

Srážkové úhrny a vydatné srážky v pražském Klementinu v letech 1805-2007

Jaroslav Střeščík

Geofyzikální ústav AV ČR, v.v.i., Praha

V pražském Klementinu se sledují denní srážkové úhrny od roku 1805 a tato řada je do dneška nepřetržitá. U této řady, na rozdíl od řady teplotní, nepozorujeme žádnou dlouhodobou změnu na způsob globálního oteplení, pouze sušší období 1850-1880 a snad slabý pokles po r. 1980. Počty dní beze srážek v jednotlivých letech neukazují žádnou dlouhodobou změnu ani periodicitu. Výskyt vydatných srážek lze popsat dvojitým způsobem. Je-li vyjádřen počtem dní v roce, kdy denní úhrn srážek přesáhl 5 mm či 10 mm, je dlouhodobý chod výskytu vydatných srážek podobný dlouhodobému chodu ročních srážkových úhrnů. Je-li výskyt vydatných srážek vyjádřen počtem dní v roce, v nichž úhrn srážek přesáhl 1% nebo 2% celkového ročního úhrnu, není pozorována žádná dlouhodobá změna ani periodicitu ve výskytu vydatných srážek. Stejně výsledky dává zkoumání vydatných srážek ve dvou po sobě jdoucích dnech. V řadě ročních srážkových úhrnů se zdá převládat perioda kolem 135 roků. Je-li reálná, pak se blížíme k minimu srážkových úhrnů, což platí i o výskytu vydatných srážek popsaných v mm, nikoliv však v procentech. Nic nenaznačuje vyššímu ani nižšímu výskytu vydatných srážek v budoucnosti.

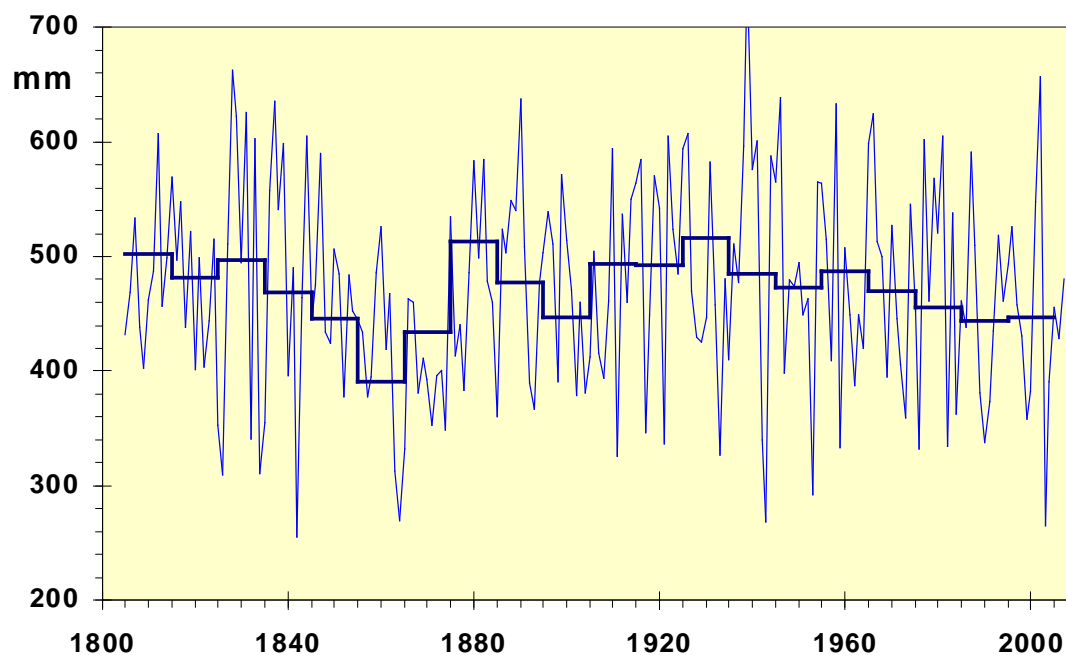
Precipitation totals and rich precipitations in Klementinum in Prague between 1805 and 2007

