

ANALIZA POJAVE SUŠE NA PODRUČJU VOJVODINE

Milica STAJIĆ, Atila BEZDAN, Pavel BENKA, Boško BLAGOJEVIĆ

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet
Departman za uređenje voda
Trg D. Obradovića 8, 21000 Novi Sad

REZIME

Kao rezultat klimatskih promena suša predstavlja problem svetskih razmera. Poljoprivreda je veoma osetljiva na sušu i na području Vojvodine izaziva velike štete. Pojava suše na području Vojvodine analizirana je u periodu od 1971. do 2019. godine na osnovu podataka sa osam meteoroloških stanica. U ovom radu korišćena su dva indeksa suše: standardizovani indeks padavina (SPI) i indeks suše (RDI). Indeksi suše su izračunati pomoću softvera DrinC (Drought Indices Calculator). Takođe, za područje Vojvodine su izrađene karte sa vrednostima indeksa suše SPI i RDI za period 3 meseca (SPI3 i RDI3), za mesece jun, jul, avgust i septembar 2017. godine. Analiziranjem rezultata može se zaključiti da se u posmatranom periodu javljaju suše različitog intenziteta i trajanja.

Ključne reči: Indeks suše, Vojvodina, SPI, RDI, softver DrinC

UVOD

Poslednjih decenija mnogi naučnici i istraživači su se bavili pitanjem klimatskih promena. Postoje dokazi (studije, izveštaji) da će očekivane klimatske promene izazvati produžene i intenzivnije suše u mnogim delovima sveta [9, 12]. Očekivano povećanje sušnih događaja imaće značajne efekte u poljoprivredi [2]. Poljoprivreda predstavlja jedan od najranjivijih sektora na sušne događaje [28]. Bezdan [4] navodi da se u poljoprivredi pod sušom podrazumeva period u toku kojeg je vlažnost zemljišta znatno ispod prosečne i nedovoljna za razvoj poljoprivrednih kultura.

U svetu i kod nas pojava ekstremnih hidrometeoroloških događaja je sve učestalija. Česte smene veoma vlažnih i izuzetno sušnih perioda prouzrokuju značajne negativne posledice na poljoprivredu. Vojvodina je veoma ugrožena klimatskim promenama jer se očekuju sve

učestalije pojave klimatskih ekstrema. Strogi zahtevi poljoprivredne proizvodnje čine područje Vojvodine veoma ranjivim na pojavu viška i manjka vode [4]. Suša je redovna pojava u klimatskim uslovima Vojvodine i zbog toga poljoprivreda trpi velike štete usled smanjenih prinosa gajenih biljaka [14, 16, 17]. Analiza i praćenje suše su od ključnog značaja i strateške važnosti za razvoj Vojvodine [5].

Pojava suše može da se prikaže pomoću indeksa suše. Meteorolozi i hidrolozi su razvili brojne indekse suše, koji predstavljaju numeričke vrednosti bez dimenzija, za merenje jačine i trajanja sušnih događaja [4]. Postoje mnogi alati i softveri za izračunavanje indeksa suše. U ovom radu korišćen je softver DrinC (Drought Indices Calculator) za izračunavanje indeksa suše SPI (Standardised Precipitation Index) i RDI (Reconnaissance Drought Index) na području Vojvodine za period od 1971. do 2019. godine, na osnovu podataka sa sedam meteoroloških stanica: Kikinda, Palić, Rimski Šančevi, Sremska Mitrovica, Sombor, Vršac i Zrenjanin, a osma stanica je meteorološka stanica Beograd. Podaci o padavinama i temperaturama preuzeti su iz meteoroloških godišnjaka Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije [18]. U cilju ilustracije izrađene su karte indeksa suše (SPI3 i RDI3) za mesece jun, jul, avgust i septembar 2017. godine. Cilj ovog rada je da se primenom indeksa suše (SPI i RDI) analizira pojava meteorološke suše, odnosno odsustvo padavina na području Vojvodine.

STANDARDIZOVANI INDEKS PADAVINA (SPI)

McKee i sar. [15] su razvili standardizovani indeks padavina (Standardised Precipitation Index, SPI) za potrebe definisanja i osmatranja suše. Guttman [10] navodi da se za njegovo određivanje koriste samo podaci o količini padavina i da može biti izračunat za različite vremenske intervale. Prilikom proračuna SPI neophodan je najmanje 30-to godišnji niz mesečnih

podataka o količini padavina [3, 17]. Od strane McKee i sar. [15] predložena je skala za kategorizaciju uslova vlažnosti na osnovu SPI (Tabela 1). Negativne vrednosti SPI označavaju stanje suše a pozitivne vrednosti stanje prekomerne vlažnosti. Na osnovu prethodnih istraživanja [13, 19] utvrđeno je da padavine u Evropi podležu zakonu 2-parametarske gama distribucije.

