

Hodnotenie sucha na Slovensku podľa Palmerovho indexu závažnosti sucha (PDSI) v podmienkach meniacej sa klímy

Evaluation of drought in Slovakia by the Palmer Drought Severity Index (PDSI) in the conditions of changing climate

Veronika Zuzulová, Bernard Šiška, Juraj Vavrovič

Katedra ekológie, Fakulta európskych štúdií a regionálneho rozvoja, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Mariánska 10, Nitra 949 01, Slovenská Republika¹

Abstrakt

Palmerov index závažnosti sucha bol aplikovaný pre 10 lokalít Slovenska s ohľadom na priestorovú diverzitu územia. Osobitne bolo vyhodnocované obdobie 1951 – 1980 a 1981 – 2010. Okrem trendov bola vyhodnotená aj variabilita PDSI v jednotlivých obdobiach. Nárast variability v lineárnych trendoch bol pozorovaný na 7 lokalitách, pokles na 3 lokalitách. Výsledky lineárnych trendov v časovom 1981 – 2010 rade boli výrazne ovplyvnené extrémne vlhkým rokom 2010.

Kľúčové slová: klimatický normál 1951 – 1980, 1981 – 2010, klimatická zmena

Abstract

Palmer drought severity index was applied on 10 sites with regard to the spatial diversity of the environment of Slovakia. Two time slices were evaluated, 1951 – 1980 and 1981 – 2010. In addition to trends variability was evaluated as well for each site. There was observed an increase of the linear trend for 7 sites and a decrease for 3 sites. The results of the linear trends for the time slice 1981 – 2010 were significantly influenced by the extremely wet year 2010.

Keywords: Climatic time slices 1951 – 1980, 1981 – 2010, climate change

Úvod

Nedostatok vody počas períod sucha v podmienkach meniacej sa klímy stále významnejšie ovplyvňuje poľnohospodárstvo, lesníctvo, vodný režim tokov a nádrží ako aj prírodné ekosystémy v stredoeurópskom priestore (Šiška, Takáč 2009, Škvarenina et al. 2009, Brázdil et al., 2009). Na základe prístupov hodnotenia sucha sa definície sucha členia na sucho meteorologické, hydrologické, poľnohospodárske a socioekonomické (Wilhite, Glantz, 1985).

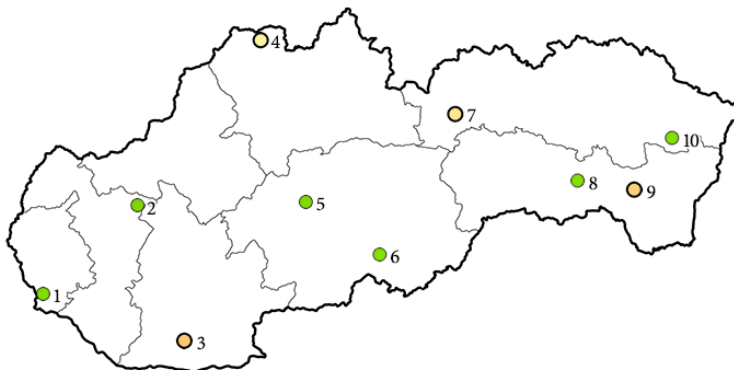
Sucho je pravdepodobne najpomalšie sa vyvíjajúci a dlhodobo pretrvávajúci jav spomedzi extrémnych meteorologických javov. Jednou z metód hodnotenia sucha je Palmerov index závažnosti sucha (Palmer drought severity index – PDSI). Je štandardizovaný pre rozdielne regióny a časové obdobia, takže je použiteľný pre hodnotenie sucha na rôznych územiach s rozdielnou klímou (Dunkel, 2009). Výpočet tohto indexu zohľadňuje nielen klimatické pomery, ale aj pedologické (Litschmann, Rožnovský, 2001). Bol vyvinutý v druhej polovici 60. rokov. Jeho využitie sa postupne rozšírilo do oblastí meteorológie, hydrológie, lesného hospodárstva, ekonómie a poľnohospodárstva, kde sa využívajú dodnes (Trnka et al. 2008). PDSI využíva úhrny potenciálnej evapotranspirácie a vlhovo-odtokových parametrov prostredia. Pre rozmanitosť prírodných podmienok Slovenska je PDSI vhodným spôsobom hodnotenia sucha. Cieľom práce je vyhodnotiť zmenu variability sucha vyjadreného pomocou Palmerovho indexu závažnosti sucha v období rokov 1951 – 2010, keď pozorujeme výraznú zmenu klimatických parametrov prostredia na Slovensku (Lapin, 2011).

Materiál a metódy

Pre hodnotenie závažnosti sucha bolo vybraných desať lokalít s cieľom pokryť výškový profil (limitovaný poľnohospodárskymi výrobnými oblasťami) a priestorový vplyv kontinentality Slovenska (obrázok 1). Spomedzi vybraných staníc pre hodnotenie variability sucha možno považovať z pohľadu limitných klimatických parametrov za kľúčové stanice: Hurbanovo (3 – Podunajská nížina), Čadca (4 – Sever Slovenska), Poprad (7 – Podtatranská oblasť) a Trebišov-Milhostov (9 – Východoslovenská nížina). Každá lokalita bola hodnotená v dvoch nadväzujúcich 30-ročných časových radoch: 1951 – 1980 a 1981 – 2010.

