

## PRIMENA STANDARDIZOVANOG INDEKSA PADAVINA ZA ODREĐIVANJE POJAVA SUFICITA I DEFICITA VODE NA PODRUČJU SURČINSKOG DONJEG POLJA\*

Ružica STRIČEVIĆ<sup>1</sup>, Nevenka ĐUROVIĆ<sup>1</sup>, Radmila PIVIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Zemun, Nemanjina 6

<sup>2</sup> Institut za zemljište, Topčider, Beograd

### REZIME

Surčinsko donje polje ima veliki značaj sa aspekta poljoprivrede i vodosnabdevanja. Na njemu se javljaju mnogi problemi vezani za vode i zemljište. U cilju boljeg planiranja razvoja melioracija kao i redovnog održavanja potrebno je sa više aspekata analizirati učestalost sušnog perioda, intenzitet suše, uticaj suše na smanjenje prinosa. Cilj ovoga rada je da se primenom metoda nizova, standardizovanog indeksa padavina (SPI) i indeksa suše (RDI) utvrdi intenzitet i učestalost suše na Surčinskom donjem polju. Primenom teorije nizova utvrđeno je da je trajanje suše veoma kratkotrajno (1 do 2 sezone) a kumulativni deficit iznosi 130 mm za vegetacioni period, i 82 i 63 mm za vanvegetacioni period. Na osnovu dobijenih rezultata nije bilo osnove za određivanje intenziteta suše. Standardizovani indeks padavina jasnije pokazuje cikličnost kišnog odnosno sušnog perioda. Suša se javlja samo u toku 7 vegetacionih sezona od 55 analiziranih a jaka suša samo 5 puta i to veoma neregularno. U van-vegetacionom periodu suša se javila 8 puta, a jaka suša 3 puta. Dobijeni rezultati ukazuju da se javljaju i veoma prevlažene godine. U vegetacionom periodu osmotrene su 4 vrlo vlažne sezone, a u vanvegetacionom čak 11 vlažnih sezona od kojih 3 veoma vlažne. Ako se analiziraju sve osmotrene godine, može se primetiti da ima više vlažnih od sušnih godina i u vegetacionom i u vanvegetacionom periodu. Rezultati dobijeni primenom RD indeksa jasno ukazuju da postoji značajna veza između padavina i potencijalne evapotranspiracije, jer se trendovi podudaraju sa standardizovanim indeksom padavina. Veći broj kišnih perioda ukazuje da održavanje drenažnih kanala ima prioritetan značaj u melioracijama, dok izgradnja sistema za navodnjavanje za ratarske useve mora da bude opravdana ekonomskom analizom.

**Ključne reči:** suša, suvišne padavine, SPI, RDI, teorija nizova

### UVOD

Surčinsko donje polje ima veliki značaj sa aspekta poljoprivrede i vodosnabdevanja. Na njemu se javljaju mnogi problemi vezani za vode i zemljište, bilo da se radi o suvišnim vodama, deficitu vode ili kvalitetu voda. Urađene su brojne studije vezane za ovo područje [1,2], i objavljeni naučni radovi [3,4], ali zbog problema koji se javljaju, ono još uvek pobuđuje pažnju naučne javnosti. Savremeni problemi su vezani za kvalitet voda i pojavu suše, koja remeti i/ili onemogućava intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju.

Poznato je da su investiciona ulaganja u sisteme za navodnjavanje velika, a operativni troškovi navodnjavanja takođe značajni. Pre ulaganja je potrebno utvrditi da li postoje preduslovi koji bi omogućili njihovu isplativost. Pre svega, potrebno je utvrditi: učestalost sušnog perioda, intenzitet suše, uticaj suše na smanjenje prinosa, postojanje tržišta za izvoz ili otkup uvećanih prinosa, da li postoje povoljni krediti, savetodavna služba, infrastruktura. Dosadašnja istraživanja su pokazala [5,6] da se sušni periodi javljaju u nejednakim vremenskim intervalima, jer ne postoji jasna cikličnost, niti izraženi periodi suše. Intenzitet suše varira, tako da se prinosi najznačajnijih ratarskih useva smanjuju 10 – 20 % u prosečnim i kišnim godinama a 60 - 80 % u sušnim godinama.

Zbog pojave suše, neophodno je izvršiti upoređivanje pojave i intenziteta suše ovog područja sa drugim regionima, radi jasnog sagledavanja uticaja globalnih klimatskih promena, i da bi se donela pravilna odluka o ulaganjima u sisteme za navodnjavanje najugroženijih

\* Ovaj članak rezultat je rada na projektu 410049 - Upravljanje vodno-sonim režimom zemljišta u uslovima navodnjavanja

područja. Pojava suše se može prikazati na više načina. Danas se najčešće primenjuje Standardizovan indeks padavina, Palmerov indeks suše, Metod nizova, itd. [7, 8]. Cilj ovoga rada je da se primenom metoda nizova, Standardizovanog indeksa padavina (Standardized precipitation index) i RD indeks (Reconnaissance drought index) utvrdi intenzitet i učestalost suše na Surčinskom donjem polju.