Tabela 1. Kategorizacija uslova vlažnosti na osnovu SPI

SPI	Klase
$2,0 \leq \text{SPI}$	ekstremno kišno
$1,5 \leq \text{SPI} \leq 1,99$	vrlo kišno
$1,0 \leq \text{SPI} \leq 1,49$	umereno kišno
$-0,99 \leq \text{SPI} \leq 0,99$	u granicama normale
$-1,0 \leq \text{SPI} \leq -1,49$	umereno sušno
$-1,5 \leq \text{SPI} \leq -1,99$	vrlo sušno
$\text{SPI} \leq -2,0$	ekstremno sušno

Funkcija gustine gama raspodele je definisana za $x > 0$ i data je formulom:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (1)$$

gde je:

α - parametar oblika

β - parametar veličine

x - količina padavina

$\Gamma(\alpha)$ - gama funkcija koja se definiše kao:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (2)$$

Parametri α i β određeni su metodom maksimalne verodostojnosti [22] koja glasi:

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (3)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln \bar{x}_k}{n} \quad (4)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (5)$$

gde je:

n - broj osmatranja padavina.

S obzirom na to da padavine mogu iznositi 0, kumulativna verovatnoća se definiše kao:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (6)$$

gde je:

$G(x)$ - kumulativna verovatnoća nepotpune gama funkcije

q - verovatnoća padavina visine 0 mm definisana kao:

$$q = \frac{m}{n} \quad (7)$$

gde je:

m - broj koji označava koliko puta su padavine iznosile 0 u vremenskom nizu

n - broj osmatranja padavina.

Kumulativna verovatnoća $H(x)$ se zatim transformiše u standardnu normalnu slučajnu promenljivu Z sa srednjom vrednošću 0 i varijansom 1 [1, 20, 25, 26] što je vrednost SPI.

INDEKS SUŠE (RDI)

Indeks suše (Reconnaissance Drought Index, RDI) je indeks suše zasnovan na dva meteorološka parametra: padavine i potencijalna evapotranspiracija [27, 29] i služi za procenu intenziteta suše [25]. Za tačniju procenu koristi se njegov standardizovani oblik RDI_{st} [25]. RDI je razvijen za potrebe preciznijeg približavanja deficitu vode, predstavljajući ravnotežu između ulaza i izlaza u vodnom sistemu [29, 30]. Tsakiris i sar. [30] navode da se RDI može izračunati pomoću tri izraza: početna vrednost RDI (α_k), normalizovani RDI (RDI_n) i standardizovani RDI (RDI_{st}) [30].

Početna vrednost (α_k) RDI izračunava se za i -tu godinu u vremenskom intervalu od k (meseci) kao:

$$\alpha_k^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^k P_{ij}}{\sum_{j=1}^k PET_{ij}}; i = 1(1)N; j = 1(1)k \quad (8)$$

gde su:

P_{ij} - padavine j -tog meseca i -te godine

PET_{ij} - potencijalna evapotranspiracija j -tog meseca i -te godine

N - ukupan broj osmatranih godina.

Normalizovani RDI (RDI_n) izračunava se za svaku godinu koristeći sledeću jednačinu u kojoj je očitljivo da je parametar $\bar{\alpha}_k$ aritmetička sredina vrednosti α_k izračunatih za N godina podataka.

$$RDI_n^{(i)} = \frac{\alpha_k^{(i)}}{\bar{\alpha}_k} - 1 \quad (9)$$

Testiranjem je dokazano da vrednosti α_k zadovoljavajuće prate gama i lognormalnu raspodelu na širokom rasponu lokacija i različitim vremenskim skalama [24, 31].

Za izračunavanje RDI_{st} kada se primenjuje lognormalna raspodela, koristi se sledeća jednačina:

$$RDI_{st}^{(i)} = \frac{y^{(i)} - \bar{y}}{\hat{\sigma}_y} \quad (10)$$

u kojoj je: $y_i = \ln\left(\frac{y_k^{(i)}}{\alpha_k}\right)$, \bar{y} je njegova aritmetička sredina, a $\hat{\sigma}_y$ predstavlja njegovu standardnu devijaciju. Kod primene gama raspodele, za izračunavanje RDI_{st} , neophodno je prilagoditi funkciju gustine gama verovatnoće datoj raspodeli frekvencije α_k [24, 31]. Za kraće vremenske periode izračunavanje se vrši na osnovu složene kumulativne funkcije raspodele (verovatnoća nulte količine padavina i gama kumulativna verovatnoća), kako bi se uzele u obzir i nulte vrednosti za kumulativne periode padavina [25]. Karakterizacija suše se može izvršiti na osnovu vrednosti RDI_{st} kao što je prikazano u tabeli 2 [27]. Pozitivne vrednosti RDI_{st} ukazuju na vlažne periode, a negativne na sušne periode u poređenju sa normalnim uslovima na tom području. Kada su vrednosti RDI_{st} izrazito negativne ozbiljnost sušnih događaja se povećava [25].

