

Zhodnotenie výskytu sucha použitím indexu SPI v regióne Horného Požitavia

Evaluation of drought occurrence using the SPI in the Horné Požitavie region

Jaroslav Vido¹, Ján Valach², Jaroslav Škvarenina¹

*Katedra prírodného prostredia – Technická univerzita vo Zvolene¹, Katedra vodného
hospodárstva krajiny – Slovenská technická univerzita v Bratislave²*

Abstrakt

Príspevok sa zameriava na zhodnotenie sucha použitím indexu SPI. Cieľom príspevku je zhodnotenie výskytu mimoriadnych epizód sucha použitím indexu SPI pre dvanásť mesiacov, trendovej analýzy časového radu indexu v období 1966 – 2013, medzimesačných analýz trendov časového radu s cieľom zistenia zmien v distribúcii zrážok v jednotlivých mesiacoch v priebehu sledovaného obdobia a zhodnotenia poľnohospodárskych resp. lesníckych a ekologických dopadov sucha v regióne. Výsledky naznačili striedanie sa zrážkovo nadnormálnych a podnormálnych období. Výrazný humidný alebo aridný trend nebol zaznamenaný. Medzimesačná analýza preukázala, že štatisticky málo významný trend smerom k aridite je zaznamenaný v mesiaci apríl. Dopady sucha na poľnohospodárstvo, lesníctvo a ekológiu sú hodnotené septembrovým indexom pre šesť mesiacov.

Kľúčové slová: sucho, SPI, dopady sucha, poľnohospodárstvo, lesníctvo

Abstract

The paper deals with evaluation of drought occurrence using the SPI. The aim of the paper is to evaluate severe drought events using the SPI for 12 months, monthly trend analysis of the index time series in the period from 1966 to 2013 and to estimate drought impacts on agriculture, forestry and ecology over the region. The results showed cyclical alternation of the dry and wet episodes. Deeper trend tending to the arid or humid climate has not been confirmed. Interannual trend analysis of the monthly value of the SPI for 1 month showed significant trend tending to the arid climate for April. Impacts of drought on agriculture, forestry and ecology are evaluated by the September SPI for 6 months.

Keywords: drought, SPI, drought impacts, agriculture, forestry

Úvod

Sucho je vzhľadom na svoje potenciálne dopady v rozličných sektoroch činností človeka mimoriadne nepriaznivý prírodný fenomén. Jeho nástup je vzhľadom na svoj charakter veľmi pozvoľný, často nebadateľný (WILHITE 1985). Napriek tejto vlastnosti sa jeho dopady rovnajú v ekonomickom vyjadrení povodniam (SIVAKUMAR *et al.* 2005). Preto je potrebná neustála snaha o parametrizáciu jeho dopadov, charakterizovanie jeho vlastností a výskytu s cieľom zmierňovať potenciálne škody nie len na nadregionálnej, ale hlavne regionálnej úrovni. V tejto súvislosti sme sa v predkladanom článku zamerali na zhodnotenie sucha v regióne Horného Požitavia. Cieľom príspevku bolo zhodnotiť výskyt závažných epizód sucha, vykonať trendovú analýzu časového radu indexu v období 1966 -2013, vykonať analýzu trendov aridity resp. humidity v rámci jednotlivých mesiacov a na záver zhodnotiť dopady sucha na poľnohospodársku produkciu v regióne na príklade repky olejnej.

Materiál a metódy

Štandardizovaný zrážkový index - *SPI* (MCKEE *et al.* 1993) je v súčasnosti bežne používanou metódou posudzovania a sledovania zrážkových extrémov (ŠUSTEK *et al.* 2013, CEGLAR *et al.* 2008, BRÁZDIL *et al.* 2007, SZALAI *et al.* 2000). Veľkou výhodou indexu je možnosť jeho výpočtu v rôznych časových škálach. Táto temporálna flexibilita umožňuje nasadenie indexu pri výskume dopadov sucha s relatívne rýchlym nábehom (poľnohospodárske sucho) až po dopady s dlhou iniciáciou (hydrologické sucho resp. hydrogeologické sucho) (ZELEŇÁKOVÁ *et al.* 2011). Index je postavený na zhodnotení odchýlky zrážkového úhrnu daného časového úseku (mesiac resp. mesiace) k zrážkovému normálu tohto časového obdobia. Preto je potrebná minimálne tridsaťročná rada zrážkových údajov.

