

УДК 551.577.5:551.588.16 (497.11) "1951/2000"

Оригинални научни рад

Original scientific article

Владан Дуцић
Јелена Луковић

МОГУЋЕ ВЕЗЕ ИЗМЕЂУ ЕЛ НИЊО ЈУЖНЕ ОСЦИЛАЦИЈЕ (ENSO) И ПРОМЕНА КОЛИЧИНЕ ПАДАВИНА У СРБИЈИ

Извод: Полазећи од подударности у периодичности колебања падавина и протицаја у нашим крајевима са периодичности колебања ENSO, испитивали смо везе промена декадних количина падавина у Србији у периоду 1951-2000. са глобалним SST-ENSO индексом. Графикон, уочена периодичност као и сигнификантни коефицијент корелације несумњиво указују да постоји подударност међудекадних промена вредности глобалног SST-ENSO индекса и падавина у Србији. На основу литературе би се могло претпоставити да се веза између ове две појаве остварује преко опште циркулације атмосфере.

Кључне речи: Ел Нињо јужна осцилација, падавине, Србија.

Abstract: There is resemblance between periodicity of precipitation variability and discharge with periodicity of ENSO variability, that motivate us to investigate a connection between decadal precipitation in Serbia in the period 1951-2000 with Global SST-ENSO Index. Layout, registrated periodicity and significant correlation coefficient confirm certain connection between interdecadal changes of Global SST-ENSO Index and precipitation in Serbia. According to literature we could assume that this connection is realized over the general circulation of the atmosphere.

Key words: El Nino Southern Oscillation, precipitation, Serbia.

Увод

Истражујући флукуације протицаја Дунава на основу продуженог низа података за прединструментални период до 1731. за хидролошку станицу Оршава учили смо да постоји изражена периодичност од приближно 13 и 20 година (Дуцић, 2005).

Истраживачи СХМЗ су испитујући периодичност количине падавина у инструменталном периоду у Београду методом филтрираних покретних деветогодишњих средњих вредности са биномним коефицијентима утврдили да периодичност од 13 година има примарни значај (Поповић и др., 1994).

Peczely и Csomor истражујући периодичност летње количине падавина утврдили су за Подунавље доминантну цикличност у трајању од 13 година (Peczely, Csomor, 1973).

Истраживањем седимената у језерима Сакско и Габозеро као и на основу реконструисаног протицаја за Дњепар за последњих 4000 година, утврђена је доминација периодичности од 13 година (Борисенков и др., 1988).

Са друге стране, Hasegawa и Hanawa су испитивали међудекадну променљивост акумулиране топлоте у горњим слојевима океана тропског Пацифика као и појаве ENSO, при чему је регистрована периодичност од приближно 13 година (Hasegawa, Hanawa, 2003 (a)).

Исти аутори анализирали су промене акумулиране топлоте у горњим слојевима океана од 30° S до 60° N, у периоду од 45 година са посебним освртом на везу са Ел Нињо јужном осцилацијом. Користећи кластер анализу установили су доминантну периодичност од 3-6 година у источном и западном Пацифику на годишњем нивоу, док је на декадном нивоу утврђена доминантна периодичност од 20 година, карактеристична за средње и више географске ширине (Hasegawa, Hanawa, 2003 (б)).

Biondi и др. су дендрохронолошким методом реконструисали вредности индекса пацифичке декадне осцилације (PDO Index), који представља разлику у температури Пацифика северно од 20° N и глобалне температуре. Реконструисане вредности достижу до 1661. године, а у колебањима PDO индекса доминира *дводекадна* осцилација (Biondi и др., 1997).

Полазећи од подударња уочених периодичности покушали смо да испитамо евентуалну везу Ел Нињо јужне осцилације са променама количине падавина на територији Србије.

Ел Нињо јужна осцилација (ENSO)

Метеоролошки феномен Ел Нињо је океанска компонента поремећаја система океан-атмосфера који настаје у јужном тропском Пацифику.

Назив овој појави дали су перуански рибари који су запазили да у дане Божића има мање рибе него што је уобичајено. Не знајући за разлог, ту околност објаснили су тиме да за дан свог рођења Исус Христ дели рибу сиромашним сељацима те је због тога нема на обали. На шпанском језику Ел Нињо значи „дечак“ или „млади Исус“. Прави разлог смањења количине рибе лежи у повећању површинске температуре (Sea Surface Temperature-SST) тропског дела Тихог океана, односно, појави топле морске струје, због чега риба мигрира у дубље, хладније слојеве.