Tabela 2. Karakterizacija suše na osnovu RDI vrednosti

RDI_{st}	Klase
> 2,00	izuzetno vlažno
1,50 do 1,99	veoma vlažno
1,00 do 1,49	umereno vlažno
-0,49 do 0,99	u granicama normale
-0,99 do -0,50	blaga suša
-1,49 do -1,00	umerena suša
-1,99 do -1,50	jaka suša
< -2	ekstremna suša

RDI se izračunava za hidrološku godinu unapred određenih referentnih perioda od 3, 6, 9 i 12 meseci, što ujedno predstavlja razliku u poređenju sa drugim indeksima suše [25]. Sa aspekta poljoprivrede za potrebe određivanja suše pouzdanije je koristiti RDI [20].

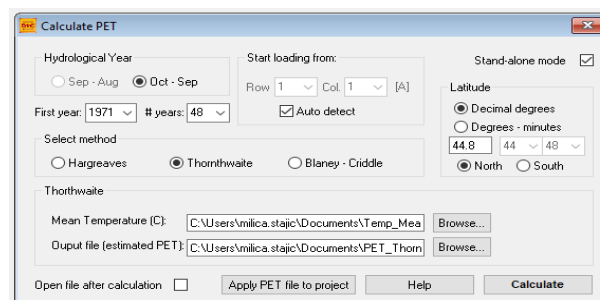
SOFTVER DRINC

Softver DrinC (Drought Indices Calculator) predstavlja jednostavan softver za izračunavanje indeksa suše [26]. Pogodan je za procenu prostornog rasporeda, praćenje suše, kao i za ispitivanje klimatskih i sušnih događaja [21]. DrinC ima relativno male zahteve za podacima i može se pristupiti svim glavnim funkcijama kroz glavni meni softvera. Takođe, uključuje dodatne alate, kao što je procena potencijalne evapotranspiracije (PET)

metodama zasnovanim na temperaturi [8]. Primarna referentna osnova u softveru DrinC je hidrološka godina (oktobar-septembar) [25]. Rezultati mogu biti predstavljeni mesečno ili po periodu, što omogućava direktno poređenje jačine suše za određene periode godine [26].

POTENCIJALNA EVAPOTRANSPIRACIJA (PET)

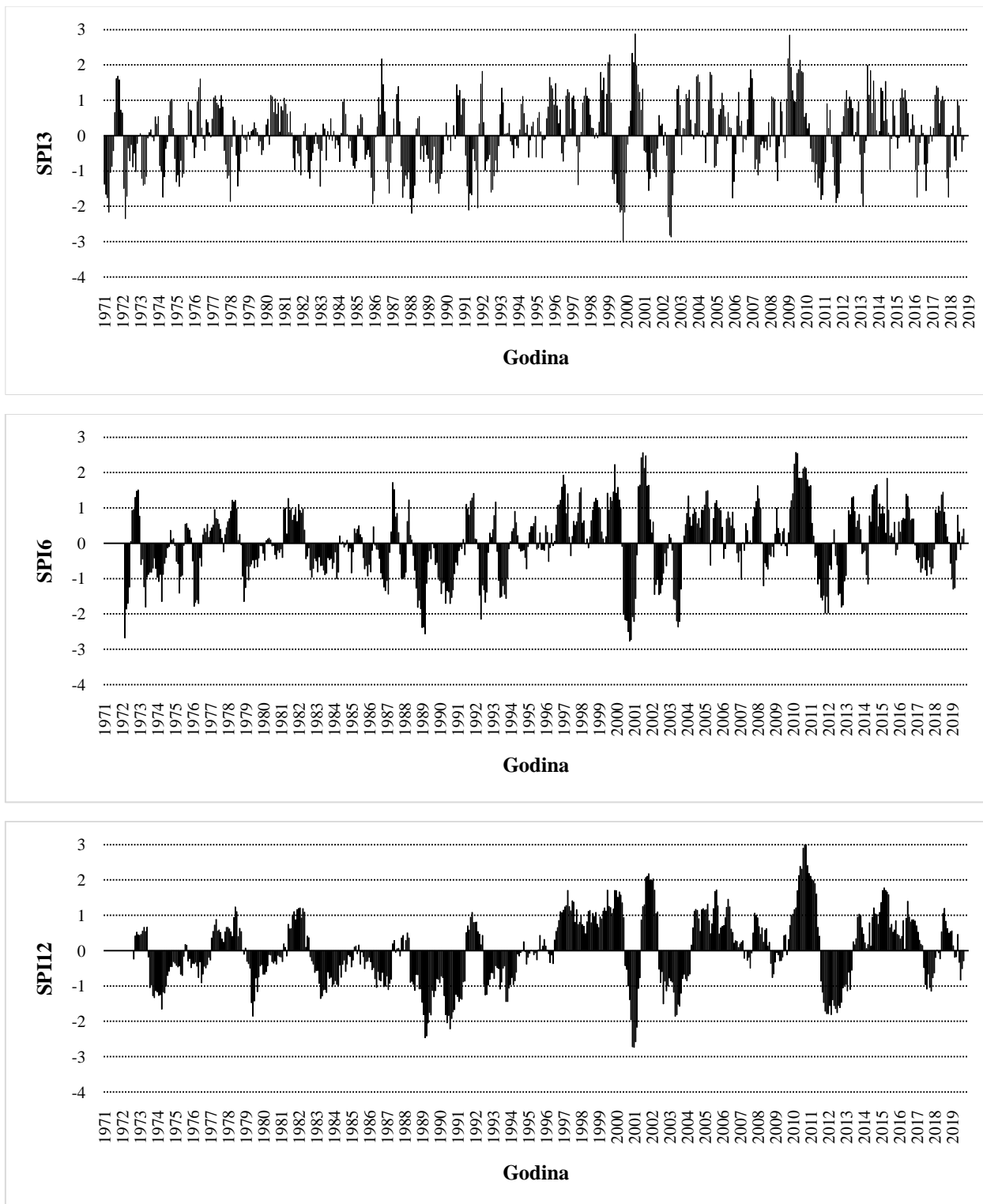
Uključivanje potencijalne evapotranspiracije u izračunavanje RDI poboljšava njegovu validnost za procenu rizika od suše u poljoprivredi [29]. Softver DrinC pruža modul za proračun potencijalne evapotranspiracije (PET) pomoću tri metode zasnovane na temperaturi: Hargreaves [11], Thornthwaite [23] i Blaney-Criddle [6] (Slika 1). Prva metoda zahteva podatke o minimalnoj i maksimalnoj temperaturi, dok druge dve metode traže samo podatke o srednjoj temperaturi [26]. Neophodno je definisati osnovne ulazne podatke (broj godina, početna godina i geografska širina).