Nevýhodou indexu je ignorácia pasívnych zložiek hydrologického režimu najmä evapotranspirácie.

V predkladanom príspevku sme vykonali hodnotenie výskytu suchých epizód použitím indexu *SPI* pre 12 mesiacov. Hypotéza odôvodňujúca aplikovanie vybranej časovej škály indexu je založená na predpoklade, že mimoriadne obdobia sucha s dopadmi na úrovni socioekonomického či hydrologického sucha podľa HEIMA (2002) sú spôsobené kumuláciou zrážkového deficitu, v našom prípade dvanásť po sebe nasledujúcich mesiacoch. Podobnú interpretáciu môžeme nájsť v prácach CEGLARA *et al.* (2008) či NDMC (2014). Ako prahovú hodnotu vyjadrujúcu mimoriadne sucho sme v súlade s pôvodnou metodikou podľa MCKEEHO *et al.* (1993) zvolili -2 (2,3% prípadov).

Ďalším cieľom práce je vykonanie trendovej analýzy časového radu predmetného indexu. V tomto prípade je trend skúmaný na časovom rade indexu pre dvanásť mesiacov. Pre zistenie medzimesačných zmien trendu zrážkových úhrnov (trend aridity či humidity) bol použitý jednomesačný index SPI. Analýza bola vykonaná použitím lineárneho a polynomickeho trendu druhého stupňa.

Štatistická významnosť lineárneho trendu bola zisťovaná použitím testu významnosti korelačného koeficienta.

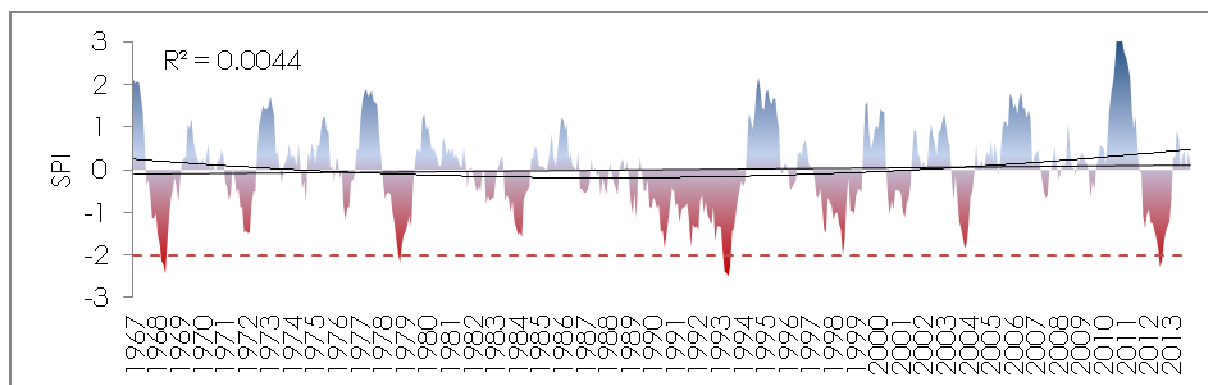
Zhodnotenie dopadov sucha na poľnohospodársku produkciu v oblasti na príklade repky olejnej bolo vykonané aplikovaním metodiky podľa HLAVINKU *et al.* (2009).

Podstatou metódy je hľadanie najoptimálnejšej avšak logickej kombinácie rôznych časových škál indexu v rámci roka, v snahe nájdania korelácie s výnosmi (t/ha) danej poľnohospodárskej plodiny. Vykonaním tohto procesu sme našli optimálne najvhodnejšiu koreláciu výnosu repky so septembrovým indexom pre šesť mesiacov. Hodnota septembrového SPI pre šesť mesiacov v podstate vyjadruje úroveň odchýlky zrážkového úhrnu v období od marca do augusta príslušného roka. Vynesením trendu hodnôt septembrového indexu pre šesť mesiacov v rámci obdobia (1966 – 2013) sme teda získali predstavu o dopadoch sucha na poľnohospodársku produkciu v regióne.

