

VÝSKYT SUCHA A ANALÝZA ZRÁŽOK PRI JEHO VÝSKYTE V JARNÝCH MESIACHOCH

Marianna Patassiová, Eva Klementová, Tomáš Litschmann, Milan Čistý

ANALYSIS OF THE DROUGHT AND INFLUENCE OF THE PRECIPITATION ON ITS OCCURRENCE DURING SPRING MONTHS. Authors state definition of the term and analysis of the factors that exercise an influence on drought occurrence in the previous paper (ACTA HYDROLOGICA SLOVACA 2, č.2 2001, p. 198-205). In this paper analysis of the precipitation and other meteorological factors from weather station Hurbanovo for years 1961-2000 is accomplished and evaluated. Authors chose this locality because it is a part of the most important irrigation region in Slovakia. That is why their findings could contribute to evaluation of the substantiation of the irrigation and the need of its employment here. Two first months of the vegetal season are examined in this paper (April and May), because supplement of the moisture in these months is fundamental for optimal crops development.

KEY WORDS: precipitation, drought, Palmers Drought Severity Index

Úvod

Problematika, dotýkajúca sa sucha a jeho hodnotenia, je v súčasnosti častým námetom konferencií či prác klimatológov a vodohospodárov. Sucho a jeho hodnotenie je zaujímavou témou predovšetkým v semiaridných oblastiach, kde sa pomerne často vyskytuje a kde i spôsobené ekonomické škody nadobúdajú značných rozmerov. V prechodnom stredo európskom podnebí sa táto problematika dostáva do popredia záujmu odborníkov i verejnosti väčšinou až v čase výskytu sucha a krátko po ňom, približne do prvej povodne. Napriek tomu sa domnievame, že aj v týchto podmienkach je potrebné sa systematickejšie zaoberať hodnotením závažnosti a výskytu sucha a zdokonaľovať metodiky, ktoré by bolo možno používať na signalizáciu nástupu suchého obdobia a na rýchle a fundované stanovenie príslušných opatrení v jednotlivých oblastiach.

Cieľom predloženého príspevku je pokračovať v práci o suchu, ktorú autori príspevku začali ešte v roku 1985 a s prestávkami sa k tomuto fenoménu vo svojej práci vracajú. Niektoré výsledky práce boli už publikované samostatne, niektoré sa syntetizujú z dôvodu porovnania spracovaných výsledkov a bola potrebná aj ich aktualizácia v čase.

Príspevok je pokračovaním práce uvedenej v článku ACTA HYDROLOGICA SLOVACA 2, č.2 2001, str. 198-205. Zaoberáme sa časovou analýzou zrážkových úhrnov v dvoch jarných mesiacoch, ktoré sú z hľadiska výskytu sucha východnou charakteristikou. Prácu sme zamerali takto z toho dôvodu, že podmienky začiatku vegetačného obdobia sú základným predpokladom, ako sa bude vegetácii ďalej dariť. Je zrejmé, že na suchosť oblasti vplyvajú okrem zrážok aj ďalšie meteorologické prvky, ktoré pôsobia spolu so stanovištnými podmienkami, pôdnymi podmienkami, a s nimi súvisiacimi zámermi poľnohospodárskej výroby vo výbere pestovaných plodín, ich vlhkových potrieb a rastových fáz. Predovšetkým sme spracovali analýzu zrážkových úhrnov jednotlivých dní a mesiacov, ich množstva a rozdelenia.

Uvedieme aplikáciu metódy stanovenia závažnosti sucha pomocou denných hodnôt teplôt a zrážok zo zrážkomernej stanice Hurbanovo pre výpočet Palmerovho indexu závažnosti sucha (PDSI – Palmer Drought Severity Index) v skúmanom období 1961 – 2000 (40 rokov) a jeho vyhodnotenie z hľadiska časových trendov a výskytu suchých období v tomto časovom úseku.

Materiál

Vstupnú databázu sme naplnili pomocou meteorologických prvkov z Hurbanova v období 1961-2000 nasledovne:

- Pre analýzu zrážkových úhrnov v mesiacoch apríl a máj
 - časový rad denných zrážkových úhrnov
- Pre aplikáciu metódy stanovenia závažnosti sucha pomocou PDSI (40 rokov) a jeho vyhodnotenie z hľadiska časových trendov a výskytu suchých období v tomto časovom úseku časové rady:
 - denných zrážkových úhrnov
 - priemerných denných teplôt

Metodika

Na spracovanie sme využili štatistické metódy.