Výpočet Palmerovho indexu (Palmer, 1965) pre dané lokality bol vykonaný prostredníctvom programu vyvinutého v roku 2003 na UNL (Univerzita Nebraska – Lincoln) v USA. Vstupnými údajmi programu sú: mesačný úhrn atmosférických zrážok, priemerná mesačná teplota vzduchu, teplotný normál pre dané obdobie (priemerná teplota vzduchu za dané obdobie), zemepisná šírka hodnotenej lokality a využiteľná vodná kapacita hodnotenej lokality. Program, rovnako ako všetky vstupné údaje boli poskytnuté Slovenským hydrometeorologickým ústavom v Bratislave. Výstupom výpočtu sú hodnoty PDSI v mesačnom kroku počas trvania hodnoteného časového radu pre danú lokalitu. Výstupy boli ďalej prevedené do prehľadných tabuliek, na základe ktorých boli zostrojené dva typy grafov. Prvý typ predstavuje plošný graf závislosti hodnôt PDSI od času pre hodnotené lokality.

Druhý typ predstavuje stĺpcový graf, ktorý zobrazuje podiel mesiacov v sledovanom období, zasiahnutých epizódami sucha, rozdelených podľa Palmerovej klasifikácie.



Obrázok 1: Hodnotené lokality (1 – Bratislava, 2 – Piešťany, 3 – Hurbanovo, 4 – Čadca, 5 – Sliač, 6 – Boľkovce, 7 – Poprad, 8 – Košice, 9 – Trebišov-Milhostov, 10 – Kamenica nad Cirochou)

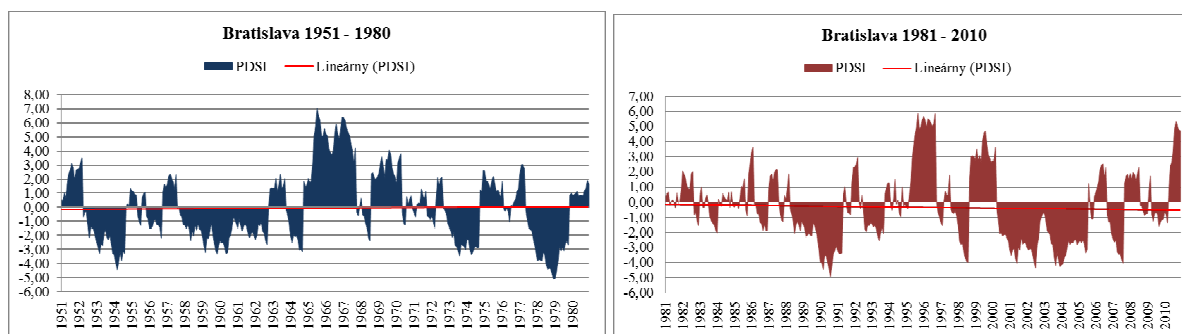
Tabuľka 1: Klasifikácia PDSI

PDSI	Charakteristika mesiaca
$\geq 4,00$	extrémne vlhký
3,00 až 3,99	veľmi vlhký
2,00 až 2,99	mierne vlhký
1,00 až 1,99	slabo vlhký
0,50 až 0,99	obdobie začínajúceho vlhka
0,49 až -0,49	blízko normálu
-0,50 až -0,99	obdobie začínajúceho sucha
-1,00 až -1,99	slabo suchý
-2,00 až -2,99	mierne suchý
-3,00 až -3,99	veľmi suchý
$\leq -4,00$	extrémne suchý

Jednotlivé lokality boli vyhodnotené v mesačnom kroku pre obdobia 1951 – 1980 a 1981 – 2010. Obdobia boli medzi sebou pre každú lokalitu porovnané. Záverom boli porovnané všetky lokality navzájom.

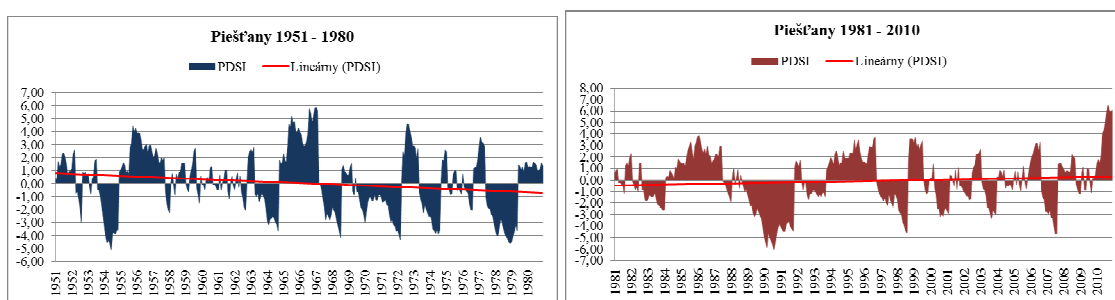
Výsledky

V lokalite Bratislava boli pozorované v období 1951 – 1980 štyri suché obdobia, trvajúce viac ako jeden súvislý rok (obrázok 2). Okrem jedného prípadu (marec 1954) sú všetky extrémne suché mesiace súčasťou posledného zo spomínaných období sucha, ktoré trvalo od leta 1977 po jeseň 1979. Ostatných, kratších období sucha bolo pozorovaných celkom 11. V období 1981 – 2010 bolo pozorovaných šesť období sucha, trvajúcich jeden súvislý rok alebo viac. V troch z nich boli pozorované extrémne suché mesiace, v počtoch 4, 6 a 1. Suchých období kratších ako jeden rok bolo v tejto oblasti za obdobie 1981 – 2010 pozorovaných 11. Lineárny trend za obdobie 1951 – 1980 je len mierne rastúci, zatiaľ čo trend za obdobie 1981 – 2010 je klesajúci.

