

## **ANALIZA TRAJANJA SUŠNIH PERIODA NA PODRUČJU SEVERNOG BANATA**

*Milica Rajić<sup>42</sup>*

### **REZIME**

*U radu su prikazani sušni periodi u toku vegetacione sezone za meteorološku stanicu Kikinda u periodu 1949-2010 godina. Sušni periodi definisani su kao gornji ekstremi beskiših perioda, duži od 15 dana i tretirani su kao slučajan broj slučajnih promenljivih. Za tako definisane sušne periode izvršena je analiza njihove veličine odnosno trajanja. Shodno prirodi pojave sušnih perioda nad nekom meteorološkom stanicom i njihove veličine su slučajno promenljive. U radu je prikazana raspodela veličine sušnih perioda, kao i raspodela najvećeg sušnog perioda. Na osnovu analize maksimalnih sušnih perioda sračunata je prosečna vrednost maksimalnih sušnih perioda, koja iznosi 28,6 dana. Praktičan značaj određivanja sumarne funkcije raspodele maksimalnih sušnih perioda ilustruje se određivanjem ekstremnih vrednosti sušnih perioda različitih povratnih perioda. Pomoću tog dijagrama moguće je svakom budućem sušnom period odrediti njegov povratni period. Ova analiza sušnih perioda je samo jedan deo predloženog metoda.*

*Ključne reči:* suša, beskišni period, ekstremi

### **UVOD**

Prirodne nepogode pojavljuju se iznenada i nije ih moguće predvideti, ali je moguće smanjiti njihove negativne posledice izgradnjom hidrotehničkih objekata i sistema. Tu se pre svega misli na dve ekstremne hidrološke pojave – suše i poplave. One predstavljaju prirodne pojave koje u mnogim delovima sveta prouzrokuju značajne štete, kako u privrednim tako i neprivrednim granama. Može se reći da se uticaj suše na životnu sredinu ogleda u degradaciji zemljišta koju prati smanjenje prirodnog potencijala područja i osiromašenje resursa površinskih i podzemnih voda. Ali, iznad svega, negativan uticaj se odražava na uslove života i ekonomski napredak ljudi koji su ovome izloženi. Iako je glavni uzrok suša nedostatak padavina nad razmatranim slivom,

<sup>42</sup> Dr Milica Rajić, red. prof.; Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za uredenje voda

manifestacija suša je dosta različita, pa je zbog toga taj pojam definisan i u nekoliko naučnih disciplina (Heim, 2002; WMO, 1992). Postoje mnoge definicije i pokazatelji suše, ali je činjenica da je glavni uzrok suše nedostatak padavina nad nekim slivom. Treba istaći da su u poljoprivredi za analitičku analizu suše značajne i druge komponente kao na primer, količina prethodne vlage u zemljištu, vrsta zemljišta i debljina njegovog sloja, vrsta biljke i ostalo. Da bi se moglo upoređivati suše koje su se dogodile u različitim krajevima sveta i u različitim istorijskim periodima potrebno je pronaći numeričku meru za sušu (indeks). S obzirom na različitost u definisanju suše, vrlo je teško naći univerzalni indeks. Takođe, zbog složenosti suše, ni jedan indeks ne može opisati sušu u potpunosti. Danas postoji veliki broj metoda za procenu i prognozu suše. Kompleksna pojava suše može pojednostavljeno da se prikaže i pomoću indeksa suše. Neki od najčešće primenjivanih su Standardizovani indeks padavina (SPI) (McKee et al, 1993), Standardizovan indeks klimatskog vodnog bilansa (SPEI) (Vicente - Serrano et al, 2010), Palmerov indeks oštine suše (The Palmer, PDSI) (Willeke et al, 1994), Palfajev indeks suše (PaDI) (Palfai i Herceg, 2011; Herceg, 2012) i drugi.

## MATERIJAL I METOD RADA

U ovom radu nije analizirana suša nego samo jedna njena komponenta - sušni period i to kao stohastička promenljiva. Za analizu je primenjen metod stohastičke analize sušnih perioda (Berić, 1987; Berić et al., 1990; Rajić i Bezdan, 2012). Primjenjeni metod opisuje i analizira stohastički proces sušnih perioda, koji su definisani kao gornji ekstremi beskišnih perioda. Pod sušnim periodom u ovom radu podrazumeva se beskišni period u trajanju većem od 15 dana. Metod obuhvata sve važne komponente procesa sušnih perioda kao što su njihova veličina tj. trajanje, njihov ukupan broj u vegetacionoj sezoni, najduži sušni period u sezoni i vreme njegove pojave.