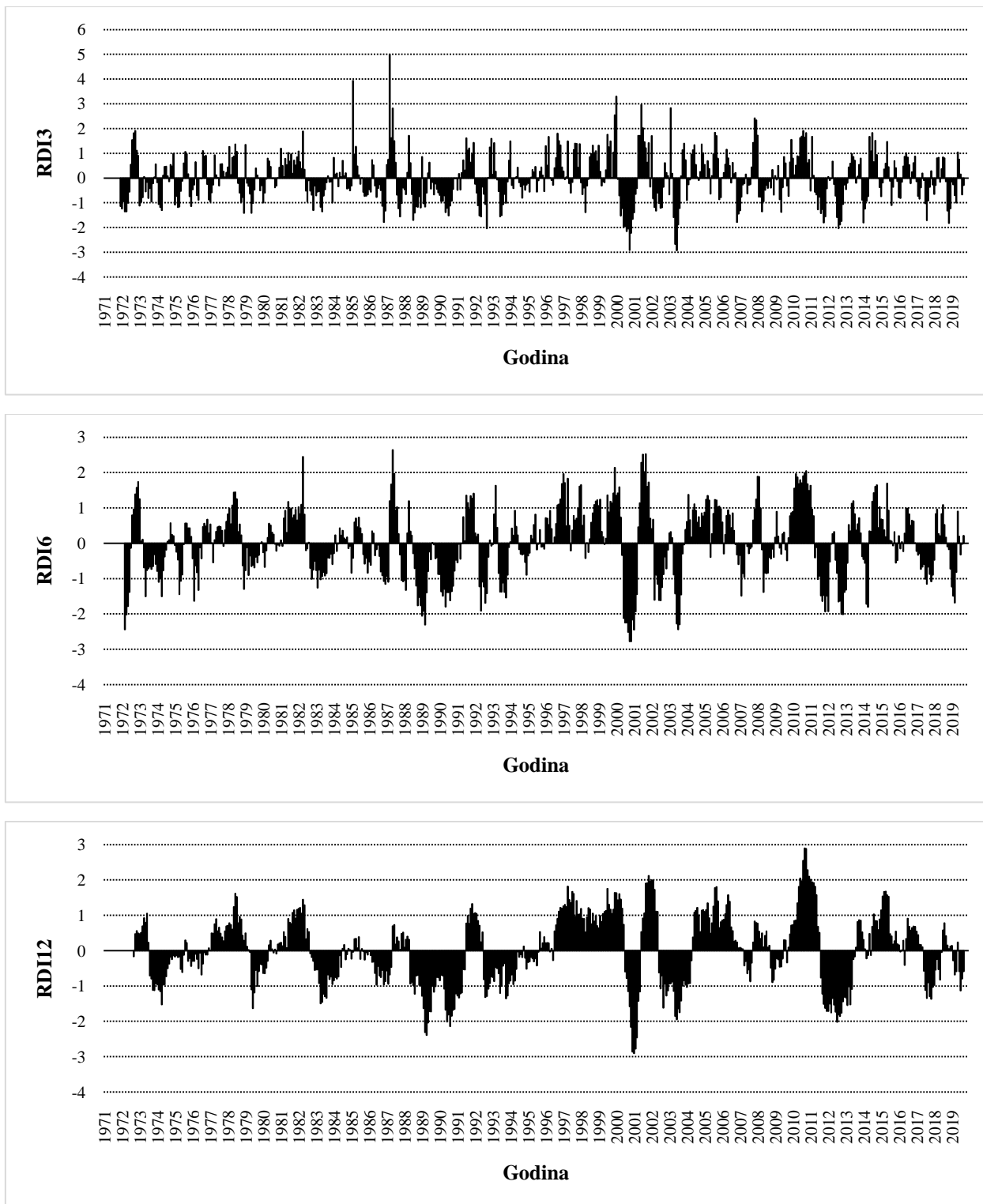
Slika 1. Modul za proračun potencijalne evapotranspiracije (PET) u softveru DrinC