Почетком двадесетог века британски научник Walker, посветио је пажњу овом феномену и закључио да је појава топле морске струје само једна манифестација иначе врло сложеног механизма атмосферских дешавања у тропском делу Пацифика. Он је први запазио да када јужно од екватора, у источном делу те области, постоји висок ваздушни притисак у западном делу мора бити низак и обратно. Доказ за то били су резултати мерења ваздушног притиска у Дарвину (Аустралија) и на острву Тахити.

Ову атмосферску компоненту поремећаја система океан-атмосфера назвао је Јужна осцилација (Southern Oscillation).

Норвешки метеоролог Bjerknes је први објаснио везу између промене у океану и атмосферској циркулацији током ENSO епизода. Наиме, у време Ел Ниња појава површинска температура океана у јужном тропском Пацифику расте за 4°C, што условљава да се над централним Пацификом формира област са ниским ваздушним притиском. Дакле како у овој ситуацији постоји низак ваздушни притисак у централном Пацифику и висок ваздушни притисак у западном делу океана, што је запазио и Walker, долази до кретања ваздушних маса од запада према истоку, што је супротно од уобичајене ситуације. На тај начин пасати у одговарајућој мери слабе све док над централним Пацификом постоји област ниског ваздушног притиска.

Поред Ел Ниња (топле фазе) постоји и хладна фаза тзв. Ла Ниња (у преводу са шпанског-девојчица). Током ове хладне фазе температуре северозападног дела Пацифика су више, а југоисточног дела ниже у односу на уобичајене. Иако су супротног знака Ел Ниња и Ла Ниња се не могу посматрати као предмет и лик у огледалу.

О узроцима појаве Ел Ниња јужне осцилације још увек се не може са сигурношћу говорити. Претпоставке су да би их требало тражити у променама Сунчеве и вулканске активности, глобалном отопљавању или у аутоколебању система океан-атмосфера. Можда је најближи истини аутор сајта¹ који наводи да је питање узрока веома сложено и у вези са бројним интеракцијама у систему океан-атмосфера. Отежавајућа околност је и то што не располажемо дужим статистичким низовима који би омогућили поузданију анализу.

Методологија истраживања и добијени резултати

За анализу евентуалне везе Ел Ниња јужне осцилације са променама количине падавина на територији Србије, узети су подаци за глобални SST-ENSO индекс² и промене средњих декадних вредности количине падавина за 18 метеоролошких станица у Србији, за период од 1951. до 2000. године.

Глобални SST-ENSO индекс, је један од показатеља, који представља одступање од средње вредности температуре површине океана за цео екваторијални појас Тихог океана од 20° N до 20° S и умањено за појас од 20° N до 90° S, у односу на референтни период од 1950. до 1979. Позитивно одступање овог показатеља указује на појаву Ел Ниња, док негативно одступање указује на појаву Ла Ниње.

¹ www.pbs.org/wgbh/nova/el_nino/resources

² http://www.jisao.washington.edu/data/globalstsenso/#digital_values

Могуће везе између Ел Нињо јужне осцилације (ENSO) и промена...

Како се ради о анализи двеју просторно веома удаљених појава и могућег преклапања многобројних климатских фактора, у раду су за уочавање јасног сигнала евентуалне везе, коришћене средње декадне вредности количине падавина за територију Србије у целини. Подаци су узети као средња вредност за 18 метеоролошких станица I реда, условно хомогено распоређених на територији Србије од севера ка југу и од запада ка истоку³ (табела 1).

Табела 1. – Средње декадне вредности количине падавина у Србији и глобални SST-ENSO индекс

Станица	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000
Палић	524,9	543,4	557	517,3	543,2
Сомбор	604,6	581,7	591,6	547,8	599,9
Нови Сад	643,9	592,5	586,4	562,3	663,9
Кикинда	589,9	541,2	570,7	494,2	549,4
Вршац	684,1	636,3	699,2	616,1	643,3
Ср.Митров.	666,1	613,4	646,1	585,5	583,7
Лозница	825,9	814,3	821	823,4	843,2
Београд	706,4	665,7	742,2	645,7	677,1
Ваљево	791,5	757,8	844,8	750,2	773,3
Краљево	820,6	736,3	791,4	742,8	700,2
Сјеница	705,3	658,4	804,7	670,9	757,9
Н.Пазар	608,1	610,7	667,6	556,3	628
Куршумлија	710,7	592,7	715,3	587,6	624,1
Ниш	594,9	578	648,6	542,6	539,3
Врање	645,2	629,7	659,7	551,6	531,5
Пирот	586,8	620,4	653,5	543	503,4
Неготин	748,1	639,9	697,1	602,5	553,1
Зајечар	687,6	606,9	658,9	518,4	520,1
Просек (average)	674,7	634,4	686,4	603,2	624,1
Глобални SST-ENSO индекс	-5,99	8,95	2,47	17,51	11,71

