

Očakávaná zmena charakteru sucha v budúcnosti podľa výstupov regionálnych klimatických modelov

Jaroslava Slavková
jaroslava.slavkova@shmu.sk

Úvod

Na území Slovenska očakávame do konca 21. storočia nárast priemernej ročnej teploty o 3,5 - 6,0 °C v porovnaní s obdobím 1991 - 2020. V súlade s týmto nárastom bude narastať aj referenčná evapotranspirácia. V mnohých oblastiach Slovenska nárast úhrnu zrážok nebude dostatočný na to, aby pokryl zvýšenú evapotranspiráciu. Predpokladáme preto, že na území Slovenska príde aj k zmenám vo výskyte sucha.

- Bude sa sucho (aj extrémne) v budúcnosti na Slovensku vyskytovať častejšie v porovnaní s obdobím 1991 - 2020?
- Budú epizódy sucha v budúcnosti v priemere aj intenzívnejšie?

Uvedené otázky zodpovedáme na základe 12-mesačného meteorologického indexu SPEI vypočítaného z výstupov regionálnych klimatických modelov do roku 2100.

Metodika

Údaje: výstupy 5 regionálnych klimatických modelov (RKM) dostupných v rámci iniciatívy EURO-CORDEX (tabuľka 1), ktoré boli preinterpolované do siete 75 staníc na Slovensku a následne čiastočne korigované. Po vypočítaní analyzovaných charakteristík (napríklad frekvencie výskytu 12-mesačného sucha v normálovom období) pre každý z piatich RKM zvlášť, bol pre túto charakteristiku vypočítaný aritmetický priemer z použitých RKM, ktorý uvádzame aj na mapách. Pri každom z regionálnych klimatických modelov sme brali do úvahy 2 emisné scenáre: stredný emisný scenár RCP4.5 a pesimistický scenár RCP8.5, ktorý predpovedá nárast skleníkových plynov v prípade úplnej absencie mitigačných opatrení.

Globálny klimatický model (okrajové podmienky pre RKM)	Regionálny klimatický model (RKM)	Akronym
CNRM-CERFACS-CM5 (Francúzsko)	KNMI-RACMO22E (Holandsko)	CNRM
MPI-M-MPI-ESM-MR (Nemecko)	SMHI-RCA4 (Švédsko)	MPI
NCC-NorESM1-M (Nórsko)	GERICS-REMO2015 (Nemecko)	NORESM
ICHEC-EC-EARTH (Írsko)	CLMcom-CLM-CCLM4-8-17 (EÚ)	ECEARTH
MOHC-HadGEM2-ES (UK)	KNMI-RACMO22E (Holandsko)	MOHC

Tabuľka 1: Zoznam použitých RKM a globálne klimatické modely z ktorých boli čerpané okrajové podmienky

Porovnali sme analyzované charakteristiky sucha v referenčnom období (1991 - 2020) s rovnakými charakteristikami v období blízkej budúcnosti (2021 - 2060) resp. vzdalenej budúcnosti (2061 - 2100).

Výpočet SPEI:

- vstupné údaje: rozdiel zrážok a referenčnej evapotranspirácie. Referenčná evapotranspirácia bola počítaná metódou Penman-Monteith (vstupné údaje: teplota vzduchu, relatívna vlhkosť, rýchlosť vetra a krátkovlnná slnečná radiácia)
- štatistické rozdelenie rozdielu zrážok a referenčnej evapotranspirácie: GEV
- Referenčné obdobie indexu: 1991-2020
- 12-mesačný index počítaný v mesačnom kroku
- výpočet v prostredí programovacieho jazyka R (pomocou balíčka SCI)