### STANDARDIZOVAN INDEKS PADAVINA (SPI)

Pokazatelj Standardizovan indeks padavina je razvjen za potrebe definisanja i osmatranja suše [9]. Na osnovu dugoričnih osmatranja moguće je analizirati pojavu suše u određenom vremenskom intervalu (mesec, sezona, godina, itd.), i te vrednosti upoređivati sa vrednostima bilo kog regiona. Duži vremenski periodi se primenjuju za analizu ekstremnih padavina. Početak suše se identifikuje tako što se posmatra „korak nazad“. Naime, pojava suše ima svoju potvrdu samo ako se javlja kontinuirano u seriji sa vrednostima SIP  $\leq -1$ . Sušni period prestaje kad vrednost SPI postane pozitivna. Svaka suša se karakteriše:

- Vremenskim periodom (3, 6, 12, 24 meseca), tj. brojem uzastopnih pojavljivanja vrednosti  $SPI \leq -1$ ;
- Trajanjem suše, što predstavlja vreme između početka i kraja suše;
- Kategorijom suše, koja se određuje veličinom SPI indeksa (Tabela 1. i 2.);
- Veličinom suše, koja se izračunava sumom indeksa SPI za svaki mesec od početka do kraja sušnog perioda;
- Intenzitetom suše, što predstavlja odnos između veličine i trajanja pojave.

Standardizovan indeks padavina se zasniva na verovatnoći pojave padavina. Ovaj indeks zavisi od funkcije gustine verovatnoće padavina i funkcije raspodele padavina. Prethodna istraživanja su pokazala da padavine podležu zakonu Gama raspodele. Da bi se odredili parametri skaliranja i oblika funkcije gustine verovatnoće padavina koristi se čitav period osmatranja na jednog meteorološkoj stanici. Za svaku stanicu, i za svaki period se ponaosob određuju parametri skaliranja i oblika funkcije gustine verovatnoće padavina.

SPI indeks se takođe koristi i za karakterizaciju vlažnih, veoma vlažnih i normalnih godina. Granične vrednosti dobijene na osnovu brojnih istraživanja širom SAD [11, 12], su prikazane u tabeli 2.

Tabela 1. Kategorija suše, predložene na osnovu brojnih analiza urađenih za veliki broj meteoroloških stanica šitom države Kolorado (SAD)

SPI	Kategorija suše
0 do - 0.99	Blaga suša
-1.00 do -1.49	Umerena suša
- 1.50 do -1.99	Jaka suša
$\leq 2.00$	Ekstremna suša

Tabela 2. Kategorija vlažnih ili sušnih godina po Nacionalnom centru za ublažavanje suše SAD,

	SPI	Kategorija suše
Vlažan period	$SPI \geq 2.0$	Ekstremno vlažan period
	$1.5 \leq SPI < 2$	Vrlo vlažan period
	$1.0 \leq SPI < 1.5$	Umereno vlažan period
	$-1.0 \leq SPI < 1.0$	Normalno vlažan period
Sušan period	$-1.5 \leq SPI < -1.00$	Umerena suša
	$-2.00 \leq SPI < -1.50$	Jaka suša
	$SPI < 2.00$	Ekstremna suša

Matematički [9], SPI se zasniva na kumulativnoj verovatnoći pojave neke padavine na osmatračkom mestu. Gama raspodela padavina se definiše funkcijom gustine verovatnoće, koja glasi:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad \text{za } x > 0 \quad [1]$$

Gde je:  $\alpha$  - parametar oblika

$\beta$  - parametar veličine

$x$  – količina padavina  $> 0$

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

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

Izračunavanje SPI zahteva podešavanje gama funkcije gustine verovatnoće za datu frekvenciju distribucije padavina za čitav period osmatranja padavina, tako da se i parametri  $\alpha$  i  $\beta$  određuju za svako osmatračko mesto, i za svaki vremenski interval (3, 6, 12, 24 meseca, itd.). Parametri  $\alpha$  i  $\beta$  određeni su metodom maksimalne verodostojnosti [9] koja glasi:

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

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad [4]$$

$$\text{Gde je: } A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad [5]$$

$n$  – broj osmatranja padavina

Dobijeni parametri se dalje primenjuju za određivanje kumulativne verovatnoće određenih padavina za dati vremenski period u vremenskoj skali svih osmotrenih padavina izabrane meteorološke stanice. Kumulativna verovatnoća se može prikazati izrazom:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\hat{\beta} \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{-\frac{x}{\hat{\beta}}} dx \quad [6]$$