In the university campus Klementinum in Prague daily precipitation totals have been observed since 1805 without interruption. This series, in contrast to the temperature series, does not display any long-term change similar to the global warming, only a little drier period 1850-1880 and perhaps a weak decrease after 1980 can be observed. Numbers of days without precipitations in the individual years do not show any long-term change or periodicity. The incidence of rich precipitations can be described by two methods. When it is expressed by the number of days in a year when daily precipitation totals exceeded 5 mm or 10 mm, its long-term trend is similar to the long-term change of precipitation totals. When it is expressed by the number of days in a year when daily precipitation totals exceeded 1 or 2 per cent of the annual precipitation total, no long-term trend or periodicity is observed. The same results are obtained when rich precipitations in two subsidiary days have been investigated. It seems that in the annual precipitation series a weak 135-yr periodicity prevails. If it is real, it means that in the next decades a minimum of precipitation totals will appear. The same is valid for incidence of rich precipitations described in mm, but not in per cents. Nothing suggests a higher nor lower incidence of rich precipitations in the near future.

V pražském Klementinu se sledují denní srážkové úhrny od roku 1805 a tato řada je do dneška nepřetržitá (data Jírovský, 1976, novější roky z ČHMÚ). Protože teplota vzduchu se zde měří již od roku 1775 a tato řada je také nepřetržitá, je tak k dispozici dvojice řad – teplota a srážky – pro každý den od roku 1805. Je málo stanic, odkud je k dispozici dostatečně dlouhá a nepřerušovaná řada jak teplot, tak i srážek. Klementinská dvojice řad je druhá nejdlejší na světě, delší nepřerušovanou dvojicí se může pochlubit jen Paříž (od roku 1770).

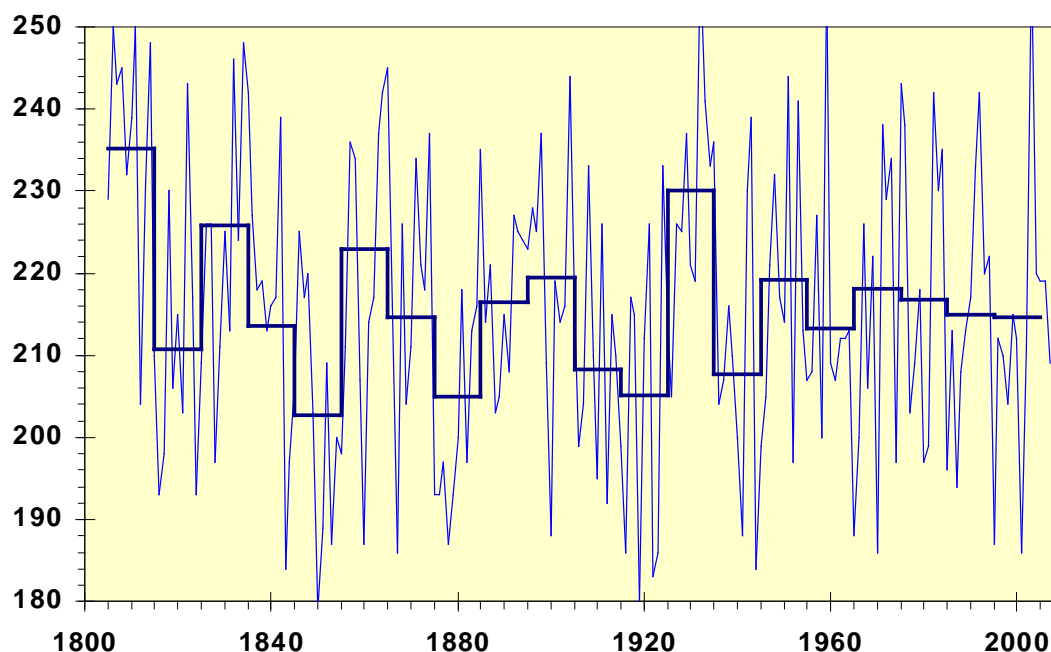
U teplotní řady lze pozorovat výraznou dlouhodobou změnu: silný pokles v první polovině 19. století, od r. 1800 do r. 1840, s minimem 1840-1860, a potom neustálý růst až do dneška. Od roku 1860 průměrná roční teplota roste jen s malými výkyvy a v posledních desetiletích se tento růst zrychluje.

