $\chi^2(1-\alpha)$  při  $n = 2$  stupních volnosti.

Variabilita proměnné  $x$  v rámci roku byla vyjádřena na základě rozdílnosti hodnot této proměnné  $v$  po sobě následujících pentádách jako semivariance (viz například SCHABENBERGER et GOTWAY 2005), tedy

$$C^2 = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{i-1})^2$$

kde  $n$  je počet pentád v roce  $x_0$  je rovno proměnné za poslední pentádu v roce předcházejícím.

### Základní použité zkratky a označení proměnných

T - teplota

V - průměrný denní úhrn srážek

S - průměrná denní délka slunečního svitu

$W_r$  - redukovaný index vlhkosti

$y$  - datum vyjádřený jako reálné číslo, jehož celá část odpovídá danému roku

$r$  - Pearsonův koeficient lineární korelace

F - hodnota Fisherova testu pro hodnocení rozdílu průměrů

$p$  - pravděpodobnost

## Výsledky a diskuse

### Úhrn srážek

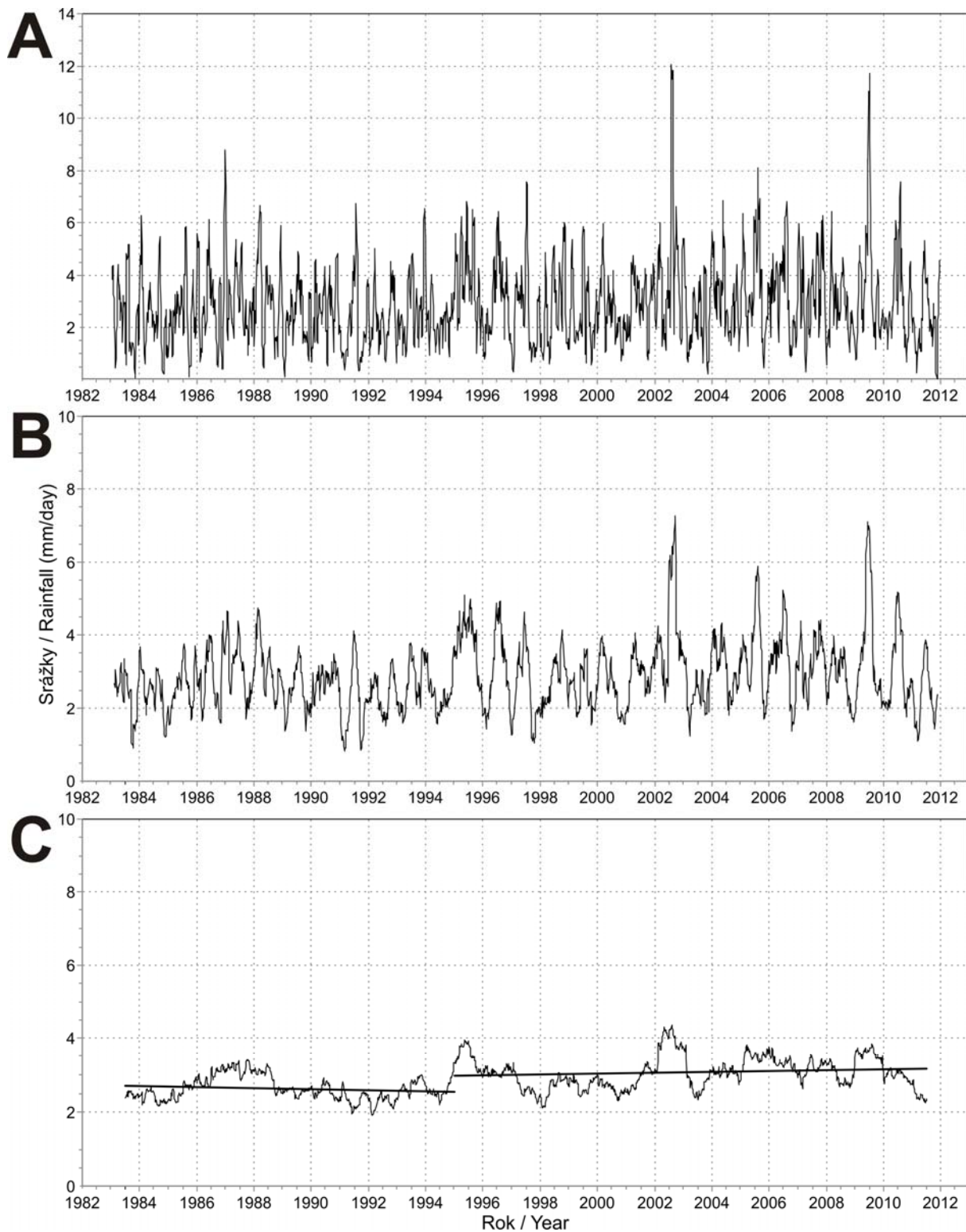
Měsíční (Obr. 1A) i čtvrtletní (Obr. 1B) klouzavé průměry denních úhrnů srážek (Poznámka 3) jsou značně rozkolísané. Dobře jsou však na těchto grafech vidět extrémní maxima srážkových úhrnů v letech 2002, 2009 a 2005.

Na základě regrese průměrů denních srážek  $V$  vzhledem k době měření  $y$  (vyjádřené jako reálné číslo, jehož celá část je příslušným rokem) za roky 1983 až 2011 (Obr. 1)

- data pětidenních úhrnů:  $V = 2.58 + 0.0218 \times (y-1983)$  ( $r = 0,0542$ )
- klouzavé roční průměry:  $V = 2.50 + 0.0246 \times (y-1983)$  ( $r = 0,4415$ )

byl zjištěn statisticky vzestup ročních úhrnů srážek o 9,0 až 39,8 mm.

Obdobný trend průměrných úhrnů denních srážek v období duben až srpen (Obr. 2) je možno popsat lineární regresí  $V = 2.87 + 0.0485 \times (y-1983)$  ( $r = 0.4346$ ;  $p = 0.0185$ ). Navíc od roku 2002 je vidět výrazné meziroční kolísání velikosti srážek v období duben až srpen - je možno rozlišit roky suché (2003, 2004, 2007 a 2008) a naopak vlhké, přičemž mezi nejvlhčí patřily roky 2002, 2005 a 2009, s nimiž byl z dlouhodobého hlediska srovnatelný pouze rok 1995 (viz klouzavé roční průměry, Obr. 1C).



**Obr. 1.** Vývoj průměrných denních úhrnů srážek na stanici Churáňov v letech 1983-2011. A. Klouzavý měsíční průměr. B. Klouzavý čtvrtletní průměr. C. Klouzavý roční průměr. Zobrazeny jsou přímky lineární regrese pro období 1983-1994 a 1995-2011.

**Fig. 1.** Development of the day-average precipitation at the station Churáňov during 1983-2011. A. Running monthly average. B. Running quarterly average. C. Running annual average. The regression straight lines for periods 1983-1994 and 1995-2011 are drawn.

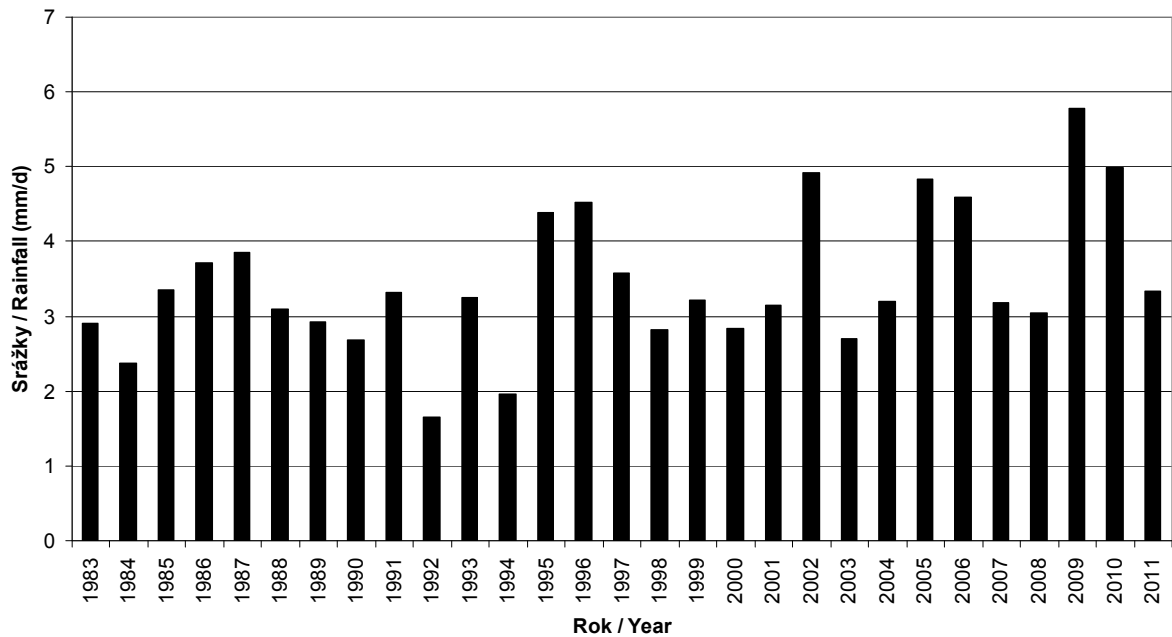
Na základě výskytu výrazně suchých a vlhkých pentád v období 1983-2011 je možno pokusit se o kvantifikaci diskontinuity tohoto období za pomoci statistiky  $X^2(y)$ , jejíž hodnota oproti roku  $y$  je uvedena na obr. 3. Tam je jednoznačně patrné, že maximální hodnota se nalézá pro  $y = 1994$ , tedy pro rozdělení celého období na dva intervaly: [1983;1994] a [1995;2011]. Vzhledem k tomu, že statistika  $X^2(y)$  má  $\chi^2$  rozdělení o dvou stupních volnosti, všechny její hodnoty vyšší než 9,21 určují signifikantní odlišnost výskytu suchých a vlhkých pentád v příslušných dvojicích intervalů.

**Tabulka 1.** Počet vlhkých a suchých pětidenních period v jednotlivých měsících let 1983 až 2011 počítaných na základě indexu vlhkosti ( $W_T$ ).

**Table 1.** Number of wet and dry five-day periods in individual months from 1983 to 2011, calculated on the basis of the wetness index ( $W_T$ ).

