

Sucho v roku 2017 v kontexte vývoja suchých období od roku 1981 na Slovensku

The drought in 2017 in the context of drought periods since 1981 in Slovakia

Maroš Turňa¹, Lívia Labudová¹, Katarína Mikulová¹, Peter Kajaba¹

¹Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 83315 Bratislava,

maros.turna@shmu.sk, livia.labudova@shmu.sk, katarina.mikulova@shmu.sk,

peter.kajaba@shmu.sk

Abstrakt

Na Slovensku je operatívny monitoring sucha v prevádzke od roku 2015. Vďaka nemu bolo možné sledovať a aktuálne informovať verejnosť počas suchých období v uplynulých troch rokoch. Historické údaje k monitoringu sucha siahajú od roku 1981. Preto bolo možné sucho z roku 2017 zhodnotiť aj z dlhodobého hľadiska. Sucho v roku 2017 bolo najvýraznejšie v okolí Bratislavy, pričom svojou dĺžkou bolo najvýraznejšie minimálne od roku 1981. Prejavilo sa nielen na vlhovej bilancii v rámci meteorologického sucha, ale aj na pôdnej vlhkosti a intenzite pôdneho sucha. Svoje absolútne minimum dosiahol pre meteorologickú stanicu Bratislava – letisko aj vegetačný Palmerov index CMI. Medzi výrazne suchom zasiahnuté regióny patrili aj Podunajská a Záhorská nížina.

Kľúčové slová: SPI, SPEI, pôdne a meteorologické sucho

Abstract

The operational drought monitoring has been running since 2015. It has helped to monitor and to inform general public about drought development in the last three years. The historical data for the drought monitoring are available since 1981. Therefore, it was possible to assess the parameters of the drought in 2017 in the historical context. The drought 2017 was the most outstanding in the surrounding of Bratislava, at which it was characterized by the longest duration at least since 1981. It was not only noted in a simple water balance within the meteorological drought, but also in the relative saturation and intensity of the soil drought. The Palmer's CMI reached its historical minimum in the southwest of Slovakia (the surrounding of Bratislava) as well. The drought in 2017 hit also the Danubian Lowland and the Zahorie Lowland.

Keywords: SPI, SPEI, soil and meteorological drought

Úvod

V súvislosti s klimatickou zmenou a klimatickými scenármi pre 21. storočie sa stále viac hovorí o suchých obdobiach a zmene ich výskytu a parametrov. Viacero štúdií potvrdzuje ich častejší výskyt a zvyšovanie intenzity, príp. predlžovanie ich trvania (Marcos-Garcia et al., 2017). Okrem klasických vedeckých štúdií popisujúcich problematiku sucha v rámci určitého vedného odboru (klimatológia, hydrológia, poľnohospodárstvo), sa v súčasnosti kladie čoraz väčší dôraz na interdisciplinárne prístupy. Z tohto dôvodu pribúdajú aplikačné štúdie skúmajúce vzťah medzi meteorologickým a hydrologickým suchom (Quesada-Montano et al., 2018; Van Loon et al., 2014; Laaha et al., 2015), meteorologickým suchom a výnosmi poľnohospodárskych plodín (Hlavinka et al., 2009; Žalud et al., 2017; Mäkinen et al., 2017; Olesen et al., 2011), či meteorologickým suchom a biodiverzitou, alebo produkciou biomasy (Wang et al., 2018; Chang et al., 2018; Kolář et al., 2017). Okrem vedeckých štúdií bolo v posledných rokoch vy-naložených veľa síl pre vytvorenie operatívneho sledovania a hodnotenia sucha, či už na národnej, alebo regionálnej úrovni. Medzi najstaršie monitoriny sucha patrí U. S. Drought Monitor (<http://droughtmonitor.unl.edu/>), ktorý bol založený v roku 1999 a ponúka informácie o aktuálnej situácii na týždennej báze. Na celoeurópskej úrovni beží European Drought Observatory (EDO; <http://edo.jrc.ec.europa.eu/>), ktorý prevádzkuje Spoločné výskumné centrum Európskej komisie (EC's Joint Research Centre - JRC). Na regionálnej úrovni už niekoľko rokov funguje DMCSEE (Drought Mitigation Centre for Southeastern Europe; <http://www.dmcsee.org/>), ktoré však nepracuje na operatívnej úrovni, ktorá by poskytovala operatívne informácie s možnosťou predpovede na najbližšie obdobie. Naopak, operatívny charakter zahŕňajúci predpoveď vývoja vlhovej bilancie obsahuje platforma Intersucho (www.intersucho.cz), bežiacia pre Českú republiku a Slovensko, ale aj monitoring meteorologického sucha, ktorý je prevádzkovaný Slovenským hydrometeorologickým ústavom. V predkladanom článku je detailne zhodnotený priebeh celého suchého obdobia na základe podkladov z monitoringu meteorologického a pôdneho sucha. Jednotlivé parametre suchého obdobia sú zhodnotené aj vzhľadom na výskyt suchých období v minulosti.

Materiál a metódy

Sucho sa v predkladanom článku hodnotilo pomocou troch indexov sucha – SPI, SPEI a CMI, a taktiež pomocou hodnôt relatívneho nasýtenia vody v pôde a intenzity sucha.

1. *Štandardizovaný zrážkový index a Štandardizovaný zrážkový a evapotranspiračný index*

Štandardizovaný zrážkový index (SPI) vyjadruje relatívne odchýlky úhrnu zrážok v danom období od dlhodobej strednej hodnoty. Na rovnakom princípe je založený aj štandardizovaný zrážkový a evapotranspiračný index (SPEI). Ten však na rozdiel od SPI, ktorý pracuje len s úhrnmi zrážok, hodnotí jednoduchú vodnú bilanciu (zrážky – potenciálna evapotranspirácia). Evapotranspirácia je proces, ktorý v sebe zahŕňa výpar zo zemského povrchu a transpiráciu rastlín (uvoľňovanie vodnej pary z rastlinného porastu). Potenciálna evapotranspirácia je maximálna možná evapotranspirácia pri daných atmosférických podmienkach, ak voda nie je limitujúcim faktorom. Oba indexy majú 30-dňovú kumulatívnu dobu. To znamená, že index vyjadrený pre daný deň určuje odchýlku zrážok, resp. vodnej bilancie daného a predchádzajúcich 29 dní, pričom je aplikované tzv. „klzavé okno“ na celú dĺžku dátového radu. Negatívne hodnoty indexov znamenajú suché podmienky, pozitívne naopak vlhké podmienky, pričom ich intenzita je odstupňovaná v jednotlivých stupňoch (Tab. 1). Suché obdobie začína pri poklese hodnôt pod -1 a končí pri jeho výstupe nad hodnotu 0 (Spinoni et al., 2013). Sucho identifikované pomocou SPI, resp. SPEI neznamena, že dané obdobie bolo úplne bez zrážok. Index vyjadruje odchýlku od strednej hodnoty teoretického rozdelenia nameraných hodnôt, a teda deficit, nie úplnú absenciu zrážok. Pri každom z identifikovaných suchých období sme určili nasledovné parametre: dĺžka trvania, objem deficitu a intenzita sucha (podiel objemu deficitu a dĺžky trvania). Uvedené parametre sme následne hodnotili na úrovni 5-ročných období, aby sme získali ich tendenciu vývoja.