U srážkové řady podobnou změnu nepozorujeme. Tuto skutečnost jsme popsali již dříve (Střeščík, 1996). Graficky je průběh ročních srážkových úhrnů ukázán na obr. 1 spolu s hodnotami průměrů pro desetiletá období 1806-1815, 1816-1825, atd. až do 1996-2005. Desetiletá období jsou takto vybrána proto, aby se neztratily informace z počátku pozorování a také z nejposlednějších roků, kde jsou dekády neúplné. Na první pohled je nápadné obrovské kolísání množství srážek v jednotlivých letech, od 300 mm za rok až k 700 mm za rok (roční průměr za celé období je 472 mm). Za zmínku stojí dále suché období v polovině 19. století (1845-1875), které se však zcela nekryje s dlouhodobým teplotním minimem. V průměrech za dekády jsou ovšem rozdíly menší, do 100 mm mezi nejsušší a nejvlhčejší dekádou. Zdá se, že v posledních asi 70 letech množství srážek nepatrně klesá, takže se možná blížíme k dalšímu dlouhodobému minimu. Je však také možné, že minima bylo již dosaženo, neboť data za poslední dvě dekády (1986-2005) již pokles nevykazují. V porovnání s krátkodobým kolísáním jsou však tyto variace poměrně malé – rozdíl mezi dekádami po r. 1926 a po r. 1986 je jen 50 mm. To se nijak nepodobá rychlému růstu průměrných teplot vzduchu ve stejném období. Průběh srážkových úhrnů také nenaznačuje žádnou významnou dlouhodobou periodicitu. Z důvodu lepší přehlednosti obrázků jsou některé extrémní hodnoty umístěny mimo rámeček, aby se příliš nestlačovalo měřítko na vertikální ose (to platí i pro další obrázky).



Obr. 1. Roční srážkové úhrny v Klementinu 1805 – 2007 spolu s průměry za desetiletá období počínaje 1806-1815 a konče 1996-2005.

Na dalším obrázku jsou uvedeny počty dní v jednotlivých letech, kdy se nevyskytly žádné srážky. I tento počet velmi kolísá z roku na rok. Korelace mezi ročním srážkovým úhrnem a počtem dní beze srážek je $-0,54$ a to je významné. V letech s nižším celoročním srážkovým úhrnem je tedy více dní, kdy se nevyskytly žádné srážky, což lze očekávat. Na obr. 2, na rozdíl od obr. 1, však není patrný výrazný extrém v polovině 19. století ani postupná změna ve druhé polovině 20. století. Naopak se zdá, jako by zde byla jistá dlouhodobá perioda – dny beze srážek jako by byly častější v obdobích zhruba po 30-40 letech, ovšem s velkými krátkodobými výkyvy, přičemž však v posledních asi 50 letech není tato perioda patrná.



