

Časová analýza klementinské teplotní a srážkové řady pomocí Palmerova indexu závažnosti sucha

*Tomáš Litschmann
Jaroslav Rožnovský
Eva Klementová*

Úvod

Sucho a jeho hodnocení je častým námětem prací klimatologů především v semiaridnějších oblastech, potýkajících se s jeho výskytem poměrně často a kde i způsobené ekonomické škody nabývají značných rozměrů. V přechodném středoevropském podnebí se tato problematika dostává do popředí zájmu odborníků i veřejnosti většinou až v období výskytu sucha a krátce po něm, přibližně do první povodně. Přesto se domníváme, že i v těchto podmínkách je nutno se hodnocení závažnosti a výskytu sucha věnovat systematictěji a propracovávat metodiky, které by bylo možno použít k signalizaci nástupu suchého období a k rychlému a fundovanému stanovení jeho závažnosti v jednotlivých oblastech.

Cílem předloženého příspěvku je aplikace měsíčních hodnot teplot a srážek z observatoře Praha-Klementinum pro výpočet Palmerova indexu závažnosti sucha (PDSI – Palmer Drought Severity Index) za období 1805 – 2000 (196 let) a jeho vyhodnocení z hlediska časových trendů a výskytu suchých období v tomto časovém úseku.

Meteorologická observatoř v pražském Klementinu je pracovištěm, z něhož pochází nejstarší souvislá dochovaná měření základních meteorologických prvků v oblasti střední Evropy. Pravidelná a spolehlivá měření srážek jsou k dispozici od 1.5.1804. Teprve pár desítek let po tomto datu započala měření srážek v Jeně (1827), v Drážďanech (1828), v Budapešti a ve Vídni (1841), v Berlíně (1847) atd. (Pejml 1975). Soustavná teplotní řada je k dispozici dokonce od roku 1775. Je proto zřejmé, že tato ucelená časová řada je vhodným podkladem pro četná zpracování, týkající se zejména kolísání meteorologických prvků za poslední více než dvě stěleté období pro oblast střední Evropy.

Materiál a metodika

Palmerův index závažnosti sucha (PDSI) patří k často používané metodě hodnocení sucha především v USA, pro které byl původně stanoven, jsou však již známy z nedávné doby práce, popisující jeho aplikace ve středoevropských poměrech (Briffa, K., R. 1994, Horvath S., Klementová, E. Litschmann, T. 2001). Popis konstrukce a výpočtu PDSI je zřejmý např. z práce (Alley, M.W. 1984).

Při konstrukci PDSI Palmer stanovil kritéria tak, aby výjimečně vlhký měsíc uprostřed suchého období příliš neovlivnil hodnotu indexu, stejně tak jako série měsíců s přibližně normálními srážkami následující po suchém období ještě neznamená, že již sucho skončilo.

Palmerův index zohledňuje jak klimatické charakteristiky dané oblasti, tak i její základní pedologické hydrologické podmínky. Znamená to tedy, že stejná hodnota Palmerova indexu v různých oblastech by v nich měla mít přibližně i stejné ekonomické dopady. Jeho hodnoty bývají většinou v rozsahu od -6 do +6, v ojedinělých extrémních případech se podle našich zkušeností mohou pohybovat i mimo tyto hranice. V tab. 1 je k jednotlivým intervalům hodnot přiřazeno i jejich slovní vyjádření, vystihující vlhkostní charakter daného období.

Podarilo se nám získat přímo z USA zdrojový program na výpočet měsíčních hodnot PDSI, což má nespornou výhodu v tom, že je možno si jej upravovat podle vlastních potřeb, především pak vstupy a výstupy dat, stejně tak i jako měnit jednotlivé empirické koeficienty a sledovat projevy této změny na výsledné hodnotě PDSI. Rovněž studium zdrojového kódu umožňuje lépe pochopit celkovou filozofii výpočtu a použití jednotlivých rovnic. Jako vstupní hodnoty byly použity měsíční hodnoty teplot a srážek ze stanice Praha-Klementinum za období 1805-2000. Potenciální evapotranspirace se počítala pomocí Thornthwaitovy metody, implementované přímo v programu s použitím příslušných koeficientů vztahujících se k zpracovávané stanici.