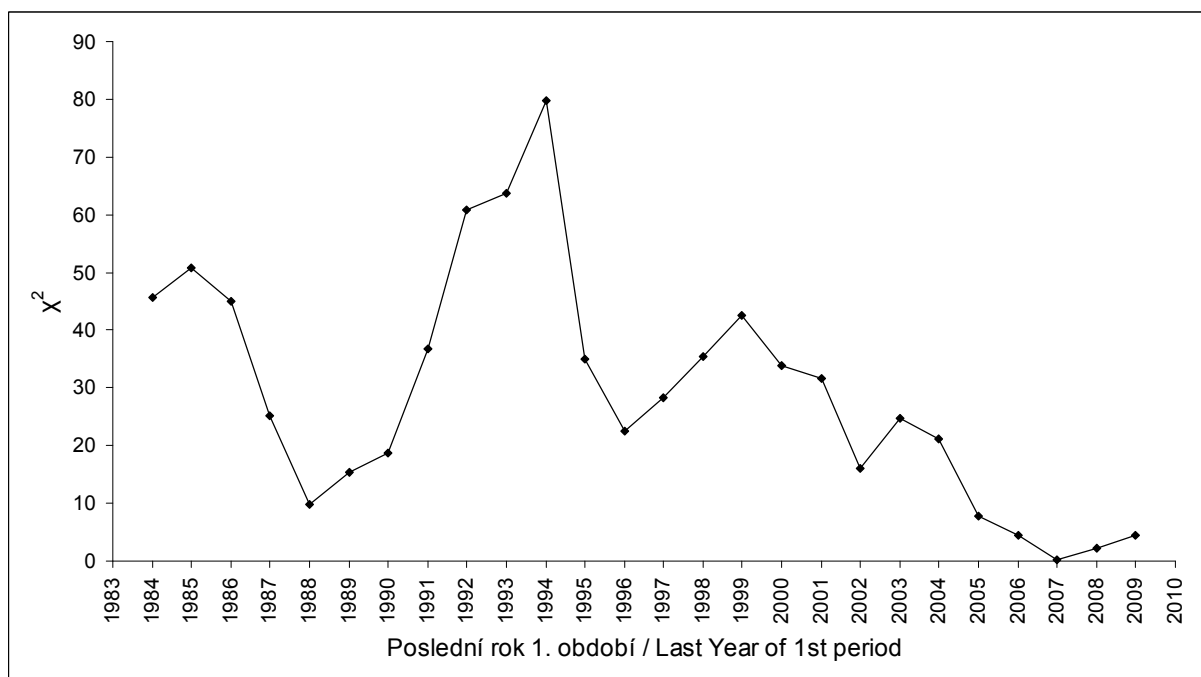
Rok \ Měsíc Year \ Month	Počet pentád vlhkých Number of wet pentades												Celkem rok Year total	Počet pentád suchých Number of dry pentades												Celkem rok Year total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1983							-	-	-	-	-	-	(0)						-	3	2	6	6	5	3	(25)
1984	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	1	1	-	-	1	3	7	
1985	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	4	1	2	-	-	-	-	-	2	-	-	9	
1986	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	1	3	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	2	5	
1987	6	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
1988	-	1	5	4	-	-	-	-	-	-	-	4	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	4	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	3	
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	2	6	6	3	3	-	-	6	1	2	29	
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	4	2	6	5	-	-	-	18	
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-	5	
1994	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3	4	3	-	-	-	-	10	
1995	1	1	1	6	5	6	1	1	6	2	1	-	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
1996	-	-	-	-	-	-	3	3	3	4	1	-	14	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
1997	-	-	-	-	1	-	5	-	-	-	-	-	6	2	4	-	-	-	-	-	-	-	2	2	10	
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	-	6	-	5	1	-	3	1	-	-	-	-	-	10	
1999	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	3	1	3	-	-	-	-	7	
2000	-	-	5	2	1	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
2001	-	-	-	1	3	1	-	-	-	-	-	1	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
2002	1	2	3	-	-	-	-	-	1	6	6	-	19	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	
2003	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	2	1	-	4	-	2	-	1	12	
2004	2	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	
2005	-	4	1	-	-	-	2	4	6	2	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
2006	-	-	-	3	1	-	-	3	1	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
2007	3	-	2	-	-	-	-	-	1	1	4	5	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
2008	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
2009	-	-	-	-	2	4	6	3	-	2	-	-	17	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	
2010	-	-	-	-	-	5	1	3	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	4	6	3	-	-	-	-	4	-	17	

Z tabulky 1 je patrné, že ve sledovaném období 1983-2011 došlo k podstatné změně srážkového režimu v podzimním až zimním období roku 1994. Do té doby se jednalo o relativně sušší periodu s více-méně vyrovnanými srážkami, kdy nadprůměrné úhrny se vyskytovaly prakticky pouze od prosince do května (výjimkou jsou červen 1986 a srpen 1991). Od roku 1995 došlo k výraznému rozkolísání srážkových úhrnů. Častěji se vyskytují roky extrémně vlhké (1995, 2002, 2005). Jediný rok byl skoro celý výrazně suchý (2003). Obecně se střídají relativně krátké úseky vlhké a suché.



**Obr. 2.** Průměr denních úhrnů srážek v období duben až srpen na stanici Churáňov v letech 1983-2011.

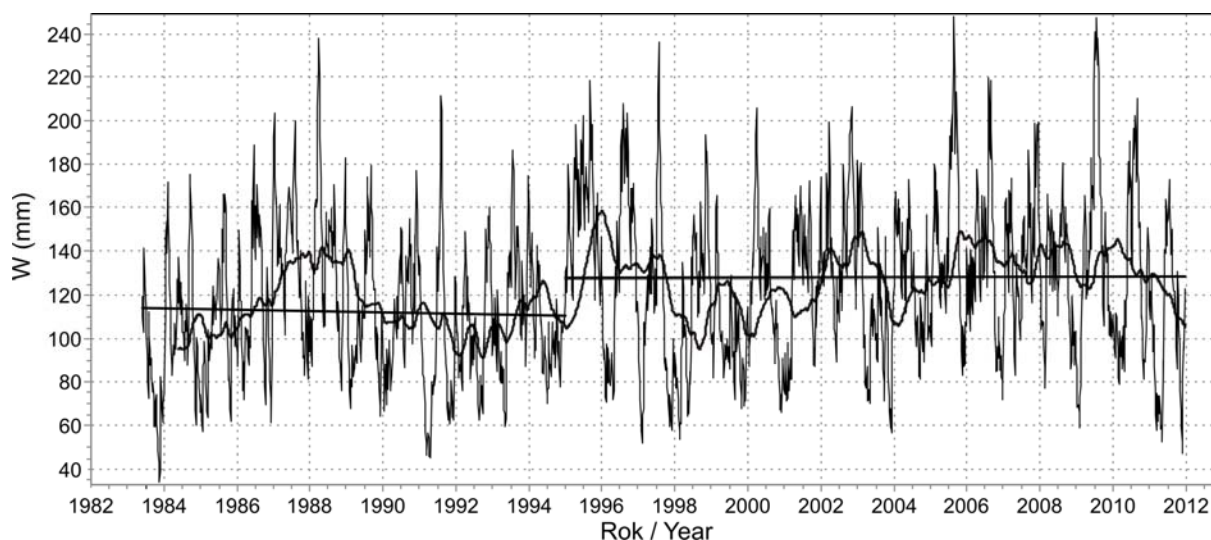
**Fig. 2.** The average daily precipitation during April-August at the station Churáňov in 1983-2011.



**Obr. 3.** Průběh statistiky  $X^2(y)$  pro rozdělení let 1983-2011 na dva intervaly  $[1983;y]$  a  $[y+1;2011]$  na základě výskytu suchých a vlhkých pentád (Tabulka 1).

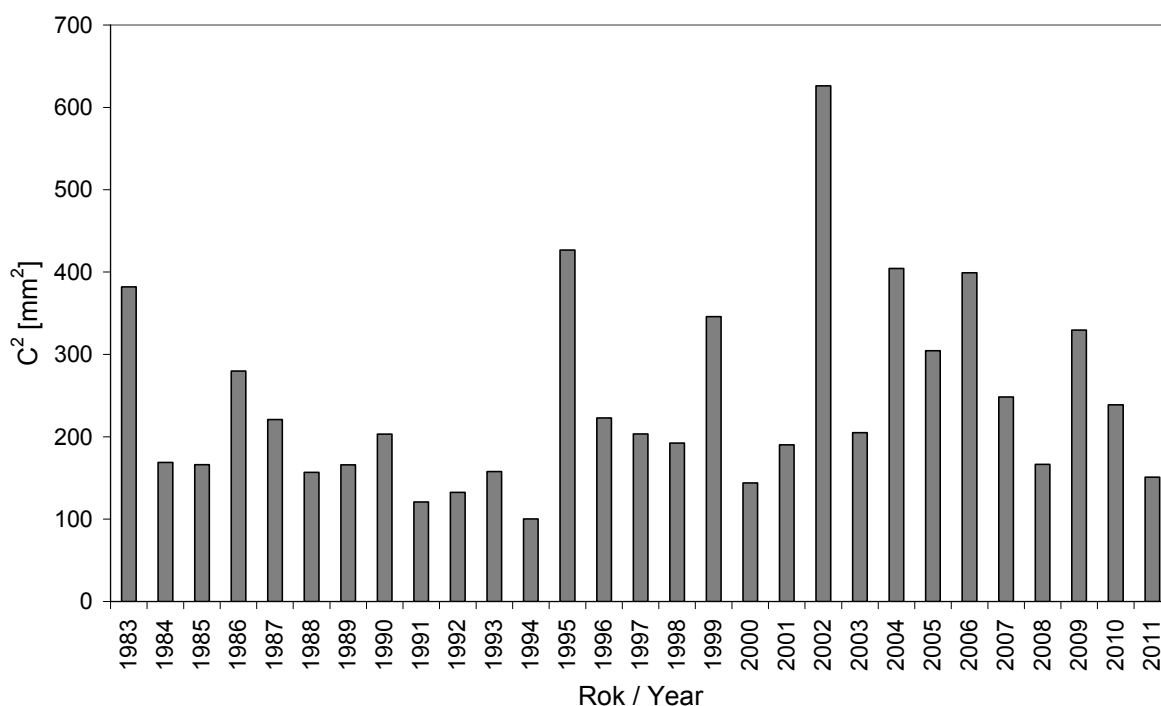
**Fig. 3.** Development of the statistics  $X^2(y)$  on division years 1983-2011 into two intervals  $[1983;y]$  and  $[y+1;2011]$  according to the occurrence of dry and wet pentades (Table 1).