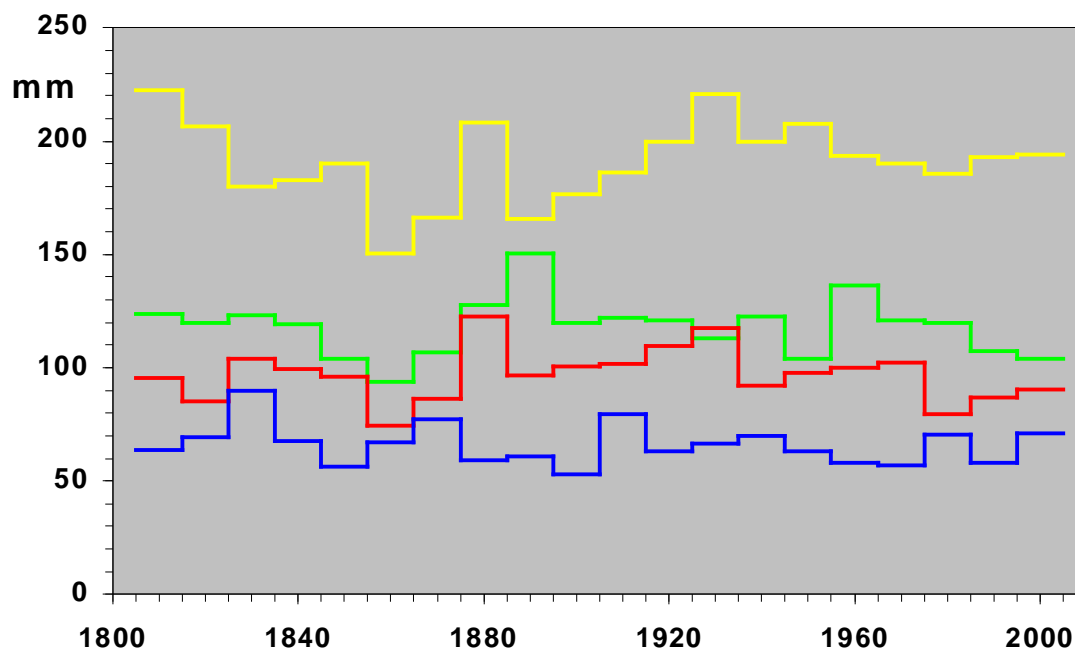
Obr. 2. Počty dní v jednotlivých letech 1805 – 2007 a v jednotlivých desetiletých obdobích počínaje 1806-1815 a konče 1996-2005, kdy se nevyskytly žádné srážky.

Korelace mezi ročními srážkovým úhrny a průměrnou teplotou vzduchu činí $-0,13$ a to je hodnota na hranici 95% významnosti. Záporné znaménko znamená, že v teplejším roce by mělo být v průměru méně srážek, ale vzhledem k hodnotě koeficientu je tento rozdíl nepatrný. Na jiných stanicích, pokud jsou k dispozici teplotní a srážkové řady, je podobná korelace ještě slabší. Teplejší rok, třeba v souvislosti s globálním oteplením, ještě

automaticky neznamená významnější pokles srážek, navzdory tvrzení často uváděnému ve sdělovacích prostředcích.

Srážky jsou nerovnoměrně rozloženy během roku. Nejvíce srážek spadne v létě, za tři letní měsíce v průměru 40% ročního úhrnu, převážně v bouřkách, proto se jejich množství velmi liší v jednotlivých místech. Mezi měsíčními součty však velké místní rozdíly nejsou. Nejméně srážek spadne v zimě, jen 14% za tři zimní měsíce (i zdánlivě velké množství sněhu vydá jen málo vody), na jaro připadá 26% a na podzim 20% celkového ročního úhrnu. Korelace mezi průměrnými teplotami a srážkovými úhrny v létě činí $-0,24$, v zimě však jen $-0,03$ a v ostatních obdobích kolem $-0,10$. Pouze pro letní období tedy do jisté míry platí, že v teplejších letech je srážek méně.

Srážkové úhrny v jednotlivých dekadách odděleně pro roční období jsou uvedeny na obr. 3. Protože v létě je srážek nejvíce, je i dlouhodobá změna množství letních srážek blízká změně srážek celoročních (na obr. 1), tj. výrazné minimum v polovině 19. století a postupný slabý pokles ve druhé polovině 20. století. V menší míře to platí i pro srážky na jaře, v ostatních ročních dobách však ne.