Tab. 1 Klasifikácia období podľa SPI a SPEI (McKee et al., 1993)

SPI	Charakteristika
2,0 a viac	Extrémne vlhké
1,5 až 1,99	Veľmi vlhké
1,0 až 1,49	Mierne vlhké
-0,99 až 0,99	Blízko normálu
-1,0 až -1,49	Mierne suché
-1,5 až -1,99	Veľmi suché
-2,0 a menej	Extrémne suché

2. Palmerov index CMI

Pri tomto indexe sucha sa okrem zrážok a evapotranspirácie, zohľadňuje aj pôdna charakteristika, ktorou je využiteľná vodná kapacita. Informácie o využiteľnej vodnej kapacite pôdy boli poskytnuté Výskumným ústavom pôdozvedectva a ochrany pôdy. Index CMI sa počíta v týždennom kroku, v jednotlivých týždňoch v roku (od pondelka do nedele). Pri výpočte CMI sa využíva, podobne ako pri SPEI, vodná bilancia v pôde, teda rozdiel zrážky –

potenciálna evapotranspirácia, ktorá je počítaná podľa metódy Thornthwaita. Pri tomto indexe sa určuje aj odtok a prítok vypočítaný za posledný týždeň, a tiež hodnota vlhkosti pôdy na konci predposledného týždňa. Následne z vypočítaných veličín sa výsledný deficit, resp. nadbytok vlhkosti v pôde prevedie do jednoduchej bezrozmernej číselnej hodnoty, ktorá predstavuje mieru intenzity sucha v danej lokalite. CMI má záporné hodnoty v suchom období a kladné hodnoty vo vlhkom období. Intenzita sucha je klasifikovaná v Tab. 2.

Tab. 2 Klasifikácia obdobia podľa CMI

CMI	Charakteristika
3,0 a viac	Veľmi vlhké
2,0 až 2,9	Vlhké
1,0 až 1,9	Mierne vlhké
0,1 až 0,9	Začínajúce vlhké
-0,1 až -0,9	Začínajúce suché
-1,0 až -1,9	Mierne suché
-2,0 až -2,9	Suché
-3,0 a menej	Veľmi suché

3. Pôdne sucho – Intenzita sucha a relatívne nasýtenie pôdy

Podklady k vyhodnoteniu pôdneho sucha boli získané vďaka spolupráci s českými kolegami z Czechglobe, so sídlom v Brne, v rámci monitoringu pôdneho sucha s názvom Intersucho. Miera intenzity sucha sa posudzuje podľa odchýlky aktuálneho stavu v porovnaní s obvyklými podmienkami v rovnakom ročnom období (± 10 dní od posudzovaného dátumu) v priebehu rokov 1961 – 2010. Rozlišujeme 7 úrovní intenzity sucha. Normálny stav je bez rizika, intenzita sucha S0 predstavuje len zníženú úroveň vlhkosti v pôde, S1 je začínajúce sucho, S2 mierne sucho, S3 výrazné sucho, S4 výnimočné sucho a S5 je extrémne sucho. Extrémne sucho predstavuje extrémne nízku hodnotu pôdnej vlahy, ktorá sa v danom období v priemere opakuje raz za 100 rokov a súčasne relatívne nasýtenie je nižšie ako 50 % po dobu viac ako jeden mesiac. Relatívne nasýtenie 100 % predstavuje plnú poľnú kapacitu. Pod 50 % už hovoríme o bode zníženej dostupnosti vody pre koreňový systém rastlín (nedostatok vlahy, stres pre vegetáciu, potrebné je zavlažovanie). Pri nasýtení 0 % hovoríme už o bode vädnutia, pričom rastlina už nie je schopná prijímať vodu svojím koreňovým systémom. Relatívne nasýtenie predstavuje množstvo vody v percentách, ktorá sa nachádza v kapilárach vo vrstve pôdy do hĺbky 100 cm. Pôdny horizont je rozdelený ďalej do dvoch vrstiev, 0 – 40 cm a 40 – 100 cm. Relatívne nasýtenie sa mení podľa ročnej doby. Najvyššie hodnoty bývajú spravidla v zime, v chladnom období, keď je nízky výpar, a najnižšie sú v letnom období, pri vysokých

teplotách vzduchu a vysokom výpare. Piesčité a skeletnaté pôdy majú v priemere nižšie hodnoty využiteľnej vodnej kapacity, preto aj nízke hodnoty relatívneho nasýtenia v oblastiach s takýmto typom pôd sú bežné, a od toho závisí potom aj intenzita sucha.

Výsledky

Meteorologické sucho v monitorovacej sezóne 2017

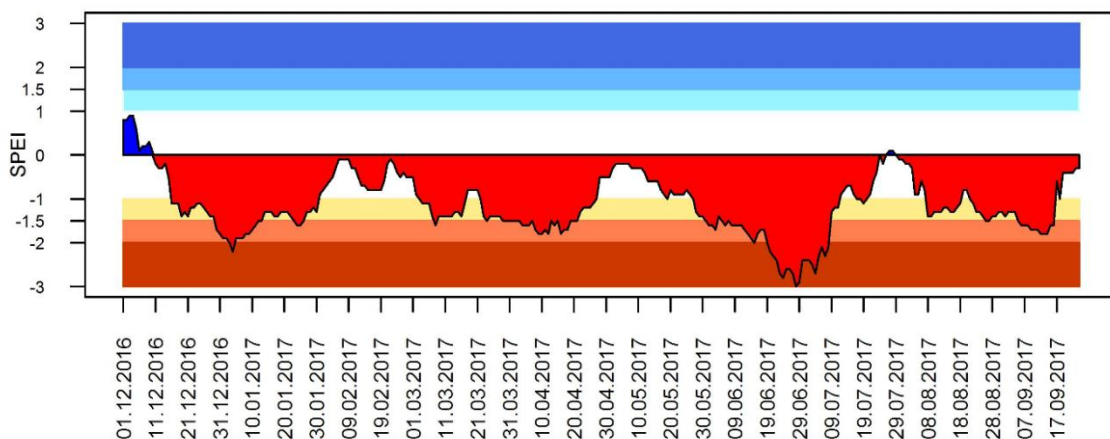
1. Indexy SPEI a SPI

Zima 2016/17 – Po zrážkovo nadpriemernom novembri, boli obidva indexy na väčšine Slovenska kladné. December bol relatívne najsuchší v južnej polovici Slovenska, kde sa to prejavilo na poklese týchto indexov až na hodnoty nižšie ako -2 .

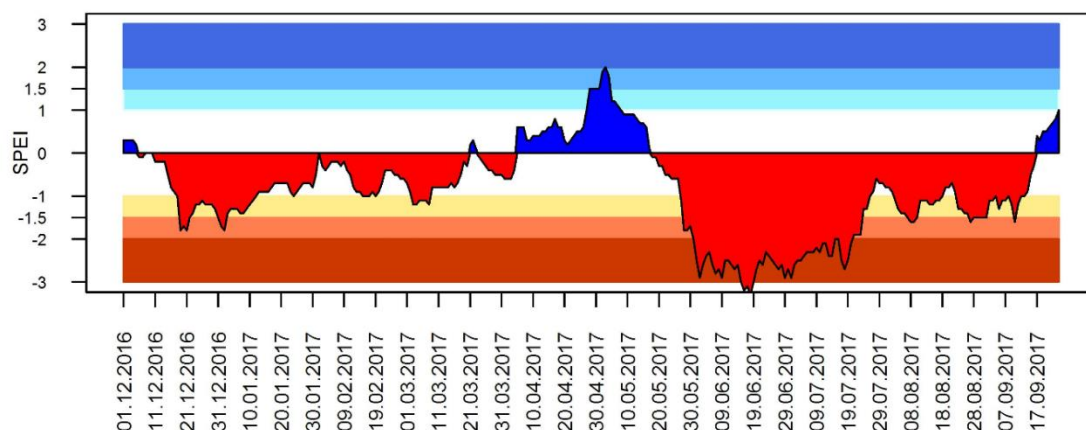
V južnej polovici Slovenska sa v januári situácia postupne zlepšovala, ale stále na niektorých staniach (Bratislava, Žihárec a Piešťany) boli indexy záporné. Opačne to bolo na východe Slovenska, kde v januári bolo dostatok zrážok a na Zemplíne a krajnom severovýchode bolo ojedinele mierne vlhko. Vo februári zotrvali indexy záporné stále na juhozápade. Extrémne sucho sa krátkodobo vyskytlo aj na severozápade v oblasti Kysúc a Oravy, a to vzhľadom na veľmi nízke úhrny zrážok, než je klimatický normál v danom období. V priemere najnižšie hodnoty indexov však boli počas celej zimy na staniach Piešťany a Bratislava-Ivanka.