Analýzu zrážkových úhrnov v mesiacoch apríl a máj sme robili z:

- časových radov denných zrážkových úhrnov v Hurbanove vo zvolenom 40 ročnom období,
- empirickej čiary prekročenia mesačných zrážkových úhrnov,
- empirickej čiary výskytov maximálneho počtu po sebe idúcich bezzrážkových oddielov,
- empirickej čiary počtu výskytov zrážkových dní v mesiaci,
- empirickej čiary denných maxim zrážkových úhrnov v mesiaci,

Východným spracovaním je posúdenie dosiahnutého mesačného zrážkového úhrnu v každom roku štatistického obdobia. Základnou charakteristikou je jeho priemer, ktorý je súčasne možno posúdiť podľa známeho kritéria Zunkera a vyjadriť tak mieru suchosti danej oblasti. Pre okrajové mesiace vegetačného obdobia (IV a IX) sa ako hraničná hodnota berie mesačný zrážkový úhrn 50mm a pre medziľahlé mesiace 60mm. Pretože zrážky v časovom slede majú preukazne náhodný charakter, ich ďalšiu analýzu sme viazali na pravdepodobnosť ich výskytu – denné zrážkové úhrny, trvanie - počet za sebou idúcich bezzrážkových dní, počet dní so zrážkami a veľkosti – výskyt denných maxim zrážkových úhrnov v mesiaci (Patassiová, Klementová, 2001).

Aplikácia metódy stanovenia závažnosti sucha pomocou PDSI (40 rokov) a jeho vyhodnotenie z hľadiska časových trendov a výskytu suchých období v tomto časovom úseku.

Na výpočet mesačných hodnôt PDSI bol použitý zdrojový program z USA, ktorý má výhodu v tom, že je možné ho modifikovať, predovšetkým vstupy a výstupy dát a umožňuje zadávať hodnoty jednotlivých empirických koeficientov. Štúdium zdrojového kódu umožňuje lepšie pochopiť celkovú filozofiu výpočtu a použitie jednotlivých rovníc. Ako vstupné hodnoty boli použité mesačné hodnoty teplôt a zrážok zo stanice Hurbanovo v období 1961-2000. Potenciálna evapotranspirácia sa počítala pomocou Thornthwaitovej metódy, implementovanej priamo v programe s použitím príslušných koeficientov vzťahujúcich sa ku spracovávanej stanici.

Palmerov index závažnosti sucha (PDSI) je často používaná metóda hodnotenia sucha predovšetkým v USA, pre ktoré bol pôvodne stanovený. Z nedávnej doby sú však známe práce, popisujúce jeho aplikáciu aj v stredoeurópskych pomeroch (Briffa, K.,R., 1994, Horvath S., 1998, Klementova, E., Litschmann,T., 2001). Popis metodiky výpočtu PDSI je zrejmy napr. z práce (Alley, M.W. 1984).

Pri konštrukcii PDSI Palmer stanovil kritérium, podľa ktorého nemá výnimočne vlhký mesiac uprostred suchého obdobia príliš ovplyvňovať hodnotu indexu, rovnako ako ani séria mesiacov s približne normálnymi zrážkami nasledujúcimi po suchom období ešte neznamená, že už sucho skončilo.

Tabuľka 1. Miera hodnotenia sucha pomocou PDSI

Palmerova klasifikácia miery sucha	
Hodnota PDSI	Slovné označenie pre mieru sucha
≥ 4	Extrémne vlhko
3.0 - 3.99	Veľmi vlhko
2.0 - 2.99	Priemerne vlhko
1,0 – 1,99	Mierne vlhko
0.5 - 0.99	Počínajúce vlhko
0.49 až -0.49	Blízko normálu, vlhovo vyrovnané
-0.5 až -0.99	Počínajúce sucho
-1.0 až -1.99	Mierne sucho
-2.0 až -2.99	Sucho
-3.0 až -3.99	Veľmi sucho
≤ -4.0	Extrémne sucho

Palmerov index zohľadňuje ako klimatické charakteristiky danej oblasti, tak i jej základné pedologické hydrologické. Znamená to teda, že rovnaká hodnota Palmerovho indexu v rôznych oblastiach by v nich mala mať približne aj rovnaké ekonomické dôsledky. Jeho hodnoty bývajú väčšinou v rozsahu od -6 do +6, v ojedinelých extrémnych prípadoch sa podľa našich skúseností môžu pohybovať aj mimo tejto hranice. V tab. 1 je k jednotlivým intervalom hodnôt priradené aj ich slovné vyjadrenie, vystihujúce vlhkosťový charakter daného obdobia.