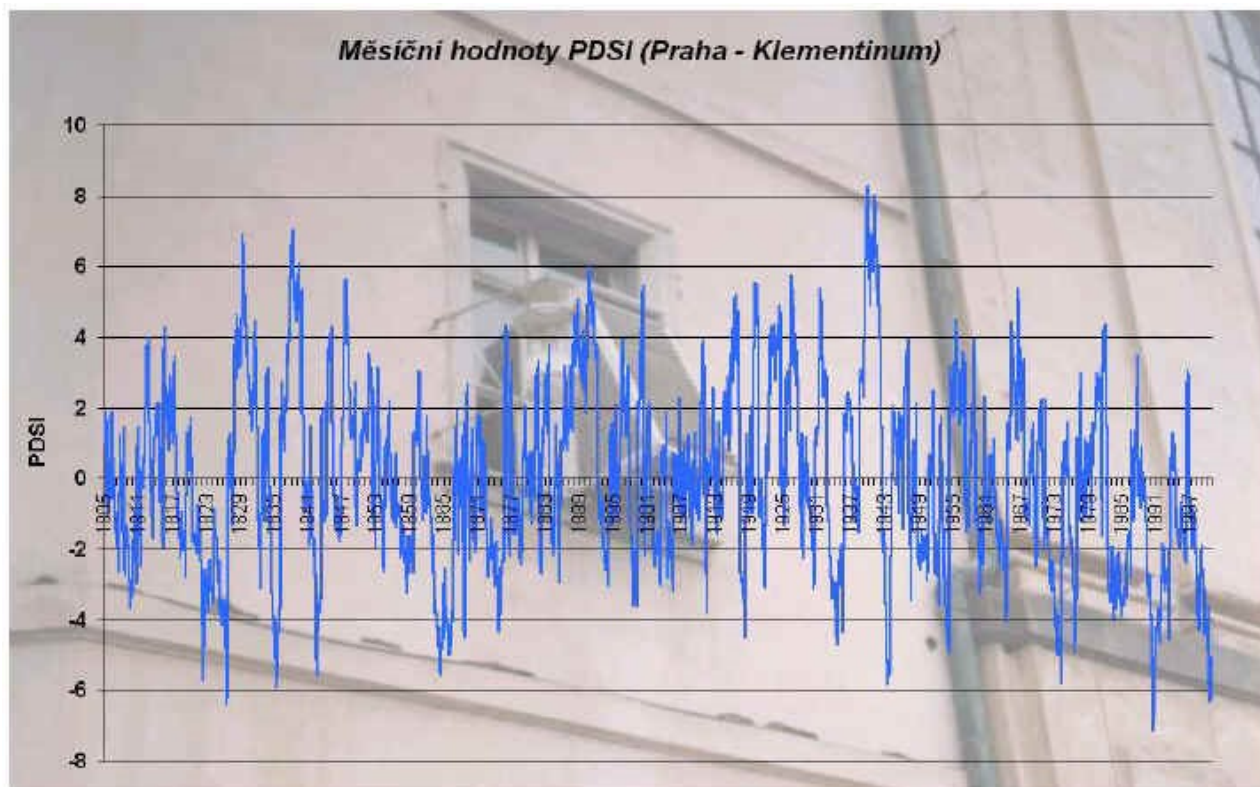
Tab. 1 Slovní označení jednotlivých hodnot PDSI

Palmer Classifications	
4.0 or more	extremely wet
3.0 to 3.99	very wet
2.0 to 2.99	moderately wet
1.0 to 1.99	slightly wet
0.5 to 0.99	incipient wet spell
0.49 to -0.49	near normal
-0.5 to -0.99	incipient dry spell
-1.0 to -1.99	mild drought
-2.0 to -2.99	moderate drought
-3.0 to -3.99	severe drought
-4.0 or less	extreme drought