Ako se usvoji da je:  $t = \frac{x}{\hat{\beta}}$  sledeće jednačina postaje

nekompletna gama funkcija:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^{\frac{x}{\hat{\beta}}} t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt \quad [7]$$

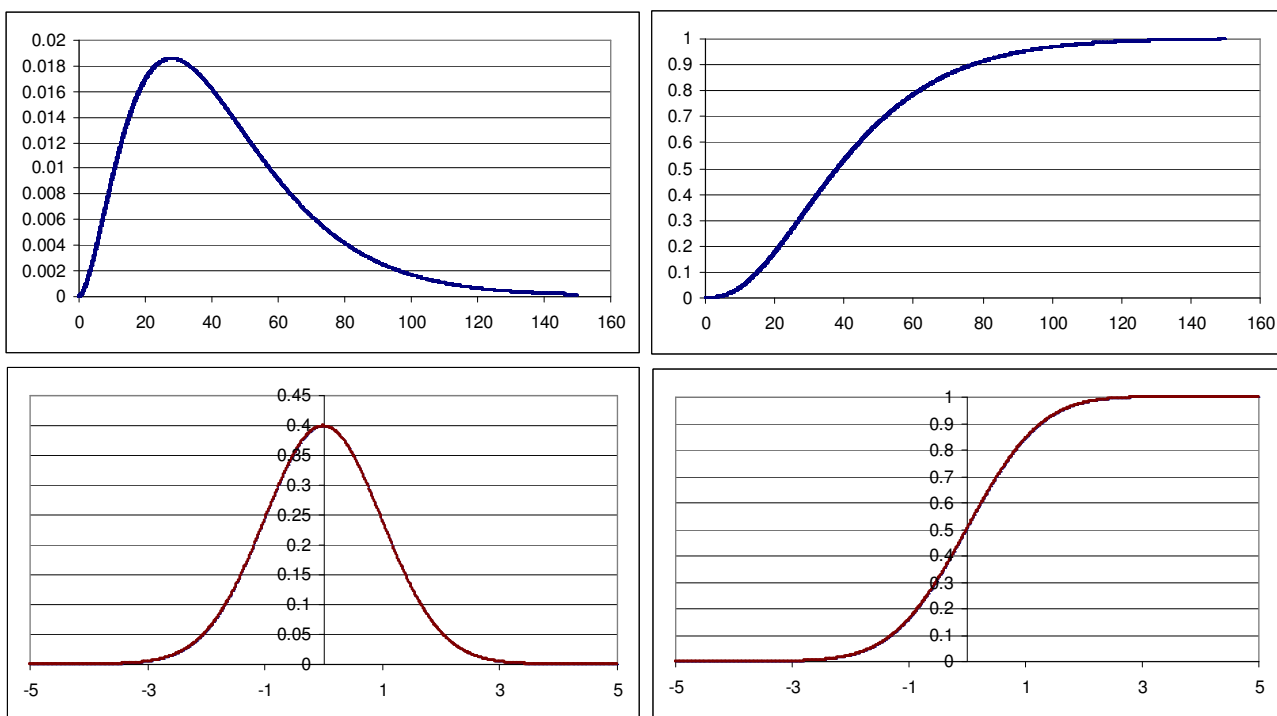
S obzirom da je gama funkcija nedefinisana za  $x = 0$ , a padavine mogu iznositi nula, kumulativna verovatnoća postaje:

$$H(x) = q + (1-q)G(x) \quad [8]$$

gde je  $q$  - verovatnoća padavina visine 0 mm.

Ako je  $m$  broj koji označava koliko puta su padavine iznosile nula u vremenskom nizu, a  $n$  – broj osmatranja padavina onda se  $q$  može odrediti kroz  $m/n$ .

Kumulativna verovatnoća  $H(x)$  se transformiše u standardnu normalnu slučajnu promenljivu  $Z$  sa srednjom vrednošću nula i varijansom jedan, koja predstavlja vrednost SPI. Osnovna osobina ove transformacije je da distribuciju jedne forme (npr. gama) prevede u drugu propisanu formu (npr. normalnu) tako, da verovatnoća koja je manja od date vrednosti promenljive ostane ista kao verovatnoća koja je manja nego što je odgovarajuća vrednost transformisane promenljive. Ovaj metod transformacije je prikazan na Grafiku 1.