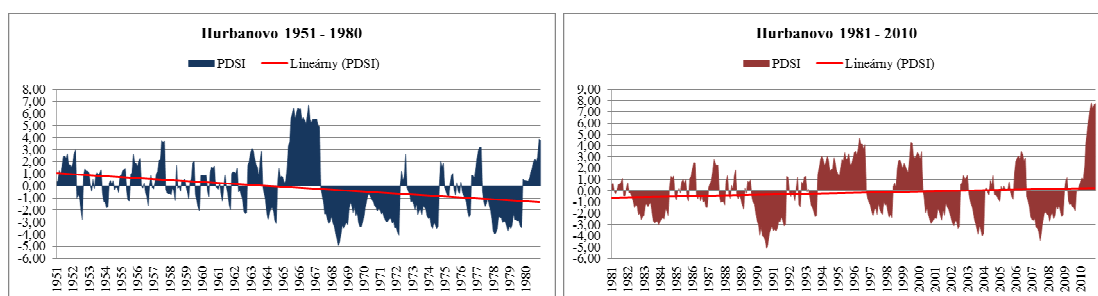


Obrázok 2: Hodnoty PDSI v mesačnom kroku na lokalite Bratislava pre obdobie 1951 – 1980 (modrá) a 1981 – 2010 (červená)

V Piešťanoch bolo pozorovaných v období 1951 – 1980 šesť suchých období, trvajúcich jeden súvislý rok alebo viac (obrázok 3). 13 extrémne suchých mesiacov bolo pozorovaných ako súčasťou štyroch z nich. Najdlhšie súvislé obdobia extrémne suchých mesiacov boli pozorované od februára po jún 1954 a od septembra 1978 po február 1979. Ostatných, kratších období sucha bolo pozorovaných celkom 14. V období 1981 – 2010 bolo pozorovaných päť období sucha, trvajúcich jeden súvislý rok alebo viac. V troch z nich bolo pozorovaných 24 extrémne suchých mesiacov, zahŕňajúc jeden súvislý extrémne suchý rok, od decembra 1989 po november 1990. Suchých období kratších ako jeden rok bolo pozorovaných 20. Lineárny trend za obdobie 1951 – 1980 je klesajúci, trend za obdobie 1981 – 2010 je mierne rastúci.

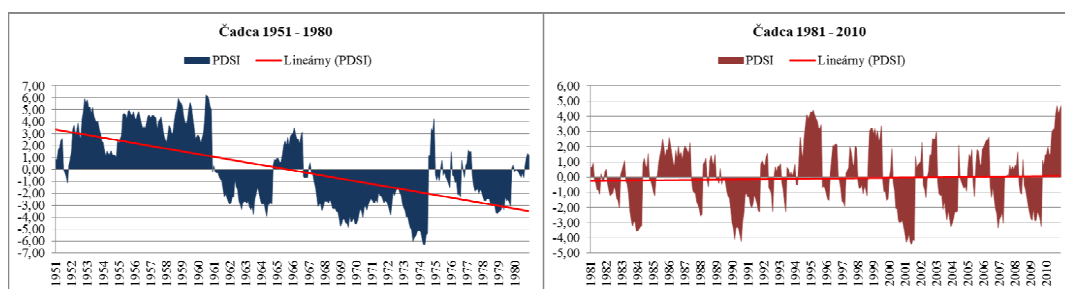


Obrázok 3: Hodnoty PDSI v mesačnom kroku na lokalite Piešťany pre obdobie 1951 – 1980 (modrá) a 1981 – 2010 (červená)



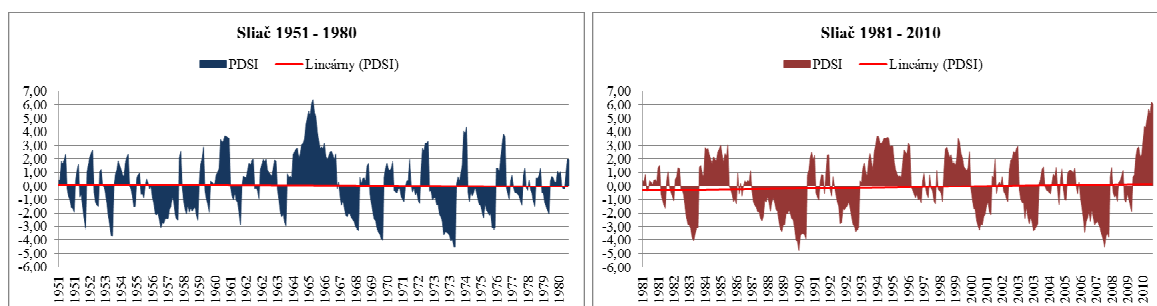
Obrázok 4: Hodnoty PDSI v mesačnom kroku na lokalite Hurbanovo pre obdobie 1951 – 1980 (vľavo) a 1981 – 2010 (vpravo)