REZULTATI I DISKUSIJA

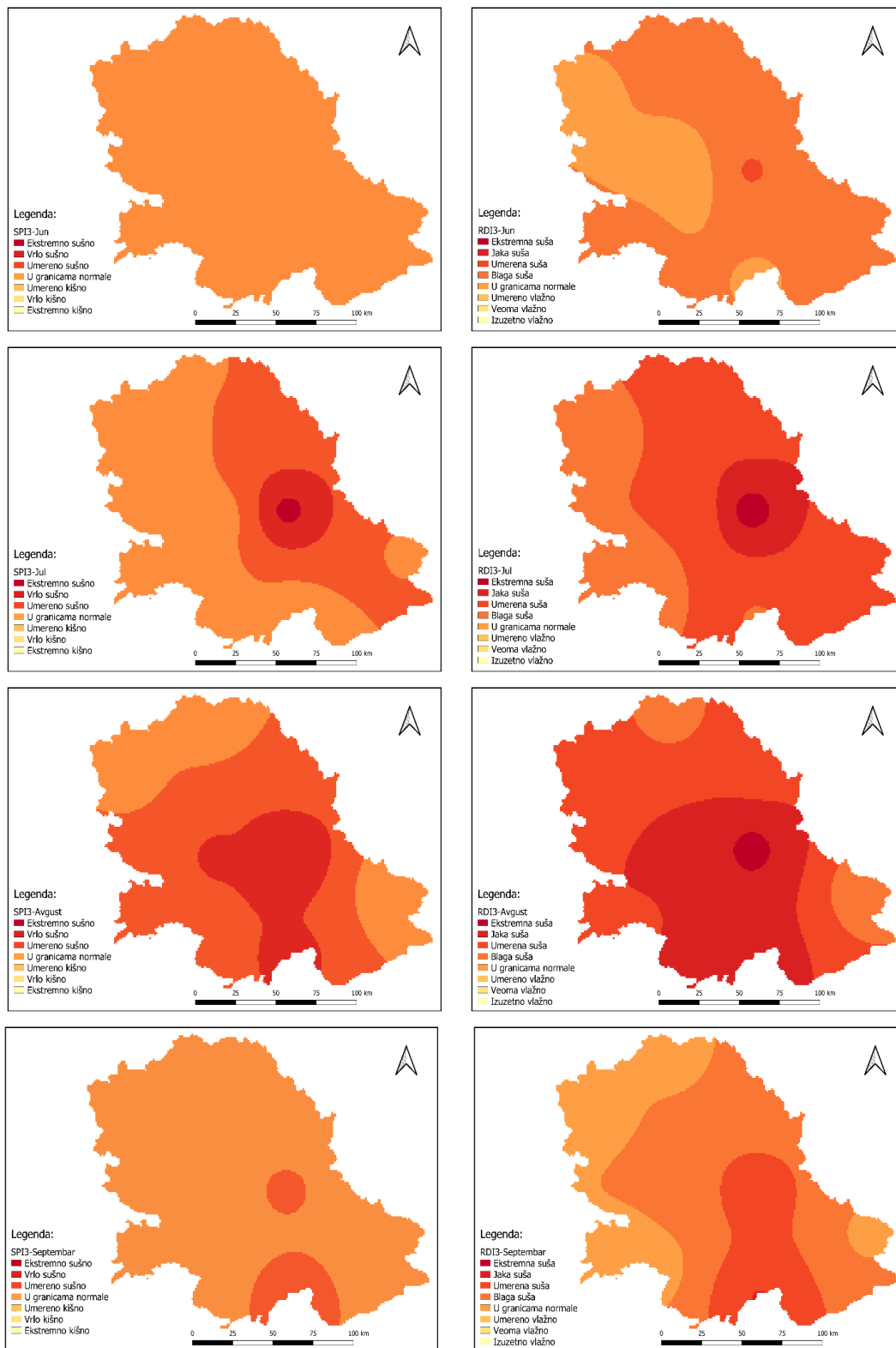
U radu je prikazana mogućnost primene softvera DrinC za izračunavanje dva indeksa suše (SPI i RDI). Pojava suše na području Vojvodine analizirana je u periodu od 48 godina (1971-2019) korišćenjem indeksa SPI i RDI . Softver omogućava izračunavanje indeksa suše na bazi godišnjih i mesečnih vremenskih koraka. Za potrebe ovog rada izabran je mesečni vremenski korak za izračunavanje indeksa suše SPI i RDI za periode od 3 meseca, 6 meseci i 12 meseci. Na dijagramima su predstavljene vrednosti SPI (SPI3, SPI6 i SPI12) i RDI ($RDI3$, $RDI6$ i $RDI12$) za meteorološku stanicu Rimski Šančevi (Slika 2). Takođe, prikazana je mogućnost prostorne analize pojave suše pomoću karata sa vrednostima indeksa suše SPI3 i $RDI3$ za mesec jun, jul, avgust i septembar 2017. godine (Slika 3).