Grafik 1. Transformacija vrednosti padavina u SPI indeks

## METOD NIZOVA

Pod nizom se podrazumeva uređeni skup podataka u kome svako merenje ili opservacija imaju svoje mesto u zavisnosti od trenutka procesa merenja ili se mogu formirati primenom neke od relacija uređenosti nad skupom opservacija. Posmatrajući diskretnu seriju podataka  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  u cilju uočavanja i karakterizacije sušnih perioda neophodno je definisati takav parametar  $Y_c$  koji se naziva vrednošću praga, da čitav podskup posmatranog niza bude manji od  $Y_c$ . Drugim rečima, mora biti zadovoljena sledeća relacija:

$$(\exists k \geq 1)(\exists L > 0) \therefore (\forall i \in [k, k + L]) x_i < Y_c \quad [9]$$

Ovakav podniz u posmatranoj seriji merenja se naziva negativnim. Ukoliko ova serija merenja predstavlja sumu sezonskih padavina za neku lokaciju, intenzitet suše se može definisati kroz 3 karakteristična pokazatelja. Prvi od njih je parametar  $L$  koji predstavlja dužinu negativnog podniza i naziva se trajanjem. Drugi je deficit, obeležava se sa  $D_i$  i računa kao:

$$D_i = Y_c - x_i; \quad i \in [k, k + L] \quad [10]$$

Često se umesto pojedinačnih deficita za pojedine opservacije iz negativnih podnizova koristi kumulativni deficit  $cD$ ,

$$cD = \sum_{i=k}^{k+L} D_i \quad [11]$$

Konačno, intenzitet  $I$ , je količnik kumulativnog deficita i trajanja suše, odnosno:

$$I = \frac{cD}{L} \quad [12]$$

Različitim izborom praga  $Y_c$ , za isti niz merenja dobijaće se različiti negativni podnizovi i odgovarajući parametri. Uobičajeno je da se za vrednost  $Y_c$  usvoji takozvana vrednost:

$$Y_c^{crit} = \bar{x} - \bar{\sigma} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i - \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad [13]$$

pri čemu su:  $\bar{x}$  - procena srednje vrednosti padavina

$\bar{\sigma}$  - procena standardne varijacije

## RD INDEKS (RECONNAISSANCE DROUGHT INDEX)

Za potrebe određivanja suše sa aspekta poljoprivrede pouzdanije je koristiti RD indeks suše (Reconnaissance drought index). Za osnovnu vrednost koristi se odnos referentne evapotranspiracije i padavina za željeni vremenski period. Način izračunavanja ovog indeksa je identičan načinu određivanja SPI. Veličina ovog indeksa se javlja u istim granicama, tako da se i prikazivanje i tumačenje dobijenih vrednosti RDI podudara sa SPI i lako se upoređuju [8].

RD indeks (RDI) se izračunava na sledeći način: (primer je dat analizu suše na nivou hidrološke godine). Prvo se određuje početna vrednost RDI, tj.  $\alpha_0$  vrednost sledećim izrazom:

$$\alpha_0 = \frac{\sum_{j=1}^{12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{12} PET_{ij}}, \quad i=1(1)N \quad i \quad j=1(1)12 \quad [14]$$

gde su:  $P_{ij}$  i  $PET_{ij}$  padavine i potencijalna evapotranspiracija  $j$ -tog meseca u  $i$ -toj godini, a  $N$  je ukupan broj osmatranih godina. Normalizovan indeks RDI se izračunava sledećim izrazom:

$$RDI_n^i = \frac{\alpha_0^{(i)}}{\bar{\alpha}_0} - 1 \quad [15]$$

Standardizovani RD indeks se određuje izrazom:

$$RDI_n^{(i)} = \frac{y_k^{(i)} - \bar{y}}{\hat{\sigma}_{yk}} \quad [16]$$

gde je:  $y_k^i$  - izmerene padavine određene kumulativne verovatnoće pojave

$\bar{y}_k$  - srednja vrednost posmatranog niza podataka

$\hat{\sigma}_{yk}$  - standardna devijacija

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Za područje Donje polje izračunati su deficiti odnosno suficiti vode na osnovu pomenutih metoda za period osmatranja od 55 godina (1950-2005), za vremenske periode koji su značajni sa aspekta poljoprivrede, dakle za vegetacioni i vanvegetacioni period (6 meseci), kao i za dugoročno sagledavanje pojave suše za godinu i