Pre obdobie 1951 – 1980 v Hurbanove (obrázok 4) boli po roku 1963 pozorované najviac slabé až mierne suché mesiace, s najdlhším súvislým sledom suchých mesiacov v troch päť mesačných obdobiach začínajúcich v apríli 1952, novembri 1953 a júni 1962. Nasledovalo desať mesačné súvislé obdobie sucha od novembra 1963 po august 1964. Ďalej takmer päťročné obdobie sucha od júna 1967 po marec 1972, v ktorom boli pozorované prvé extrémne suché mesiace (máj až júl 1968 a marec 1972). Záverom obdobia 1951 – 1980 sa vyskytli ešte ďalšie dve obdobia s dĺžkou presahujúcou jeden rok, prvé v rozpätí od novembra 1972 po august 1974 a druhé od júna 1977 po október 1979. Okrem spomenutých sa v tomto období vyskytlo aj 12 období sucha v rozpätí 1 – 4 mesiace. Počas obdobia 1981 – 2010 bolo pozorovaných celkom 5 období súvislého sledu suchých mesiacov dĺžky viac ako jeden rok. Najintenzívnejšie z nich bolo pozorované od septembra 1989 po október 1990. Jeho súčasťou bolo 11 veľmi suchých mesiacov a 5 extrémne suchých mesiacov. Ostatné dva extrémne suché mesiace boli pozorované v decembri 2003 a v júli 2007. Ostatných kratších období sucha v rozpätí 1 – 11 mesiacov bolo 16. Lineárny trend za obdobie 1951 – 1980 je klesajúci, zatiaľ čo trend za obdobie 1981 – 2010 je mierne rastúci.



Obrázok 5: Hodnoty PDSI v mesačnom kroku na lokalite Čadca pre obdobie 1951 – 1980 (vľavo) a 1981 – 2010 (vpravo)

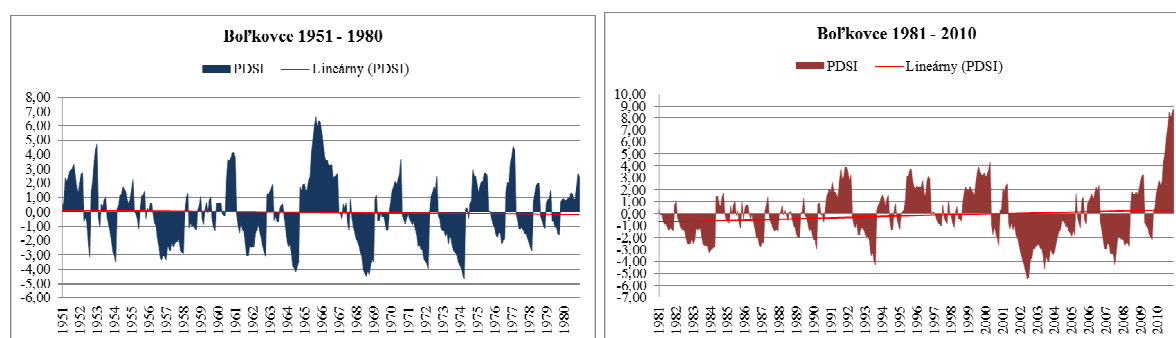
V Čadci nebolo do roku 1961 pozorované takmer žiadne suchu. Avšak hneď prvé výraznejšie obdobie sucha trvalo viac ako tri roky (máj 1961 až september 1964) (obrázok 5). Najdlhšie súvislé obdobie sucha trvalo od mája 1967 po júl 1974 (viac ako 7 rokov). Súčasťou tohto obdobia bolo všetkých 29 extrémne suchých mesiacov za obdobie 1951 – 1980. Koncom sa vyskytlo ešte jedno dlhšie súvislé obdobie sucha, od júna 1977 po október 1979. Okrem toho sa za toto obdobie vyskytlo 9 kratších období sucha v rozpätí 1 – 6 mesiacov. Počas obdobia 1981 – 2010 sa vyskytli štyri obdobia, ktorých trvanie sa pohybovalo medzi 14 – 26 mesiacmi. V stredných dvoch z nich boli pozorované extrémne suché mesiace v počte 2 a 6. Najdlhší súvislý sled extrémne suchých mesiacov bol pozorovaný v období od júna po september 2001. Kratších období sucha bolo za toto obdobie pozorovaných 18 v rozpätí 1 – 11 mesiacov. Lineárny trend za obdobie 1951 – 1980 je výrazne klesajúci, zatiaľ čo trend za obdobie 1981 – 2010 je mierne rastúci.



Obrázok 6: Hodnoty PDSI v mesačnom kroku na lokalite Sliač pre obdobie 1951 – 1980 (modrá) a 1981 – 2010 (červená)

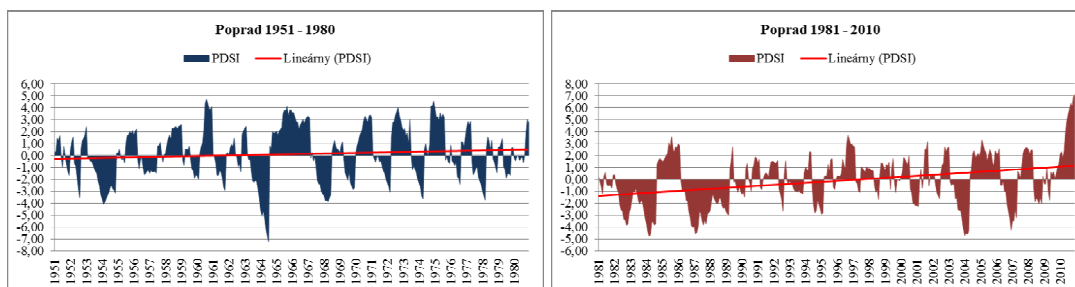
Ako vidieť na obrázku 6, v lokalite Sliač boli pozorované v období 1951 – 1980 štyri suché obdobia, trvajúce viac ako jeden súvislý rok. Okrem jedného prípadu (január 1970) sú všetky

extrémne suché mesiace súčasťou predposledného zo spomínaných období sucha, ktoré trvalo od decembra 1972 po apríl 1974. Kratších období sucha bolo pozorovaných celkom 23. V období 1981 – 2010 bolo pozorovaných šesť období sucha, trvajúcich 11 súvislých mesiacov alebo viac. V troch z nich boli pozorované extrémne suché mesiace, v počtoch 1 (január 1984), 3 (január až marec 1990) a 1 (február 2008). Suchých období kratších ako jeden rok bolo v tejto oblasti za obdobie 1981 – 2010 pozorovaných 20. Trend za obdobie 1951 – 1980 je takmer nepozorovateľný, zatiaľ čo trend za obdobie 1981 – 2010 je už mierne rastúci.