Jar 2017 – Extrémne sucho sa krátkodobo vyskytlo začiatkom marca v Podolínci. Neskôr sa tu situácia postupne zlepšovala. Na severozápade nastalo takisto zlepšenie podmienok, ale na juhozápade sucho začalo opäť naberať na intenzite. Pokles indexov nastal najmä v Bratislave-Ivanke, kde na konci marca už hodnoty SPEI dosahovali hranicu $-1,5$, čo predstavuje veľmi suché podmienky. V prvej polovici apríla bola na danú ročnú dobu vysoká teplota vzduchu, pričom na juhu sa vyskytli aj letné dni. Maximálna teplota vzduchu za celý apríl bola nameraná práve začiatkom apríla, napr. v Bratislave-Ivanke $24,0$ °C, v Žihárce až $26,2$ °C. Prevažne slnečné a suché počasie podporilo zvýšenie výparu. V polovici apríla bola najhoršia situácia v Bratislave-Ivanke (Obr. 1), Žihárce a Boľkovciach, kde bolo až veľmi sucho. V druhej polovici apríla sa ochladilo, a na väčšine územia boli vysoké úhrny zrážok. Sucho zaniklo takmer všade, len v Bratislave-letisku boli hodnoty od 12. decembra stále záporné. Najviac zrážok bolo na severozápade a na rozhraní západného a stredného Slovenska. Extrémne vlhko na konci apríla bolo na Kysuciach, Orave, ale aj v Žiline a Banskej Štiavnici. V prvej májovej dekáde sa extrémne vlhko vyskytlo aj v okolí Prievidze a Banskej Bystrice. V máji sa postupne otepľovalo. Druhá polovica mája už priniesla na juhozápadnom Slovensku aj prvý tropický deň. Podmienky však boli na konci mája prevažne normálne, prípadne bolo len mierne sucho. Veľmi sucho bolo len na Pohroní a Ponitří.

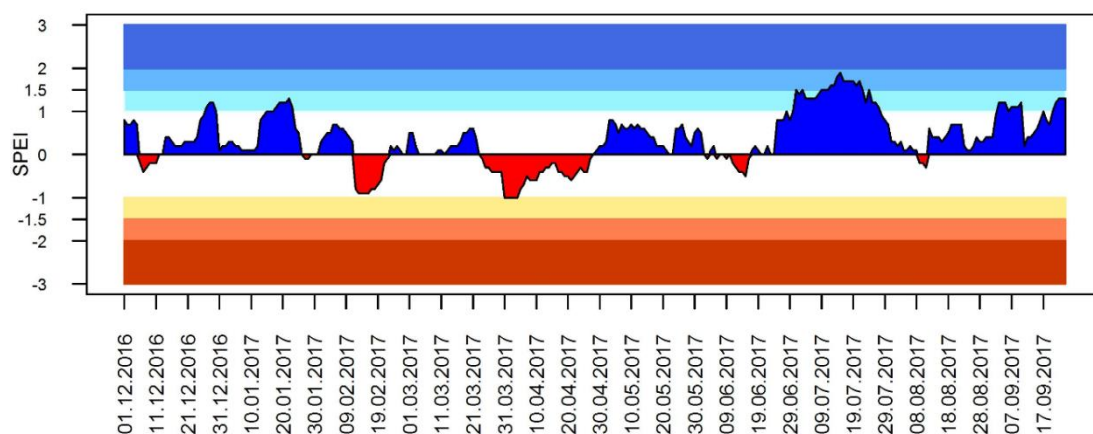
Leto 2017 – V júni pretrvávalo suché a veľmi teplé počasie, a tak už na konci prvej júrovej dekády sa extrémne suchu vyskytlo až na 6 staniciach. Najviac sa suchu prejavilo na Ponitří, juhu Podunajskej nížiny a hlavne v Košiciach, kde SPEI kleslo na niekoľko dní až pod hranicu -3. Po celý jún naďalej prevládalo suchu. V Topoľčanoch za celý mesiac spadlo len 10,5 mm. Vlhko sa vyskytlo len na krajnom východe. V Tisinci a Orechovej spadlo za celý mesiac okolo 120 mm. V prvej júrovej dekáde sa začali prejavovať veľké regionálne rozdiely medzi juhozápadom a ostatnými oblasťami Slovenska. Na juhozápade boli najvyššie odchýlky teploty vzduchu a nedostatok zrážok, a tak na niektorých staniciach stále pretrvávalo extrémne suchu. Najviac trvácne bolo toto suchu v Topoľčanoch (Obr. 2) a v Bratislave (Obr. 1), pričom sa krátko vyskytlo aj v Piešťanoch a Kuchyni. Na ostatnom území Slovenska bolo dostatok zrážok. Júl bol spočiatku teplotne normálny, až neskôr sa otepľovalo a nakoniec na celom území skončil v kladných odchýlkach. Najvlhkejšie podmienky boli na severovýchode, v okolí Stropkova (Obr. 3). Búrková činnosť na konci júla po dlhej dobe (od 10.decembra) zvýšila indexy SPEI a SPI na stanici Bratislava-Ivanka až na kladné hodnoty, no toto zlepšenie netrvalo dlho. V auguste sa suchu opäť zvýraznilo. Najmenej zrážok spadlo na Žitnom ostrove, kde bol mesačný úhrn len 16 mm. Relatívne najsuchšie bolo však v Hnileckej doline. Vo Švedlári sa podľa SPEI vyskytli v auguste až veľmi suché podmienky. Veľmi suchu bolo na konci mesiaca opäť aj v Bratislave-Ivanke a Topoľčanoch. Naopak, na krajnom východe, stále pokračovalo relatívne vlhké obdobie. Mierne vlhko bolo aj v Banskej Štiavnici.