Slika 2. Vremenske serije indeksa SPI3, SPI6, SPI12, RDI3, RDI6, RDI12 za meteorološku stanicu Rimski Šančevi (1971-2019)



Slika 2. (nastavak) Vremenske serije indeksa SPI3, SPI6, SPI12, RDI3, RDI6, RDI12 za meteorološku stanicu Rimski Šančevi (1971-2019)



Slika 3. Karte vrednosti SPI3 i RDI3, jun, jul, avgust i septembar 2017. godine za teritoriju Vojvodine

Indeks SPI3 je registrovao duže pojave suše različitog intenziteta na celoj teritoriji Vojvodine u periodima: jun – oktobar 2000. godine i april-jun 2003. godine. Indeks SPI6 je registrovao pojave suše u periodima: 1988-1989 i 2000-2001. godine. SPI12 je takođe registrovao pojave suše u periodu od 2000. do 2001. godine na svim meteorološkim stanicama. Najintenzivnije suše trajanja duže od jednog meseca (vrednosti indeksa < -2) zabeležene su na meteorološkoj stanici Sombor u periodu od 2013. do 2014. godine. Indeks RDI je dao slične rezultate. RDI3 je registrovao suše različitog intenziteta na svim stanicama u sledećim periodima: jun – jul 1993, maj – jun 2003, novembar – decembar 2006 i oktobar – novembar 2011. godine. RDI6-12 su registrovali pojave suše u periodu od 2011. do 2012. godine na celoj teritoriji Vojvodine. RDI3, RDI6 i RDI12 su takođe zabeležili sušni period od 2000. do 2001. godine.

Prilikom izrade karata osim podataka o indeksima suše, za svaku meteorološku stanicu su neophodni podaci i o njenom položaju. Koordinate svih osam meteoroloških stanica su korišćene u državnom koordinatnom sistemu Gaus-Kruger 7 zona. Dobijene karte su takođe u ovom koordinatnom sistemu. Kako se radi o podacima između kojih postoji prostorna zavisnost, za interpolaciju je izabrana metoda IDW (Inverse Distance Weighted), koja spada u grupu geostatističkih metoda interpolacije. Na karti SPI3 indeksa suše za mesec jun 2017. godine uslovi vlažnosti su u granicama normale. Za mesece jul i avgust uočljive su četiri odnosno tri kategorije uslova vlažnosti, od normalnih uslova vlažnosti do umereno, vrlo sušnih i ekstremno sušnih odnosno od normalnih do umereno sušnih i vrlo sušnih uslova. Za mesec septembar javljaju se samo dve kategorije uslova vlažnosti, normalni i umereno sušni uslovi. Na karti RDI3 indeksa suše za mesec jun 2017. godine uočljive su tri kategorije uslova vlažnosti, od normalnih do blago i umereno sušnih uslova. Za mesece jul i avgust uočljive su četiri kategorije, blago sušni, umereno sušni, jako sušni i ekstremno sušni uslovi. Za mesec septembar se takođe javljaju četiri kategorije uslova vlažnosti, od normalnih do blago sušnih, umereno sušnih i jako sušnih uslova.