На приложеном графикаону (слика 1) се може уочити јасна антифазна синхроност између промене средње декадне количине падавина у Србији и глобалног SST-ENSO индекса.

Осим тога, на графикаону се уочава и једна осцилација у трајању од две декаде у променама количине падавина у Србији, што је у складу са регистрованом двадесетогодишњом цикличношћу протицаја Дунава.

³ Ван територије Косова и Метохије.

Possible connection between El Nino Southern Oscillation (ENSO) and...

Да ова једна осцилација вероватно није случајна подударност, показује и анализа периодичности количине падавина по декадама за Београд од почетка мерења. Ту се, наиме, у периоду 1891-2000. могу издвојити четири пуна циклуса у трајању од по две декаде (Дуцић, Радовановић, 2005).

Прорачун линеарног тренда је показао да су се падавине у Србији, у посматраном периоду смањивале по стопи од 13,24mm по декади. Истовремено је глобални SST-ENSO индекс растао по стопи од 0,044°C по декади.

Прорачун коефицијента корелације дао је вредност од -0,9. Студентов тест је показао да коефицијент корелације од 0,9 задовољава услове теста на нивоу од 95% вероватноће. Коефицијент детерминације, строго математички, показује да се 81% колебања количине падавина у Србији може објаснити променама глобалног SST-ENSO индекса.

Графикон, уочена периодичност као и сигнификантни коефицијент корелације несумњиво указују да постоји подударност међудекадних промена вредности глобалног SST-ENSO индекса и падавина у Србији.



Слика 1. – Међудекадне промене вредности глобалног SST-ENSO индекса и падавина у Србији

Тумачење резултата

Shi Neng и др. истраживали су везу између ENSO и расподеле годишње количине падавина на копну за период 1948-2000. Резултати су показали да је годишња количина падавина сигнификантно смањена у току топлих епизода (Ел Нињо), између осталих региона и у Европи у појасу од 43.75° - 51.25° N и 18.75° - 31.25° E и то за нешто мање од 10% (Shi Neng и др., 2002).

Истраживањем могућег утицаја Ел Ниња на климу Србије бавио се Ђурић (Ђурић, 1998). Он у свом раду полази од анализе понашања нивоа падавина и температуре у Београду и Нишу, за период 1951-1997, ради поређења са карактеристикама Ел Ниња који су се јавили у том периоду. Користећи метод који је за анализу Ел Ниња применио Trenberth⁴ аутор тврди „да не постоји значајнија сличност између трендова ових догађаја, иако у доста периода постоји поклапање екстремних вредности посматраних величина са појавом Ел Ниња“.

Аутор у анализи полази од претпоставке да ако Ел Нињо утиче на климу на нашим просторима тај утицај би се морао одразити на периодичност екстремних температура и падавина. Међутим, по његовом мишљењу, девијације посматраних климатских елемената се засигурно не испољавају и истом моменту када и Ел Нињо, већ са одређеним закашњењем. Узрок томе је што механизам преношења утицаја Ел Ниња није сваки пут исти, нити се одвија увек истом брзином.

Анализа је показала да су се месечне вредности падавина, веће од 150 mm, у Београду јавиле четрнаест пута, од чега се половина поклапа са периодима Ел Ниња. Слична ситуација је и код посматране количине падавина у Нишу. У овом граду месечне количине падавина веће од 150 mm јавиле су се четири пута, од тога два пута у периоду појављивања Ел Ниња. У раду је приказана и девијација месечних вредности падавина у односу на средње годишње вредности како би се могао јасније установити утицај Ел Ниња на климу наше земље. Што се тиче Београда падавине су се у периоду 1951-1997. са вредношћу већом од 77 mm од одговарајућих просечних јавиле шеснаест пута, односно исти број пута као и Ел Нињо.