Obr. 1 Priebeh indexu SPEI v roku 2017 na stanici Bratislava-Ivanka



Obr. 2 Priebeh indexu SPEI v roku 2017 na stanici Topolčany



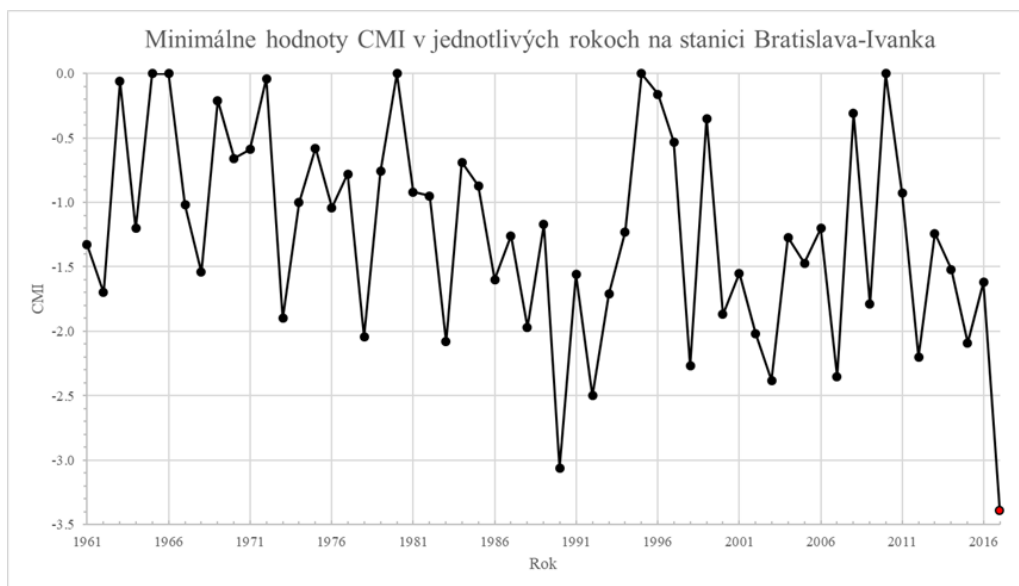
Obr. 3 Priebeh indexu SPEI v roku 2017 na stanici Tisinec

Jeseň 2017 – Na začiatku septembra bolo ešte mierne sucho miestami na juhozápade, a tiež aj na východe (Košice, Švedlár). Na konci prvej septembrovej dekády bolo veľmi sucho v Bratislave-Ivanke, Žihárci a Topolčanoch. No postupne sa situácia počas septembra zlepšovala. V Bratislave však stúpili SPEI a SPI nad nulu až začiatkom októbra. Na väčšine územia boli v októbri vlhké podmienky, no opäť v Bratislave-Ivanke sa aj v októbri na jeden týždeň vyskytlo mierne sucho. Počas novembra sa vlaha postupne dopĺňala, a aj v Bratislave už boli normálne podmienky. Extrémne vlhko bolo v novembri na severozápade Slovenska.

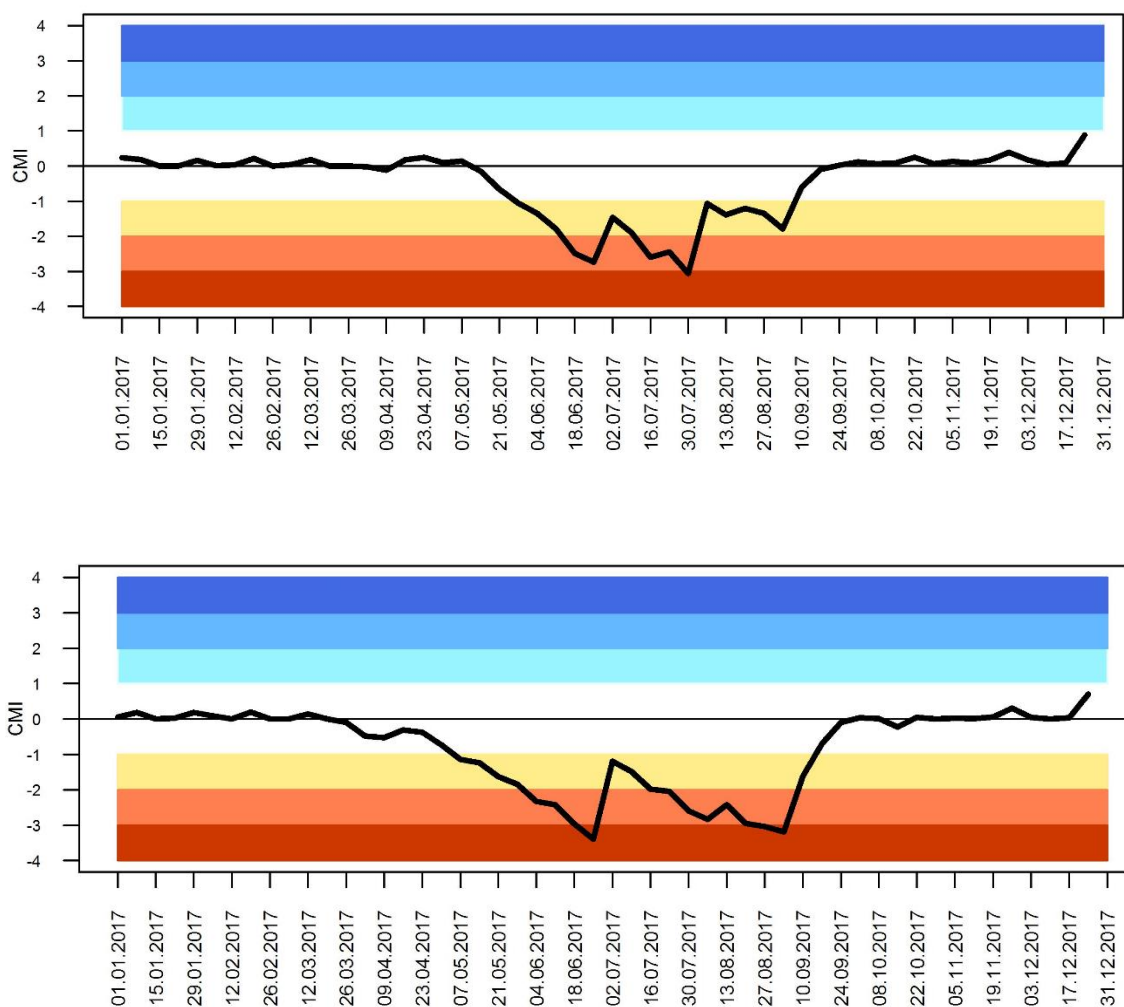
2. Index CMI

V zimných mesiacoch je typické, že tento index je prevažne kladný, prípadne sa pohybuje okolo nuly aj v tých najsuchších oblastiach. V chladnom polroku boli dlhodobo najvyššie hodnoty v Oravskej Lesnej, kde začiatkom januára bol CMI vyšší ako +3. Na jar, pri zvyšovaní teplôt vzduchu a zvyšovaní výparu, nastal postupný pokles hodnôt CMI. Prvýkrát

sa vyskytla nižšia hodnota ako -1 v polovici mája na stanici Bratislava-Ivanka. Sucho sa čoraz viac zvyrazňovalo počas letných mesiacov. Na začiatku júla bola najnižšia hodnota CMI v rámci celej sezóny na stanici Bratislava-Ivanka, a to až -3,39. Táto hodnota je zároveň najnižšia na tejto stanici od roku 1961, od ktorého je tento index spočítaný (Obr. 4). Neskôr, počas júla, nastal vzostup CMI a situácia sa tak na niekoľko týždňov zlepšila, aj keď CMI zostávalo záporné. Koncom augusta a začiatkom septembra bolo na tejto stanici ešte dva týždne CMI pod hranicou -3 (Obr. 5; dolu). V roku 2017 bolo CMI v Bratislave-Ivanke záporné až 28 týždňov (od 26.marca až do 1.októbra, čo je 27 týždňov nepretržite a ešte jeden týždeň v polovici októbra), čo predstavuje prvé miesto od roku 1961 spolu s rokom 1978, kedy však nepretržite boli záporné hodnoty CMI len 24 týždňov. Počas sezóny bolo závažné sucho aj v Kráľovej pri Senci a v Piešťanoch. Práve v Piešťanoch bolo od 1961 suchšie už len v roku 2015. Na ostatných staniciach na juhozápade boli podmienky vo vrcholiacom lete len suché, prípadne mierne suché. Nanajvýš mierne sucho bolo vo východnej časti Podunajskej nížiny. Mierne sucho sa vyskytlo krátkodobo aj v Prievidzi, Žiline, na Pohroní, Juhoslovenskej kotline, Prešove a Košiciach. Na východnom Slovensku bolo najnižšie CMI práve v Košiciach (-1,51). Počas celej sezóny bolo CMI kladné v Oravskej Lesnej, Tisinci, Medzilaborciach a dokonca aj v Orechovej, kde za celý rok 2017 spadlo až 950 mm.