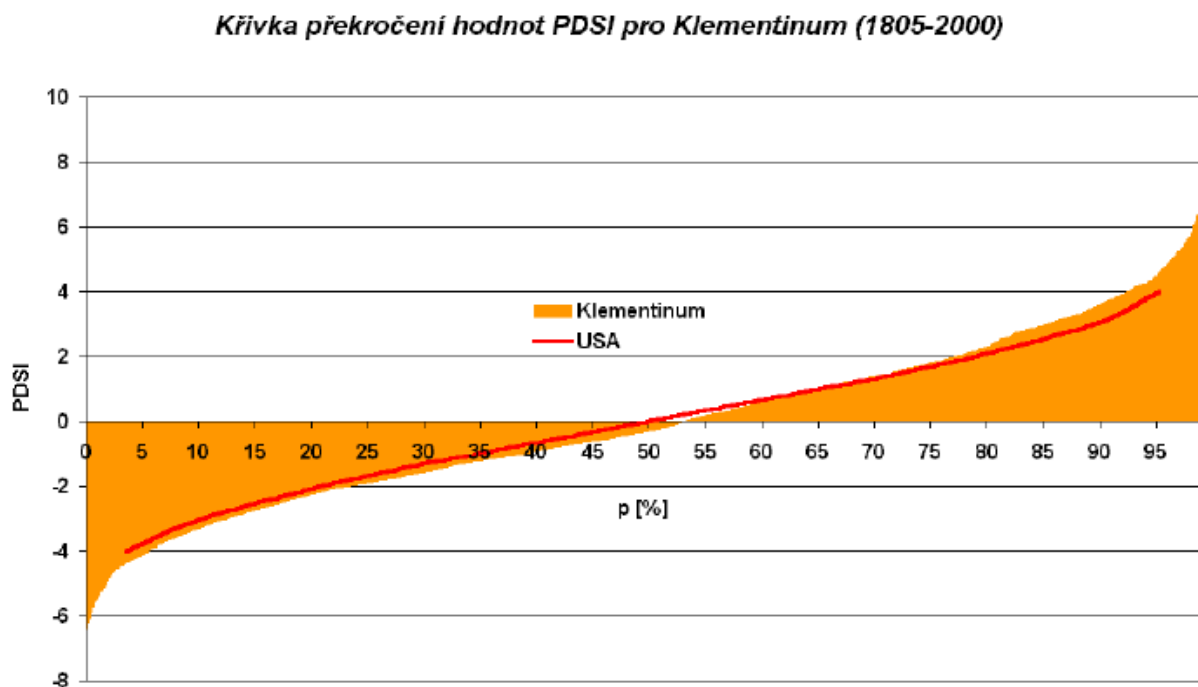
Výsledky a diskuse

Na obr. 1 jsou vyneseny měsíční hodnoty PDSI za celé zpracované období. Na pozadí tohoto grafu je snímek s umístěním teploměrů a vlhkoměrů v klementinské observatoři. Je zcela zřejmé, že se nejedná o typickou makroklimatologickou stanici a její údaje proto nelze používat k běžnému časoprostorovému zpracování, jejich hodnota však spočívá v tom, že představují ucelenou časovou řadu vhodnou ke studiu kolísání klimatu v posledních stoletích.

PDSI je konstruován tak, že při jeho správném výpočtu jsou jeho hodnoty za zpracované období téměř symetricky rozmístěny kolem nulové hodnoty, tzn., že v dané lokalitě se střídají suchá a vlhká období. Na obr. 2 je znázorněno empirické rozdělení hodnot PDSI vypočítaných pro Klementinum a porovnáno s křivkou překročení uváděnou pro oblasti USA. Je zřejmé, že tyto křivky jsou si velmi podobné což svědčí o tom, že konstanty použité v našich výpočtech umožňují získat výsledky srovnatelné s údaji počítanými v jiných částech světa.



Obr. 1



Obr. 2

Z obr. 1 je patrné, že za uplynulých 196 let se střídala období, v nichž převažovala tendence k výskytu častějšího sucha, s vlhčími obdobími. Rozhodli jsme se proto graficky znázornit počet měsíců, v nichž hodnota PDSI klesla pod -2 , po jednotlivých desetiletích. Obr. 3, který představuje výsledek tohoto zpracování, je dosti výmluvný a dokumentuje, že v posledních dvou desetiletích byl největší výskyt měsíců charakterizovaných jako mírné a ještě větší sucho od r. 1811. Situace je o to varovnější, že tyto dvě dekády následovaly po sobě a počet takto klasifikovaných měsíců v každé dekádě přesahoval polovinu celkového počtu. Vyšší počet suchých měsíců je patrný již v desetiletí 1971-1980, které následovalo po poměrně vlhkých šedesátých letech, která přerušila dočasně jejich celkový nárůst od let čtyřicátých.