Ovaj rad predstavlja nastavak ranijih istraživanja (Rajić i Grujić, 2013) i u njemu je prikazana analiza veličine sušnih perioda, a u cilju objašnjenja klimatskih karakteristika vezanih za pojavu suše na području Severnog Banata. Analiza je sprovedena za meteorološku stanicu Kikinda za period 1949 – 2010. Unutar svake vegetacione sezone iz višegodišnjeg niza godina osmatranja prvo su izdvojeni hijetogrami kiša, kao i periodi bez kiša. Zatim je određeno i trajanje perioda bez kiša. Iz toga sledi da je kišni proces prekidan proces, zato što svakom hijetogramu kiša predhodi i sledi period bez kiša. Beskišni periodi veći od 15 dana označavaju sušne periode  $X_v$ , i oni su bili predmet dalje analize. Za svaki izolovani sušni period određeno je njegovo trajanje  $X_v$  (dana), vreme pojave i redni broj sušnog perioda u toku vegetacione sezone  $[0,t]$ . Sam model je baziran na pretpostavci da su sušni periodi nezavisne i identično raspoređene slučajno promenljive, čija se pojava podvrgava Poasonovom zakonu verovatnoće. Za proveru nulte hipoteze da su sušni periodi nezavisne i identično raspoređene slučajne promenljive primenjen je test koraka pri  $\alpha=5\%$  pragu značajnosti. Test je pokazao da se pomenuta hipoteza može prihvati. Takođe je ispitana značajnost serijske korelacije sušnih perioda. Primjenjeni test R.L. Andersona je pokazao da su sukcesivni sušni periodi statistički nezavisni i da ne postoji značajna serijska korelacija sušnih perioda (Rajić i Grujić, 2013).

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

**Raspodela veličina sušnih perioda** određena je za slučajno promenljivu  $Z_v$ , definisanu kao

$$Z_v = X_v - 15$$

Kada se ona odredi, onda se veličina sušnog perioda,  $X_v$ , određuje pomoću izraza

$$X_v = Z_v + 15$$

Za određivanje raspodele veličine slučajne promenljive  $Z_v$ , za vremenski interval  $[0, t]$ , uzeta je cela vegetaciona sezona. Uzorak za MS Kikinda je imao 132 podatka koji su pokrivali period od 62 godine. Aritmetička sredina i standardna devijacija uzorka iznose

$$\bar{Z} = 9,3 \text{ dana}$$

$$\sigma(Z) = 8,3 \text{ dana}$$

koje su međusono dovoljno bliske ( $Cv = \frac{\sigma(Z)}{\bar{Z}} = 0,89$ ) da bi pretpostavka o eksponencijalnom tipu raspodele bila prihvatljiva. (Poznato je da je kod eksponencijalne raspodele  $\bar{Z} = \sigma(Z)$ , tj  $Cv = 1$ ).

Ocena parametra  $\lambda_2$  je prema tome:

$$\lambda_2 = \frac{1}{\bar{Z}} = \frac{1}{9,3} = 0,1075$$

Maksimalno osmotreni podatak za  $Z_v$  u toku perioda osmatranja je

$$Z_{\max} = 49 \text{ dana} \quad (X_{\max} = Z_{\max} + 15 \text{ dana} = 64 \text{ dana})$$

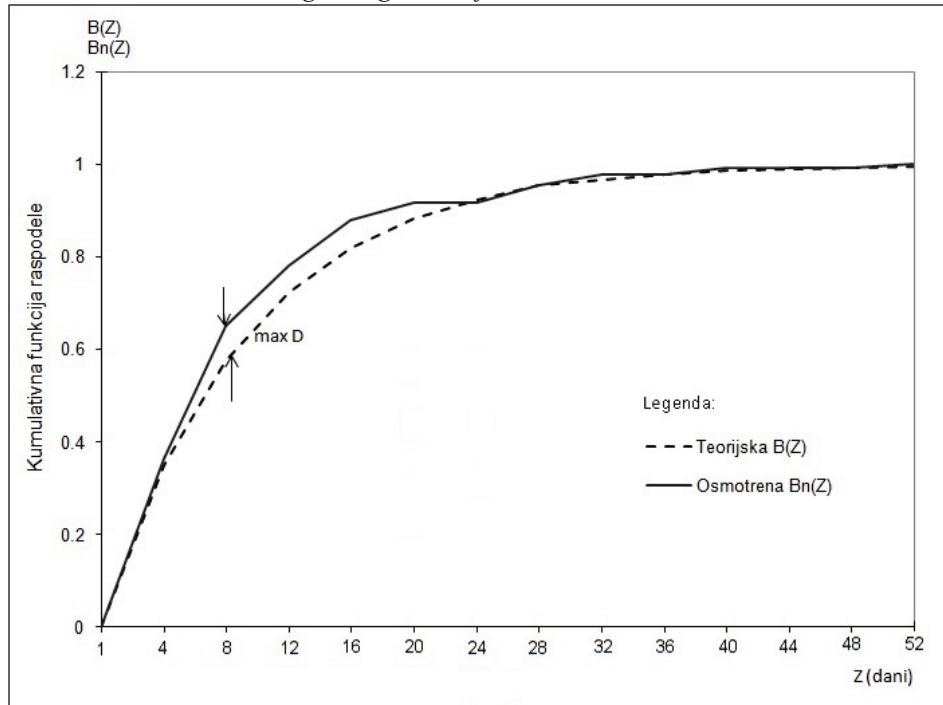
Osmotrena i odgovarajuća teorijska funkcija raspodele slučajno promenljive  $Z_v$  prikazane su na slici 1, sa koje se vidi da se eksponencijalna raspodela