**Obr. 4.** Průběh indexu vlhkosti (W) na stanici Churáňov v letech 1983-2011. Zobrazeny jsou klouzavý roční průměr a přímky lineární regrese pro období 1983-1994 a 1995-2011.

**Fig. 4.** Variation of the wetness index (W) at the station Churáňov from 1983 to 2011. The yearly running average and the regression straight lines for periods 1983-1994 and 1995-2011 are drawn.



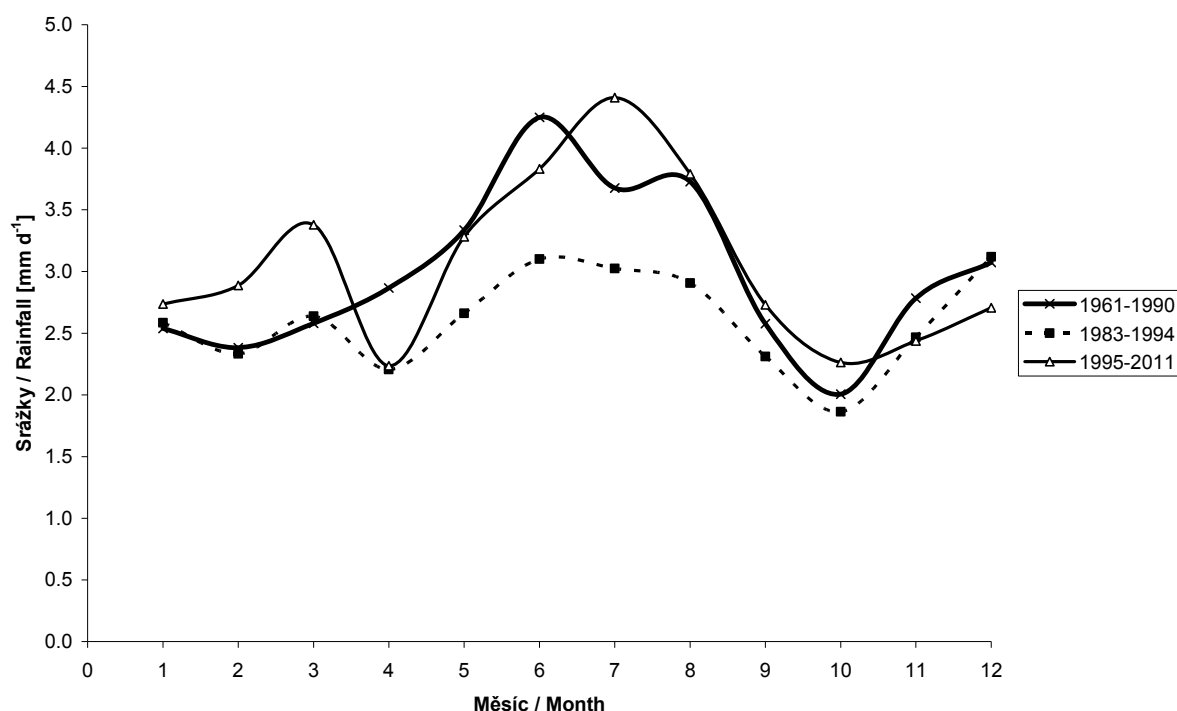
**Obr. 5.** Proměnlivost srážek v jednotlivých letech na stanici Churáňov hodnocená proměnnou  $C^2$ .

**Fig. 5.** The precipitation variability ( $C^2$ ) within years at station Churáňov.

Index vlhkosti W vykazuje statisticky průkazný vzestup v čase. Tento vzestup je však spíše náhlou změnou, kterou ukazuje výrazný posun polohy regresních přímek pro data do konce roku 1994 a pro data od roku 1995. Naopak v rámci těchto dvou období je průměrná změna indexu W nevýznamná (Obr. 4). Lineární regrese  $W = 126 + 0.886 \times (y-1983)$  ( $r = 0.15$ ;  $p < 0.001$ ) ukazuje nárůst vyšší oproti regresi indexu redukovaného (bez započtení vysokých srážkových extrémů)  $W_r = 121 + 0.635 \times (y-1983)$  ( $r = 0.14$ ;  $p < 0.001$ ), což je v souladu s poznatkem o zvyšování frekvencí extrémních srážek v průběhu času. Průměrné

hodnoty  $W_r$  v období duben až srpen vzrůstají o 0.823 mm za rok. Extrémně nízké průměry  $W_r$  byly zjištěny v letech 1992 (103 mm), 1999 (104 mm) a 2003 (103 mm), naopak vysoké byly v letech 1995 (181 mm) a 2009 (180 mm). Z hlediska dlouhodobého vyhodnocení výskytu sucha na několika stanicích ČR bylo již dříve poukázáno na abnormální výskyt sucha v 90. letech 20. století, respektive ve vegetačních sezónách 1990-1992 (BLINKA 2004), což lze dobře dokumentovat i v analyzovaných datech se stanice Churáňov.

Lineární regrese klouzavých ročních denních průměrů srážek ukazuje mírný pokles srážek v období 1983 až 1994 ( $P = 2.97 - 0.0127 \times (y-1983)$  ( $r = -0.1336$ ;  $p < 0.001$ ) a prakticky nulový trend v periodě 1995-2011 ( $P = 3.17 + 0.0050 \times (y-1995)$  ( $r = 0.0515$ ;  $p = 0.084$ ). Z výše uvedeného vyplývá existence určité diskontinuity ve výskytu srážek v době 1994/1995, což je patrné i z průběhu ročních klouzavých průměrů srážkových úhrnů (Obr. 1C).



**Obr. 6.** Roční chod měsíčních průměrů denních úhrnů srážek na stanici Churáňov v rozlišených klimatických periodách ve srovnání s třicetiletým normálem 1961-1990.

**Fig. 6.** Annual variation of monthly averages of daily total precipitation at station Churáňov in differentiated climatic periods, compared with the normal thirty-year period 1961-1990.

Jednotlivé dekády se z hlediska ročního rozdělení srážek a jejich úhrnů liší jak mezi sebou navzájem, tak oproti období klimatického normálu. Celkově je nejvíce patrný nárůst úhrnu srážek v druhé polovině zimního období a naopak úbytek srážek v dubnu. Dále se posouvá maximum srážek z června na červenec až srpen, tedy do období, kdy srážky mají již nižší význam z hlediska rozvoje vegetace, nežli je tomu v časně letním období roku. Pro obě periody ve srovnání s klimatickým normálem je zřejmý signifikantní pokles srážek v dubnu (Tabulka 2). Perioda 1983-1994 je oproti době klimatického normálu sušší, přičemž mimo dubna byl dalším měsícem s průkazně nižšími srážkami červen, období duben až srpen jako celek bylo výrazně sušší. V zimě (prosinec - březen) byl naznačen vzrůst srážkových úhrnů (Obr. 6). Naopak perioda 1995-2011 byla průměrně vlhčí, úhrn srážek se však nezvýšil statisticky průkazně, protože existuje zvýšená rozkolísanost meziročních úhrnů srážek. Oproti

období klimatického normálu došlo ke statisticky průkaznému zvýšení srážek v době pozdní zimy (březen). Díky epizodickým přívalovým srážkám se zvýšil průměrný úhrn srážek od července do října. Srovnání obou period ukazuje statisticky průkazný nárůst úhrnů srážek v červenci.

**Tabulka 2.** Srovnání průměrných denních úhrnů srážek v jednotlivých měsících na stanici Churáňov v rozdílných klimatických periodách (klimatický normál N, A a B) a statistická významnost rozdílů hodnocená t-testem a F-testem pro rozdíl rozptylů. p - pravděpodobnost chyby,  $s_x$  - směrodatná odchylka.

**Table 2.** Comparison of average monthly precipitation sum at the station Churáňov in different climatic periods (climate normal N, periods A and B) and the statistical significance of differences assessed by t-test and F-test for the difference of variances. p - error probability,  $s_x$  - standard deviation.

Perioda		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok
Period														Year
N (1961-1990)		2.54	2.38	2.58	2.87	3.34	4.25	3.68	3.73	2.58	2.01	2.78	3.07	2.99
A (1983-1994)		2.58	2.33	2.64	2.21	2.66	3.10	3.03	2.91	2.31	1.86	2.47	3.12	2.60
B (1995-2011)		2.74	2.89	3.38	2.24	3.28	3.83	4.41	3.79	2.73	2.26	2.44	2.71	3.06
A-B	t	-0.25	-1.12	-1.29	-0.08	-1.30	-1.40	-2.47	-1.05	-0.77	-0.81	0.06	0.77	-2.66
	p	0.805	0.273	0.207	0.934	0.205	0.172	<b>0.020</b>	0.301	0.449	0.423	0.954	0.450	<b>0.013</b>
A	$s_x$	1.46	1.29	1.61	0.79	1.43	0.77	1.47	1.35	1.34	1.11	1.13	1.85	0.36
B	$s_x$	1.72	1.33	1.45	1.06	1.14	1.68	1.50	2.66	1.52	1.41	1.33	1.03	0.51
	F	1.38	1.06	1.23	1.82	1.57	4.79	1.04	3.91	1.28	1.63	1.37	3.23	1.98
	p	0.593	0.940	0.688	0.318	0.397	<b>0.012</b>	0.968	<b>0.027</b>	0.695	0.413	0.601	<b>0.033</b>	0.252
A-N	t	0.11	-0.13	0.13	-2.92	-1.64	-5.19	-1.55	-2.12	-0.69	-0.46	-0.96	0.09	-3.72
	p	0.918	0.902	0.901	<b>0.014</b>	0.129	<b>0.000</b>	0.150	0.058	0.503	0.657	0.358	0.930	<b>0.003</b>
B-N	t	0.47	1.57	2.27	-2.46	-0.21	-1.03	2.01	0.09	0.41	0.74	-1.06	-1.46	0.55
	p	0.643	0.135	<b>0.037</b>	<b>0.026</b>	0.835	0.320	0.062	0.926	0.687	0.472	0.305	0.165	0.592