Obr. 4 Minimálne hodnoty CMI v jednotlivých rokoch na stanici Bratislava-Ivanka

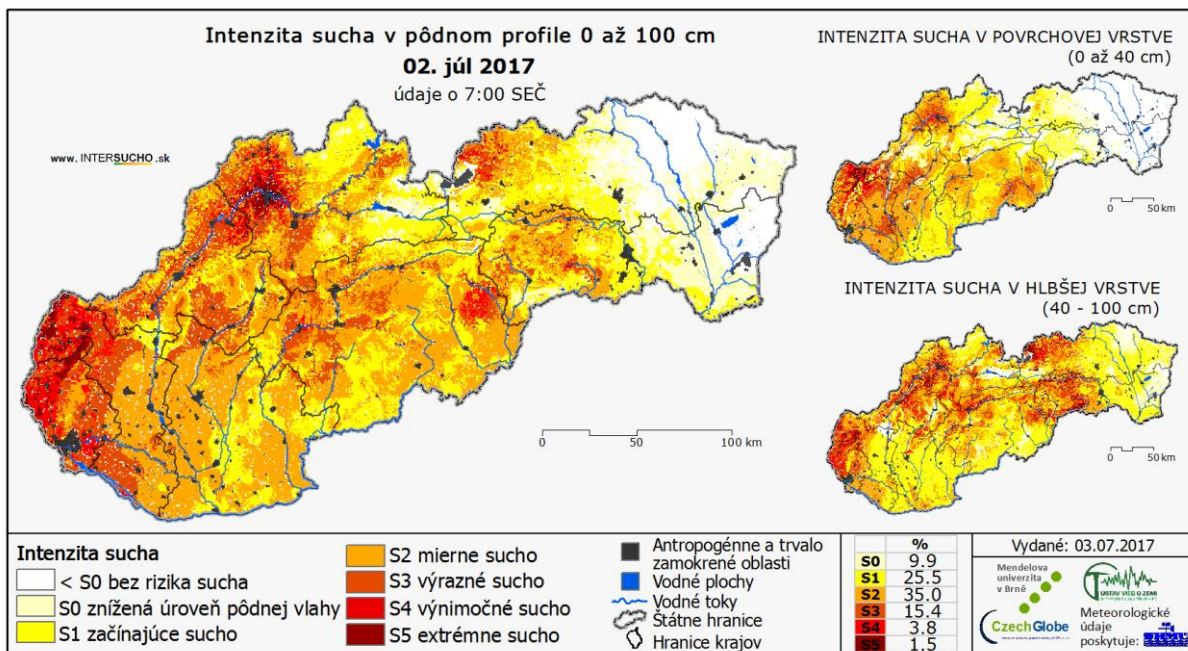


Obr. 5 Priebeh indexu CMI na staniaciach Piešťany (hore) a Bratislava-Ivanka (dole) v roku 2017

3. Intenzita sucha

Na začiatku roka bolo výrazné sucho v povrchovej vrstve na Záhorí a Dolnom až Strednom Považí. V januári sa toto sucho rozširovalo čoraz na väčšiu plochu a zvyrazňovalo sa najmä na Záhorí. Na prelome januára a februára tu bolo až výnimočné sucho. Vo februári sa situácia zlepšila. Výrazné sucho už nepokrývalo takú plochu a v hlbšej vrstve bolo nanajvýš mierne sucho. V marci zostávala situácia stabilná a nemenila sa. Na začiatku apríla, po veľmi teplej prvej aprílovej dekáde, nastalo zhoršenie podmienok najmä na Záhorí. V povrchovej vrstve sa intenzita zvýšila na úroveň mierneho sucha, a v celom profile až na úroveň výrazného sucha. Počas apríla sa sucho zmiernilo a na konci tohto mesiaca už bolo opäť takmer celé územie Slovenska bez rizika sucha. Výrazné sucho sa objavilo na Záhorí opäť až na konci mája. V júni, pri postupnom otepľovaní, sa situácia začala zhoršovať, okrem Záhoria, aj v západnej

časti Podunajskej nížiny. Výnimočné sucho bolo v týchto oblastiach už na konci prvej júrovej dekády. V júni stále pretrvávalo suché a horúce počasie, a tak na konci júna bolo extrémne sucho miestami na Záhorí, a výnimočné sucho bolo na Považí, v západnej časti Podunajska a na Above. Táto situácia pokračovala aj v júli. Extrémne sucho sa objavilo aj v okolí Žiliny a celkovo pokrývalo v hlbšej vrstve až 3 % územia Slovenska (Obr. 6). Neskôr, vďaka búrkovej činnosti sa suché podmienky na konci júla zmiernili. V priebehu prvého augustového týždňa opäť nastalo zhoršenie takmer na celom území Slovenska. Výnimočné až extrémne sucho nebolo len na Považí a Záhorí, ale objavilo sa aj v Slovenskom Rudohorí a na Spiši, konkrétne v Hornádskej kotline. V tomto období bolo extrémne sucho zvýraznené predovšetkým v hlbšej vrstve a pokrývalo 3 % celkovej plochy. Bez rizika sucha bolo takisto len 3 % celkovej plochy (Horný Zemplín a severovýchod). V polovici augusta nastalo zlepšenie, ale opäť na konci augusta sa výnimočné až extrémne sucho objavilo na pár týždňov v Hornádskej kotline a vo Volovských vrchoch. Na Záhorí bolo nanajvýš výrazné sucho, a to v oblasti Skalice. V septembri sa vlhkosť v pôde postupne dopĺňala najmä v hornej vrstve. Na konci prvej septembrovej dekády bolo extrémne sucho stále v spodnej vrstve na Záhorí, Gemeri a Spiši. V povrchovej vrstve však takmer celé územie bolo bez rizika sucha. Výrazné zlepšenie nastalo až po 20. septembri, kedy už ani na Záhorí nebolo už extrémne sucho, ale výrazné až výnimočné sucho naďalej pokračovalo. V ďalších týždňoch sa podmienky zlepšovali. Na začiatku októbra bolo takmer celé územie Slovenska bez rizika sucha. V priebehu októbra sa ešte ojedinele vyskytlo začínajúce sucho, ale po pár týždňoch sa vlaha doplnila a v novembri už so suchom problém nikde nebol.