$$B(Z) = 1 - e^{-0,1075 \cdot Z}; \quad Z \geq 0$$

dobro prilagođava osmotrenoj, tj. empirijskoj raspodeli prromenljive  $Z_v$ . Test prilagodavanja po Kolmogorov-Smirnovu je ukazao na dobro slaganje, tj. na bliskost dveju raspodela prikazanih na slici 1.

Slika 1. Teorijska i osmotrena funkcija raspodele veličine sušnog perioda u toku vegetacione sezone za Kikindu i okolinu

Figure 1. Theoretical and observed function of drought period value distribution during growing season for Kikinda area



**Raspodela najvećeg sušnog perioda** - Jedan od glavnih delova primjenjene metode je određivanje funkcije raspodele  $F(Z/t)$  maksimalnih sušnih perioda. Budući da je eksponencijalna raspodela specijalan slučaj gama raspodele, to je u nastavku za analizu najvećih sušnih perioda, odnosno analizu retkih i ekstremnih sušnih perioda, upotrebljena familija gama raspodele u kombinaciji sa vremenski zavisnim Poasonovim procesom (Zelenhasić, 1970). Na osnovu prethodnih proračuna koji su potrebni za definisanje pomenute funkcije raspodele  $F(Z/t)$  maksimalnih sušnih perioda, u toku vremenskog intervala  $[0, t]$ , za meteorološku stanicu Kikinda sledi:

$$F(Z/t) = e^{-\lambda_1(t) \cdot e^{-\lambda_2 \cdot Z}}; \quad Z \geq 0$$

$\lambda_1$  – prosečan broj sušnih perioda u intervalu  $[0, t]$

$\lambda_2$  – parametar iz raspodele veličina sušnih perioda u intervalu  $[0, t]$

$$\overline{\max Z} = 13,6 \text{ dana}$$

$$\sigma(\max Z) = 9,9 \text{ dana}$$

$$C_v = 0,73$$

U gornjoj jednačini vremenski interval  $[0,t]$  može biti bilo koji deo vegetacione sezone u zavisnosti od kojeg se određuje deterministička funkcija  $\lambda_1(t)$  (Rajić i Grujić, 2013). Od najvećeg interesa je vremenski interval od cele vegetacione sezone  $[0,t] = 183$  dana, za koji je sumarna funkcija raspodele maksimalnog sušnog perioda za Kikindu predstavljena izrazom:

$$F(Z/t) = e^{-2,1290 \cdot e^{-0,1075 \cdot Z}}; \quad Z \geq 0$$

gde se  $Z$  meri u danima.

Primena statističkih testova Kolmogorov – Smirnov i  $\chi^2$  pokazala su dobro slaganje teorijske i omotrene funkcije raspodele maksimalnog sušnog perioda.

Praktični značaj određivanja teorijske sumarne funkcije raspodele  $F(Z/t)$  ilustruje se određivanjem **ekstremnih vrednosti sušnih perioda** različitih povratnih perioda. Koristeći teorijsku sumarnu funkciju raspodele  $F(Z/t)$  i izraz za povratni period

$$Tr = \frac{1}{1 - F(z/t)}$$

određena je zavisnost  $T_r = f(X_k)$  koja je predstavljena u tabeli 1 i na slici 2. Ovaj jednostavni dijagram podesan je za praktičnu upotrebu. Pomoću njega se svakom prošlom i budućem sušnom periodu nad datom lokacijom može odrediti povratni period.