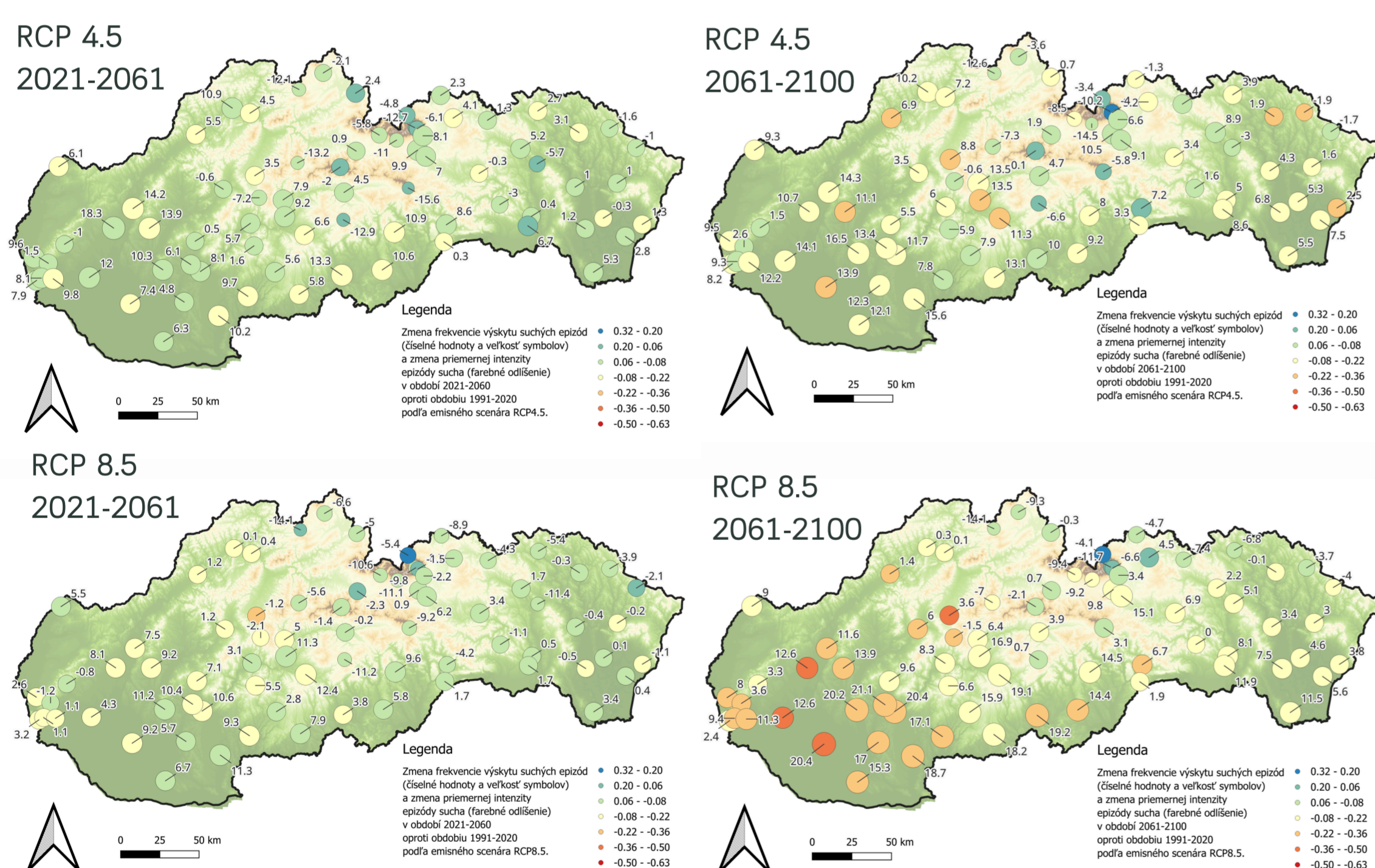
Validácia indexu SPEI: pred samotnou analýzou charakteristík sucha boli jednotlivé rady indexov SPEI otestované na normalitu v referenčnom období. Pokiaľ index v referenčnom období nemá normálne rozdelenie, signalizuje to nevhodné stanovenie distribučnej funkcie rozdielu zrážok a referenčnej evapotranspirácie. Takáto nepresnosť môže následne ovplyvniť hodnoty indexu pre daný mesiac naprieč celým analyzovaným časovým radom. Rady indexov, ktoré nemajú v referenčnom období normálne rozdelenie sme preto z ďalšej analýzy vylúčili (tabuľka 2). *

Takéto prípady sa vo vyššom počte vyskytovali hlavne v oblasti vysokohorských staníc (Lomnický štít, Skalnaté Pleso, Chopok, Štrbské pleso, Tatranská Javorina) a najmä v prípade modelu MOHC.