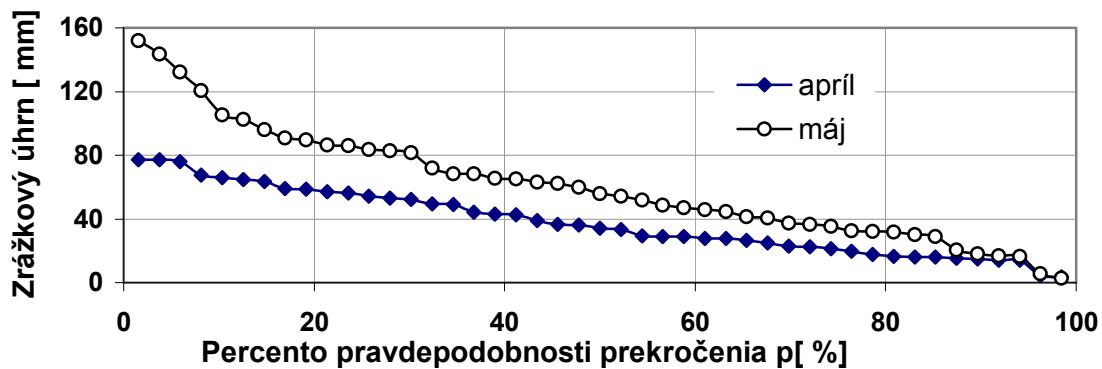
Výsledky a diskusia

Analýza zrážkových úhrnov v mesiacoch apríl a máj

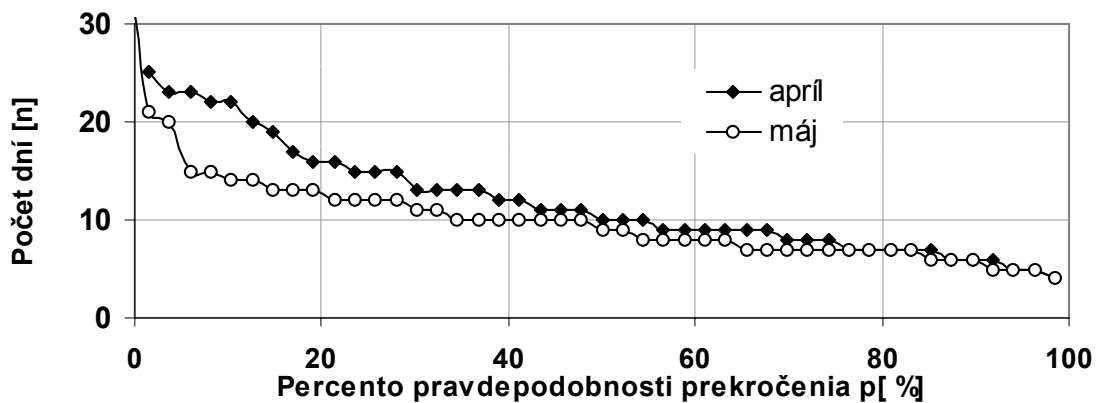
Z priemerných mesačných zrážkových úhrnov sa podľa Zunkera môže hodnotiť podľa dlhodobého priemeru (1961-2000) v Hurbanove mesiac apríl ako suchý ($38\text{mm} < 50$), a mesiac máj na hranici sucha ($59,7\text{mm} \cong 60$).

Z čiary prekročenia mesačných zrážkových úhrnov na obrázku 1 je možné konštatovať, že zrážkový úhrn 50mm, ktorý je pre stanovenie suchého mesiaca rozhodujúci, sa vyskytne s pravdepodobnosťou $p=64\%$, teda s $p=36\%$ bude mesačný zrážkový úhrn v apríli vyšší ako 50mm. Pre mesiac máj je to menšie ako 60mm a pravdepodobnosť jeho výskytu je 57%, čo znamená, že s $p=43\%$ sa vyskytne v máji zrážkový úhrn vyšší ako 60mm.

Na základe analýzy časového radu denných zrážkových úhrnov môžeme konštatovať, že v uvedenom období sa vyskytlo maximum v mesiaci apríl, oddiel 26 dní bez zrážok a v mesiaci máj 20 dní. Čiarou prekročenia tohoto javu na obrázku 2 je možné vyjadriť pravdepodobnosť prekročenia tohoto javu. V apríli je pre výskyt 20 dňového bezzrážkového oddielu pravdepodobnosť až 14% a v máji len 4,2%, pre výskyt 15 bezzrážkových dní je to v apríli 29%, v máji 11,6%.