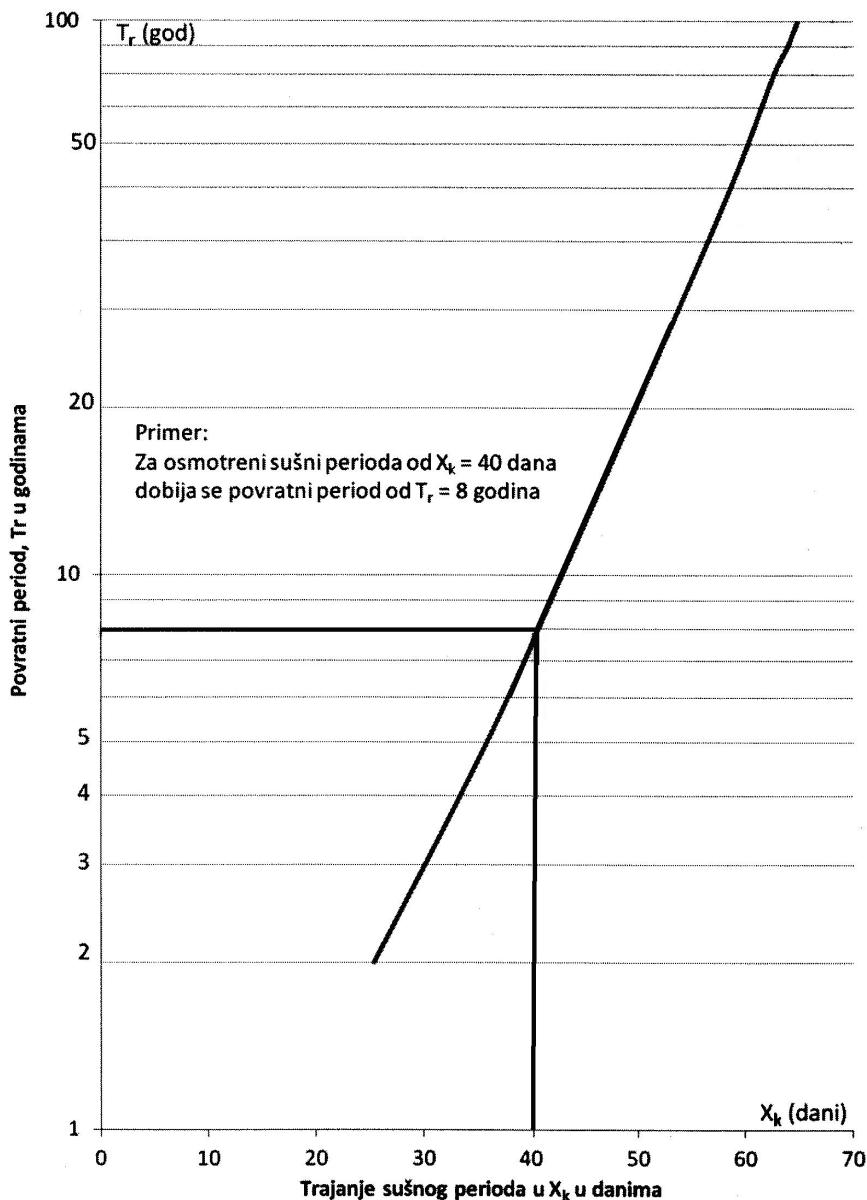
Tabela 1. Vrednosti računskih sušnih perioda,  $X_k$ , različitih povratnih perioda u toku vegetacione sezone za Kikindu i okolinu

Table 1. Values of calculated drought periods,  $X_k$ , of various recurrence periods during growing season for Kikinda area

Redni broj	Povratni period Tr (godine)	F (Z/t)	Sušni period Z (dana)	$X_k = Z + 15$ (dana)
1	100	0,990	49,8	64,8
2	90	0,989	48,9	63,9
3	80	0,988	47,6	62,6
4	50	0,980	43,6	58,6
5	20	0,950	34,7	49,7
6	10	0,900	27,9	42,9
7	5	0,800	20,9	35,9
8	2	0,500	10,4	25,4

Slika 2. Vrednosti računskih sušnih perioda,  $X_k$ , različitih povratnih perioda u toku vegetacione sezone za Kikindu i okolinu

Figure 2. Values of calculated drought periods,  $X_k$ , of various recurrence periods during growing season for Kikinda area



## ZAKLJUČAK

Na osnovu podataka o dnevnim visinama padavina za meteorološku stanicu Kikinda izdvojena su 132 sušna perioda, definisana kao beskišni periodi duži od 15 dana. U analiziranom periodu evidentirane su tri godine (1972, 1989 i 1998 godina) bez sušnih perioda. Maksimalni osmoreni sušni period je  $X_{\max} = 64$  dana, a minimalni  $X_{\min} = 16$  dana.