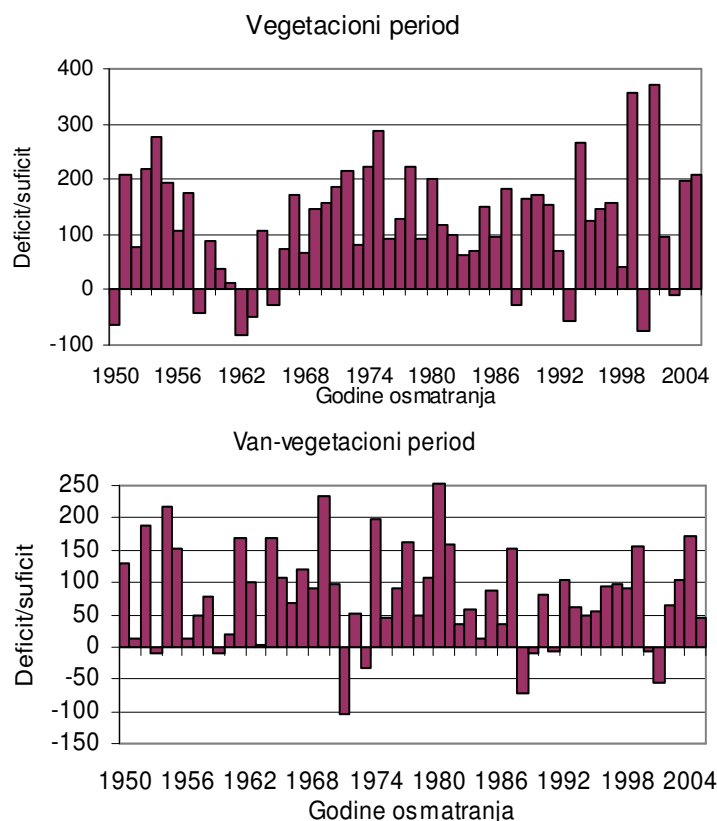
dve godine, koji mogu imati dugoročne posledice ekonomskog ali i sociološkog i ekološkog karaktera. Na Grafiku 2. su prikazani deficiti tj. suficiti vode metodom nizova.

Dobijeni podaci govore da ni u vegetacionom ni u van-vegetacionom periodu nisu izraženi periodi suše. U vegetacionom periodu 9 puta od 55 se javlja značajno veći deficit vode. Izuzetak su samo 1962. i 1963. godine, kada se uzastopno javlja veći deficit vode od uobičajenog. Dakle, trajanje suše je veoma kratkotrajno (1 do 2 sezone). Kumulativni deficit iznosi 130 mm za vegetacioni period, i 82 i 63 mm za vanvegetacioni period. Na osnovu dobijenih rezultata nije bilo osnove za određivanje intenziteta suše.

Suficiti odnosno deficiti vode izračunati SPI indeksom su prikazani na Grafiku 3. Standardizovani indeks

padavina jasnije pokazuje cikličnost kišnijeg odnosno sušnijeg perioda. U suštini, ovaj metod daje slične rezultate pojave suše kao i prethodni. Naime, suša se javlja samo u toku 7 vegetacionih sezona od 55 analiziranih (1950., 1962., 1963., 1965., 1988., 1993 i 2000. godine), a jaka suša samo 5 puta ( $SPI \leq -1.5$ ), i to veoma neregularno. U van-vegetacionom periodu suša se javila 8 puta, a jaka suša 3 puta (1972., 1989. i 2002. godine).

Dobijeni rezultati ukazuju da se javljaju i veoma prevlažene godine. U vegetacionom periodu osmotrene su 4 vrlo vlažne sezone, a u vanvegetacionom čak 11 vlažnih sezona od kojih 3 veoma vlažne. Ako se analiziraju sve osmotrene godine, može se primetiti da ima više vlažnih od sušnih godina i u vegetacionom i u vanvegetacionom periodu 31 i 28 od ukupno 55 analiziranih, respektivno.



Grafik 2. - Pojava suše određena metodom nizova za vegetacioni i van-vegetacioni period

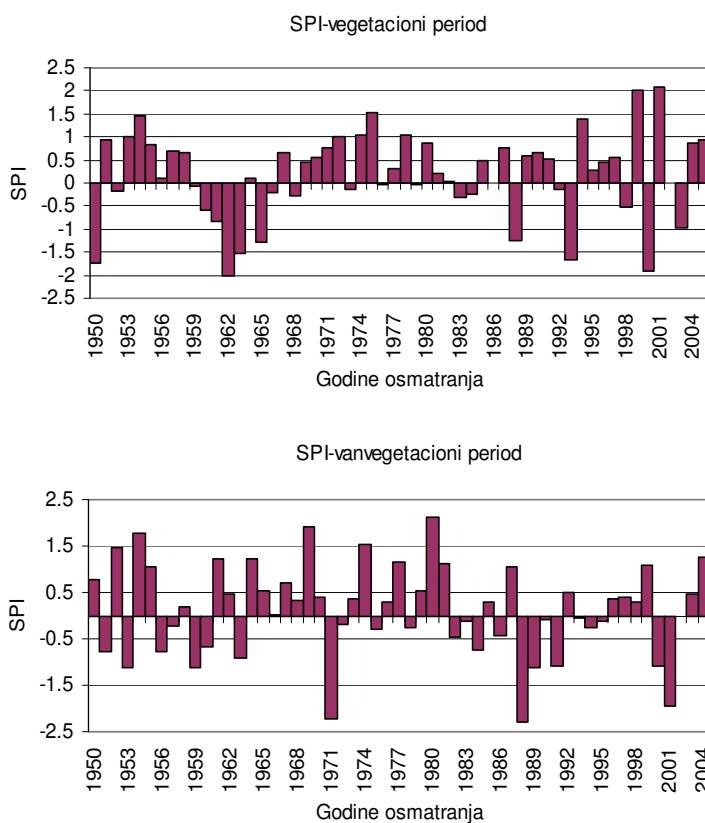
Grafik 4. prikazuje trend vrednosti SPI indeksa sukcesivno za topli i hladni deo godine. Jasno se uočava da se suša ne javlja u dugom vremenskom periodu. Ako se suša javi u letnjem periodu, kao na primer 1962. godine, u sukcesivno hladnom delu godine se javlja kišna sezona, tako da se uticaj suše retko kad javlja u punom obimu. Izuzetak je godina 1959/1962 godina kad su se uzastopno javile suše, ali ni one nisu bile jakog intenziteta. Ovakvi rezultati govore da uticaj suše nema neminovno jak uticaj na ekomonsku kategoriju u poljoprivredi, jer ako se javi suša za letnje kulture, povoljni uslovi su za ozime.