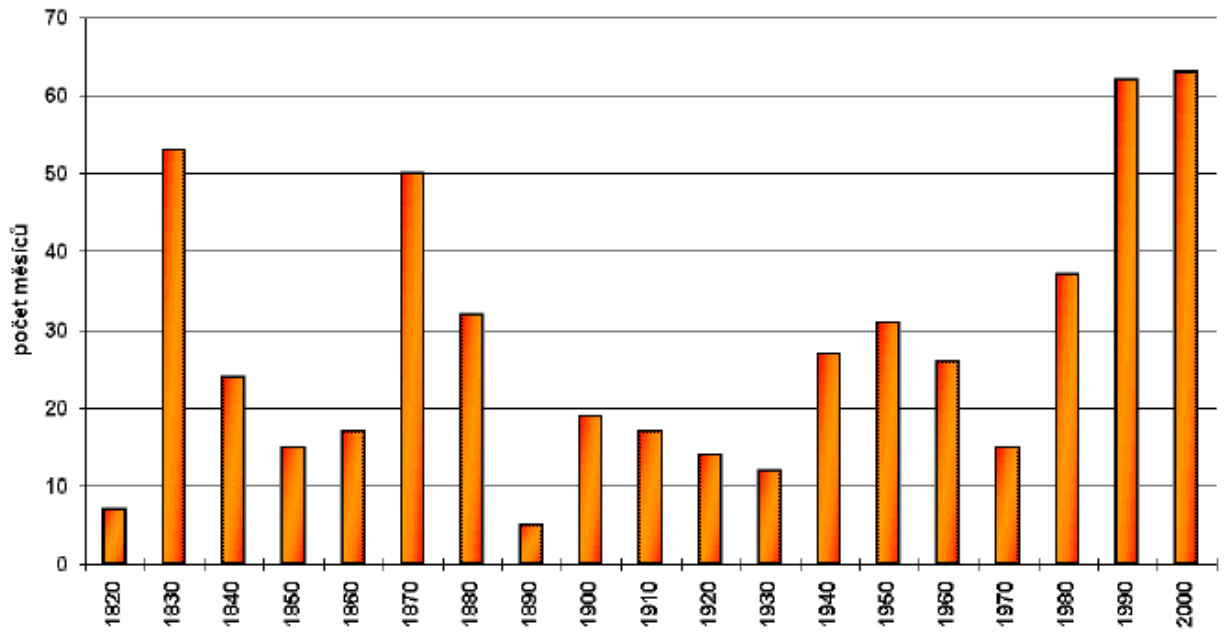
V tab. 2 je vybráno z celého zpracovaného období deset měsíců, v nichž byly hodnoty PDSI nejnižší. Rok 1990 z tohoto počtu obsadil čtyři místa, o zbývající se po třech podělil rok 2000 a 1826. Varovnou skutečností však je, že posledních 11 let zpracovaného období v této tabulce obsadilo 7 míst.

Tab. 2 Pořadí deseti měsíců s nejnižšími hodnotami PDSI od r. 1805

rok	měsíc	PDSI
1990	8	-7.15
1990	7	-6.76
1826	9	-6.39
1990	9	-6.37
2000	8	-6.31
1826	8	-6.2
2000	9	-6.15
1826	10	-6.09
2000	6	-6.09
1990	10	-5.94