Analizom veličine sušnih perioda dobijena je njihova teorijska funkcija raspodele na osnovu koje je moguće odrediti verovatnoću da će sušni period biti veći ili jednak od  $Z$  dana. Izdvajanjem maksimalnih sušnih perioda u toku svake vegetacione sezone u nizu analiziranih godina određena je teorijska funkcija raspodele koja je pokazala dobro slaganje sa empirijskom funkcijom raspodele. Praktični značaj određivanja sumarne funkcije raspodele  $F(Z/t)$ , maksimalnih sušnih perioda ilustruje se određivanjem ekstremnih vrednosti sušnih perioda različitih povratnih perioda. Pomoću dobijenog dijagrama moguće je svakom budućem sušnom periodu odrediti njegov povratni period. Analiza sprovedena u ovom radu pokazuje da se maksimalni sušni periodi u Severnom Banatu u toku vegetacione sezone najčešće javljaju tokom druge polovine augusta i tokom septembra. Dobijeni rezultati imaju značaja ne samo za definisanje klime, već i za izgradnju hidromelioracionih sistema, a posebno za potrebe planiranja gajenja pojedinih poljoprivrednih kultura, ukupnog projektovanja i navodnjavanja.

## LITERATURA

1. **Berić, M.** (1987), Analiza suša u Bačkoj, Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad
2. **Berić, M., Zelenhasić, E. & Srđević, B.**, (1990), Extreme Dry Weather Intervals of the Growing Season in Backa, Yugoslavia, Water Resources Management, 4, 79-95.
3. **Haim, R.**, (2002), A review of twentieth – centery drought indece used in the United States, Bulletin of American Meteorogical Socyety, 83:1149 – 1165
4. **Herceg, A.**, (2012), The Palfai Drought Index, In: Droughr Management Centre for South-East Europe (DMCSEE) - Summary of the result of the project, Ed: Gregorič, G., Slovenian Environmental Agency, 17-22.
5. **McKee TB, Doeksen NJ, Kleist J.**, (1993), The relationship of drought frequency and duration on time scales. In Proceedings of the 8th conference of applied climatology, 17-22 January, Anaheim,CA. American Meteorology Society: Boston MA: 179-184.
6. **Palfai, I., Herceg, A.**, (2011), Droughtness of Hungary and Balkan Peninsula, Riscuri Si Catastrofe, X, 9, 145-154.

7. **Rajić, M., Bezdan A.**, (2012), Contribution to Research of Droughts in Vojvodina Province, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Vol. 7, No. 3, p. 101–107, August 2012, Romania.
8. **Rajić, M., Grujić, D.**, (2013), Sušni periodi vegetacione sezone u Severnom Banatu, Letopis naučnih radova, Godina 37 (2013), Broj 1, strana 36-44, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
9. **Zelenhasić, E.**, (1970), Theoretical Probability Distributions for Flood Peaks, Hydrology Paper No. 42, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA, 35 p.
10. **Vicente-Serrano S.M., Santiago Beguería, Juan I. López-Moreno**, (2010), A Multi-scalar drought index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index - SPEI. Journal of Climate DOI:10.1175/2009JCLI2909.1
11. **Willeke, G., J.R.M. Hosking, J.R. Wallis and N.B. Guttman**, (1994), The National Drought Atlas, Institute for Water Resources Report 94-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers
12. **WMO**, (1992), International Meteorological vocabulary. 2d ed. WMO No. 182.

## **ANALYSIS OF DROUGHT PERIODS DURATION IN NORTH BANAT AREA**

*by  
Milica Rajić*

### **SUMMARY**

Drought period during growing season in period 1949-2010, for Meteorological station Kikinda are shown in this paper. Rainless period is the most important for the drought phenomenon and it is taken into consideration. Drought periods are defined here as the upper extremes of the rainless periods. Components of the process, such as drought duration and the longest drought in a given time interval  $[0,t]$  are taken into consideration in this paper. Good agreement is found between the theoretical and empirical distribution functions for both analyzed components of the process. On the basis of obtained results it is possible to conclude that average value of longest drought duration for meteorological station Kikinda is 28,6 days. The return period for every drought can be determined according to distribution functions of the longest extreme rainless periods.

*Key words:* Drought, Extremes, Rainless period

Primljeno: 25.09.2014.

Prihvaćeno: 09.10.2014.