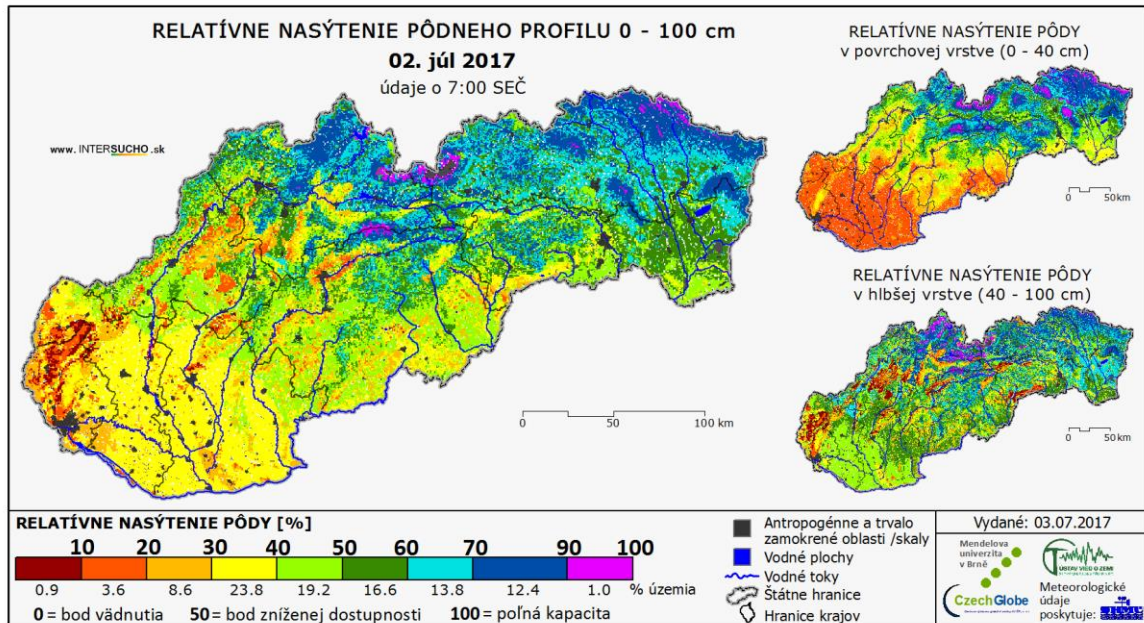


Obr. 6 Intenzita sucha 2. júla 2017

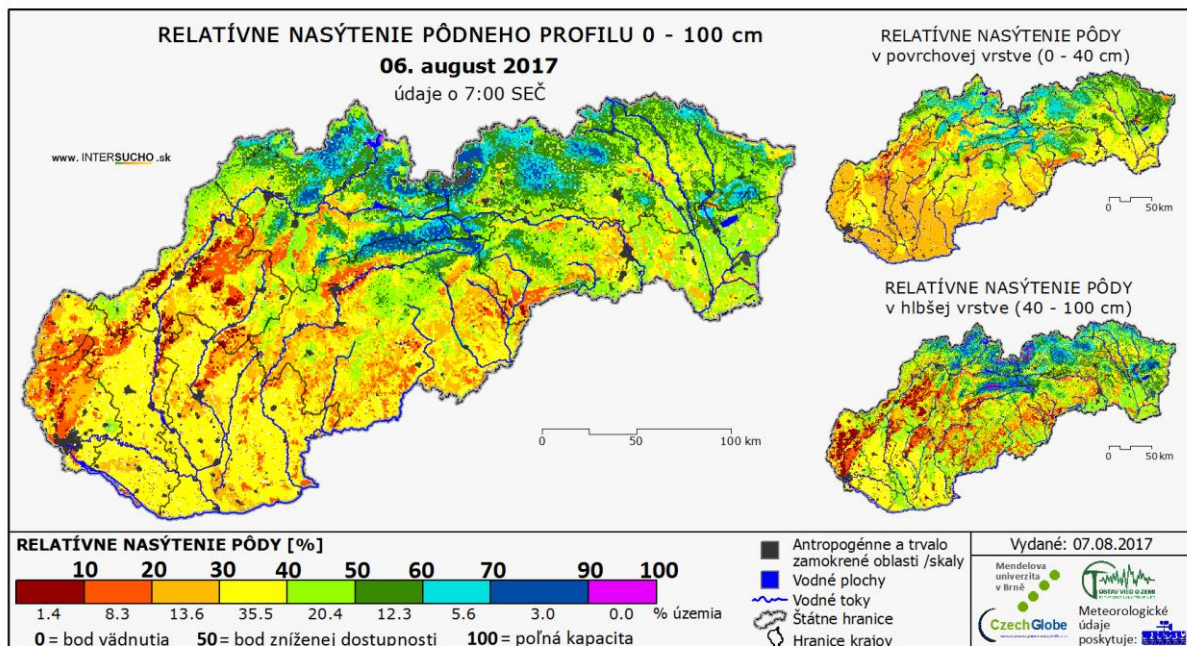
4. Relatívne nasýtenie

Na konci marca bolo relatívne nasýtenie takmer na celom Slovensku vyššie ako 50 %, prevažne však bolo v intervale 70 až 100 %. Zhoršenie nastalo až na začiatku apríla. V priebehu jedného týždňa nasýtenie na Záhorí pokleslo v povrchovej vrstve ojedinele až na 20-30 %. Táto vrstva pôdy sa v prvých aprílových dňoch výrazne vysušila aj na ostatnom území Slovenska. Počas apríla sa podmienky na Podunajskej nížine zhoršovali. Nasýtenie postupne kleslo na 40-50 %. Pre jaré rastliny teda už bolo potrebné zavlažovanie. Na ostatnom území Slovenska sa nasýtenie v apríli zvyšovalo. Na prelome apríla a mája sa vo východnej časti Podunajskej nížiny nasýtenie zvýšilo na 70-90 %, ale na krajnom juhozápade, v oblasti Bratislavy, jeho hodnoty boli len 30-40 %. V priebehu mája sa postupne otepľovalo, a na konci mesiaca nasýtenie na Podunajsku bolo v intervale 20-30 %, a na Záhorí v najsuchších oblastiach až 10-20 %. Vysušovanie už neprebiehало len v povrchovej vrstve, ale zhoršovanie nastalo aj v hlbšej vrstve. Počas júna stále pokračovalo suché počasie a relatívne nasýtenie pokleslo aj na Podunajskej nížine na 10-20 %. Na začiatku júla bolo nasýtenie na Záhorí, ale aj miestami na západnom a východnom Slovensku, už pod 10 % a pokrývalo asi 4 % plochy v hlbšej vrstve. V povrchovej vrstve bolo tiež nasýtenie pod 10 %, ale na menšej ploche. Hodnoty nasýtenia v intervale 10-20 % boli približne na štvrtine územia (Obr. 7). V júli sa situácia trochu zlepšila hlavne v povrchovej vrstve, ale hlbšia vrstva na Záhorí bola stále vysušená. Na začiatku augusta bol bod zníženej dostupnosti dosiahnutý až na 80 % celkovej plochy (Obr. 8). V hlbšej časti profilu 6 % plochy malo nasýtenie pod hranicou 10 % (bod

vädnutia). V auguste nastalo všeobecné zlepšenie vlhových podmienok v povrchovej vrstve. V hlbšej vrstve však stále situácia bola kritická. Hodnoty nasýtenia boli pod 10 % v hlbšej vrstve ešte aj na konci druhej septembrovej dekády. Na začiatku októbra sa situácia postupne zlepšovala a nasýtenie sa aj v dôsledku znižovania výparu zvyšovalo.