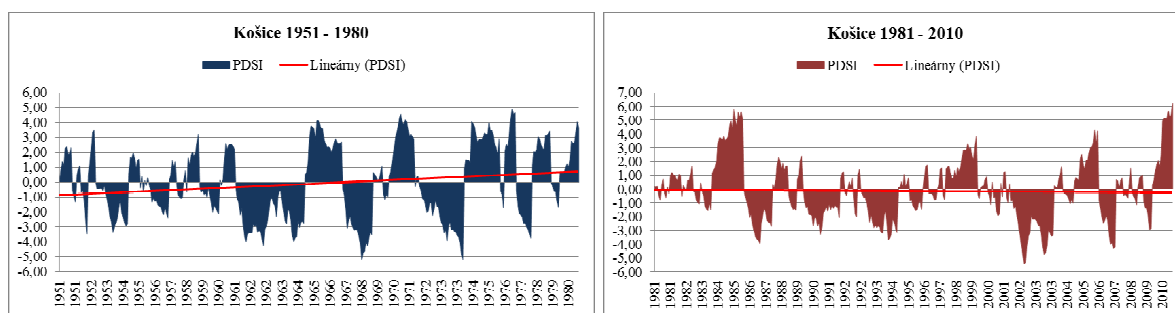
Obrázok 7: Hodnoty PDSI v mesačnom kroku na lokalite Bořkovce pre obdobie 1951 – 1980 (modrá) a 1981 – 2010 (červená)

V Bořkovciach bolo pozorovaných v období 1951 – 1980 päť suchých období trvajúcich viac ako jeden súvislý rok (obrázok 7). Kratších období sucha bolo pozorovaných celkom 15. Výskyt extrémne suchých mesiacov bol pozorovaný v júli 1964, od júna po október 1968 a od marca po apríl 1974. V období 1981 – 2010 boli pozorované štyri obdobia sucha, trvajúce viac ako jeden súvislý rok. Najdlhšie bolo pozorované od mája 2001 po marec 2005 a jeho súčasťou bolo celkom 6 extrémne suchých mesiacov. Zvyšné dva extrémne suché mesiace boli pozorované v suchom období od mája 1992 po august 1993 a v suchom období od septembra 2006 po máj 2008. Suchých období kratších ako jeden rok bolo pozorovaných 10. Lineárny trend za obdobie 1951 – 1980 je veľmi mierne klesajúci, zatiaľ čo trend za obdobie 1981 – 2010 je už mierne rastúci.



Obrázok 8: Hodnoty PDSI v mesačnom kroku na lokalite Poprad pre obdobie 1951 – 1980 (vľavo) a 1981 – 2010 (vpravo)

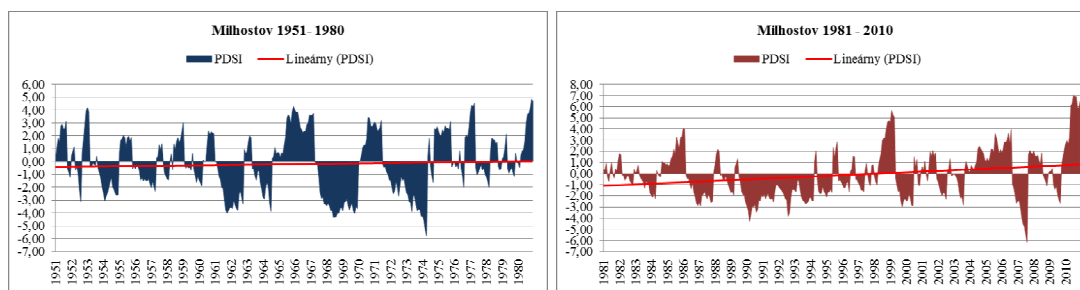
V Poprade boli pre obdobie 1951 – 1980 (obrázok 8) pozorované tri obdobia sucha trvajúce jeden súvislý rok alebo viac. Extrémne suché mesiace boli pozorované ako súčasť týchto období, v marci 1954 a od januára po júl 1964. Kratších období sucha bolo pozorovaných 22 v rozpätí 1 – 11 mesiacov. V období 1981 – 2010 boli pozorované dve obdobia trvajúce viac ako jeden rok, obe v prvej dekáde tohto obdobia, od marca 1982 po august 1984 a od apríla 1986 po marec 1989. Súčasťou oboch z nich boli 3 extrémne suché mesiace. Zvyšných 6 extrémne suchých mesiacov bolo pozorovaných v poslednej dekáde tohto obdobia, od decembra 2003 po apríl 2004 a v decembri 2007. Kratších súvislých období sucha bolo pozorovaných 23 v rozpätí 1 – 11 mesiacov. Lineárny trend za obdobie 1951 – 1980 je mierne rastúci, zatiaľ čo trend za obdobie 1981 – 2010 je rastúci.