Rimbu и др. су проучавали протицај Дунава код Оршаве у периоду 1840-1998. покушавајући да га доведу у везу са променама температуре у Пацифику (27.5° N; 67.5° W и 27.5° N; 17.5° W). Они су анализирали вредности зимске SST и утврдили да постоји негативна веза са пролећним протицајем Дунава. Дакле веза је истог знака као и она коју смо добили за декадне падавине у Србији. Методом покретних

⁴ Према овом методу када је просечна месечна температуре површинске воде океана виша за 0.5°C од дугогодишњег месечног просека и то најмање пет узастопних месеци каже се да се јавио Ел Нињо.

тридесетједногодишњих вредности утврдили су да је та веза стабилна од почетка осматрања. Аутори промене SST и колебање протицаја Дунава везују за промене у општој циркулацији атмосфере (Rimbu и др., 2005).

Ngar-Cheung Lau је обратио посебну пажњу на проучавање везе између атмосферских колебања у умереним ширинама и одступања SST у различитим географским областима. Тестиране су различите хипотезе полазећи од модела опште циркулације атмосфере за период 1946-1988. Показано је да постоји веза између промене температуре у тропском Пацифику и ENSO епизода, са променама атмосферске циркулације у вантропским ширинама. То указује на то да би везу између промене количине падавина у Србији и глобалног ENSO индекса можда требало тражити у општој циркулацији атмосфере (Ngar-Cheung Lau, 1997).

Закључак

Пре него што одговоримо на питање да ли постоји веза између Ел Нињо Јужне осцилације (ENSO) и промена количине падавина у Србији морамо указати на следеће ограничења на која смо наишли током истраживања:

1. веза између Ел Нињо јужне осцилације и падавина у Србији је на први поглед нелогична,
2. ради се о две просторно веома удаљене појаве,
3. питање узрока настанка ENSO није решено и
4. механизам преношења утицаја ENSO није сваки пут исти, нити се одвија увек истом брзином.

Па ипак, запазили смо да постоји подударане доминантне периодичности између феномена везаних за ENSO и протицаја и падавина у нашим крајевима. Наиме, периодичност од 13 и 20 година је присутна у протицајима Дунава код Оршаве и падавина у Београду. Истоветна периодичност је карактеристична за међудекадну променљивост акумулиране топлоте у горњим слојевима океана тропског Пацифика као и за промене акумулиране топлоте у његовим горњим слојевима од 30° S до 60° N. Протицај Дунава код Оршаве показује доминацију уочених периодичности у реконструисаном низу од 260 година док је за Дњепар тринаестогодишња периодичност доминантна у последњих 4000 година.

У раду смо испитивали везу између глобалног SST-ENSO индекса, као индикатора ENSO, и промена средње декадне вредности количине падавина за територију Србије у целини у периоду од 1951 до 2000. Учили смо да постоји јасна антифазна синхроност између ових појава. Прорачун коефицијента корелације дао је вредност од -0,9. Студентов тест показује валидност на нивоу од 95% вероватноће. Строго математички, 81% коле-

бања количине падавина у Србији може се објаснити променама глобалног SST-ENSO индекса.

Синхроност ових појава, подударање периодичности као и сигнификантни коефицијент корелације несумњиво указују да постоји веза између Ел Нињо јужне осцилације и промена количине падавина у Србији. Механизам те везе би вероватно требало тражити у општој циркулацији атмосфере (Ngar-Cheung Lau, 1997).

Међутим, никако не би требало изгубити из вида да се приказани резултати односе на другу половину XX века. Иако Rimbu и др. (Rimbu i dr., 2005) тврде да је веза између протицаја Дунава код Оршаве у периоду 1840-1998. са променама температуре у Пацифику стабилна од почетка осматрања, треба истаћи и резултате које су добили Oldenborgh и Burgers. Наиме они су испитујући везе између промене количине падавина и ENSO на 658 станица у Индији, Северној Америци и Европи установили да те везе у дужим периодима показују велика статистички сигнификантна колебања (Oldenborgh, Burgers, 2005).