Zrážkové údaje pre výpočet indexov boli získané zo záznamov Meteorologickej stanice Arborétum Mlyňany SAV pre obdobie 1966 až 2013. Táto stanica svojou polohou veľmi dobre reprezentuje krajinné pomery Horného Požitavia. Zaujímavosťou je, že v predkladanej práci sa vôbec po prvýkrát objavujú dlhodobé dáta klimatického monitoringu z tejto stanice v spojení s monitoringom sucha. Stanica v Arboréte Mlyňany je zaradená do siete zrážkomerných staníc SHMÚ.

Výsledky

Hodnotenie zrážok indexom SPI pre dvanásť mesiacov preukázalo cyklické striedanie suchých a vlhkých epizód v danej oblasti (obr. 1). Z uvedeného obrázku vyplýva, že najvýznamnejšie epizódy sucha sa vyskytovali v obdobiach rokov: 1968 – 1969, 1978 – 1979, 1989 – 1994 a 2012 – 2013. Zaujímavosťou je rok 2003, ktorý aj napriek priblíženiu sa k prahovej hodnote, ju neprekročil. Keď však porovnávame uvedené obdobia sucha zisťujeme, že tieto mimoriadne epizódy mali svoj relatívne pozvoľný nábeh a pretrvávali minimálne dva po sebe nasledujúce roky, zatiaľ čo v prípade roku 2003 bol nástup sucha veľmi razantný a v podstate rovnako rýchlo táto epizóda aj skončila. Najdlhšie obdobie sucha bolo zaznamenané medzi rokmi 1989 – 1994.



Obr. 1 Priebeh období sucha podľa SPI pre 12 mesiacov so znázorneným polynomickým trendom druhého stupňa a lineárnym trendom s vyjadrením koeficientu determinácie.

Zhodnotenie lineárneho trendu (obr. 1) poukazuje na veľmi nevýrazný humídny trend zrážkových odchýlok (štatisticky nevýznamný). Polynomický trend naznačuje konvexný tvar s inflexným bodom v podstate kopírujúcim viditeľnú dlhotrvajúcu epizódu sucha medzi rokmi 1989 – 1994, v kontraste k začiatku i koncu časového radu.

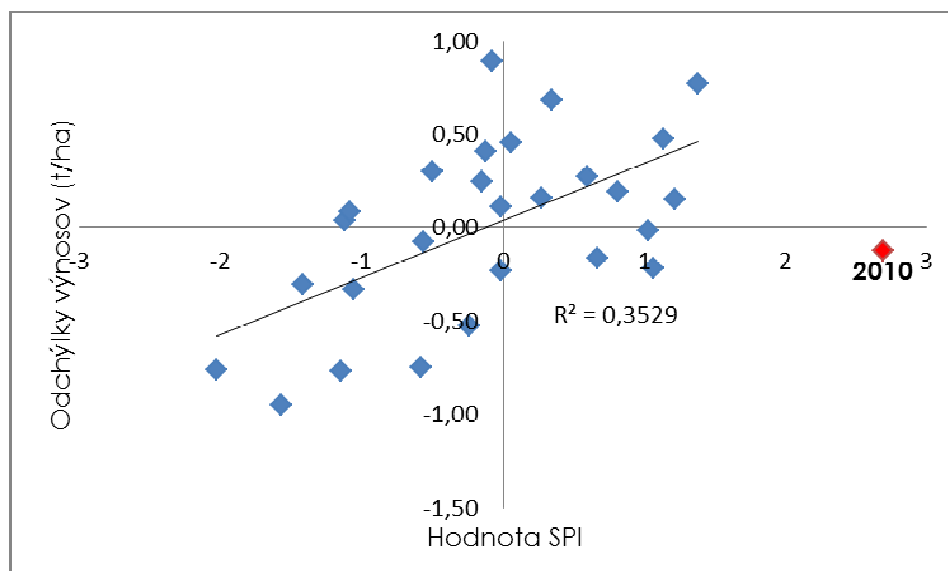
Medzimesačná trendová analýza odhalila zaujímavé skutočnosti. V prvých troch mesiacoch roka je zaznamenaný nesignifikantný humídny trend úhrnu zrážok. Výrazný zlom nastáva v mesiaci apríl, v ktorom sa ako v jedinom mesiaci v roku zaznamenáva signifikantný arídny trend vývoja zrážkového úhrnu v sledovanom období na hladine významnosti $\alpha=0,1$. V nasledujúcom mesiaci (máj), je sledovaný štatisticky veľmi málo významný humídny trend na hladine významnosti $\alpha=0,25$. V mesiacoch jún, júl a august je zaznamenaný trend smerom k aridite, pričom okrem mesiaca august, ktorý vykázal opäť veľmi nízku mieru signifikantnosti ($\alpha=0,25$), je trend štatisticky nevýznamný. Posledné mesiace v roku zaznamenávajú nesignifikantný trend v smere arídnom (september a október), a humídnom (november a december). Zrážkovo nepriaznivý trend v mesiaci apríl, môže mať vplyv na ontogézu rastlín v kritickom období. Výsledky sú prehľadovo spracované v tabuľke 1.