Obrázok 9: Hodnoty PDSI v mesačnom kroku na lokalite Košice pre obdobie 1951 – 1980 (modrá) a 1981 – 2010 (červená)

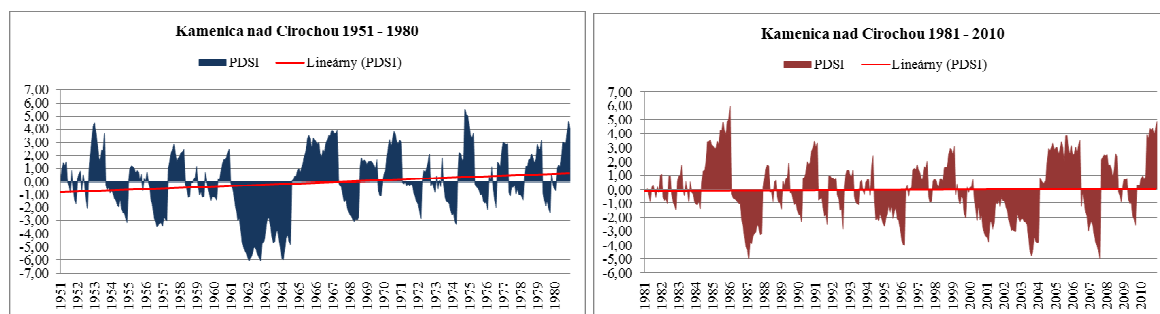
V Košiciach bolo pozorovaných v období 1951 – 1980 päť suchých období, trvajúcich jeden súvislý rok alebo viac. 10 extrémne suchých mesiacov bolo pozorovaných ako súčasť troch z nich (obrázok 9). Najdlhšie súvislé obdobie extrémne suchých mesiacov bolo pozorované od mája po august, resp. október 1968 (hodnota PDSI pre september 1968 predstavuje -3,99).

Ostatných, kratších období sucha bolo pozorovaných celkom 12. V období 1981 – 2010 bolo pozorovaných päť období sucha, trvajúcich jeden súvislý rok alebo viac. V dvoch z nich (obe po roku 2000) bolo pozorovaných 8 a 3 extrémne suchých mesiacov. Suchých období kratších ako jeden rok bolo pozorovaných 18. Lineárny trend za obdobie 1951 – 1980 je mierne rastúci, zatiaľ čo trend za obdobie 1981 – 2010 je mierne klesajúci.



Obrázok 10: Hodnoty PDSI v mesačnom kroku na lokalite Trebišov-Milhostov pre obdobie 1951 – 1980 (vľavo) a 1981 – 2010 (vpravo)

Pre obdobie 1951 – 1980 bolo na lokalite Trebišov-Milhostov (obrázok 10) pozorovaných šesť období sucha trvajúceho viac ako jeden súvislý rok, od septembra 1953 po december 1954, od apríla 1956 po apríl 1957, od marca 1961 po október 1962, od mája 1963 po júl 1964, od júla 1967 po december 1969 a od októbra 1971 po apríl 1974. Súčasťou posledných troch spomenutých období boli aj extrémne suché mesiace (október 1961, jún až august a október 1968 a október 1969 a december 1973 až apríl 1974). Kratších období sucha bolo pozorovaných 17 v rozpätí 1 – 7 mesiacov. V období 1981 – 2010 bolo pozorovaných päť období sucha v rozpätí 12 – 56 mesiacov. Extrémne suché mesiace sa vyskytli ako súčasť týchto období v marci 1990 (ako súčasť obdobia od augusta 1989 po marec 1994) a od mája po august 2007 (ako súčasť obdobia od septembra 2006 po august 2007). Kratších súvislých období sucha bolo pozorovaných 15 v rozpätí 1 – 11 mesiacov. Lineárny trend za obdobie 1951 – 1980 je mierne rastúci, zatiaľ čo trend za obdobie 1981 – 2010 je rastúci.

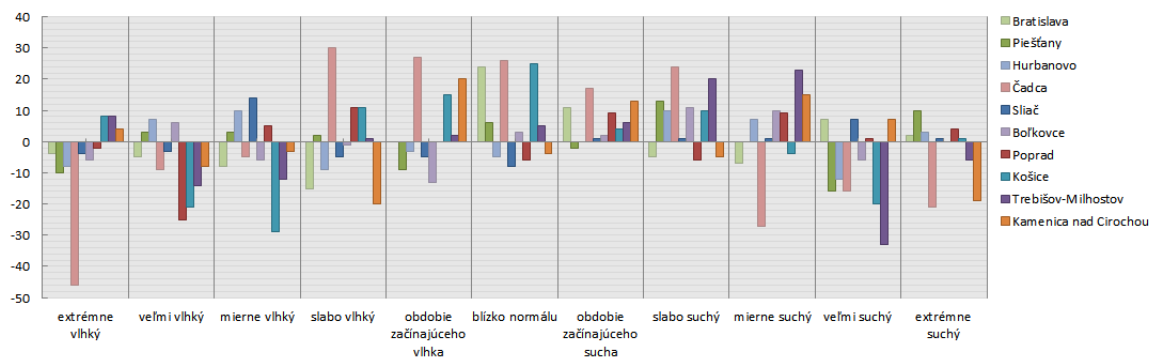


Obrázok 11: Hodnoty PDSI v mesačnom kroku na lokalite Kamenica nad Círochou pre obdobie 1951 – 1980 (modrá) a 1981 – 2010 (červená)