Литература

- Biondi F. i dr. (1997): North Pacific decadal climate variability since 1661. *Journal of Climate*, vol. 14.
- Борисенков Е. П. и др. (1988): Колебания климата за последнее тысячелетие. *Гидрометеоиздат. Ленинград.*
- van Oldenborgh G. J., Burgers G. (2005): Searching for decadal variations in ENSO precipitation teleconnections. *Geophysical Research Letters*, vol. 32.
- Дуцић В. (2005): Reconstruction of the Danube discharge on hydrological station Orsova in pre-instrumental period-Possible causes of fluctuation. *Physical Geography of Serbia vol. 2, Belgrade.*
- Дуцић В., Радовановић М. (2005): *Клима Србије. Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.*
- Ngar-Cheung Lau (1997): Interactions between global SST anomalies and the midlatitude atmospheric circulation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 78.
- Peczely G., Csomor M. (1973): Periodicities of the summer precipitations of Hungary, *Studies on the material and energy flows of the Earth, First Hungarian Contribution to the Work of the IGC. Szadeczky-Kardoss, Budapest.*
- Поповић Т. и др. (1994): Прилог проучавању падавина и суша. СХМЗ, Београд.
- Rimbu N. и др. (2005): Seasonal prediction of Danube flow variability based on stable teleconnection with sea surface temperature. *Geophysical Research Letters*, vol. 32.

Possible connection between El Nino Southern Oscillation (ENSO) and...

Shi Neng и др. (2002): A Preliminary study on the global land annual precipitation associated with ENSO during 1948-2000. *Advances in Atmospheric Sciences*, vol. 19.

Ђурић М. (1998): Анализа трендова низова падавина и температуре у нашој земљи у односу на Ел Нињо периоде. РХМЗ, Београд.

Hasegawa T., Hanawa K. (2003(a)): Decadal-scale variability of upper ocean heat content in the tropical Pacific. *Geophysical Research Letters*, vol. 30.

Hasegawa T., Hanawa K. (2003(б)): Heat content variability related to ENSO events in the Pacific. *Journal of Physical Oceanography*, vol. 33.

Vladan Ducić

Jelena Luković

POSSIBLE CONNECTION BETWEEN EL NINO SOUTHERN OSCILLATION (ENSO) AND PRECIPITATION VARIABILITY IN SERBIA

Summary

While researching the fluctuations of the Danube discharge on hydrological station Orsova in pre-instrumental period until the year 1731, Ducić (Ђуцић В., 2005), detected dominant periodicities of nearly 13 and 20 years. Periodicity of 20 years is also detected in Belgrade precipitation variability for the period 1891-2000. Cyclicity of 13 years was noticed by other researchers for Belgrade, Podunavlje (Transdenubia) and in 4000 years long series of reconstructed Dniepar discharge.

On the other hand, periodicity of about 13 years is detected in decadal-scale variability of upper ocean heat content in the tropical Pacific and with that of ENSO scale. Based on a cluster analysis, it is found that multidecadal variability with a period of approximately 20 years is dominant in mid- to high latitudes. Also, cyclicity of two decade is found in period until the year 1661 for the PDO Index, which presents difference in Pacific temperature north of 20° N and global temperature.

Possible connection between El Nino Southern Oscillation and precipitation variability in Serbia is analyzed by data for Global SST-ENSO Index, as indicator of ENSO. Those values are compared to decadal values of precipitation, averaged for 18 stations, from 1951 to 2000 with relatively homogenous distribution in Serbia.

Results of this investigation have shown obvious antiphase synchronism between analyzed phenomena. Correlation coefficient shows high value of -0,9 which satisfies Student's test on probability level of 95%. Coefficient of determination, mathematically speaking, explains 81% of precipitation variability in Serbia by variability in SST-ENSO Index.

Investigating possible relation between El Nino and climate in Serbia, Ђурић (Ђурић, 1998) has found that precipitation in Belgrade, for the period 1951-1997, with values higher 77 mm then average appeared 16 times which is the same number as El Nino events in same period.

Могуће везе између Ел Нињо јужне осцилације (ENSO) и промена...

Rimbu et al. (Rimbu et al., 2005) analysed winter Pacific SST and detected negative connection with spring discharge of river Danube from 1840 to 1998. They also found that connection have been stable from the beginning of observation. This connection is the same one as we get in decadal precipitation in Serbia. Investigation of possible connection between El Nino Southern Oscillation is related to many problems (connection is illogical at first sight, distant phenomena, unknown cause of ENSO and unstable mechanism of teleconnection). However, synchronism of investigated phenomena, identical periodicity and statistically significant correlation coefficient clearly shows connection between El Nino Southern Oscillation and precipitation variability in Serbia. Mechanism of that connection should be searched in general atmospheric circulation (Ngar-Cheung Lau, 1997). Anyway, results of some authors show that connection between ENSO and precipitation in long period shows statistically significant fluctuations, which should take into consideration in future investigation.