Poznato je da je uticaj zimskih padavina veoma veliki za poljoprivrednu proizvodnju. Od prokvašenosti zemljišta u mnogome zavise ne samo prinosi pšenice i drugih strnih žita, nego i većine ratarskih kultura. Iz

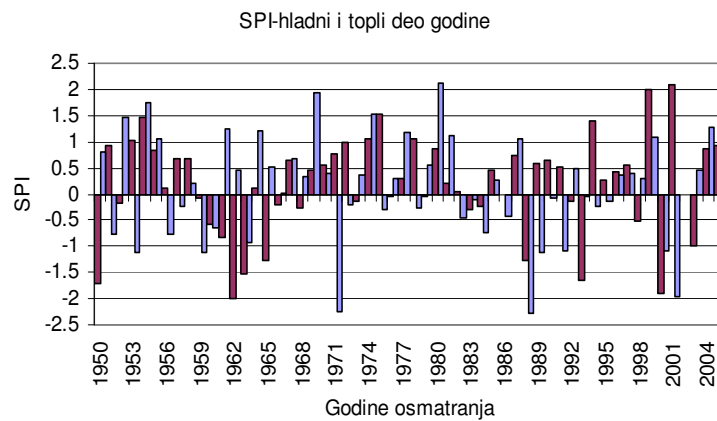
tog razloga je analizirana pojava suše na godišnjem nivou (Grafik 5).

Rezultati analize pokazuju da su se sušne godine javile 7 puta, a kišne 8 puta, odnosno 2 jake sušne godine i 5 jako kišnih godina od 55 analiziranih. Generalno posmatrano, može se reći da su izraženiji vlažni periodi od sušnih, jer su 35 puta od 55 osmotrene suma padavina bile više od prosečnih.

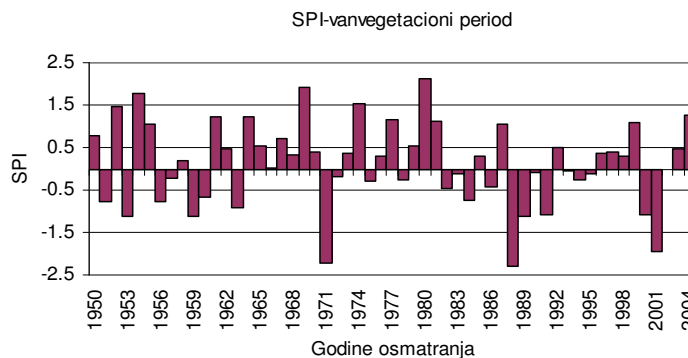
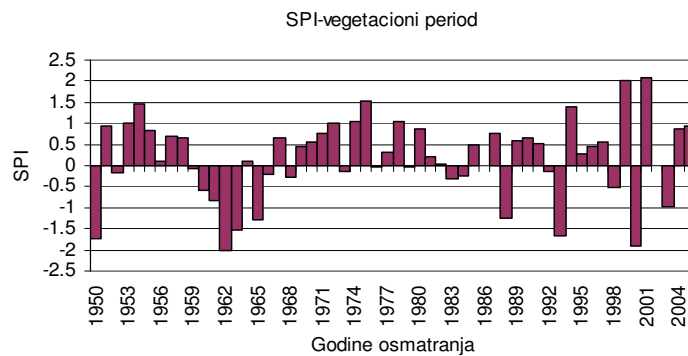
Dugoročno sagledavanje suše se analizira za period od 2 i više godina, jer nedostatak padavina tad može da ima dugoročne posledice i na režim podzemnih voda. Za posmatrani period je osmotreno više prevlaženih nego sušnih godina (5:4), i više godina čija je suma padavina bila viša od prosečnih (15 od 25).