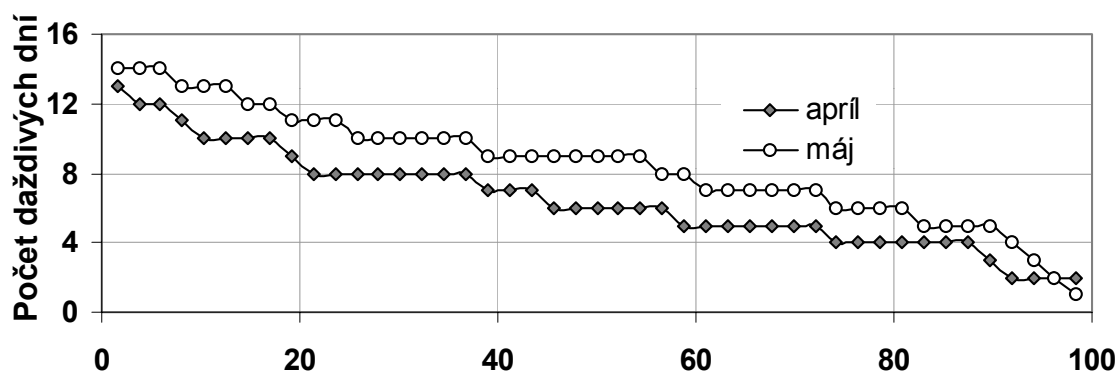
Obr. 1 Empirická čiara prekročenia mesačných zrážkových úhrnov Hurbanovo, 1961-2000



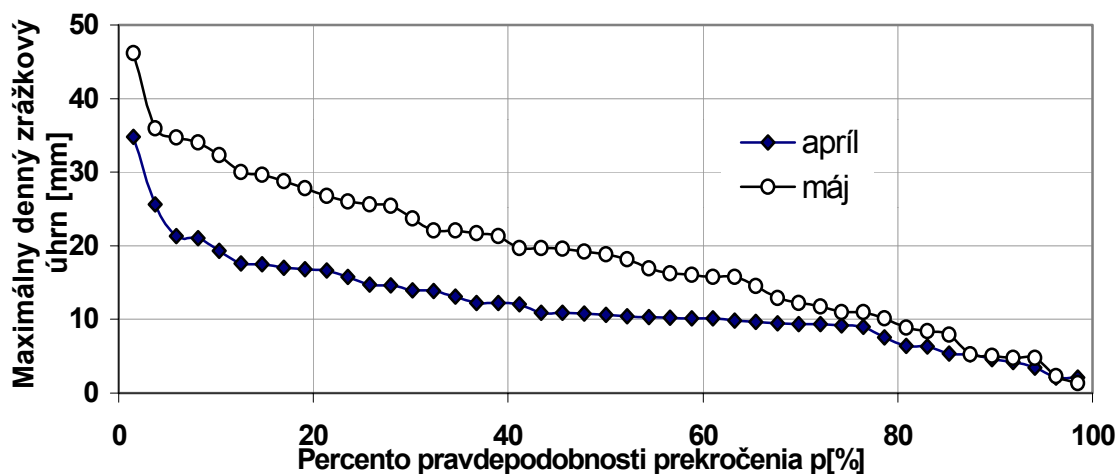
Obr. 2 Empirická čiara prekročenia po sebe idúcich dní bez zrážok Hurbanovo, 1961-2000

S ohľadom na dôsledky nedostatku vody na vegetáciu, respektíve na pestované poľnohospodárske plodiny, je možné všimnúť si na obrázku 3 pre tieto hodnoty pravdepodobnosti, že pre mesiac apríl je to maximálne 8 dažďových dní. Vyskytne sa teda ešte 7 bezzrážkových dní ktoré sú roztrúsené pomedzi tieto dažďové dni. V mesiaci máj je to 15 bezzrážkových dní pri $p=11,6\%$ pri súčasnom výskyte 7-14 dažďových dní, striedaných s bezzrážkovými. Už výskyt oddielu 10 dní s $p=39\%$ bez zrážok, znamená pre distribúciu vody k plodine veľmi nepriaznivý jav, nastáva pokles obsahu vody v pôdnom profile. Pokiaľ nedosiahne tento pokles stav nasýtenia pôdneho profilu vodou na hydrolimit - bod vädnutia, je možné opäť po dostatočnej zrážke očakávať, že rast plodiny nebude porušený.

Sledovali a hodnotili sme nielen výskyt a trvanie týchto bezzrážkových dní, ale aj množstvo zrážok. Zrážkový úhrn, ktorý reprezentuje denné maximum v príslušnom mesiaci pri dlhodobom pozorovaní je pre apríl 44,7mm a pre máj 45,5mm. Je to úhrn, s ktorým sa je treba zapodievať napr. v poľnohospodárstve (vo vzťahu k účelnému využitiu prirodzenej vody plodinou, pretože s ohľadom na stanovištné pomery, vlastnosti pôdneho profilu, príslušné hydrolimity zodpovedajúce pôdnemu profilu a stavu obsahu vody v pôde, k druhu pestovaných plodín, ich fenofáz, požiadaviek na vlahu, na úroveň hladiny podzemnej vody) a v protieróznej ochrane pôdy (je potrebné obmedziť rýchly povrchový odtok tak, aby nebola vyvolaná erózia pôdy). Na druhej strane je potrebné zaoberať sa výskytom nižších zrážkových úhrnov za deň ako je hodnota dennej evapotranspirácie. (Do nášho výpočtu sme za bezzrážkové uvažovali dni s úhrnom nižším ako 1mm). Z obrázku 4 je zrejmé, že pre mesiac apríl výskyt maxima 30mm, je pri $p=10\%$, max. 20mm pri $p=20\%$. V mesiaci máj je to pre denné maximum 30mm $p=14,1\%$ a pre 20mm pri $p=33,9\%$.