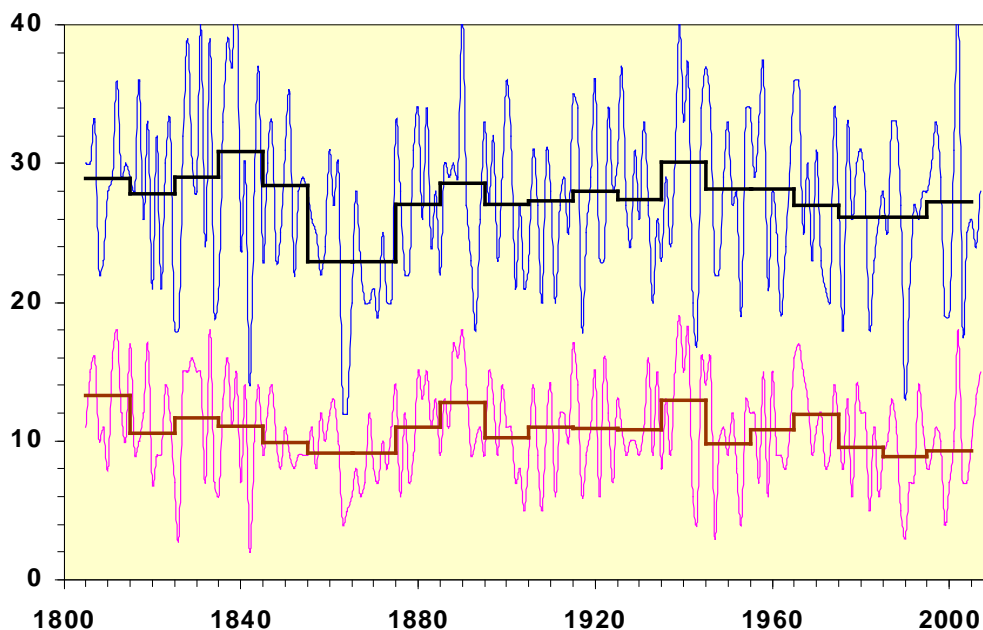


Obr. 3. Průměrné sezonní srážkové úhrny v jednotlivých dekadách počínaje 1806-1815 a konče 1996-2005. Odshora: žlutá – léto, zelená – jaro, červená – podzim, modrá – zima.

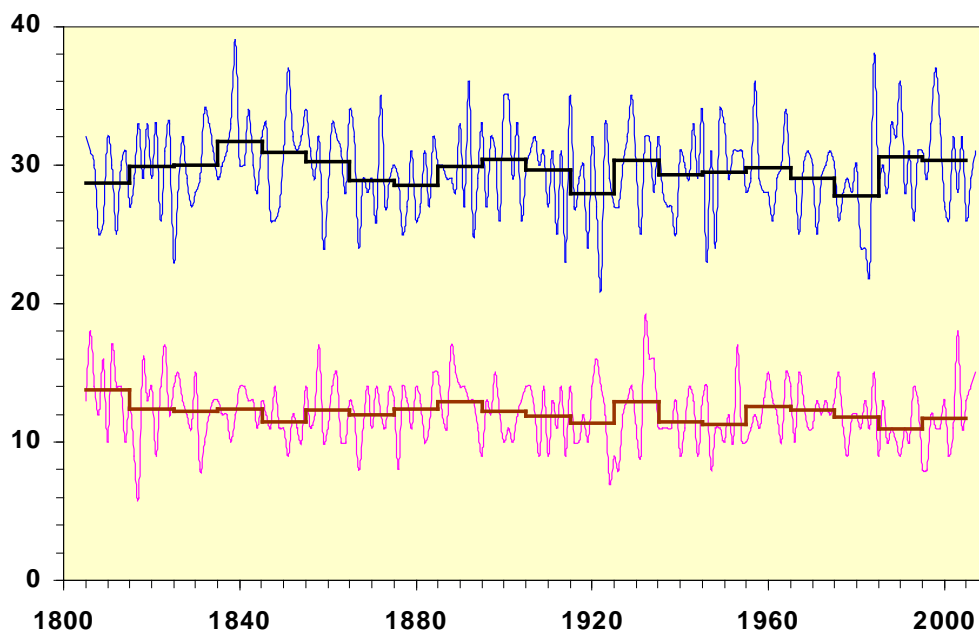
Roční ani měsíční úhrny ani počty dní beze srážek však nevypovídají nic o rozložení srážek v jednotlivých dnech. Úhrn je stejný v měsíci, ve kterém spadly všechny srážky najednou v několika dnech v podobě přívalů a zbytek měsíce bylo sucho, stejně jako v případě rovnoměrně rozložených slabých srážek po celý měsíc. Pokusíme se nyní posoudit výskyt vydatných srážek v průběhu zkoumaného období.