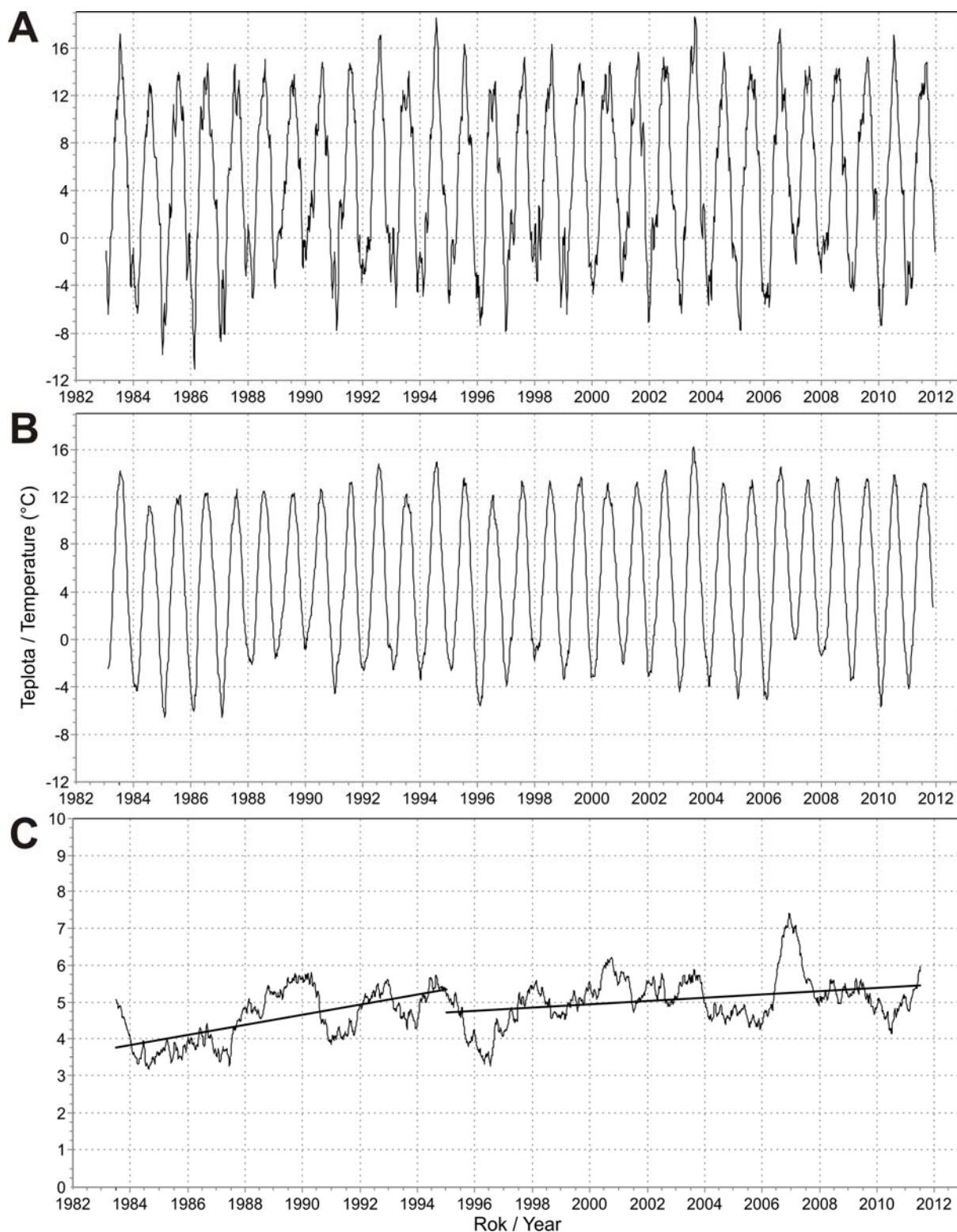
Zatímco do roku 1994 se variabilita srážek (semivariance  $C^2$ ) v jednotlivých letech pohybovala mezi 100 a 382  $\text{mm}^2$  s průměrem 188  $\text{mm}^2$ , mezi lety 1995 a 2011 semivariance dosahovala hodnot 143 až 626  $\text{mm}^2$  s průměrem 282  $\text{mm}^2$  (Obr. 5). Můžeme tedy konstatovat, že roční nevyrovnanost srážek se zvýšila průměrně o 50 % (jako podíl příslušných semivariací), což je dáno především přítomností přívalových srážek. Zvýšení těchto hodnot semivariance je zvláště výrazné při porovnání příslušných semivariací pro teploty, které se v obou obdobích prakticky nezměnily (4,8 až 10,3 s průměrem 7,1  $^{\circ}\text{C}^2$  v období 1983-1994 a 5,3 až 9,9 s průměrem 7,2  $^{\circ}\text{C}^2$  v období 1995-2011).

## Teplota vzduchu

Nejteplejší bylo letní období v obecně klimaticky extrémním roce 2003 (maximální hodnota klouzavého kvartálního průměru 16,2  $^{\circ}\text{C}$ ; cf. REBETEZ et al. 2006), následovaly roky 1994, 1992, 2006 a 1983 (podle klesajících maximálních hodnot klouzavých kvartálních průměrů: 15,0, 14,8, 14,6 a 14,2  $^{\circ}\text{C}$ ). Jiné pořadí nejteplejších roků je možno získat uvažujeme-li nejvyšší zaznamenané pětidenní průměry: 1992 (21,7  $^{\circ}\text{C}$ ), 1994 (21,5  $^{\circ}\text{C}$ ) a 2003 (21,0  $^{\circ}\text{C}$ ). Výrazně teplá léta (t.j. období s vysokými maximálními hodnotami klouzavých měsíčních a čtvrtletních průměrů teplot v daném roce) se objevují přibližně v desetileté periodě (Obr. 7A, B).

Extrémně chladné byly zimy především v osmdesátých letech (1984/5 až 1986/7), kdy byla zaznamenána extrémní minima pětidenních průměrů teplot (postupně -17,4, -15,1 a -17,3

°C pro tyto zmíněné zimy). Mezi výrazně chladnější náležely rovněž pozdější zimy 1995/6 a 2009/10. Na druhé straně je potřeba zmínit extrémně teplé zimy 1989/90 a 2006/7 s minimy čtvrtletních klouzavých průměrů teplot  $-0,8$  a  $0,0$  °C.



**Obr. 7.** Vývoj teploty vzduchu na stanici Churáňov v letech 1983-2011. A. Klouzavý měsíční průměr. B. Klouzavý čtvrtletní průměr. C. Klouzavý roční průměr.

**Fig. 7.** Development of the air temperature at the station Churáňov during 1983-2011. A. Running monthly average. B. Running quarterly average. C. Running annual average. The regression straight lines for periods 1983-1994 and 1995-2011 are drawn.

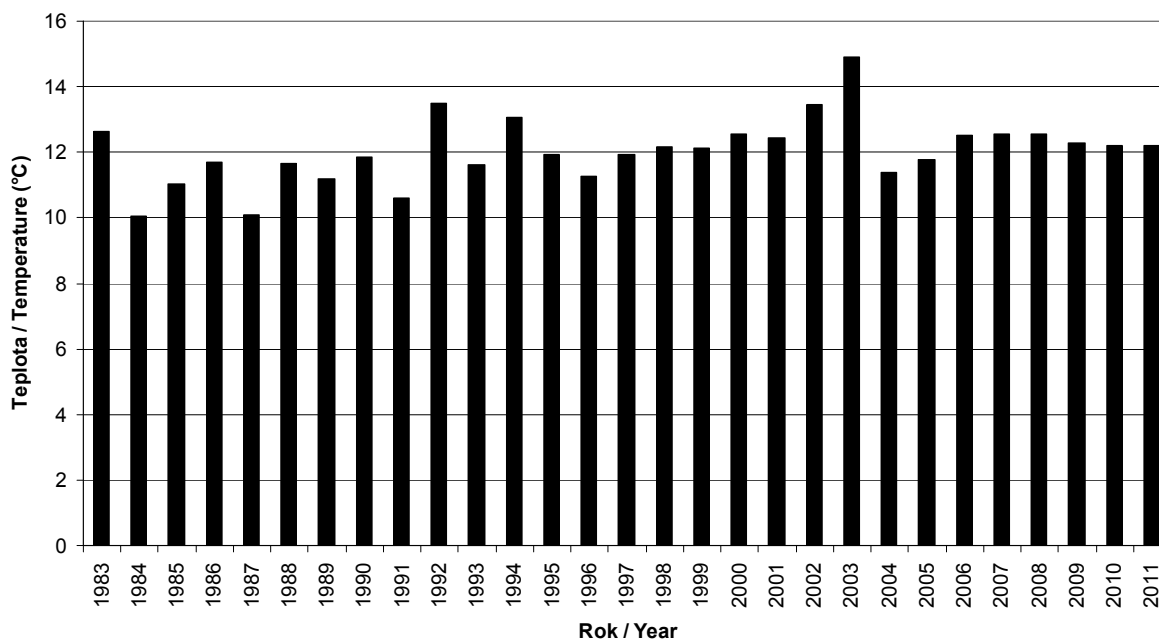
Důležité je zaznamenat výskyt epizodického oteplení v průběhu zimy, kdy průměrná teplota překročí 0 °C. Takové jevy byly na Churáňově relativně časté. Zaznamenány byly v letech 1985/6 (4 pětidenní periody v prosinci, průměr až 6,4 °C), 1987/8 (7 period prosinec-leden, průměr až 2,9 °C), 1994/5 (2 periody v únoru, průměr až 1,8 °C), 1997/8 (5 period prosinec-leden, průměr až 5,5 °C), 1998/9 (delší období 8 period, kdy však vzestup teplot byl opakovaně následován periodou s poklesem teplot, průměr až 2,8 °C), 2007/8 (2 periody, průměr až 1,9 °C, následný pokles teplot však již nebyl příliš hluboký) a 2010/2011 (2 periody vzestupu teplot v lednu s průměrem až 2,8 °C a jedna perioda v únoru s průměrem až 1,2 °C). Na možný význam těchto zimních vzestupů teplot pro snížení vitality smrku (*Picea abies*) v důsledku zimní desikace poukázal H AIS (2007). Fyziologie *Picea abies* ve vztahu k tomuto procesu byla rovněž popsána v práci MAYR et al. (2014).