Obr. 7 Relatívne nasýtenie 2.júla 2017



Obr. 8 Relatívne nasýtenie 6.augusta 2017

Meteorologické sucho 2017 v historickom kontexte

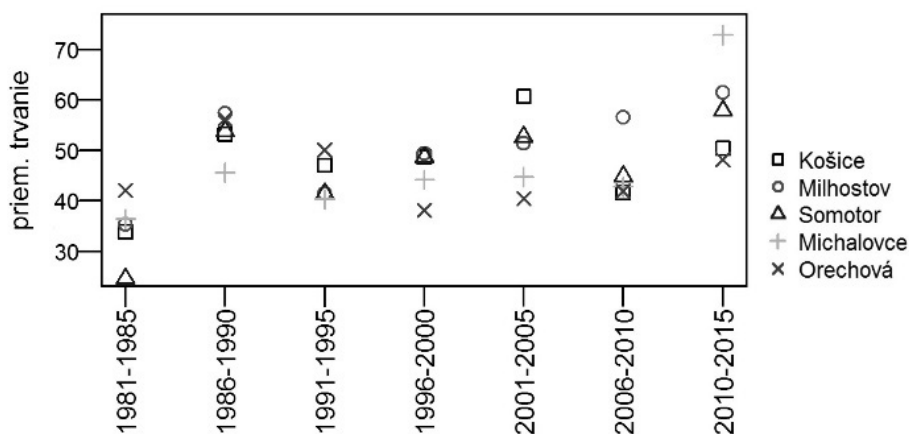
Najvýraznejšie sa meteorologické sucho v roku 2017 prejavilo v okolí Bratislavy. Začalo ešte 16. decembra 2016, pričom bez prerušenia trvalo do 23. júla 2017 (220 dní; takmer 6-násobok priemernej dĺžky suchého obdobia pre danú lokalitu). Následne došlo ku krátkemu prerušeniu, ktoré však bolo veľmi nevýrazné a rozhodne nemohlo výraznejšie zmierniť dopady sucha. Preto druhé suché obdobie od 8. augusta 2017 do 28. septembra 2017 (52 dní) môžeme označiť ako závislé (v hydrológii je zaužívaný pojem dependent drought), a teda zlúčiť s predchádzajúcim obdobím. Suché obdobie v okolí Bratislavy trvalo 272 dní, čo je o takmer 50 dní viac než druhé najdlhšie obdobie z roku 2003, ktoré sa začalo 20. februára 2003 a skončilo 19. októbra 2003. Intenzita (pomer objemu deficitu a dĺžky trvania) oboch porovnávaných období bola takmer rovnaká. Je však potrebné dodať, že aj toto 226 denné sucho bolo prerušené v prvej polovici augusta, pričom prerušenie bolo o niečo výraznejšie než v roku 2017. Tretím v poradí podľa dĺžky trvania v okolí Bratislavy je sucho z roku 1983 (19. júl až 18. december 1983; 153 dní; 2,5-násobok priemernej dĺžky trvania). Suchá epizóda na krajnom juhozápade Slovenska z roku 2017 dominuje dĺžkou aj v porovnaní so zvyšnými stanicami. Nikde na Slovensku sa sucho s takýmto trvaním nevyskytlo v danom roku, ani v celom sledovanom období. Rok 2017 pritom neskončil medzi najvýznamnejšími ani na iných staniaciach Podunajskej, či Záhorskej nížiny. Príčinou boli viaceré prerušenia počas zimy a jari, ktoré podmienili niekoľko suchých období, ale s kratším trvaním bez možnosti zlúčenia. Vo zvyšných častiach Slovenska dominovali z hľadiska trvania roky 2003, 1993 (252 dní v okolí Rimavskej Soboty), 2015 (208 dní v okolí Trebišova) a 1983 (192 dní v okolí Banskej Bystrice).

Pokiaľ porovnáme počet suchých období a priemernú dĺžku ich trvania za obdobie 1981–2017 (Tab. 3) zistíme, že stanice na juhu východného a stredného Slovenska majú predispozíciu pre síce menší počet období, avšak s dlhším trvaním. To znamená, že dochádza k menšiemu počtu prerušení, ktoré by mohli viesť k zmierneniu dopadov sucha. Z tohto pohľadu je región juhozápadného a západného Slovenska na tom z dlhodobého hľadiska o niečo lepšie. V severnej polovici Slovenska je síce počet období ešte vyšší, avšak ich priemerné trvanie je jednoznačne kratšie.

Tab. 3 Počet suchých období a ich priemerná dĺžka trvania na vybraných staniciach v období 1981 – 2017.

Stanica	Počet období	Priemerná dĺžka trvania
Milhostov	97	48,2
Košice	96	46,3
Rimavská Sobota	98	44,7
Lučenec - Boľkovce	93	46,2
Bratislava - Ivanka	101	45,7
Nitra	101	45,1
Žihárec	105	42,8
Kuchyňa	105	42,5

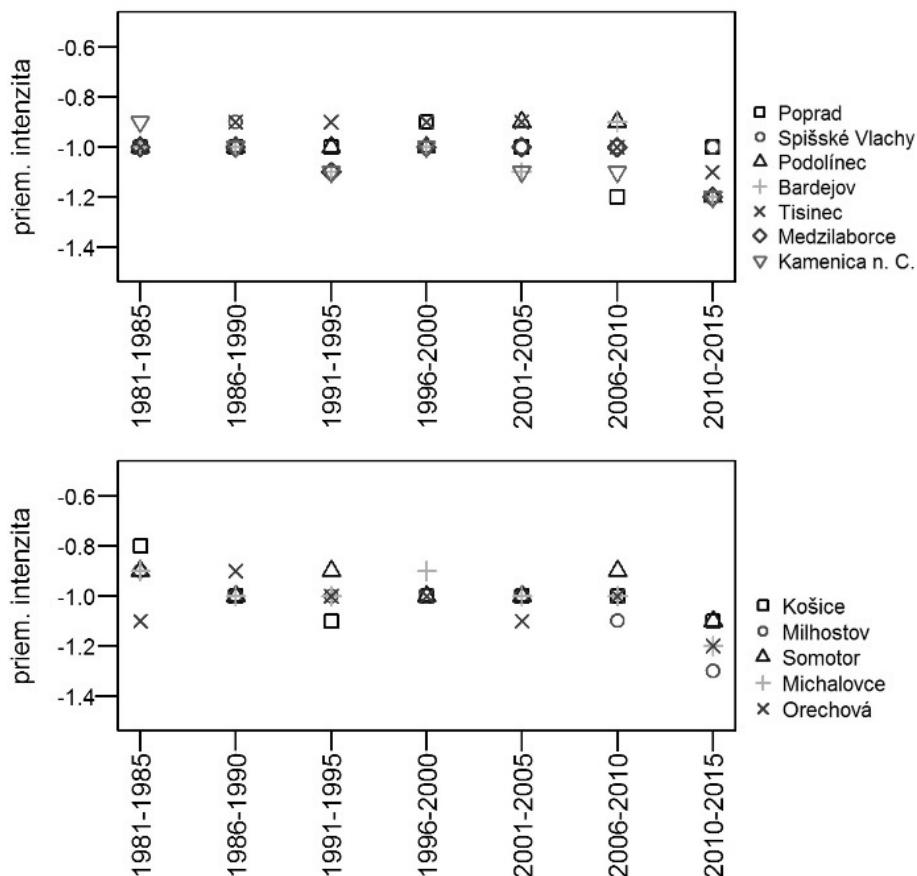
Pohľad na trendový vývoj parametrov suchých období umožňuje ich porovnanie na úrovni 5-ročných období (hodnotené obdobie 1981 – 2015). Rastúcu dĺžku trvania suchých období pozorujeme na juhozápade a juhovýchode Slovenska (Obr. 9). Kým na Podunajskej nížine bolo pozorované predĺženie suchých období o 6 – 10 dní (s výnimkou severných okrajových oblastí), na juhovýchode to bolo až o 8 – 18 dní, pričom výnimkou je oblasť Orechovej. V ostatných oblastiach nie je možné pozorovať zreteľnejší vývoj dĺžky trvania. Výnimkou je len okolie Tisince, kde podobne ako v popisovaných oblastiach dochádza ku kladnému trendu vývoja trvania suchých období.