Vydatnost srážek budeme hodnotit dvěma způsoby. Nejjednodušší je prostý počet dní v daném roce, kdy naměřené srážky byly vyšší než 5, 10, 15, 20 či 25 mm. Je zřejmé, že čím vyšší mez zvolíme, tím bude odpovídajících dní v daném roce méně. Vhodná volby mezi závisí ovšem také na celkovém množství srážek na dané stanici. I zde jsou velké rozdíly mezi jednotlivými roky. Na obr. 4 jsou takto uvedeny počty dní se srážkami nad 5 a nad 10 mm za celé období.

U grafů na obr. 4 je patrný pokles počtu dní s vydatnými srážkami v polovině 19. století (přibližně v období 1855-1875), následuje dlouhé ploché maximum s drobnými výkyvy a nakonec po r. 1975 opět slabý pokles. Graf pro počet dní se srážkami nad 20 mm (na obrázku neuveden) se mírně liší, to však může být dáno malým počtem dat v této skupině. Grafy na obr. 4 jsou velmi podobné grafu na obr. 1. Nepřekvapuje proto vysoká korelace mezi ročními srážkovými úhrny a počtem dní v roce s vydatnými srážkami, protože v deštivém roce lze takových dní očekávat více. Korelace mezi ročním srážkovým úhrnem a počtem dní, kdy srážky přesáhly 5 mm, je 0,85, pro dny se srážkami přes 10 mm je 0,81 a pro vyšší srážky jen mírně klesá. Proto tento způsob hodnocení vydatných srážek není nevhodnější.



Obr. 4. Počty dní v jednotlivých letech za období 1805-2007 a v dekádách počínaje 1806-1815 a konče 1996-2005, kdy množství srážek přesáhlo 5 mm (nahore) nebo 10 mm (dole).



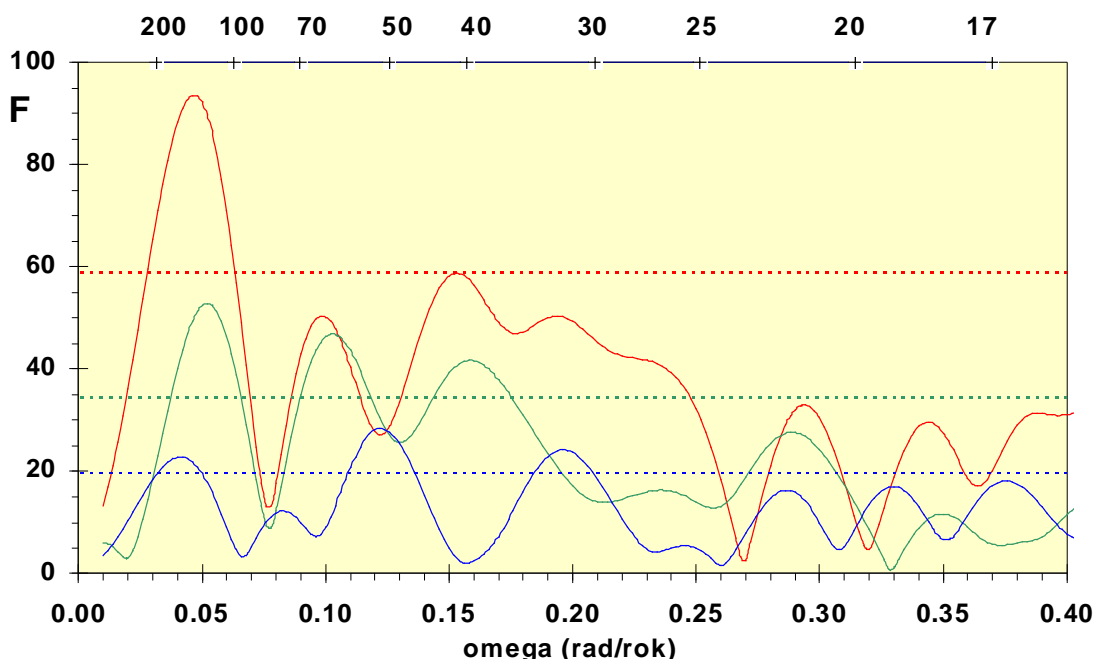
Obr. 5. Počty dní v jednotlivých letech za období 1805-2007 a v dekádách počínaje 1806-1815 a konče 1996-2005, kdy množství srážek přesáhlo 1% (nahore) nebo 2% (dole) ročního srážkového úhrnu.