Pojava suše u Vojvodini analizirana je od strane više autora. Pojavu suše na području severnog Banata za period od 1956. do 2016. godine Draginčić i sar. [7] analiziraju korišćenjem indeksa SC-PDSI, SPI, SPEI, PaDI i zaključuju da su periodi dugotrajnih suša različitog intenziteta sledeći: 1986-1969, 1983-1984, 1988-1994, 2000-2003 i 2012-2016. godine. U svom radu za meteorološku stanicu Rimski Šančevi za period

od 1971. do 2014. godine, Rajić i Zemunac [17] takođe izdvajaju sledeće godine kao izrazito sušne: 2000. i 2011. godina.

ZAKLJUČAK

S obzirom na to da je Vojvodina poljoprivredni region veliki problem izazivaju suše koje nastaju kao posledica klimatskih promena. Postoji mnogo definicija i pokazatelja suše. Prilikom analize suše indeksi suše predstavljaju najjednostavniji alat. U ovom radu je dat pregled indeksa SPI i RDI koji su izračunati pomoću softvera DrinC koristeći podatke sa osam meteoroloških stanica (Kikinda, Palić, Rimski Šančevi, Sremska Mitrovica, Sombor, Vršac i Beograd), za period od 1971. do 2019. godine.

Indeksi SPI i RDI registrovali su suše različitog intenziteta i trajanja na celoj teritoriji Vojvodine u periodu od 2000. do 2001. godine. Indeksi SPI3 i RDI3 su registrovali veći broj kraćih sušnih perioda. Periodi u kojima su se javile dugotrajne suše različitog intenziteta su: 1988-1989 (SPI6) i 2011-2012 (RDI6-12). Na izrađenim kartama SPI3 i RDI3 za mesece jun, jul, avgust i septembar 2017. godine, uočeni su nepovoljni uslovi vlažnosti na teritoriji Vojvodine. Najintenzivnije suše su zabeležene u mesecima jul i avgust 2017. godine. Mapiranjem indeksa suše mogu se dobiti neophodne podloge za analizu i procenu rizika od poljoprivredne suše na području Vojvodine.

ZAHVALNOST

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije koje finansira istraživanja (Grant No. 451-03-9/2021-14/200117). Takođe, deo rezultata je dobijen istraživanjem na projektu Soil Erosion and Torrential Flood Prevention: Curriculum Development at the Universities of Western Balkan Countries (SETOF) (2018-2021), Erasmus+ Capacity Building in Higher Education.

LITERATURA

- [1] Abramovitz, M., Stegun, I. 1965. Handbook of mathematical functions. National bureau of standards, applied mathematics series-55, Washington, D.C.
- [2] Al-Faraj F. A. M., Tigkas D. 2016. Impacts of multi-year droughts and upstream human-induced activities on the development of a semi-arid transboundary basin. Water Resour Manag 30(14):