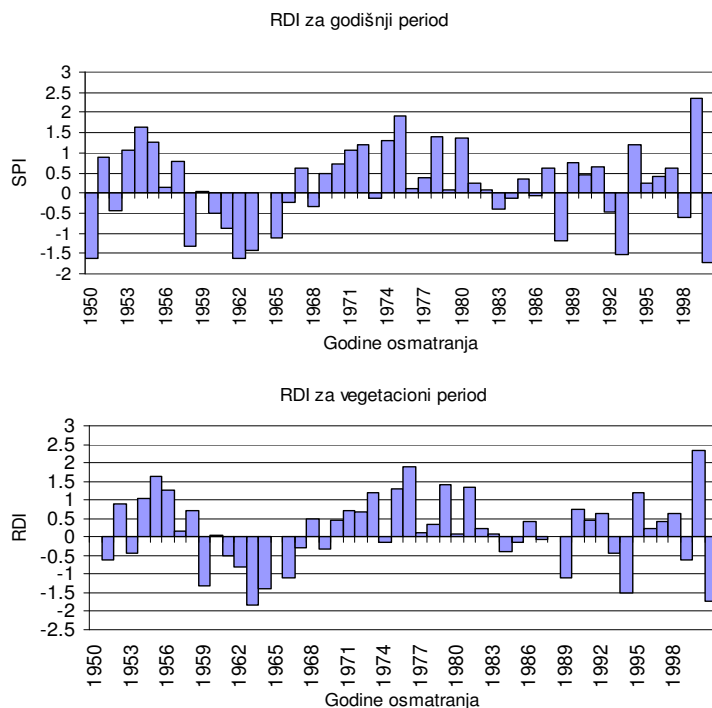
Grafik 3. SPI indeks za vegetacioni i van-vegetacioni



Grafik 4. Vrednosti SPI sukcesivno za topli i hladni deo godine.



Grafik 5. SPI za period trajanja suše na godišnjem i dvogodišnjem nivou

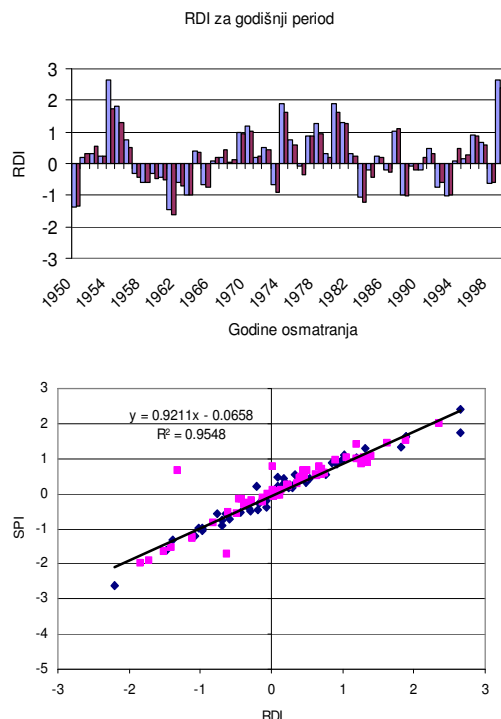


Grafik 6. Vrednosti RDI indeksa izračunat za vegetacioni i godišnji period

Smatra se da je RD indeks pogodniji za procenu suše, jer pored padavina obuhvata i atmosfersku moć za isparavanjem, odnosno pogodnost za potrošnjom vode od strane biljaka. Rezultati RDI su prikazani na Grafiku 6. za period osmatranja od 50 godina (1950-2000). Dobijeni podaci jasno ukazuju da postoji značajna veza između padavina i potencijalne evapotranspiracije, jer se trendovi podudaraju sa standardizovanim indeksom padavina. Javlja se potpuno isti broj kišnih, odnosno sušnih godina. S obzirom da su oba parametra normalizovana i da imaju iste granične vrednosti suše, odnosno vlažnih perioda, urađena je korelacija ova dva parametra (Grafik 7). Rezultati pokazuju da postoji jaka korelativna veza ova dva parametra ( $R^2=0.9548$ ). Do sličnih rezultata se došlo i u Grčkoj u slivu Mornos, s tim što je korelacija ova dva parametra čak 0.98 dok je za Nestos iznosila 0.90 [8].

## ZAKLJUČAK

Cikličnost sušnih odnosno kišnih sezona jasnije je izražena u toplijem - vegetacionom periodu, a manje u hladnom delu godine, kao i na godišnjem i na dvogodišnjem nivou. Početkom osamdesetih godina prošlog veka na ovamo izražena je veća neregularnost



Grafik 7. Vrednost SPI i RDI indeksa za godišnji period i njihov koeficijent korelacije



padavina (izostaje cikličnost). Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati da globalno zagrevanje ne utiče bitno na pojavu suše u okolini Beograda. Štaviše, osmotrene su češće pojave vlažnih godina, što ukazuje da je odvodnjavanje i dalje veoma važna meliorativna mera. Izvedena analiza pokazuje da se i suša i kišne godine javljaju neregularno. Povećano zagrevanje atmosfere ne utiče bitno na intenziviranje sušnog perioda, što govori da su na ovim područjima podjednako važni i drenažni i irigacioni sistemi. Veći broj kišnih perioda ukazuje da održavanje drenažnih kanala ima prioritetan značaj u melioracijama, dok izgradnja sistema za navodnjavanje za ratarske useve mora da bude opravdana ekonomskom analizom. Povećane količine padavina uz dobro funkcionisanje sistema za odvodnjavanje i manja upotreba vode za navodnjavanje, omogućavaju održavanje vodno-sonog režima zemljišta u granicama koje obezbeđuju održivi razvoj.