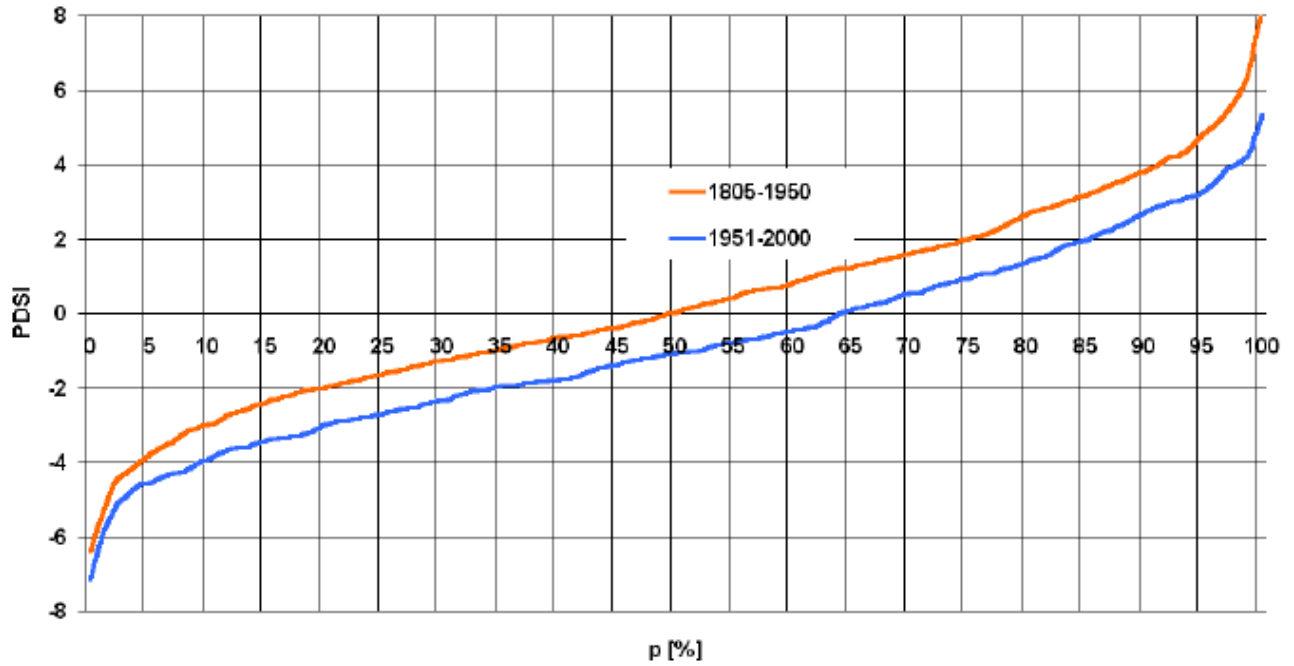
Jestliže pro křivku překročení hodnot PDSI za celé zpracované období by mělo platit, že její parametry odpovídají určitým standardům a neliší se v jednotlivých lokalitách (viz. obr. 2), totéž už nemusí platit pro dva různé výběry z celého souboru. Pokusili jsme se rozdělit celé zpracované období na dvě části, a to do roku 1950 a od roku 1951. Výsledek je na obr. 4 a je zřejmé, že v posledním půlstoletí vzrostla pravděpodobnost výskytu sucha, a to u kategorie mírné sucha a vyšší (pod -2) přibližně o 15 %, u kategorie extrémní sucha (pod -4) o 5 % oproti předcházejícímu období. Pomocí K-S testu jsme prokázali, že tento rozdíl je významný na hladině 0,05.

Počet měsíců s hodnotami PDSI pod -2 v jednotlivých desetiletích (Praha - Klementinum)



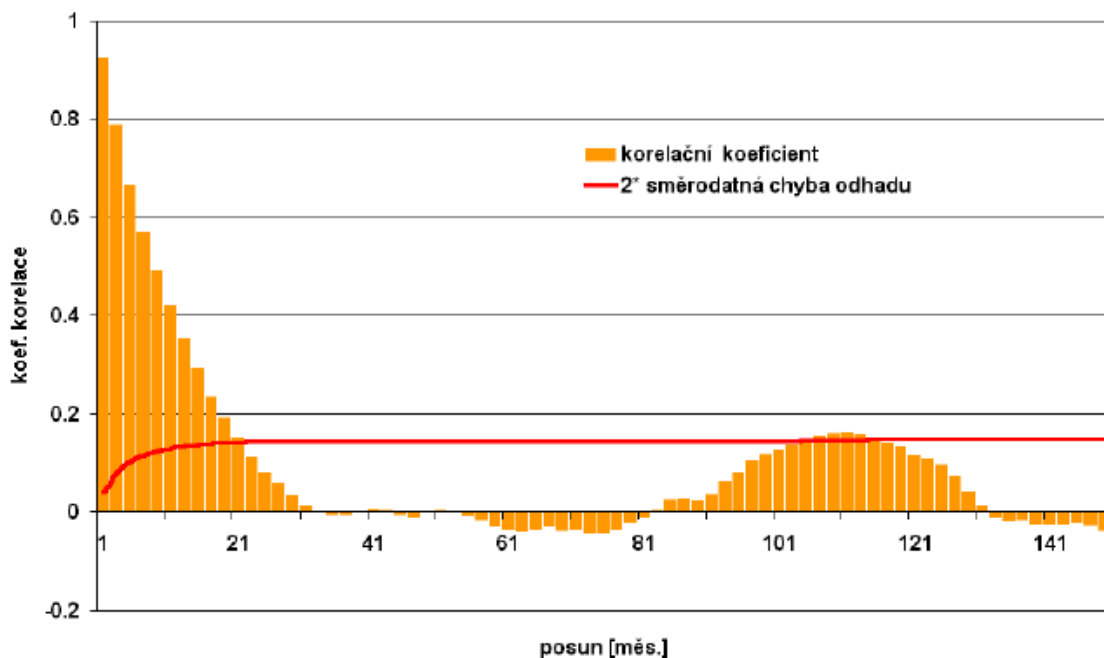
Obr. 3

Porovnání křivek překročení hodnot PDSI za období 1805-1950 a 1951-2000 (Praha - Klementinum)