Obr. 3 Čiara prekročenia daždivých dní v mesiaci, Hurbanovo, 1961-2000



Obr. 4 Čiara prekročenia maximálnych denných zrážkových úhrnov úhrnov Hurbanovo, 1961-2000.

Pretože tento rozbor sa robil iba na základe zrážok, za účelom sledovania viacerých faktorov, ktoré do tohto procesu vstupujú, v ďalšom sa budeme venovať výsledkom hodnotenia získaných pri hodnotení sucha v Hurbanove pre to isté obdobie 40 rokov (1961-2000) metódou Palmerovho indexu závažnosti sucha PDSI.

Aplikácia metódy stanovenia závažnosti sucha pomocou PDSI (40 rokov) a jeho vyhodnotenie z hľadiska časových trendov a výskytu suchých období v tomto časovom úseku

Časový rad vypočítaných indexov PDSI pre jednotlivé mesiace je znázornený na obrázku 5 a na obrázku 6 čiara prekročenia PDSI z ktorých možno analyzovať nasledovné:

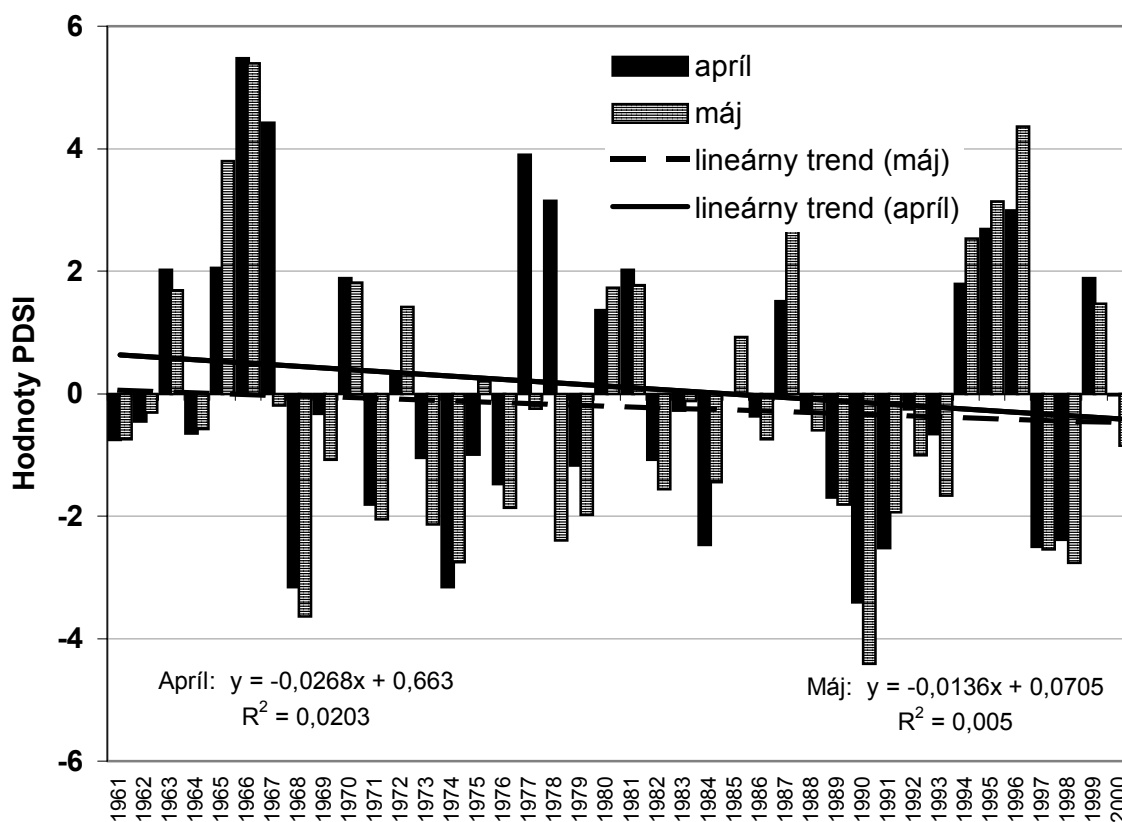
- len v štyroch prípadoch, teda s pravdepodobnosťou 9,2% možno vidieť nesúlad v miere suchosti oboch mesiacov,
- suché roky sú pri $PDSI < 0$, čomu zodpovedá vypočítaná hodnota pri $p=61\%$ v apríli, v máji $p=63,6\%$ v mesiaci apríl a máj sa vyskytuje 25 rokov, ktoré sú klasifikované ako suché,

- podľa miery suchosti z tabuľky 1 môžeme hodnotiť počet výskytov pre jednotlivé mesiace v rokoch, čo je uvedené v tabuľke 2.