Tab. 1 Trendy zrážkových odchýlok (humídny/arídny) pre jednotlivé mesiace v roku v období 1966 – 2013

mesiac	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Máj	Jún	Júl	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
indikátor trendu	▲	▲	▲	▼	▲	▼	▼	▼	▲	▲	▼	▼
hladina významnosti	no sign.	no sign.	no sign.	$\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,25$	no sign.	no sign.	$\alpha = 0,25$	no sign.	no sign.	no sign.	no sign.

▲ – humídny trend, ▼ – arídny trend,

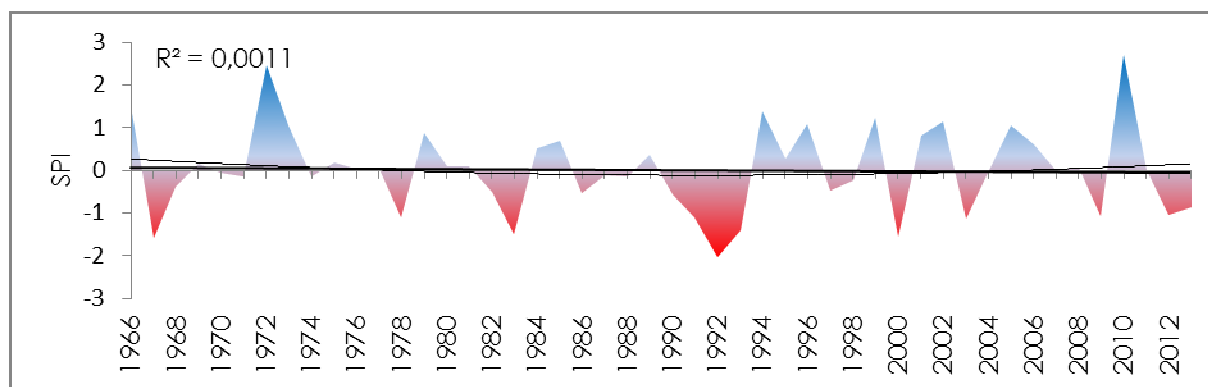
Zhodnotenie dopadov sucha na poľnohospodársku produkciu na príklade korelácie hektárových výnosov repky olejnej vo vzťahu k hodnote septembrového indexu SPI pre šesť mesiacov vykázalo relatívne tesnú koreláciu ($R=0,59$) so štatistickou významnosťou na hladine $\alpha=0,025$ (obr. 2).



Obr. 2 Korelácia medzi hektárovou úrodou repky olejnej (t/ha) a hodnoty septembrového SPI pre šesť mesiacov.

Z vyššie uvedeného obrázku vyplýva, že významný odklon od korelácie bol zaznamenaný v prípade roku 2010. Ako je známe, vegetačné obdobie roku 2010 bolo charakteristické mimoriadne nadnormálnym úhrnom zrážok, čo spôsobilo paradoxne, avšak logicky, škody na výnose poľnohospodárskych plodín.

Trendová analýza septembrového SPI pre šesť mesiacov za obdobie 1966 – 2013 preukázala v podstate vyrovnaný trend (obr. 3).



Obr. 3 Trendová analýza septembrového indexu SPI pre šesť mesiacov.

Z uvedeného vyplýva, že v uvedenom období nebola zaznamenaná signifikantná zmena počtu suchých alebo naopak mimoriadne vlhkých období. Môžeme teda konštatovať, že zvýšené riziko sucha z pohľadu nárastu počtu suchých epizód v sledovanom období 1966 – 2013 nebolo zaznamenané. Ako produkčne nepriaznivé sa preukázali roky 1967, 1968, 1978, 1983, 1990 – 1993, 2000, 2003, 2009 a 2012.