#### LITERATURA:

- [1] Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi" (1971): Studija uticaja uspora HE Đerdap (sa režimom 68/63 i 69.5/63 m.n.m.) na sistem Donje polje. Beograd
- [2] Antonović G., Bogdanović M., Živković Z., Čorović R., Trifunović M. (1976): Zemljišta jugoistočnog Srema. Grad Beograd-Gradska geodetska uprava
- [3] Gajić B. (1999): Influence of sprinkling on physio-mechanical properties of chernozem and humogley. – Zemljište i biljka, Vol. 48. No. 2, 93 – 101, Beograd
- [4] Gajić B., Stojanović S., Đurović N. (2000): Some soil environmental consequences of long-term chernozem irrigation. Zemljište i biljka, Vol. 49, No. 79 – 86, Beograd
- [5] Avakumović D., R. Stričević, N. Đurović, M. Stanić, T. Dašić, V. Đukić, (2005). – Savremena analiza potrebnih količina vode za navodnjavanje. Vodoprivreda 0350-0519, 37 (2005) 213-215 p. 11-20
- [6] PETKOVIĆ S., R. STRIČEVIĆ, N. ĐUROVIĆ, (1999). - Changes of the climate characteristics of the central region of Serbia. Proceedings of International Symposium on: New approaches in irrigation, drainage and flood control management. Maj 12 – 14 1999. Bratislava. CD –ROM
- [7] Pereira, L.S. and A.A. Paulo.(2003) – Drought: Concepts, Indices and Prediction. Options Mediterraneennes, Serie B. n. 47 p. 113 - 144
- [8] Tsakiris G., D. Pangalou, H. Vangelis, (2006) Regional drought Assessment based on the reconnaissance drought index (RDI) J. Water Resources Management. On-line print DOI 10.1007/s11269-006-9105-4
- [9] McKee, T.B., N.J. Doesken , J. Kleist, (1993) The relationship of drought frequency and duration to time scales. In. 8<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology, Am. Meteor. Soc., Boston, pp. 179-184
- [10] Mishra A.K., V.R.Desai, (2005) Drought forecasting using stochastic models. J. Stoch. Environ. Res. Risk Assess. 19: 326-339 DOI 10.1007/s00477-005-0238-4
- [11] USA - National Drought Mitigation Center <http://drought.unl.edu/>
- [12] Collocience A., G. Di Mauro, B. Bonaccorso, G. Rossi. (2007). Drought forecasting using Standardized Precipitation index. J. Water Resources Management. DOI 10.1007/SL 1269-9062-y

## USE OF STANDARDIZED PRECIPITATION INDICES FOR THE DETERMINATION OF DROUGHT AND WATER EXCESS IN THE REGION OF DONJI SREM

by

Ružica STRIČEVIĆ, Nevenka ĐUROVIĆ, Radmila PIVIĆ

### Summary

The Surčin plane is very important both for agriculture and for water supply. Agricultural production is constrained by water shortage, water excess, or soil salinity. For better planning of the maintenance and planning further developments of irrigation and drainage systems, problems such as drought or water excess occurrence must be analyzed, to assess the intensity of drought and its impact on field crop yields. The objective of this endeavor is to determine the intensity and frequency of occurrence of drought and water excess on the Surčin low land, by making use of the Theory of runs, Standardized precipitation index (SPI), and Recognition of Drought Indices (RDI). The application of the method of runs has shown that droughts periods were very short (a season or two), with a calculated cumulative deficit of 130 mm of water for the period of vegetation, and 82 mm and 63 mm for the cold period of the year; in consequence, the intensity of drought could not be determined. The SPI

method indicated a clearly cyclic nature of precipitation in the region. Drought occurred only during 7 vegetation seasons out of the 55 analyzed, and very severe drought only 5 times, randomly distributed. In the cold period of the year drought came about 8 times, of which 3 times severe ones. The results showed that there were more wet seasons than droughts (4 times in the vegetation seasons and 11 times in the cold period of year), yet few of them were extremely wet. Results by RDI are very similar to those ones obtained by SPI. Analysis showed that more threat could come from water excess than from drought. In conclusion, the maintenance of drainage canals should get priority over that of the ones for irrigation. Further development of field crop irrigation must be economically justified.

Key words: Drought, water excess, Theory of runs, SPI, RDI

Redigovano 30.11.2007.