Model	CNRM	MPI	NORESM	ECEARTH	MOHC
Percentuálny počet údajov, ktoré boli odstránené v dôsledku toho, že indexy v ref. obd. nemajú normálne rozdelenie	0.41%	0.48%	0.61%	0.30%	5.89%

Tabuľka 2: Percentuálny počet indexov vylúčených z ďalšej analýzy v dôsledku toho, že v referenčnom období nemajú normálne rozdelenie pre jednotlivé regionálne klimatické modely

Frekvencia a intenzita suchých epizód



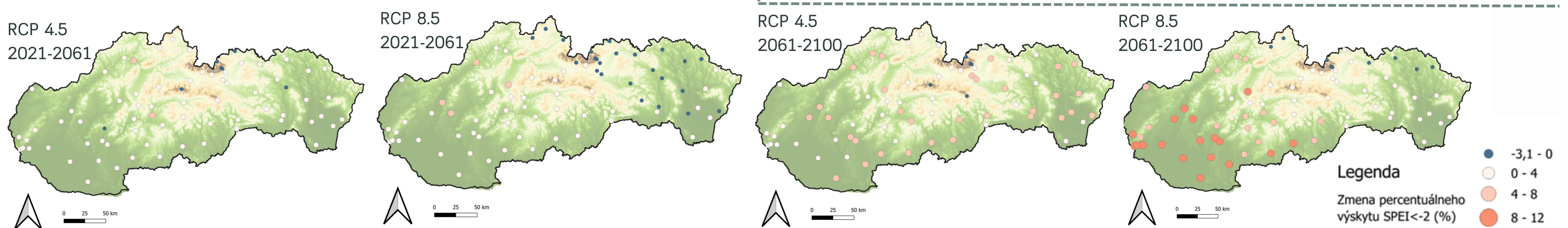
Epizóda sucha začína mesiacom, kedy 12-mesačný SPEI (za obdobie posledných 12 mesiacov od daného mesiaca) klesne pod hodnotu -1 a končí sa mesiacom, kedy 12-mesačný SPEI nadobudne kladnú hodnotu. Farba symbolu na mapách zobrazuje zmenu frekvencie výskytu 12-mesačného sucha v bližšej (2021-2060) resp. ďalej budúcnosti (2061-2100) oproti normálovému obdobiu 1991-2020. **Frekvenciu výskytu sucha** v jednotlivých skúmaných obdobiach sme počítali ako percentuálny počet suchých mesiacov v rámci daného obdobia.

Okrem stredných polôh a horských oblastí očakávame nárast frekvencie sucha prakticky na celom území Slovenska. Najvýraznejšie porastie frekvencia výskytu sucha na Podunajskej nížine a na juhu stredného Slovenska.

Zmena priemernej intenzity sucha hovorí o tom o koľko sa zmení priemerná hodnota 12-mesačného SPEI v prípade výskytu epizódy sucha (mesiace mimo epizód sucha sa teda do tohto priemeru nezapočítavajú).

Zmena intenzity epizód sucha na väčšine územia Slovenska nebude výrazná. Najvýraznejší nárast priemernej intenzity epizód sucha predpokladáme v lokalitách do 350 m n.m. Na druhej strane na vysokohorských staniciach ako Tatranská Javorina, či Skalnaté pleso sa v budúcnosti očakáva pokles intenzity sucha.

Frekvencia výskytu extrémneho sucha



Za **extrémne sucho** považujeme mesiace, kedy hodnota 12-mesačného SPEI dosiahla hodnotu -2 a menej. Frekvencia výskytu extrémneho 12-mesačného sucha v skúmanom období predstavuje percentuálny výskyt takýchto mesiacov z celkového počtu mesiacov v danom období. Na mape zobrazujeme zmenu tejto frekvencie v bližšej (2021-2060) resp. ďalej budúcnosti (2061-2100) oproti normálovému obdobiu 1991-2020.

Frekvencia výskytu extrémneho sucha vzrastie podľa našej analýzy najvýraznejšie na Podunajskej a Záhorskej nížine a v kotlinách na juhu stredného Slovenska. V porovnaní s obdobím 1991 - 2020 tu bude ku koncu storočia približne o 2 až 12% viac mesiacov s extrémnym 12-mesačným suchom.

*Viac ohľadom tohto postupu možno nájsť napríklad v článku SLAVKOVÁ et al., 2023. Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index Approach for Drought Assessment in Slovakia-Statistical Evaluation of Different Calculations. Atmosphere [online]. 2023, roč. 14, č. 1464. Dostupné na: doi:https://doi.org/10.3390/atmos14091464



Táto práca bola podporená projektom s názvom Vplyv extrémneho sucha na poľnohospodárstvo vo vybraných klimatických regiónoch Európy s evidenčným číslom projektu DS-FR-22-0017.