Diskusia

Priebeh výskytu suchých epizód v rámci sledovaného obdobia vykázalo čiastočnú zhodu s výsledkami autorov KLEMETOVÁ *et* LITSCHMANN (2001), ktorí hodnotili sucho na základe údajov získaných zo stanice Hurbanovo v období 1931 – 1990. Autori uvádzajú, že významné epizódy sucha v prieniku s naším časovým úsekom, teda 1966 – 1990, sa v oblasti Dolného Požitavia vyskytovali v rokoch 1972, 1978, 1980 a 1984, čo korešponduje s našimi zisteniami. Taktiež analýza trendu zrážkových odchýlok je autormi hodnotená ako štatisticky nepreukázaná, čo opäť korešponduje s výsledkami predkladaného príspevku.

Naopak závery autorov ČIMO *et* ŠPÁNIK (2007) sú s našimi závermi v nesúlade. Zatiaľ čo autori naznačujú, že nárast počtu epizód sucha v druhej polovici dvadsiateho storočia je signifikantný, naše výsledky ako už bolo uvedené naznačujú štatisticky nevýznamnú zmenu. Dôvody tohto rozporu nie sú jasné, môže sa jednáť o rozdiely v metodickom prístupe až po špecifiká lokálnej klímy, čo je však málo pravdepodobné. Zaujímavým sa však zdá byť fakt, že výsledky autorov KLEMENTOVÁ *et* LITSCHMANN (2003) už tiež uvádzajú arídny trend, ktorý je v rozpore so zisteniami týchto autorov z príspevku publikovaného v roku 2001. Avšak ako samotní autori uvádzajú, tento fakt je pravdepodobne spôsobený kratším skúmaným obdobím. To môže byť tiež príčinou rozdielnych výsledkov pri porovnávaní našich výsledkov s prácou ČIMA *et* ŠPÁNKA (2007), ktorí hodnotili obdobie rokov 1961 – 2000. Ďalšou zaujímavosťou môžu byť výsledky práce HRUBÍKA *et* HOŤKU (2007). V tomto prípade autori spracovávali a hodnotili zrážkové údaje z klimatologickej stanice Arborétum Mlyňany SAV za obdobie 1971 – 2007. Autori uvádzajú, že pozorujú veľmi výrazný pokles zrážok (-64 mm) pri porovnávaní zrážkového normálu 1971 – 2000 s 1931 – 1960. To opäť vedie k otázke, čo spôsobuje neustále rozpory s výsledkami vyššie uvedených autorov. Ak vezmeme na vedomie fakt, že obdobie po roku 2000 (viď obr. 1) je na mimoriadne obdobia sucha s výnimkou rokov 2003 a 2012-2013 relatívne „chudobné“, a bolo saturované zrážkovo nadnormálnym rokom 2010, tak to mohlo trend vyrovnáť. Túto skutočnosť podporuje sledovanie krivky polynomického trendu. Na tomto mieste treba tiež naznačiť, že rozdiely

v metodickom prístupe môžu viesť k dezinterpretácií faktov. Hodnotenie mimoriadnych epizód sucha v našom prípade vychádza z hypotézy kumulácie zrážkového deficitu, zatiaľ čo bežné prístupy sú postavené na hodnotení pomerne krátkodobých epizód, čo môže viesť k nesprávnej interpretácií výsledkov (VIDO 2012). Z tohto dôvodu treba byť pri hodnotení sucha najmä pri rôznorodých prístupoch veľmi opatrný. Na tento problém poukázali autori SHEFFIELD *et al.* (2012).

Zhodnotenie dopadov sucha na poľnohospodársku produkciu v regióne posudzované vplyvom na výnosy repky olejnej je v súlade s mimoprodukčnými dopadmi na príklade Poľnohospodárskeho družstva Neverice (HORŇÁČEK 2014). V roku 2000, ktorý mal hodnotu septembrového SPI pre šesť mesiacov (-1), sa prejavoval okrem poklesu výnosu repky o 0,95 t/ha aj potrebou výrazného dopájania hospodárskych zvierat a pristúpilo sa aj k vybudovaniu zavlažovacieho jazera, čo malo ekonomické dôsledky na hospodárenie družstva. Obdobné opatrenia boli vykonané aj v roku 2003 (HORŇÁČEK 2014). Rok 2012 bol nami použitou metodikou vyhodnotený ako produkčne nepriaznivý s poklesom výnosu repky o 0,33 t/ha. Taktiež podľa HORŇÁČKA (2014) sa v ich poľnohospodárskej sústave vyskytol všeobecný pokles produkcie plodín.