Obr. 9 Priemerné trvanie suchej epizódy v jednotlivých 5-ročných obdobiach na vybraných staniciach juhovýchodného Slovenska

Iná situácia je pri sledovaní intenzity suchých období. Nárast intenzity, aj keď pomalý, pozorujeme okrem juhozápadu a juhovýchodu, aj na severovýchodnom Slovensku (Obr. 10) a v okolí Lučenca. Menej výrazný je tento nárast aj na niektorých ďalších staniciach stredného

Slovenska. Tomuto vývoju zodpovedá aj vývoj objemu deficitu, ktorý sa počas jednotlivých suchých epizód naakumuluje. Aj v prípade tohto parametra pozorujeme postupné zhoršovanie situácie, a teda nárast priemerného objemu deficitu.



Obr. 10 Priemerná intenzita suchej epizódy v jednotlivých 5-ročných obdobiach na vybraných staniciach severovýchodného (hore) a juhovýchodného Slovenska (dole).

Diskusia a záver

Sucho v roku 2017 bolo výnimočné svojou dĺžkou trvania predovšetkým na juhozápade Slovenska. Významne zasiahnutý bol však celý západ Slovenska, čo sa odzrkadlilo aj na škodách, ktoré poľnohospodári vyčísľili na 19,3 mil. EUR (<http://www.sppk.sk/clanok/2066>). Obdobie deficitu na väčšine územia Slovenska sa začalo ešte v polovici decembra 2016. Február priniesol zlepšenie situácie vo viacerých regiónoch. Problematickým zostal iba krajný juhozápad v okolí Bratislavy. Dlhodobý pretrvávajúci vlhový deficit sa postupne čoraz výraznejšie prejavoval aj na intenzite pôdneho sucha. Jedným z dopadov pretrvávajúceho sucha bol aj vysoký index požiarneho nebezpečenstva lesných porastov (http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=klimat_dennemapy). Na konci júna dosahoval svoj

najvyšší, piaty stupeň na Záhorí a Podunajskej nížine. Suché obdobie bolo ukončené až na konci septembra 2017.

Vzhľadom na dlhé trvanie sucha, avšak dlhodobo nedosahujúce extrémne nízke hodnoty, jeho intenzita (pomer deficitu a dĺžky trvania suchého obdobia) nedosahovala historicky rekordné hodnoty. Takéto dlhé obdobia sa totiž nevyznačujú vysokými intenzitami, ale ich dôsledky vyplývajú práve z ich dĺžky.

Po roku 2010 sa významné suché obdobia vyskytli v rokoch 2011/2012, 2015, 2016 a 2017. Z tohto dôvodu sa operatívny monitoring sucha ukazuje ako nevyhnutný. Monitoring prevádzkovaný na SHMÚ dokázal sledovať vývoj vlhovej bilancie a pôdnej vlhkosti od roku 2015 na veľmi dobrej úrovni, čím sa osvedčil. Medzi širokou verejnosťou však ešte nie je intenzívne využívaný, aj napriek svojmu vysokému potenciálu. Skúsenosti z roku 2017 ukazujú, že len aktívna a intenzívna propagácia na webových stránkach SHMÚ, ale aj partnerských organizácií, či v médiách pomôže zvýšiť povedomie o problematike a zabezpečiť plné využívanie voľne dostupných informácií.

Literatúra

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*. In: *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 149, Is. 3 – 4, 431 – 442.

Chang, K.–Xu, L.–Starr, G.–Paw U.K.T., 2018, *A drought indicator reflecting ecosystem responses to water availability: The Normalized Ecosystem Drought Index*. In: *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 250 – 251, 102 – 117.

Kolář, T.–Čermák, P.–Trnka, M.–Žid, T.–Rybníček, M., 2017, *Temporal changes in the climate sensitivity of Norway spruce and European beech along an elevation gradient in Central Europe*. In: *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 239, 24 – 33.

Laaha, G.–Parajka, J.–Viglione, A.–Koffler, D.–Haslinger, K.–Schöner, W.–Zehetgruber, J.–Blöschl, G., 2015, *A threepillar approach to assess climate impacts on low flows and droughts in Austria*. In: *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, Vol. 12, Is. 12, 13069 – 13122.

Mäkinen, H.–Kaseva, J.–Trnka, M.–Balek, J.–Kersebaum, K.C.–Nendel, C.–Gobin, A.–Olesen, J.E.–Bindi, M.–Ferrise, R.–Moriondo, M.–Rodríguez, A.–Ruiz-Ramos, M.–Takáč, J.–Bezák, P.–Ventrella, D.–Ruguet, F.–Capellades, G.–Kahiluoto, H., 2017, *Sensitivity of European wheat to extreme weather*. In: *Field Crops Research*, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.11.008>.

Marcos-Garcia, P.–Lopez-Nicolas, A.–Pulido-Velazquez, M., 2017, *Combined use of relative drought indices to analyze climate change impact on meteorological and hydrological droughts in a Mediterranean basin*. In: *Journal of Hydrology*, Vol. 554, 292 – 305.

McKee, T.B.–Doesken, N.J.–Kleist, J., 1993, *The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales*. 8th Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, Anaheim, CA.

Olesen, J. E.–Trnka, M.–Kersebaum, K.C.–Skjelvåg, A.O.–Seguin, B.–Peltonen-Sainio, P.–Rossi, F.–Kozyra, J.–Micale, F., 2011, *Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change*, Vol. 34, Is. 2, 96 – 112.

Quesada-Montano, B.–Di Baldassarre, G.–Rangecroft, S.–VanLoon, A.F., 2018, *Hydrological change: Towards a consistent approach to assess changes on both floods and droughts*. In: *Advances in Water Resources*, Vol. 111, 31 – 35.

Spinoni, J.–Carrao, H.–Naumann, G.–Antofie, T.–Barbosa, P.–Vogt, J., 2013, *A global drought climatology for the 3rd edition of the World Atlas of Desertification (WAD)*. In: *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 15, EGU General Assembly 2013.

Van Loon, A.F.–Tijdeman, E.–Wanders, N.–Van Lanen, H.A.J.–Teuling, A.J.–Uijlenhoet, R., 2014, *How climate seasonality modifies drought duration and deficit*. In: *Jour. Of Geophys. Research: Atmospheres*, Vol. 119, 4640 – 4656.

Vicente-Serrano, S.M.–Begueria, S.–López-Moreno, J.I., 2010, *A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*. In: *Journal of Climate*. Vol. 23, Is. 7, 1696 – 1718.

Wang, H.–He, B.–Zhang, Y.–Huang, L.–Chen, Z.–Liu, J., 2018, *Response of ecosystem productivity to dry/wet conditions indicated by different drought indices*. In: *Science of the Total Environment*, Vol. 612, 347 – 357.

Žalud, Z.–Hlavinka, P.–Prokeš, K.–Semerádová, D.–Balek J.–Trnka, M., 2017, *Impacts of water availability and drought on maize yield – A comparison of 16 indicators*. In: *Agricultural Water Management*, Vol. 188, 126 – 135.

Pod'akovanie:

This contribution was supported by:

[DriDanube – Drought Risk in the Danube Region](#)

www.interreg-danube.eu/dridanube

Project co-funded by European Union funds (ERDF, IPA)