Vliv různých hodnot srážkových úhrnů v jednotlivých letech na počet dní s vydatnými srážkami lze eliminovat tak, že denní srážky vyjádříme v procentech celkového ročního srážkového úhrnu. Je-li tento úhrn např. 500 mm, pak 1% ročního úhrnu je 5 mm. To znamená, že když vybereme takové dny, kdy denní srážky byly vyšší než 1%, 2%, 3% atd. ročního úhrnu, dostaneme počty přibližně ve stejném rozsahu jako v předchozím případě. Na obr. 5 jsou takto uvedeny počty dní jednotlivých letů a v desetiletých obdobích, kdy srážky přesáhly 1% a 2% ročního srážkového úhrnu. Průběh je jiný než na obr. 4. Korelace mezi ročním srážkovým úhrnem a počtem dní, kdy srážky převyšily 1% ročního úhrnu, je $-0,18$. Zmizel pokles v polovině 19. století, v celém období se objevují různé drobné výkyvy a také pokles na konci 20. století není nijak výrazný. Měřítko na svislé ose na obr. 4 a 5 je stejné, kolísání na obr. 5 je však mnohem menší.

Vydatné srážky můžeme posuzovat také podle množství srážek spadlých ve dvou po sobě jdoucích dnech. Podobně jako pro množství srážek v jednotlivých dnech vybereme zde takové případy, kdy srážkový úhrn ve

dvou po sobě jdoucích dnech přesáhl 10 mm, 15 mm, 20 mm atd., nebo 2%, 3%, 4% atd. celkového ročního srážkového úhrnu. Jinými slovy, vybíráme případy, kdy dva dny po sobě trvaly vydatné srážky. Ukázalo se, že takto nezískáme žádnou další informaci. Graficky počty takových dvojic v každém roce vypadají úplně stejně jako grafy na obr. 4 a 5. Není zde žádná dlouhodobá změna ani dlouhodobá periodicitata, která by na obr. 4 nebo 5 nebyla.

Zmínili jsme se o možných periodicitách ve srážkových úhrnech i ve výskytu vydatných srážek. Názorněji si je ukážeme ve spektrech. Na obr. 6 jsou nakreslena spektra řady srážkových úhrnů a dvou řad výskytu vydatných srážek podle obou způsobů hodnocení. Ve spektru srážkových úhrnů převládá perioda 137 let, doprovázená periodami 64 let a 41 let, ty však nejsou dostatečně významné. U vydatných srážek hodnocených podle absolutního množství spadlé vody najdeme periody přibližně stejné (121, 62 a 40 let), všechny stejně významné (nepřevládá nejdelší perioda 121 let). U vydatných srážek hodnocených podle procenta ročního úhrnu se vyskytují periody jiné, 150, 62 a 32 let, všechny významné. Číselná hodnota pro nejdelší periodu může být určena nepřesně vzhledem k poměrně krátké délce časové řady. Pro všechny zmíněné periody však platí, že i když přesahují hranici významnosti, přesahují ji jen málo a proto se v celkovém chodu příslušné veličiny projevují málo, zvláště přihlídneme-li ke značnému kolísání mezi jednotlivými lety.