Zaujímavá korelácia bola tiež nájdená medzi nami určenou metodikou na odhadovanie prevažne poľnohospodárskych dopadov sucha v regióne s publikovanými dopadmi sucha v zbierke drevín rastúcich v Arboréte Mlyňany. HRUBÍK (1987) uvádza, že výrazný pokles zrážok v roku 1978 a 1983, spôsobilo zníženie odolnosti drevín voči chorobám a škodcom, zníženie prírastku a zmenu nástupu a trvania fenologických termínov. Taktiež v tomto období došlo k oslabeniu celkovej fyziologickej aktivity drevín (najmä stromovitých exemplárov vysokého veku, citlivejších stálozelených drevín, a pod.), čím sa vytvorila priaznivá dispozícia pre sekundárnych biotických škodcov (koreňové hniloby, drevokazné huby, sekundárni hmyzí škodcovia, a pod.). BENČAŤ *et al.* (1986) tiež uvádzajú, že najmä nepriaznivá zrážková situácia vo vegetačnom období roku 1983 si vyžiadala vynaloženie nemalých finančných prostriedkov na realizáciu záchranných prác na drevinách arboréta.

Uvedené dopady sucha v Arboréte Mlyňany, ktoré korelujú s hodnotami septembrového indexu SPI pre šesť mesiacov len dokazujú, že na odhad všeobecných škôd nie len v agrárnom, ale i v lesnom hospodárstve či v ekológii, je tento prístup vhodný. Samozrejmosť, že fakt má logické ráció spočíva v tom, že septembrový index pre šesť mesiacov odráža zrážkovú bilanciu obdobia od marca do augusta, teda prakticky celého vegetačného obdobia.

Záver

Príspevok sa zamerá na zhodnotenie sucha indexom SPI v období rokov 1966 – 2013. Hodnotenie preukázalo cyklické striedanie sa vlhkých a suchých epizód v rámci sledovaného obdobia. Trendová analýza dvanásťmesačného SPI preukázala štatisticky nevýznamnú zmenu trendu zrážkových odchýlok. Medzimesačná trendová analýza preukázala málo významný trend smerom k aridite v mesiaci apríl, čo môže mať dopady hlavne v poľnohospodárskej produkcii. Zhodnotenie poľnohospodárskych dopadov sucha v regióne preukázalo, že vplyv na produkciu plodín možno odhadovať použitím septembrovej hodnoty indexu SPI pre šesť mesiacov. Navyše konfrontáciou s publikovanými výsledkami z oblasti pestovania drevín na príklade Arboréta Mlyňany, bola preukázaná možnosť nasadenia predmetného indexu pre všeobecný odhad dopadov sucha na sektory poľnohospodárstva a lesníctva.

Literatúra

- BENČAĽ, F., 1982: Atlas rozšírenia cudzokrajných drevín na Slovensku a rajonizácia ich pestovania. VEDA, Bratislava, 359 s.
- BENČAĽ, F., HRUBÍK, P., TÁBOR, I., 1986: Auswertung der extremen klimabedingungen im Jahr 1983 und ihr einfluss auf die Gehölze in dem Arboretum Mlyňany. In *Folia dendrologica*, č. 13., VEDA, Bratislava, s. 331-356
- BRÁZDIL, R., KIRCHNER, K. A KOL. 2007: Vybranepřírodníextremy a jejichdopadynaMoravě a veSlezku. Masarykovauniverzita v Brně, Brno, s. 266-282.
- CEGLAR, A., et al., 2008: Analysis of meteorological drought in Slovenia with two drought Indices. In *Proceedings of the BALWOIS 2008*, Republic of Macedonia: Ohrid; p. 27–31
- ČIMO, J., ŠPÁNIK, F., 2007: Periódy sucha v podmienkach klimateckej zmeny Podunajskej nížiny. In *International Scientific Conference „Bioclimatology and natural hazards“*, 17.–20.9.2007, Poľana nad Detvou.
- HEIM, R. RICHARD., 2002: A review of Twentieth-Century drought indices used in the United States. In *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 83, Issue 8, p. 17.
- HLAVINKA, P., TRNKA, M., SEMERÁDOVÁ, D., DUBROVSKÝ, M., ŽALUD, Z., MOŽNÝ, M., 2009: Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149 (3-4), 431 – 442.
- HORNÁČEK, P., 2014: Poľnohospodárske družstvo Neverice, Zlaté Moravce, 7. marca 2014. Osobná komunikácia