Nejvyšší hodnoty klouzavých ročních průměrů teplot (Obr. 7C) byly zaznamenány na přelomu let 2006 a 2007, naopak nejnižší se tyto hodnoty pohybovaly v několika letech na začátku sledovaného období (1984 až 1987) a v roce 1996. Lineární regrese průměrných teplot vzduchu T za roky 1983 až 2011:

- data pětidenních průměrů:  $T = 4.03 + 0.0518 \times (y-1983)$  ( $r = 0,0598$ )
- klouzavé roční průměry:  $T = 4.19 + 0.0464 \times (y-1983)$  ( $r = 0,5104$ )

ukazuje průkazný vzestup teplot a to o 0,46 až 0,52 °C za desetiletí. Nižší vzestup odhadovaný při užití klouzavých průměrů ukazuje na zvyšující se vliv extrémních teplot - ty se odrážejí v průměrech za jednotlivé pentády, ale již ne tak významně v klouzavých ročních průměrech. Vyšší vzestup klouzavých ročních průměrů teplot byl zaznamenán v období 1983 až 1994 ( $T = 3.85 + 0.1381 \times (y-1983)$ ;  $r = 0.6356$ ) ve srovnání s obdobím 1995 až 2011 ( $T = 4.77 + 0.0444 \times (y-1995)$ ;  $r = 0.3200$ ), přičemž nižší hodnota druhého korelačního koeficientu poukazuje na vyšší rozkolísanost teplot od roku 1995.

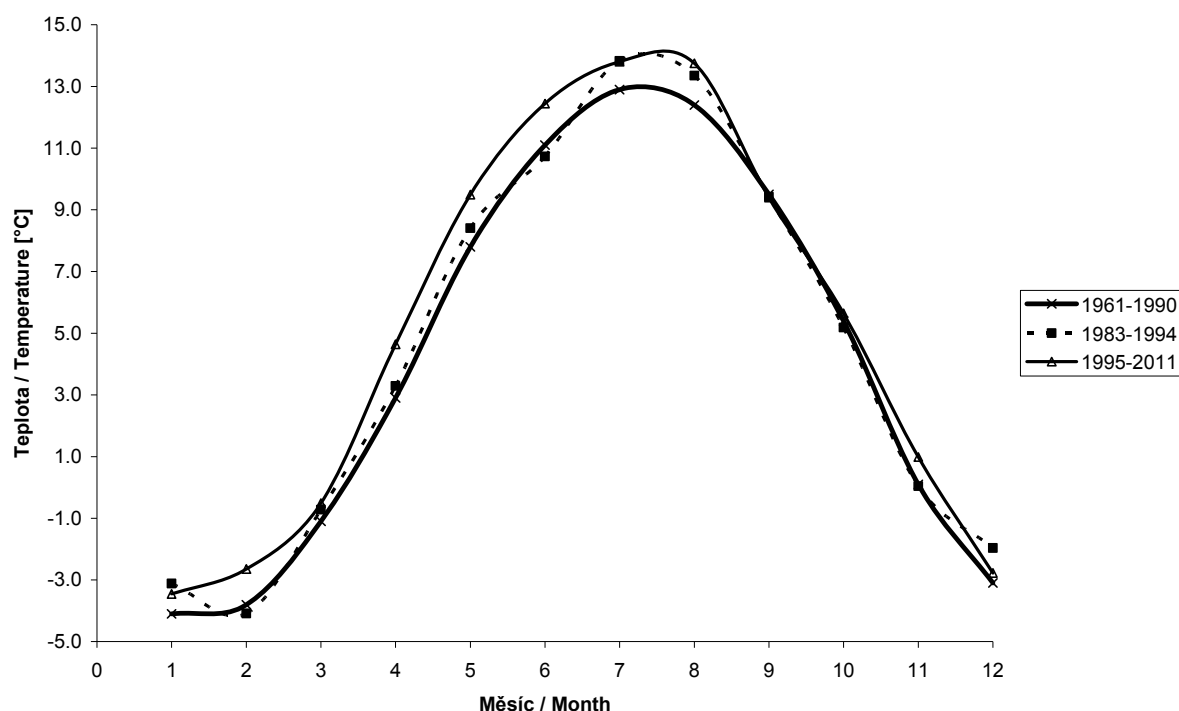
Ve srovnání s průměrnými územními teplotami pro Českou republiku za období 1983 až 2011 (+0,38 °C za desetiletí), které publikuje ČHMÚ ([www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)), je vzestup průměrných ročních teplot na stanici Churáňov výrazně vyšší.



**Obr. 8.** Průměrná teplota vzduchu v období duben až srpen na stanici Churáňov v letech 1983-2011.

**Fig. 8.** The average air temperature during April-August at the station Churáňov in 1983-2011.

Obdobný trend průměrných teplot v období duben až srpen (Obr. 8) je možno popsat lineární regresí  $T = 11.40 + 0.0538 \times (y-1983)$  ( $r = 0.4561$ ;  $p = 0.013$ ). Vzestup průměrných teplot v období duben až srpen byl tedy vyšší nežli vzestup celoročních průměrů. Přestože lineární regrese maximálních hodnot pětidenních průměrů teplot v jednotlivých letech a regrese minimálních hodnot pětidenních průměrů teplot v jednotlivých zimních periodách naznačuje vzrůst obou těchto hodnot, jejich nárůst není pro velkou variabilitu statisticky signifikantní. Maxima klouzavých čtvrtletních průměrů teploty (t.j. průměrná teplota letního období) se v průběhu sledovaných let statisticky průkazně zvyšovala jak dokládá jejich lineární regrese  $T_{\max(q)} = 12.70 + 0.054 \times (y-1983)$  ( $r = 0.446$ ;  $p = 0.0175$ ), tedy prakticky stejně jako tomu je u vzrůstu teplot v období duben až srpen. Oproti tomu pro minimální čtvrtletní klouzavé průměry teploty (t.j. průměrné teploty zimního období) se jednoznačný trend nepodařil prokázat.



**Obr. 9.** Roční chod měsíčních průměrů teplot vzduchu na stanici Churáňov v rozlišených klimatických periodách ve srovnání s třicetiletým normálem 1961-1990.

**Fig. 9.** Annual variation in mean monthly air temperature at the station Churáňov in differentiated climatic periods, compared with normal thirty-year period 1961-1990.

Roční chod průměrných teplot se v jednotlivých dekadách postupně odchyloval od průměrného chodu v rámci klimatického normálu. Výrazné rozdíly lze zaznamenat zvláště v případě rozdělení sledovaného období na dvě periody s přelomem 1994/1995 (Obr. 9). Do roku 1994 byl patrný nárůst průměrných teplot oproti klimatickému normálu jak v letních měsících červenec a srpen, tak v zimním období prosinec - leden, přičemž statisticky signifikantní byl rozdíl pouze v srpnu a prosinci (Tabulka 3). Průměrná roční teplota se zvýšila o 0.3 °C (statisticky neprůkazně). Od roku 1995 nastal statisticky signifikantní vzestup průměrných teplot vzduchu ve srovnání s obdobím klimatického normálu ve všech měsících duben až srpen. Mimo podzimní období (září - říjen) byla pozorována kladná průměrná teplotní odchylka od normálu. Rovněž vzestup průměrné roční teploty o 0.8 °C byl statisticky signifikantní. Obě rozlišená období se statisticky signifikantně odlišují průměrnou teplotou

jediného měsíce - června. Roční teplotní minimum bylo v prvním období v únoru, ale v druhém období se přesunulo už do prosince.

**Tabulka 3.** Srovnání průměrných měsíčních teplot na stanici Churáňov v rozdílných klimatických periodách a statistická významnost rozdílů hodnocená t-testem a F-testem pro rozdíl rozptylů. p - pravděpodobnost chyby,  $s_x$  - směrodatná odchylka.

**Table 3.** Comparison of average monthly temperatures at the station Churáňov in different climatic periods and the statistical significance of differences assessed by t-test and F-test for the difference of variances. p - error probability,  $s_x$  - standard deviation.