V Kamenici nad Círochou boli pozorované v období 1951 – 1980 celkom štyri suché obdobia, trvajúce jeden súvislý rok alebo viac (obrázok 11). Všetkých 29 extrémne suchých mesiacov bolo pozorovaných v najdlhšom súvislom suchom období od marca 1961 po júl 1964. Ostatných, kratších období sucha bolo pozorovaných celkom 21. V období 1981 – 2010 boli pozorované štyri obdobia sucha, trvajúce jeden súvislý rok alebo viac. V troch z nich boli pozorované tri extrémne suché mesiace, v štvrtom jeden. Suchých období kratších ako jeden rok bolo pozorovaných 18. Lineárny trend za obdobie 1951 – 1980 je rastúci, zatiaľ čo trend za obdobie 1981 – 2010 je takmer neutrálny.

Diskusia

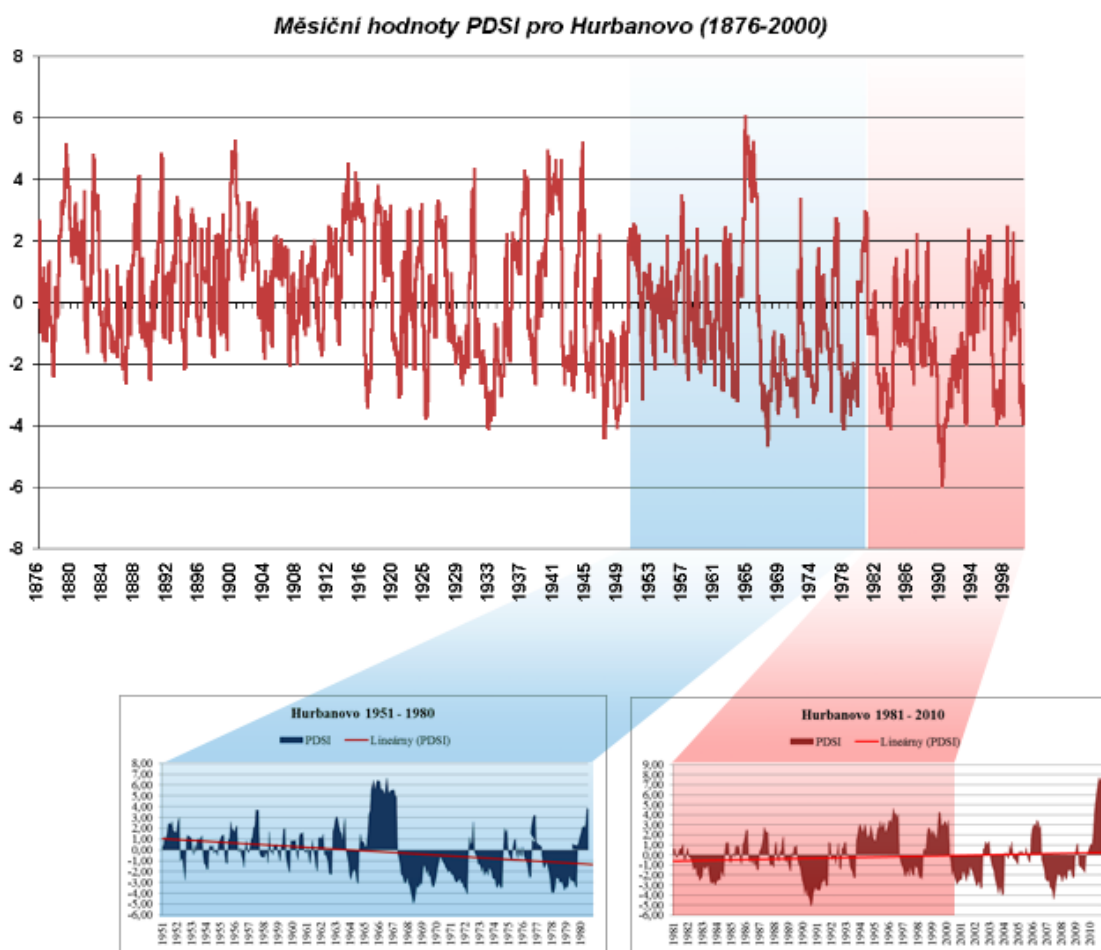
Pri porovnaní zmien počtu jednotlivých mesiacov PDSI klasifikácie (obrázok 12) pre všetky sledované lokality bolo pozorovaných niekoľko výrazných, rovnako ako aj minimálnych odlišností. K najväčšej zmene došlo v prípade Čadce, kde bol v období 1981 – 2010 oproti predošlému obdobiu 1951 – 1980 pozorovaný úbytok mierne suchých mesiacov o 27, veľmi suchých mesiacov o 16 a extrémne suchých mesiacov o 21. Na druhej strane pribudlo 26 mesiacov blízko normálu, 17 mesiacov obdobia začínajúceho sucha a 24 slabo suchých mesiacov. Ďalšie výrazné zmeny boli pozorované v Trebišove-Milhostov, kde došlo k zvýšeniu počtu slabo suchých mesiacov o 20, mierne suchých mesiacov o 23 a zníženiu počtu veľmi suchých mesiacov o 33.



Obrázok 12: Rozdiel počtu mesiacov podľa klasifikácie PDSI v období 1981 – 2010 vzhľadom na ich početnosť za obdobie 1951 – 1980

Výrazný pokles (19) extrémne suchých mesiacov bol pozorovaný aj v Kamenici nad Cirochou. Košice charakterizuje pokles počtu veľmi suchých mesiacov o 20 mesiacov. V Bratislave bol pozorovaný 24 mesačný prírastok mesiacov blízko normálu. Najmenšie zmeny vo výskyte suchých mesiacov podľa PDSI klasifikácie boli pozorované v lokalitách Poprad a Sliach.