- HRUBÍK, P., 1987: Charakteristika klimatických podmienok Arboréta Mlyňany SAV a ich vplyv na cudzokrajné dreviny v posledných rokoch (1971-1986). In *Rosalia*, č. 4, Nitra, s. 81-112.
- HRUBÍK, P., HOŤKA, P., 2007: Charakteristika klimatických podmienok Arboréta Mlyňany SAV za obdobie 1971 – 2006 (2007). In *Zborník referátov z vedeckej konferencie „Aklimatizácia a introdukcia drevín v podmienkach globálneho otepľovania“*, 11.–12.9.2007, Vieska nad Žitavou: Arborétum Mlyňany SAV, s. 28-37.
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T., 2001: Výsledky hodnotenia sucha v oblasti Hurbanova. In *Pracovní seminář „Sucho, hodnocení a predikce“*, 19.11.2001, Brno.
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T., 2003: Tendencie výskytu sucha na Slovensku. *Acta Hydrologica Slovaca*, 4(2), s. 339–345.
- MCKEE, T. B., et al., 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Eighth Conference on Applied Climatology*, 17.-22.1.1993, Anaheim, California, p. 179–184.
- NDMC 2014: Interpretation of the 12 month SPI. Dostupné online: <http://drought.unl.edu/MonitoringTools/ClimateDivisionSPI/Interpretation/12month.aspx>
- SHEFFIELD, J., ET AL., 2012: Little change in global drought over the past 60 years. In *Nature*, 491. 15.11.2012, s 435-438.
- SIVAKUMAR, M., MOTHARAJ, R., DAS, H. 2005: Natural disasters and Extreme events in agriculture. Springer, Berlin, 376 p.
- SZALAI, S., SZINELL, C.S., ZOBOKI, J., 2000: Drought Monitoring in Hungary. In: Donald A. Wilhite, M.V.K. Sivakumar and Deborah A. Wood (Eds.). 2000. Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management. Proceedings of an Expert Group Meeting held in Lisbon, Portugal, 5-7 September 2000. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. p. 182 – 200.
- ŠUSTEK, Z., VIDO, J., 2013: Vegetation state and extreme drought as factors determining differentiation and succession of carabid communities in the forests damaged by the windstorm in High Tatra in 2004. *Biologia*, 68/6, p. 1198 – 1210.
- VIDO, J., 2012: Zelené sucho. In *Interaktívna Konferencia Mladých Vedcov 2012*, PREVEDA, Banská Bystrica, s 68.
- WILHITE, D. A., GLANTZ, M. H., 1985: Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International*, 10, 111-120

ZELEŇÁKOVÁ, M., SOEÁKOVÁ, T., PURCZ, P., KUZEVIČOVÁ, Ž., DEMETEROVÁ, B., 2011:
Hydrologické sucho na východnom Slovensku. In: Konferencia „*Manažment povodí a povodňových rizik*“, Častá –Papiernička. 8s.

Pod'akovanie

Tento príspevok je výsledkom realizácie projektov VEGA č.: 1/1130/12 , VEGA 1/0281/11, VEGA 1/0463/14, VEGA 2/0101/14 MŠVVaŠ SR a SAV; a Agentúry na podporu výskumu a vývoja v rámci zmluvy č.: APVV-0423-10, a APVV-0303-11.

Kontakt:

Ing. Jaroslav Vido, PhD.,

Katedra prírodného prostredia, Lesnícka Fakulta, Technická univerzita vo Zvolene

T.G. Masaryka 24, 96053 Zvolen

+421 918 57 58 07, jaroslav.vido@gmail.com