Obr. 6. Spektra řady ročních srážkových úhrnů 1805-2007 (červeně), počtu dní v roce, kdy srážky přesáhly 5 mm (zeleně) a počtu dní v roce, kdy srážky přesáhly 1% ročního srážkového úhrnu (modře). Na horní vodorovné ose jsou periody v letech. Čárkovaně jsou vyznačeny meze 95% významnosti.

Výsledky zde předložené se zdají na první pohled hubené. Říkají nám však něco jiného. Roční srážkové úhrny i výskyt vydatných srážek vykazují sice značné kolísání mezi jednotlivými lety, avšak dlouhodobé změny nebo periodicity jsou nepatrné a především nikterak se nepodobají poměrně nápadným změnám v teplotách vzduchu. Globální teplota vzduchu vzrostla za posledních 150 let asi o stupeň a předpokládá se, že dále poroste, možná ještě rychlejším tempem. U srážek pozorujeme za posledních 200 let změny podstatně menší a není proto žádný důvod předpokládat, že v dalších desetiletích tomu bude jinak. Navíc periody ve srážkové řadě nekorespondují s periodami v teplotní řadě. Dlouhodobá změna teploty vzduchu tedy neznamená automaticky jakoukoliv dlouhodobou změnu ve srážkových úhrnech. Zde stojí za zmínku studie Kozuchowski, Marciniak (1990), kde autoři rovněž nenalezli výrazné periodické změny v ročních srážkových úhrnech na různých evropských stanicích. Stanovili však pomalý trend, kde v západní a severní Evropě převládá slabý růst, ve východní a jižní naopak pokles ročních srážkových úhrnů. Dělicí čára vede od Pyrenejí k Petrohradu, naše území je na východ, tedy v oblasti předpokládaného poklesu.

Něco jiného je však hospodaření s vodou. Bylo ukázáno (Střeštík, 2002), že i když roční srážkové úhrny v posledních desetiletích nepatrně klesají, roční průtoky vody ve Vltavě a v Labi nepatrně rostou. A to přesto, že stále více vody se z řek odčerpává např. pro zavlažování a do řek se nevrací. Znamená to, že stále větší podíl vody ze srážek bez užítu odtéká a v krajíně jako zásoba podzemní vody nezůstává, což má za následek sucho a stále větší nutnost zavlažování. Toto vše je způsobeno úbytkem lesů, regulací říčních toků, vysoušením mokřadů, udusáním půdy na polích, po nichž jezdí těžké mechanismy, a změnou vlastností půdy následkem užívání umělých hnojiv a chemických prostředků. Přičteme-li ještě zvýšené odpařování vody při vyšší teplotě vzduchu a nepatrný pokles srážkových úhrnů, dojdeme k závěru, že v budoucnosti bude častěji voda chybět. Jen

malou částí se na tom budou podílet přírodní vlivy a člověkem vyvolané globální oteplení, větší část připadá na vrub hospodaření v krajině v minulosti, což je bohužel změna nevratná, s níž budeme muset stále počítat.

Literatura

Jírovský V. (1976): Meteorologická pozorování v Praze-Klementinu 1775–1975. HMÚ Praha.

Střešík J. (1996): Periodicity a trendy v evropských srážkových řadách. Solární a terrestrické vlivy na klima, Národní klimatický program ČR č. 25 (ed. V. Bucha a I. Charvátová), ČHMÚ Praha, 101-105.

Střešík J. (2002): Srážková bilance a průtoky vody ve Vltavě za dvě století. XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, sborník referátů, Lednice, 412-419.

Kożuchowski, K., Marciniak, K. (1990): Tendencje zmian temperatury i opadów w Europie śródkowej w stuleciu 1881–1980. Acta universitatis Nicolai Copernici, Geografia, XXII, zes. 73, 22-43.