Tabuľka 2 Počet výskytov v jednotlivých kategóriách suchosti pre mesiace apríl a máj

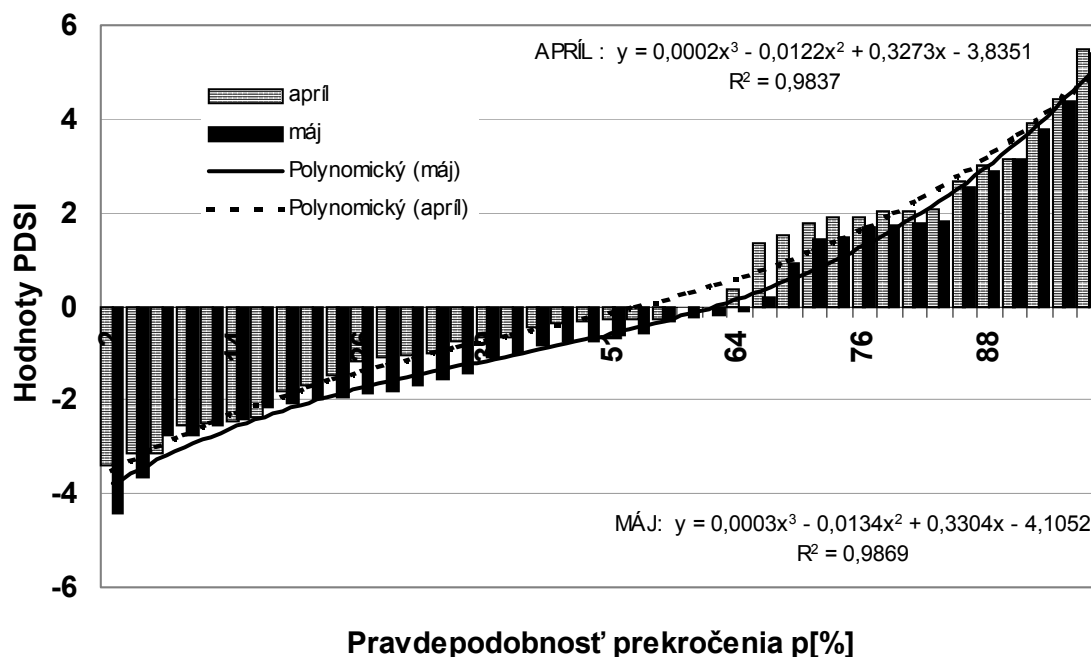
Mesiac	Kategória suchosti oblasti					
	Extrémne sucho	Veľmi sucho	Sucho	Mierne sucho	Počínajúce sucho	Blízko normálu, vlhovo vyrovnaná
	I	II	III	IV	V	
apríl	-	3	4	7	4	7
máj	1	1	6	9	5	4

Preložením trendovej priamky cez časový rad PDSI sa preukázal zvýšený výskyt sucha v poslednom období a to ako v mesiaci apríl, tak aj v máji. Na obrázku 5 je uvedená k trendovým priamkam regresná rovnica.



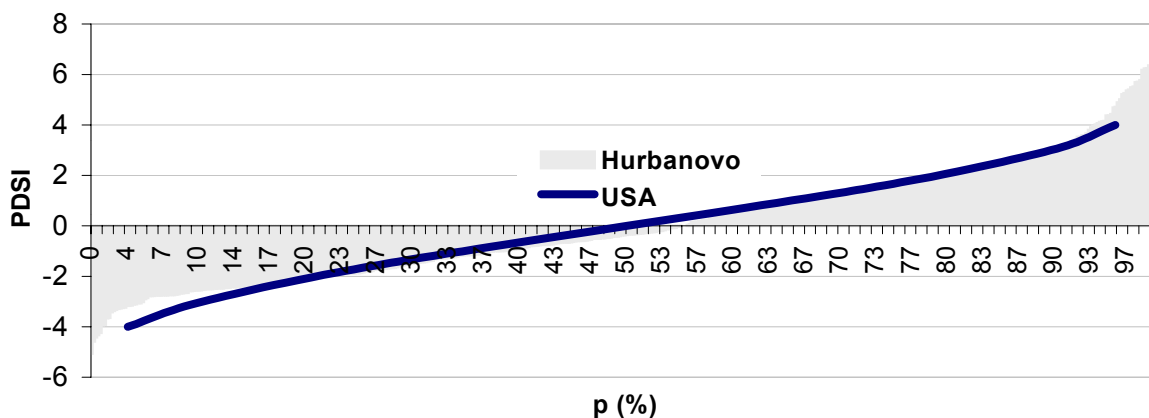
Obr. 5 Časový rad mesačných hodnôt PDSI v Hurbanove, pre obdobie 1961-2000