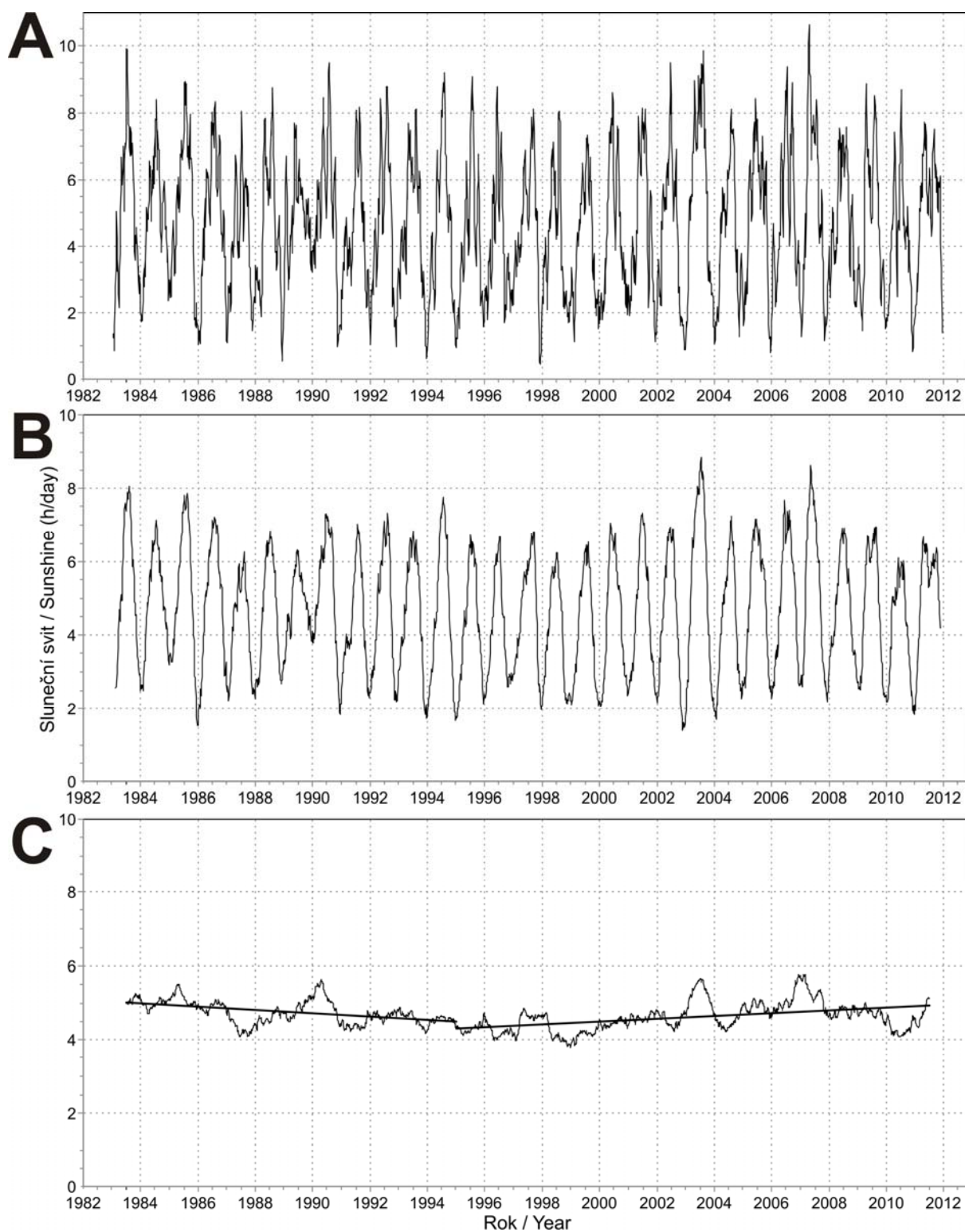
Perioda		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok
Period														Year
N (1961-1990)		-4.1	-3.8	-1.1	2.9	7.8	11.1	12.9	12.4	9.5	5.4	0.1	-3.1	4.2
A (1983-1994)		-3.12	-4.08	-0.72	3.29	8.41	10.73	13.83	13.35	9.42	5.18	0.04	-1.97	4.53
B (1995-2011)		-3.46	-2.64	-0.51	4.64	9.49	12.44	13.81	13.75	9.39	5.65	0.98	-2.78	5.06
A-B	t	0.37	-1.31	-0.26	-2.09	-1.85	-3.22	0.03	-0.71	0.04	-0.64	-1.18	1.21	-1.94
	p	0.711	0.202	0.798	<b>0.046</b>	0.075	<b>0.003</b>	0.974	0.487	0.970	0.530	0.247	0.237	0.063
A	$s_x$	2.96	3.51	2.72	1.18	1.97	1.15	1.90	1.44	1.27	1.44	2.06	1.36	0.78
B	$s_x$	1.90	2.44	1.69	2.00	1.18	1.57	1.73	1.55	2.01	2.20	2.16	2.01	0.69
	F	2.42	2.07	2.57	2.86	2.77	1.87	1.21	1.16	2.51	2.33	1.10	2.18	1.28
	p	0.105	0.180	0.085	0.082	0.063	0.298	0.705	0.817	0.127	0.159	0.891	0.193	0.638
A-N	t	1.15	-0.28	0.48	1.14	1.07	-1.13	1.69	2.29	-0.22	-0.52	-0.11	2.89	1.45
	p	0.275	0.784	0.640	0.279	0.308	0.284	0.119	<b>0.043</b>	0.830	0.614	0.918	<b>0.015</b>	0.174
B-N	t	1.40	1.95	1.43	3.59	5.89	3.53	2.16	3.59	-0.22	0.46	1.68	0.67	5.13
	p	0.181	0.068	0.172	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.003</b>	<b>0.046</b>	<b>0.002</b>	0.831	0.651	0.111	0.515	<b>0.000</b>

## Délka slunečního svitu

Jednotlivé roky jsou značně variabilní zvláště z hlediska maximální průměrné délky denního slunečního svitu v rámci letního čtvrtletí (Obr. 10A, B). Z tohoto hlediska bylo nejméně slunečné letní období roku 2010, dále následovaly roky 1987, 1989 a 1998. Zajímavé je, že umístění těchto extrémů je ve shodě s extrémy přibližně jedenáctiletého cyklu sluneční aktivity.

Ve sledovaném období nebyl nalezen jednotný statisticky průkazný trend změny průměrné délky slunečního svitu (Obr. 10C). V období 1991 až 2002 bylo zaznamenáno méně slunečního svitu ( $4.43 \pm 0.23 \text{ h d}^{-1}$ ) ve srovnání s obdobím předcházejícím ( $4.86 \pm 0.33 \text{ h d}^{-1}$ ) i následujícím ( $4.87 \pm 0.38 \text{ h d}^{-1}$ ), přičemž tyto rozdíly jsou statisticky průkazné.

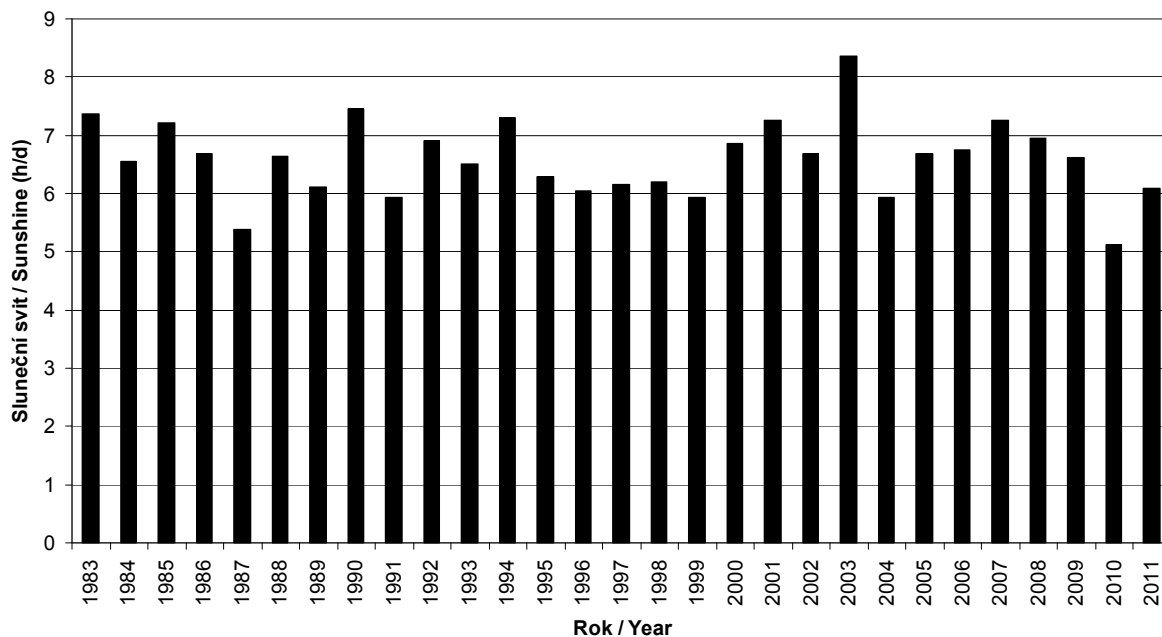
Celková doba slunečního svitu se v posledních desetiletích mění jen relativně málo. K určitému prodloužení oproti dlouhodobému normálu došlo v celém období 1983-2011 v měsících duben až srpen s výjimkou června (Obr. 12). Naopak zkrácení doby slunečního svitu bylo pozorováno v podzimním období - v měsících září a říjen. V období od listopadu do března se doba slunečního svitu průměrně nezměnila.



**Obr. 10.** Vývoj průměrné denní délky slunečního svitu na stanici Churáňov v letech 1983-2011. A. Klouzavý měsíční průměr. B. Klouzavý čtvrtletní průměr. C. Klouzavý roční průměr. Zobrazeny jsou přímky lineární regrese pro období 1983-1994 a 1995-2011.

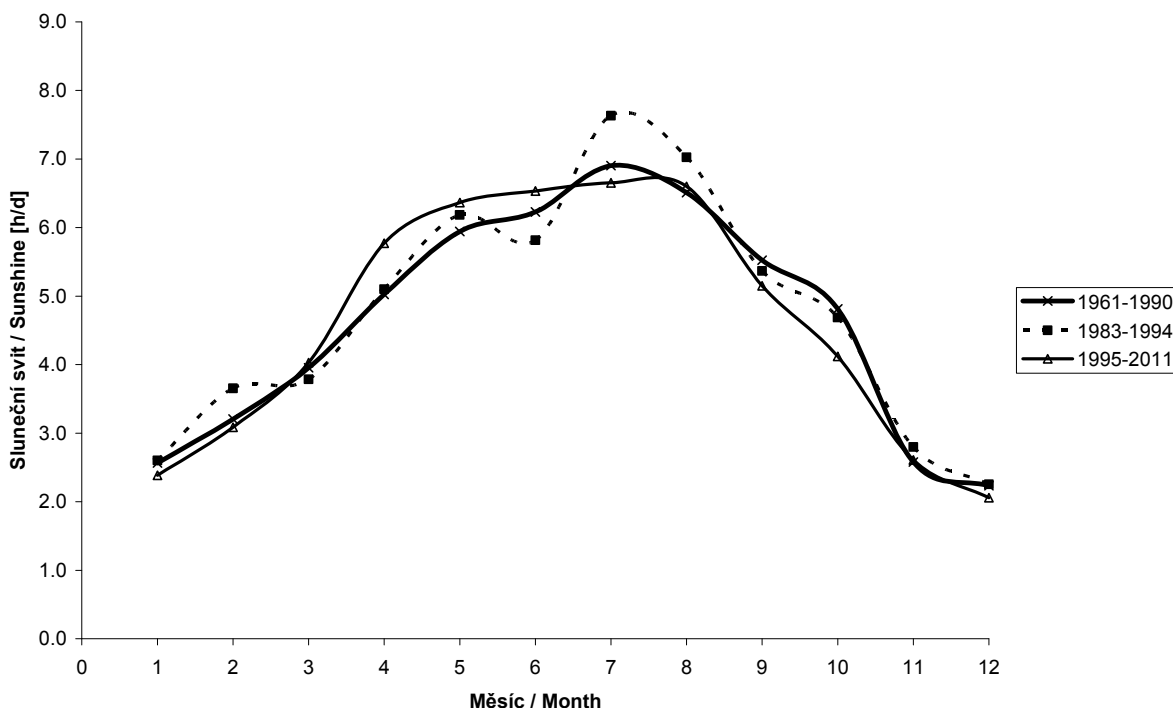
**Fig. 10.** Development of the day-average of sunshine time at the station Churáňov during 1983-2011. A. Running monthly average. B. Running quarterly average. C. Running annual average. The regression straight lines for periods 1983-1994 and 1995-2011 are drawn.





**Obr. 11.** Průměr denní délky slunečního svitu v období duben až srpen na stanici Churáňov v letech 1983-2011.

**Fig. 11.** The average daily duration of sunshine during April-August at the station Churáňov in 1983-2011.



**Obr. 12.** Roční chod měsíčních průměrů denní délky slunečního svitu na stanici Churáňov v rozlišených klimatických periodách ve srovnání s třicetiletým normálem 1961-1990.