Obr. 4

**Průběh autokorelačních koeficientů měsíčních hodnot PDSI
(Praha - Klementinum, 1805-2000)**



Obr. 5

Z obr. 1 lze usoudit, že suchá a vlhká období se opakují v určitých intervalech zdánlivě pravidelně, pomocí poměrně jednoduchého prostředku, kterým je autokorelace, lze ukázat, že tato časová řada obsahuje cyklickou složku, jejíž délka má maximum v délce trvání 111 měsíců, (9 a ¼ roku). Jak ukazuje obr. 5, je toto maximum mírně za hranicí významnosti. Tomu přibližně odpovídají i nízké hodnoty PDSI v posledních desetiletích, které se vyskytly v letech 2000, 1990, 1984, 1974, 1964, 1954, a 1943, tedy přibližně s odstupem odpovídajícím křivce autokorelační funkce.

Závěr

Aplikací výpočtu PDSI na klementinskou časovou řadu se nám podařilo nastínit některé skutečnosti, související s výskytem sucha v střeoevropském regionu:

- četnost suchých měsíců v posledních dvou až třech desetiletích dosáhla maxima za celé zpracovaná období, významné je i to, že tato desetiletí následují po sobě
- v posledních 50-ti letech došlo ke zvýšení pravděpodobnosti výskytu měsíců klasifikovaných jako mírně suchý o 15 %, extrémně suchých o 5 %
- sedm z deseti nejsušších měsíců za celé zpracované období se vyskytlo v posledních 11-ti letech
- výpočet autokorelace ukázal na to, že časová řada hodnot PDSI obsahuje cyklickou složku o délce trvání přibližně 9 ¼ roku, s touto periodicitou koresponduje i výskyt suchých období v druhé polovině 20. století

Ačkoliv je jasné, že zejména plošné rozdělení srážek může vykazovat velkou variabilitu, při analýze klementinské časové řady se ukázalo, že větší sucho než v roce 2000 panovalo o deset let

dříve, v roce 1947 sice bylo sucho, avšak v letech 1943 a 1954 dosáhly hodnoty PDSI ještě nižších hodnot. Je to dáno pravděpodobně i tím, že pokud neexistuje objektivní metodika k hodnocení sucha, přistupuje se k této problematice subjektivně, přičemž tento pohled může být ovlivněn jak politickou situací, tak i zájmem médií.

Při hodnocení tendencí a dlouhodobějších trendů ve výskytu sucha je nutno používat pokud možno co nejdélnější časové řady, délka jednoho normálového období je k takovému hodnocení zcela nedostatečná.

Literatura:

AKINREMI, O.O., MCGINN, S.M.: Evaluation of the Palmer Drought Index on the Canadian Prairies. *Journal of Climate*, Vol. 9, 1996, s. 897-905

ALLEY, M.W.: The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions. *Journal of climate and applied meteorology*, Vol. 25, 1984 s. 1100 – 1109

BRIFFA, K., R. et al.: Summer moisture variability across Europe, 1892-1991 an analysis based on the Palmer Drought Severity Index: *International Journal of climatology*, vol.14 1994

CARL T.R.: The Sensitivity of the Palmer Drought Severity Index and Palmer's Z-Index to their Calibration Coefficients Including Potential Evapotranspiration, *Journal of climate and applied meteorology*, Vol. 25, National climatic data center 1986

HORVÁTH, S. et al: Spatial and Temporal Variations of the Palmer Drought Severity Index in South-East Hungary.

KLEMENTOVÁ E., LITSCHMANN, T.: Hodnotenie sucha s ohľadom na doplnkové závlahy. IX. Mezinárodní zahradnická konference, Lednice na Moravě, 3.-6.9.2001,

PEJML, K.: 200 let meteorologické observatoře v pražském Klementinu (The 200th Anniversary of the Prague-Clementinum Meteorological Observatory). HMÚ, Praha 1975, 80 p.