Na základe komparácie hodnôt PDSI na lokalite Hurbanovo pre obdobia 1951 – 1980 a 1981 – 2010 s hodnotami pre 1976 – 2000 (Litschmann et al., 2002) bola preukázaná rozdielnosť v rozmedzí variability hodnôt PDSI (obrázok 13). Pre hodnotené obdobie 1876 – 2000 dosahuje PDSI najnižšiu hodnotu -6,0 v roku 1990, najvyššia hodnota v období 1981 – 2010 predstavuje -5,12 (august 1990). Naopak najvyššou hodnotou počas obdobia 1976 – 2000 predstavuje hodnota približne 6,0 a počas obdobia 1951 – 1980 to je hodnota 6,69 (august 1966). Trend zmien výskytu suchých a vlhkých období je pre rôzne obdobia porovnateľný. Zmeny v rozmedzí variability hodnôt PDSI sú pravdepodobne spôsobené metodikou prepočtu PDSI, kde jedným zo vstupov je klimatický normál za celkové sledované obdobie. Rovnako mohla vzniknúť aj mierna odchýlka spôsobená využitím rôznych prepočtových programov.



Obrázok 13: Porovnanie hodnôt PDSI na lokalite Hurbanovo v závislosti od zadaného časového obdobia, hore: obdobie 1876 – 2000 (Litschmann et al., 2002), dole: obdobia 1951 – 1980 a 1981 – 2010

Záver

Bolo pozorovaných niekoľko charakteristických suchých období spoločných pre viaceré z hodnotených lokalít, najmä medzi rokmi 1967 – 1968, 1969 – 1970, 1971 – 1972, 1977 – 1978, 1982 – 1984, 1989 – 1990, 2003 – 2004 a 2006 – 2007. V období 1981 – 2010 bola oproti obdobiu 1951 – 1980 pozorovaná zvýšená variabilita striedavého výskytu suchých a vlhkých období, najmä v prípade Čadce. V takmer všetkých lokalitách bola pozorovaná približná uniformita v rozložení mesiacov podľa PDSI klasifikácie počas sledovaného obdobia. Boli pozorované aj niektoré prípady, ktoré spomínanú uniformitu narušujú, najvýraznejšie z nich predstavuje Čadca za obdobie 1951 – 1980 a Kamenica nad Cirochou za obdobie 1981 – 2010.

Literatúra

BRÁZDIL, R. et al. 2009. Variability of droughts in the Czech Republic, 1881 – 2006. In *Theoretical and Applied Climatology*. vol. 97, pp. 297 – 315. ISSN 1434-4483.

DUNKEL, Z. 2009. Brief surveying and discussing of drought indices used in agricultural meteorology. In *Időjárás, Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, vol. 113, No. 1 – 2, January – June 2009, pp. 23 – 37.

LAPIN, M. 2011. Climate changes in 1881–2100 and the 2010 weather extremes in Central Europe. In *International Issues & Slovak Foreign Policy Affairs*, vol. 01/2011, pp. 22-31.

LITSCHMANN, T. – KLEMENTOVÁ, E. – ROŽNOVSKÝ, J. 2002. Vyhodnocení period sucha v časových řadách pražského Klementina a Hurbanova pomocí PDSI. In *XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě*. vol. 2, no. 4, pp. 280-289.

LITSCHMANN, T. – ROŽNOVSKÝ, G. 2001. Palmerův index závažnosti sucha a jeho aplikace pro lokalitu Žabčice. In *Sucho, hodnocení a predikce* : pracovní seminář. Brno, 19. 11. 2011.

PALMER, W.C. 1965. Meteorological drought. Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C.

ŠIŠKA, B. – TAKÁČ, J. 2009. Drought analyses of agricultural regions as influenced by climatic conditions in the Slovak Republic. In *Időjárás : Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. - Budapest : Hungarian Meteorological Service, 2009, vol. 113, no. 1-2, pp. 135-143.

ŠKVARENINA, J. – TOMLAIN, J. – HRVOL, J. – ŠKVARENINOVÁ, J. 2009. Occurrence of dry and wet periods in altitudinal vegetation stages of West Carpathians in Slovakia: Time-Series Analysis 1951-2005. In *Bioclimatology and Natural Hazards* (eds.: Strelcova et al.). Springer-Verlag, 97-106.

TRNKA, M. (ed) 2008. Metodiky sledování zranitelnosti ekosystémů a adaptačních opatření ve vazbě na změnu klimatu. In ŽALUD, Z. et al. *Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu – metodiky stanovení indikátorů ekosystémových služeb*. Brno : Ediční středisko MZLU v Brně. pp. 140. ISBN 978-80-7375-221-7.

WILHITE, D. A. – GLANTZ, M. H. 1985. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. In *Water International*. 1985. 10, 111 – 120.

Pod'akovanie

Práca bola podporená projektom VEGA 2/0117/13: Hodnotenie stavu a dynamiky biotopov s využitím modelovania a diaľkového prieskumu Zeme.

Kontakt:

Prof. RNDr. Bernard Šiška, PhD.

Katedra ekológie, Fakulta európskych štúdií, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Trieda Andreja Hlinku 1, 949 01 Nitra

e-mail: bernard.siska@uniag.sk