**Fig. 12.** Annual variation of monthly averages of daily sunshine on the station Churáňov in differentiated climatic periods, compared with the normal thirty-year period 1961-1990.

Výrazný rozdíl je patrný, pokud dojde k rozdělení sledovaného období na periody do roku 1994 a od roku 1995 (Obr. 12). První perioda ukazuje výraznou rozkolísanost doby slunečního svitu v jednotlivých měsících, přičemž výrazný nárůst doby slunečního svitu byl

zaznamenán v měsících červenec a srpen, v srpnu byl tento nárůst dokonce statisticky průkazný (Tabulka 4). Snížení slunečního svitu v červnu nelze pokládat za důsledek zvýšení objemu srážek, protože k tomu nedošlo. V periodě od roku 1995 je patrný nárůst doby slunečního svitu od dubna do června a pokles této doby v podzimních měsících září a říjen (v říjnu je tento pokles statisticky signifikantní). Rozdíly průměrné doby slunečního svitu pro jednotlivé měsíce v obou periodách však nebyly statisticky průkazné, lišil se však rozptyl hodnot v jednotlivých letech - ten byl pro periodu 1995-2011 signifikantně vyšší v dubnu a případně v srpnu (mírně vyšší pro celé období červen až září).

Rovněž lineární regrese klouzavých ročních průměrů denní délky slunečního svitu ukazuje podstatné zkracování této doby v letech 1983 až 1994 ( $S = 5.01 - 0.0446 \times (y-1983)$ ;  $r = -0.4643$ ), narozdíl od období 1995 až 2011, kdy docházelo k prodlužování doby slunečního svitu ( $S = 4.39 + 0.0375 \times (y-1995)$ ;  $r = -0.4489$ ), přičemž rychlost zkracování i prodlužování této doby byla v obou obdobích v absolutní hodnotě podobná.

**Tabulka 4.** Srovnání průměrné denní doby slunečního svitu v jednotlivých měsících na stanici Churáňov v rozdílných klimatických periodách (klimatický normál N, A a B) a statistická významnost rozdílů hodnocená t-testem a F-testem pro rozdíl rozptylů. p - pravděpodobnost chyby,  $s_x$  - směrodatná odchylka.

**Table 4.** Comparison of average monthly sunshine duration at the station Churáňov in different climatic periods (climate normal N, periods A and B) and the statistical significance of differences assessed by t-test and F-test for the difference of variances. p - error probability,  $s_x$  - standard deviation.

Perioda		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok
N (1961-1990)		2.56	3.20	3.95	5.03	5.94	6.23	6.90	6.51	5.52	4.81	2.58	2.23	4.63
A (1983-1994)		2.60	3.65	3.78	5.10	6.19	5.81	7.63	7.03	5.37	4.69	2.80	2.25	4.74
B (1995-2011)		2.39	3.09	4.03	5.77	6.37	6.53	6.65	6.60	5.15	4.12	2.61	2.06	4.61
A-B	t	0.66	1.48	-0.67	-1.21	-0.34	-1.49	1.95	0.93	0.35	1.20	0.45	0.61	0.85
	p	0.517	0.151	0.510	0.236	0.735	0.148	0.062	0.362	0.726	0.239	0.656	0.550	0.403
A	$s_x$	1.06	0.88	0.90	0.91	1.50	0.93	1.17	0.80	1.11	1.19	1.19	0.87	0.32
B	$s_x$	0.73	1.10	1.04	1.75	1.33	1.47	1.43	1.44	1.89	1.29	1.06	0.83	0.45
	F	2.12	1.57	1.34	3.66	1.27	2.53	1.49	3.22	2.87	1.18	1.27	1.10	2.04
	p	0.166	0.451	0.634	0.034	0.643	0.123	0.505	0.055	0.082	0.794	0.647	0.841	0.235
A-N	t	0.14	1.78	-0.64	0.27	0.57	-1.56	2.16	2.24	-0.47	-0.35	0.64	0.09	1.23
	p	0.891	0.102	0.534	0.790	0.581	0.148	0.053	0.047	0.644	0.731	0.538	0.931	0.243
B-N	t	-0.99	-0.42	0.32	1.75	1.32	0.85	-0.71	0.26	-0.81	-2.20	0.11	-0.85	-0.15
	p	0.337	0.677	0.751	0.099	0.205	0.409	0.488	0.796	0.432	0.043	0.910	0.408	0.885

## Diskuse

Zdá se, že nastavení počátku analyzovaného období na rok 1983 je vhodné, protože koinciduje s určitou periodou s podobnou srážkovou činností (například HOSTÝNEK et al. 2008: Obr. 1). Obecně se jedná o období, kdy byly zaznamenávány nižší srážkové úhrny v celé České republice, čehož odrazem byla nižší frekvence povodní jak letního typu (přibližně od začátku 20. století), tak zimního typu (asi od poloviny 50. let 20. století). Proto mluvíme-li o zvýšené srážkové aktivitě v rámci periody začínající rokem 1995 (s výrazně zvýšenými srážkovými úhrny v letech 1995, 2002, 2005 a 2009), musíme mít na paměti, že se jedná pouze o relativní srovnání s bezprostředně předcházející periodou, která byla naopak velmi suchá, což dokládá i srovnání s obdobím klimatického normálu (1961-1990). Vůbec tedy nelze hovořit o dlouhodobých trendech, protože ty se odehrávají v řádu minimálně století.

Za zmínku stojí shrnutí některých extrémních let a jevů, které byly zaznamenány ve sledovaném období, jmenovitě v periodě od roku 1995. Mimo jmenovaných zvýšených srážkových úhrnů to byl například extrémně suchý a teplý rok 2003, který nebyl jen lokální záležitostí, ale byl zaznamenán v celé střední Evropě (REBETEZ et al. 2006). Klouzavý roční průměr teplot však jako nejteplejší období na stanici Churáňov odhalil periodu 2006/2007.

V prvních měsících let 2007 a 2008 jsme byli svědky bouří s přechody studených front, které byly doprovázeny silným větrem (HOSTÝNEK et al. 2008). V horských oblastech České republiky se přitom jednalo o vítr se silou, jakou lze očekávat jednou za 20 až 50 let. Z hlediska existence lesních porostů se tedy jednalo o zcela přirozené jevy, které jsou běžné a v průběhu života jediného stromu se mohou opakovat několikrát. Výskyt takových bouří je dalším indikátorem zvyšující se rozkolísanosti klimatu spolu se vzrůstající variabilitou teplot vzduchu a úhrnů srážek.

Rok 2009 se vykazoval řadou extrémních meteorologických situací a to zvláště ve vztahu k rozkolísanosti jednotlivých charakteristik, jak teplotních, tak srážkových (TOLASZ 2010). Na Churáňově byl po letech 2002 a 2005 třetím nejvlhčím rokem ve sledovaném období.

Trendy klimatologických charakteristik v České republice v rámci období 1961 až 1998 (tedy v období prakticky končícím první v tomto textu analyzovanou periodou) byly vyhodnoceny v práci HUTH & POKORNÁ (2004), kde byla zahrnuta rovněž data ze stanice Churáňov. Trendy u většiny charakteristik byly shodné na Churáňově i na sousedních stanicích, případně na většině ostatních stanic, z čehož vybočoval trend denní amplitudy teplot v zimě až v létě. Amplituda se na Churáňově mírně snižovala oproti zvyšování na většině ostatních stanic. Dále byl na Churáňově zaznamenáván vyšší přírůstek úhrnů srážek v zimě a výraznější úbytek srážkových úhrnů v létě.

Přes výskyt vyšších srážkových úhrnů v období od roku 1995, nemusí však ty výrazněji ovlivňovat dynamiku vody v půdě, protože se často jedná o epizodické přívalové srážky, jejichž infiltrace do půdy je slabá. Tento fakt společně se vzrůstem průměrných teplot vzduchu může být příčinou některých pozorovaných změn v travních společenstvech Šumavy a Předšumaví v období od 80. let 20. století do současnosti, kde bylo indikováno snížení dostupnosti vody zvláště ve vlhkomilných až mokřadních typech společenstev (MATĚJKA 2011b: p. 34): "Zdá se tedy, že změny na mokřích loukách svazu *Calthion* jsou více nepříznivé nežli u lokalit suchých (svaz *Arrhenatherion*) nebo mírně vlhkých (svaz *Deschampsion*). Toto zjištění podtrhuje skutečnost konstatovanou již dříve, že na mnoha lokalitách byl pozorován úbytek vody v půdním profilu a to jak na základě ústupu vizuálně hodnoceného zamokření, tak za pomoci bioindikace."

Klimatické sucho je nejčastěji definováno srovnáním srážkových poměrů (méně často poměrů evapotranspiračních nebo bilančních) aktuálního období k období dlouhodobému. Pod pojmem srážkový deficit v tomto případě rozumíme záporný rozdíl mezi množstvím aktuálně spadlých srážek a jejich dlouhodobým průměrem (normálem) za určité časové období. Při hodnocení klimatického sucha je nutno zohledňovat velikost tohoto deficitu včetně časového rozložení srážek v příslušném období. Kromě množství a intenzity spadlých srážek vztažených k dlouhodobým srážkovým poměrům pro dané místo a roční dobu, stanovili mnozí autoři různé definice klimatického sucha pomocí klimatologických indexů (BLINKA 2004), a to v závislosti na dalších meteorologických prvcích (teplota vzduchu, výpar, rychlost větru, sluneční svit, vlhkost vzduchu aj.), jejichž hodnoty mohou v příslušném období dopady srážkového deficitu na sucho zmírnit nebo naopak výrazně prohloubit. Základním předpokladem identifikace možného klimatického sucha je tudíž srovnávací analýza hodnot vybraných klimatických prvků (především srážek a výparu, resp.

evapotranspirace) dosažených v aktuálním období a v dlouhodobém průměru (viz popis termínu "sucho" na stránkách [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)).

Z hlediska ekologie lesa je pozoruhodné, že gradaci populace lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) v obou případech předcházela období s výrazným suchem ve vegetační periodě. V devadesátých letech 20. století se jednalo o gradaci vrcholící v letech 1996 a 1997 po období suchých let 1991 až 1994, gradaci 2006 až 2010 předcházela extrémní rok 2003 (KINDLMANN et al. 2012).