V apríli bol veľmi suchý rok v 1990, 1968, 1974, ako suchý rok možno hodnotiť roky 1991, 1997, 1984, 1998. Extrémne suchý bol v máji rok 1990, veľmi suchý 1968, suchý 1998, 1997, 1974, 1978, 1973, 1971. Je vidieť (obr. 5 a 6), že výskyt suchých rokov (25) je častejší, ako rokov mokrých, ale súčasne je treba povedať, že extrémnosť sa viac prejavuje v mokrých rokoch. Výskyt maxim je v obore kladných čísiel, teda mokrých rokov väčší (maxmax 5,48 pre apríl a 5,39 pre máj), ako v obore záporných čísiel, teda suchých rokov (maxmax -3,41 pre apríl a -4,41 pre máj).



Obr. 6 Empirická čiara prekročenia mesačných hodnôt Palmerovho indexu závažnosti sucha PDSI v Hurbanove, pre obdobie 1961-2000

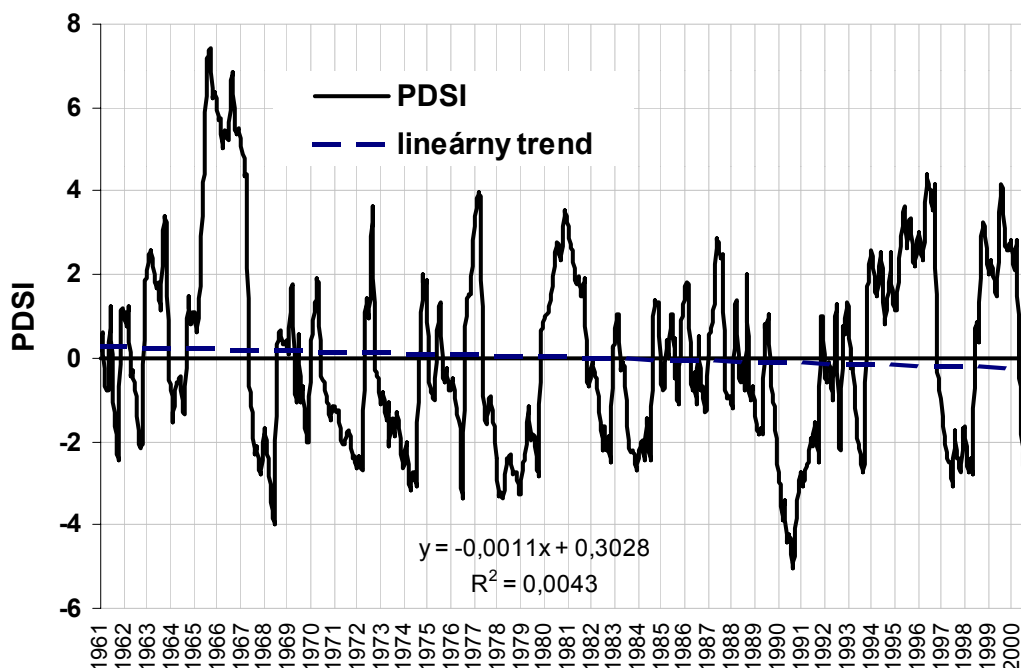
Palmerov index PDSI je konštruovaný tak, že pri jeho správnom výpočte sú jeho hodnoty za spracované obdobie takmer symetricky rozmiestnené okolo nulovej hodnoty, teda, že sa v danej lokalite striedajú suché a vlhké obdobia. Na obr. 7 je znázornené empirické rozdelenie hodnôt PDSI vypočítaných pre Hurbanovo pre celé vegetačné obdobie a porovnané s krivkou prekročenia uvádzanou pre oblasti USA.



Obr. 7 Krivka prekročenia mesačných hodnôt PDSI (Hurbanovo, 1961-2000)

Je zrejmé, že tieto krivky sú si veľmi podobné, čo svedčí o tom, že konštanty použité v našich výpočtoch umožňujú získať výsledky porovnateľné s údajmi počítanými v iných častiach sveta.