- 5131–5143. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1473-9>.
- [3] Benka, P., Bezdán A., Grabić J., Salvai A. 2011. Mogućnost praćenja suše primenom karata SPI. Poljoprivredni fakultet. Departman za uređenje voda, Novi Sad. Melioracije 11: 16-24.
- [4] Bezdán, A. 2014. Procena rizika od suficita i deficita vode na melioracionom području. (Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad).
- [5] Bezdán, J. 2019. Pristup monitoringu poljoprivredne suše na području Vojvodine baziran na standardizovanom indeksu padavina i evapotranspiracije (Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad).
- [6] Doorenbos, J., Pruitt, W.O. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and drainage paper 24, 2nd edn. FAO, Rome.
- [7] Draginčić, J., Bezdán, A., Pejić, B., Mesaroš, M., Blagojević, B. 2017. Analiza pojave suše na području Severnog Banata. Letopis naučnih radova. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad. Vol. 41, No 2: 77-84.
- [8] DrinC software- Drought Indices Calculator. <http://drought-software.com/overview/>. Pristupljeno 18. februara 2021.
- [9] EEA (European Environment Agency). 2017. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016: An indicator-based report. EEA report No 1/2017, ISSN 1977–8449.
- [10] Guttman, N.B. 1999. Accepting the standardized precipitation index: A calculation algorithm. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 35(2): 311-322.
- [11] Hargreaves GH, Samani, Z.A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. Trans ASAE 1(2): 96–99.
- [12] IPCC (intergovernmental panel on climate change). 2012. In: Field CB et al (eds) Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 582
- [13] Lloyd-Hughes, B., Saunders, M.A., 2002. A drought climatology for Europe. International journal of climatology, 22(13): 1571-1592.
- [14] Maksimović, L., Pejić, B., Milić, S., Radojević, V., 2005. Efekat navodnjavanja na evapotranspiraciju i prinos soje. Vodoprivreda. 37: 239-244.
- [15] McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, Boston MA: American Meteorological Society: 179 –184.
- [16] Rajić, M. 2016. Prilog proučavanju suša na području južne Bačke. Letopis naučnih radova. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad. Vol. 40, No 1: 1-9.
- [17] Rajić, M., Zemunac, R. 2017. Poređenje različitih metoda za ocenu suše na području Južne Bačke. Letopis naučnih radova. Vol. 42, No 1: 68-76.
- [18] Republički hidrometeorološki zavod Srbije-RHMZS <http://www.hidmet.gov.rs/>. Pristupljeno 10. februara 2021.
- [19] Stagge, J.H., Tallaksen, L.M., Gudmundsson, L., Van Loon, A.F., Stahl, K. 2015. Candidate distributions for climatological drought indices (SPI and SPEI). International Journal of Climatology, 35(13): 4027-4040.
- [20] Stričević, R., Đurović, N., Pivić, R. 2007. Primena standardizovanog indeksa padavina za određivanje pojava suficita i deficita vode na području Surčinskog donjeg polja. Vodoprivreda 0350-0519, 39 (2007): 229-230 p. 366-375.
- [21] Surendran, U., Kumar, V., Ramasubramoniam, S., Raja, P. 2017. Development of Drought Indices for Semi-Arid Region Using Drought Indices Calculator (DrinC) – A Case Study from Madurai District, a Semi-Arid Region in India. Water Resour Manage (2017) 31: 3593–3605.
- [22] Thom HCS. 1958. A note on the gamma distribution. Mon Weather Rev 86: 117-122.
- [23] Thornthwaite, C.W. 1948. An approach towards a rational classification of climates. Geogr Rev 38: 55–94.
- [24] Tigkas D., 2008. Drought Characterisation and Monitoring in Regions of Greece. European Water 23/24: 29-39.
- [25] Tigkas, D., Vangelis, H., Tsakiris, G., 2013. The Drought Indices Calculator (DrinC). In: Proceedings of 8th International EWRA Conference “Water Resources Management in an Interdisciplinary and Changing Context”, R. Maia

- et al. (eds.). Porto, Portugal, 26-29 June 2013, pp.1333-1342.
- [26] Tigkas, D., Vangelis, H., Tsakiris, G. 2015. DrinC: a software for drought analysis based on drought indices. *Earth Sci Inform* (2015) 8: 697–709.
- [27] Tigkas, D., Vangelis, H., Tsakiris, G. 2017. An Enhanced Effective Reconnaissance Drought Index for the Characterisation of Agricultural Drought. *Environmental Processes*, 4(suppl 1): 137–148.
- [28] Tigkas, D., Vangelis, H., Tsakiris, G. 2020. Implementing crop evapotranspiration in RDI for farm-level drought evaluation and adaptation under climate change conditions. *Water Resources Management*, 34(14): 4329–4343.
- [29] Tsakiris, G., Vangelis, H.J.E.W., 2005. Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European Water* 9 (10): 3–11.
- [30] Tsakiris, G., Pangalou, D., Vangelis, H. 2007. Regional Drought Assessment Based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resour Manage*. 21: 821-833.
- [31] Tsakiris G, Nalbantis I, Pangalou D, Tigkas D, Vangelis H., 2008. Drought meteorological monitoring network design for the reconnaissance drought index (RDI). In: Franco Lopez A. (Ed.), *Proceedings of the 1st International Conference "Drought Management: scientific and technological innovations"*. Zaragoza, Spain: Option Méditerranéennes, Series A, No. 80: 12 - 14 June 2008; 2008. p. 57-62.

ANALYSIS OF DROUGHT OCCURRENCE IN VOJVODINA PROVINCE

by

Milica STAJIĆ, Atila BEZDAN, Pavel BENKA, Boško BLAGOJEVIĆ
 University of Novi Sad, Faculty of Agriculture
 Department of Water Management
 Trg D. Obradovica 8, 21000 Novi Sad, Serbia

Summary

As a result of climate change, drought became a global problem. Agriculture is the most sensitive to drought and it causes great damage in the area of Vojvodina Province. The occurrence of drought in the area of Vojvodina Province was analyzed in the period from 1971 to 2019 on the basis of data from eight meteorological stations.

Two drought indices were used in this paper: Standardised Precipitation Index (SPI) and Reconnaissance Drought Index (RDI). Indices are

calculated by using DrinC (Drought Index Calculator) software. Also, for the area of Vojvodina Province, maps were made with the values of the SPI and RDI indices for the period of 3 months (SPI3 and RDI3), for the months of June, July, August and September 2017. Analyzing the results, it can be concluded that different drought intensities and durations occur in the observed period.

Key words: Drought index, Vojvodina Province, SPI, RDI, DrinC software

Redigovano 11.11.2021.