## Závěr

Data Měsíčních přehledů počasí (ČHMÚ 1983-2011) lze využít pro hodnocení vývoje počasí na stanicích, o nichž je v Přehledech referováno. Odchylykly oproti datům v aktuální databázi ČHMÚ nejsou (podle stanice Churáňov) velké (okolo 1% z počtu srovnávaných údajů).

Klimatické podmínky na stanici Churáňov vykazují jasné změny v posledních dekádách. K nejvýraznější změně došlo na přelomu let 1994 a 1995. Tato změna byla identifikována na základě analýzy rozdělení srážek a výskytu suchých / vlhkých období v průběhu roku. Změny se však týkají i nárůstu průměrných teplot a změny distribuce délky slunečního svitu během roku. Pro druhé období je typická zvýšená meziroční variabilita klimatu, což podtrhuje fakt, že do tohoto období náležely jak výrazně suchý a teplý rok 2003, tak vlhčí roky (zvláště 2002, 2005 a 2010).

V období 1983 až 2011 byl zaznamenán průměrný vzrůst roční teploty o 0.046 °C za jeden rok, vzrůst průměrné teploty v měsících duben až srpen o 0.054 °C za jeden rok. V měsících září až prosinec se průměrné teploty měnily jen minimálně.

Průměrné denní úhrny srážek se v průběhu hodnocených let zvyšovaly o 0.025 mm den<sup>-1</sup> za rok (tedy roční úhrn o 9,0 mm za rok). Výraznější vzestup byl zaznamenán v měsících duben až srpen, kdy činil průměrně 0.049 mm den<sup>-1</sup> za rok (vzestup o 7,4 mm v dubnu až srpnu ročně). Velmi výrazný je vzestup úhrnů epizodických srážek, které však mají jen menší význam pro vzrůst dlouhodobé průměrné vlhkosti půdy, protože velký podíl těchto srážek z území oteče v podobě povrchového odtoku.

Z hlediska roční distribuce srážek je významné snížení jejich úhrnů v dubnu. Snížení úhrnů v červnu není tak výrazné, může však významně ovlivnit vývoj vegetace, protože se jedná o období nejintenzivnějšího růstu. Do roku 1994 byl zaznamenán hluboký pokles srážkových úhrnů pro měsíce duben až srpen oproti období klimatického normálu (1961-1990), od roku 1995 bylo snížení průměrných úhrnů zaznamenáno pouze v měsících duben a červen, naopak v druhé polovině léta (respektive od července až do října) došlo ke vzrůstu průměrných úhrnů srážek.

Délka doby slunečního svitu nevykazuje jednoznačný trend, výrazně snížená délka doby slunečního svitu byla mezi lety 1991 až 2002. Rovněž došlo k určitým změnám v roční distribuci průměrné délky doby slunečního svitu.

Poukázáno bylo na význam klimatických extrémů v jednotlivých letech, zvláště těch, které souvisejí s vysokými letními (jarně-letními) teplotami kombinovanými s nízkými úhrny srážek. Periodicky se opakují rovněž epizodické vzrůsty zimních teplot, které mohou působit desikací smrku v důsledku zvýšeného odparu z asimilačního aparátu při kladných teplotách vzduchu kombinovaných s nemožností příjmu vody ze zamrzlé půdy.

## Literatura

- AGUADO E. & BURT J.E. (2013): Understanding weather and climate. 6th Edition. Pearson Education, Boston etc., 552 pp.
- BLINKA P. (2004): Klimatologické hodnocení sucha a suchých období na území ČR v letech 1876 – 2003. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds.), Seminář Extrémy počasí a podnebí, Brno, 11. března 2004, pp. 48-83.
- BRÁZDIL R., BUDÍKOVÁ M., DOBROVOLNÝ P., FIŠÁK J., KOLÁŘ M., PROŠEK P., SOKOL Z., ŠTEKL J., ŠTĚPÁNEK P., ŠTĚPÁNKOVÁ P. & ZACHAROV P. (1999): Klimatické poměry Milešovky. Academia, Praha, 433 pp.
- BRÁZDIL R., DOBROVOLNÝ P., LUTERBACHER J., MOBERG A., PFISTER C., WHEELER D. & ZORITA E. (2010): European climate of the past 500 years: new challenges for historical climatology. *Climatic Change*, 101: 7–40.
- ČHMÚ (1983-2011): Měsíční přehled počasí. ČHMÚ, Praha, Vols. 1983-2011.
- DOBROVOLNÝ P., MOBERG A., BRÁZDIL R., PFISTER C., GLASER R., WILSON R., VAN ENGELEN A., LIMANÓWKA D., KISS A., HALÍČKOVÁ M., MACKOVÁ J., RIEMANN D., LUTERBACHER J. & BÖHM R. (2010): Monthly, seasonal and annual temperature reconstructions for Central Europe derived from documentary evidence and instrumental records since AD 1500. *Climatic Change*, 101: 69–107.
- GLASER R., RIEMANN D., SCHÖNBEIN J., BARRIENDOS M., BRÁZDIL R., BERTOLIN C., CAMUFFO D., DEUTSCH M., DOBROVOLNÝ P., VAN ENGELEN A., ENZI S., HALÍČKOVÁ M., KOENIG S.J., KOTYZA O., LIMANÓWKA D., MACKOVÁ J., SGHEDONI M., MARTIN B. & HIMMELSBACH I. (2010): The variability of European floods since AD 1500. *Climatic Change*, 101: 235–256.
- HAIŠ M. (2007): Vývoj a spektrální projevy odlesnění centrální Šumavy hodnocené prostřednictvím DPZ a GIS. - Ms. [Disert. thesis, depon in PřF UK, Praha], 140 pp.
- HILL T., LEWICKI P. (2007): STATISTICS: Methods and Applications. - StatSoft, Tulsa, OK. [electronic form at <http://www.statsoft.com/textbook/>]
- HOSTÝNEK J., NOVÁK M. & ŽÁK M. (2008): Kyrill a Emma v Česku - meteorologické příčiny, průběh bouří a hodnocením větrných extrémů. *Meteorologické zprávy*, 61: 65-71.
- HUTH R. & POKORNÁ L. (2004): Trendy jedenácti klimatických prvků v období 1961-1998 v České republice. *Meteorologické zprávy*, 57: 168-178
- KETTLE H., KOPÁČEK J. & HEJZLAR J. (2003): Modelling ait temperature at Čertovo Lake back to 1781. *Silva Gabreta*, 9: 15-32.
- KINDLMANN P., MATĚJKA K. & DOLEŽAL P. (2012): Lesy Šumavy, lýkožrout a ochrana přírody. - Karolinum, Praha, 326pp.
- KVĚTOŇ V. (2001): Normály teplot vzduchu na území České republiky v období 1961-1990 a vybrané teplotní charakteristiky období 1961-2000. Národní klimatický program Česká republika, Vol. 30, ČHMÚ, Praha, 197 pp.
- MATĚJKA K. (2011a): Vývoj počasí na Šumavě (aktualizováno do konce roku 2010). - URL: <http://www.infodatasys.cz/sumava/klima.htm>
- MATĚJKA K. (2011b): Management biodiversity v Krkonoších a na Šumavě - zpráva spoluřešitele za rok 2010. - URL: <http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/IDSreport2010.pdf>

- MAYR S., SCHMID P., LAUR J., ROSNER S., CHARRA-VASKOU K., DÄMON B., AND HACKE U.G. (2014): Uptake of water via branches helps timberline conifers refill embolized xylem in late winter. - *Plant Physiology*, 164: 1731-1740.
- REBETEZ M., MAYER H., DUPONT O., SCHINDLER D., GARTNER K., KROPP J. P. & MENZEL A. (2006): Heat and drought 2003 in Europe: a climate synthesis. *Annals of Forest Science*, 63: 569-577.
- Schabenberger O. & Gotway C.A. (2005): Statistical methods for spatial data analysis. Chapman & Hall / CRC, Boca Raton (FL).
- STANĚK J. & BEDNAŘÍK J. (1998): Meteorologická stanice Churáňov. *Silva Gabreta*, 2: 377-384.
- TOLASZ R. (2010): Rozmary počasí v Česku v průběhu roku 2009. *Meteorologické zprávy*, 63: 1-4.
- TOLASZ R. [ed.] (2007): Atlas podnebí Česka. Climate atlas of Czechia. Czech Hydrometeorological Institute, Praha & Olomouc.

## Některé poznámky k článku vycházející z připomínek recenzentů

**Poznámka 1.** Klimatická změna není navzdory jistému nadužití v dnešní době módní pojem, nýbrž fakt.

**Odpověď:** "Klimatická změna" se stala opravdu módním pojmem, nic na tom nemění fakt, že klima se mění - to neustále od dob, kdy Země s jejím klimatem vznikla! V článku je konkrétně popsáno to, jaká je dynamika klimatu v posledních cca třiceti letech, přičemž i na stanici Churáňov se ukazuje, že tyto změny jsou v posledních desetiletích výraznější ve srovnání s předchozí dynamikou.

**Poznámka 2.** Milešovku nelze brát za typickou stanici (má převýšení nad okolním terénem téměř 500 m).

**Odpověď:** Milešovka sice opravdu není typickou stanicí, nicméně, právě to její převýšení a s tím spojený minimální vliv okolí (např. výskyt vod, modifikace proudění vzduchu nepravidelnou konfigurací okolního terénu, vliv okolní vegetace, vliv městské zástavby aj.) z ní dělá ideální stanici pro šetření trendů. Proto byla také podrobně zpracována a publikována data z ní. Proto jsou i tato data využívána v mezinárodním měřítku.

**Poznámka 3.** Hodnoty denních průměrných srážek (vypočtené vydělením sumy počtem dnů) jsou tak trochu nicneřikající hodnotou, vhodnější je nechat průměr pětidenní sumy.

**Odpověď:** Naopak průměrné denní srážky jsou mnohem vhodnější, nežli sumy za nějaké období (pentáda, měsíc, ...). Každý měsíc má jiný počet dnů, "pentády" používané v Měsíčním přehledu počasí mají také každá jinou délku: první až pátá pentáda je standardní, ale poslední je zbytek měsíce, tedy 3 až 6 dnů. Navíc přepočítání na jeden den dovolí navzájem srovnávat rozsahy měsíčních, čtvrtletních a ročních průměrů. Sice se takový postup nepoužívá často, ale naopak by se měl stát standardem.