Časovým radom hodnôt PDSI vo vegetačnom období sme preložili trendovú priamku a na obrázku 8 je uvedená aj jeho rovnica regresie a rovnica spoľahlivosti R^2 .



Obr. 8 Časový rad hodnôt PDSI v období 1961-2000 v Hurbanove pre vegetačné obdobie

Rok 1990 z tohoto spracovania jasne obsadil pozíciu najsuchšieho celého vegetačného obdobia, čo sa prejavilo aj na samostatnom spracovaní v oboch uvedených mesiacoch. Vyšší počet suchých mesiacov je zrejmy tiež v období 1968-1980, ktoré nasledovalo po pomerne vlhkých šesťdesiatych rokoch, skutočnosťou však je, že posledných 11 rokov spracovávaného obdobia má 7 rokov suchých.

Pri hodnotení tendencií a dlhodobějších trendov vo výskyte sucha je nutné používať pokiaľ možno čo najdlhšie časové rady. Lineárna trendová priamka poukazuje na trendové zmeny smerom k suchším vegetačným obdobiam.

Záver

Analýzou časových radov denných a mesačných radov zrážkových úhrnov v jarných mesiacoch apríl a máj v období 40 rokov a aplikáciou výpočtu PDSI na podmienky v Hurbanove sa nám podarilo poukázať na niektoré skutočnosti súvisiace s výskytom sucha v stredoeurópskom regióne:

- početnosť suchých mesiacov v posledných dvoch až troch desaťročiach dosiahla maxima za celé spracované obdobie
- v posledných rokoch prišlo ku zvýšeniu pravdepodobnosti výskytu mesiacov klasifikovaných ako mierne suchý o 15 %, extrémne suchých o 5 %
- sedem z desiatich najsuchších mesiacov za celé spracované obdobie sa vyskytlo v posledných 11-tich rokoch

Napriek tomu, že je jasné, že hlavne plošné rozdelenie zrážok môže vykazovať veľkú variabilitu, pri analýze Hurbanovského časového radu sa ukázalo, že väčšie sucho ako v roku 2000 sa vyskytlo o desať rokov skôr. Je to dané pravdepodobne aj tým, že pokiaľ neexistuje objektívna metodika na hodnotenie sucha, pristupuje sa k tejto problematike subjektívne, pričom tento pohľad môže byť ovplyvnený tiež momentálnou spoločenskou ako aj politickou situáciou, tak aj záujmom médií. Použitou metódou bude potrebné spracovať rozsiahlejší súbor meraní, aby sa podchytila časová a priestorová variabilita výskytu sucha na celom území Slovenska.

Príspevok vznikol v rámci grantovej úlohy VEGA 1/9364/02.

Literatúra:

Alley, M.W. 1984: The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions. Journal of climate and applied meteorology, Vol. 23, 1984 p. 1100 – 1109

Briffa, K., R. Jones, P. D., Hulme, M.. 1994: Summer moisture variability across Europe, 1892-1991: An Analysis Based on the Palmer Drought Severity Index: *International Journal of Climatology*, Vol.14, No5, June 1994 p. 475-506.

Horváth, Sz., Makra L. and Mika, J. 2000: Spatial and temporal variations of the Palmer drought severity index in the Hungarian catchment area of the Tisza river. **Proc. XXth Conf. Danubian Countries**, Bratislava, Slovakia, 4-8 September, 2000. CD-ROM, pp. 313-320

Klementová, E. – Litschmann, T., 2001: Drought and Their evaluation. *In: Ed.: Salaš, P.: 9th International Conference of Horticulturae*. 2001 Lednice : Czech republic. Volume 2, ISBN: 80-7157-524-0, pp. 447-453.

Patassiová, M. - Klementová, E., 2001: Hodnotenie výskytu sucha a analýza zrážok pri jeho výskyte. *ACTA HYDROLOGICA SLOVACA* 2001, roč.2, č.2, UH SAV Bratislava, 2001 :198-205. ISSN 1335-2563

Ing. Patassiová Marianna
Ústav hydrológie SAV
Račianska 75, 838 11 Bratislava
Telefón: 49268326

Doc. Ing. Eva Klementová, PhD.,
Stavebná fakulta STU
Radlinského 11
813 68 Bratislava
Telefón:59274618
E-mail: klement@svf.stuba.sk

RNDr. Tomáš Litschmann
AMET Velké Bílovice, Žižkovská 1275,
69102 Velké Bílovice, Česká republika,
Telefón:++420 627 346252
E-mail: amet@bva.sol.cz

Ing. Milan Čistý, PhD.,
Stavebná fakulta STU
Radlinského 11
813 68 Bratislava
Telefón:59274618
E-mail: cisty@svf.stuba.sk