

ЗОРАН ТАНАСИЈЕВИЋ*

**АНАЛИЗА ПОВРШИНЕ СУНЧЕВИХ ПЕГА
У ПЕРИОДУ 1874-1991. ГОДИНЕ
СА ОСВРТОМ НА ВИСИНУ ПАДАВИНА У СРБИЈИ**

Колебање климе се објашњава већим бројем узрока: променама елемената Земљине путање око Сунца, променама соларне константе, променама метеоролошке соларне константе, вулканском активношћу, повећањем концентрације CO₂.... Највише научних расправа се води око утицаја Сунчеве активности на климу. Два кључна проблема у овим истраживањима су немогућност заснивања добре теорије која би објаснила механизам преноса енергија од Сунца на тропосферу и регионално испољавање статистичке везе између појава на Сунцу и климатских појава и елемената.

Допринос домаћих географа проблематици везе Сунце - клима је релативно скроман, али се у последње време уочава појачан интерес за ову проблематику. У до сада објављеним радовима претежно је анализирана проста статистичка веза између броја Сунчевих пег на температуру, падавине и плувиометријски режим. Резултатима таквих проучавања откривено је слагање динамике броја Сунчевих пег и поплава у Србији, климатских промена у Београду и плувиометријског режима на Сави и Дунаву. Узрочно-последичне везе нису разматране. Претежно су анализирани средње-годишње вредности низова података.

Циљ овог рада је да се у анализу везе Сунце - Земља уведе један нови (до сада мање коришћен) индекс Сунчеве активности, испита вредност његовог коришћења у оваквим истраживањима, укаже на нове методе статистичке анализе, изнесу први резултати истраживања статистичке везе активности Сунца и падавина у Србији и предложи даљи правци истраживања.

Избор показатеља (индекса) Сунчеве активности

Као показатељ (индекс) Сунчеве активности узета је површина Сунчевих пег. Вредност овог индекса се мери свакога дана и изражава се у милионитим деловима видљивог Сунчевог диска.

Овај индекс је узет јер је он погоднији за анализу утицаја Сунчеве активности на климу у односу на чешће коришћени Волфов број. Док на

* Зоран Танасијевић, дипломирани географ, Истраживачка станица Петница, Ваљево.

вредност Волфовог броја утиче стадијум активности Сунца (у максимуму се теже издвајају поједине групе), та околност не утиче на одређивање површине пега. Ситне издвојене пеге (поре) битно утичу на вредност Волфовог броја, док на површину пега утичу врло мало. Климатске прилике утичу на видљивост ситних пега које су за одређивање површине мање значајне. Одређивање Волфовог броја у време максимума је теже и мање поуздано од одређивања површине пега. За потребе анализе везе Сунце - Земља није потребно редуковати површину пега за фактор закривљења Сунчеве површине. Волфов број нема никакав физички смисао, што је у извесној мери одлика и површине пега.

Извори и припрема података за статистичку анализу

Подаци о површини Сунчевих пега у периоду 1874 - 1976. су узети из публикације Међународног центра за посматрање Сунца у Гриничу (15). Подаци су засновани на посматрању и снимању са три опсерваторије: Гриничке, у јужној Индији и јужној Африци. Проучавањем литературе добијене су информације о високој поузданости коришћених података. Године 1976. ова посматрачка мрежа престаје са радом, па су за наставак низа коришћени подаци опсерваторије у Пулкову. Имајући у виду да је коефицијент корелације између података о површини пега на Гриничкој и Пулковској опсерваторији висок ($r = +0,995, \pm 0,0016$) подаци у наставку низа нису кориговани (8).

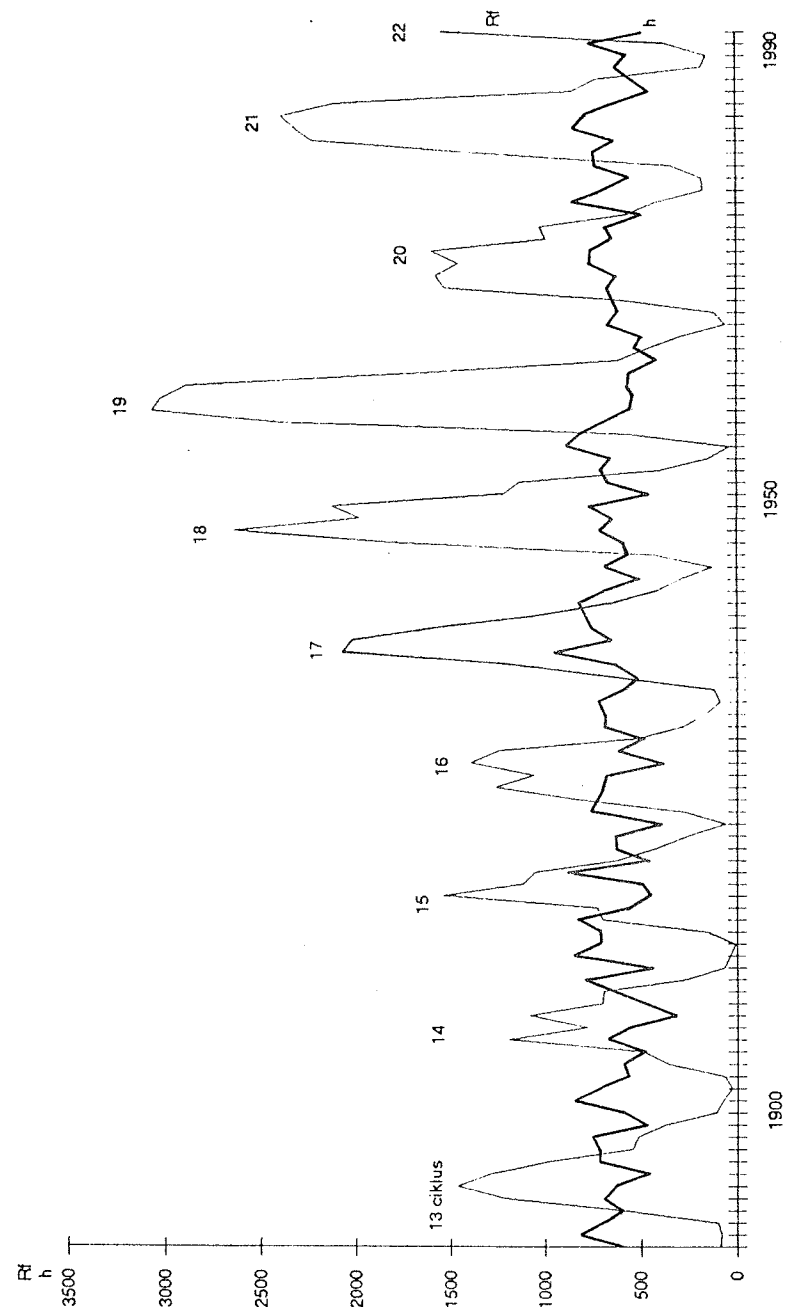
Подаци о падавинама у Београду, Ваљево, Крагујевцу, Нишу и Неготину су узети из публикација Савезног хидрометеоролошког завода. Коришћене су месечне и годишње вредности.

Пре почетка статистичке анализе извршена је контрола свих анализираних података. Конзистентност података о површини Сунца је извршена само за период од 1933. до 1971. године методом двоструке кумуланте. Није уочено нарушавање конзистентности у анализираном периоду. Анализирана је и хомогеност разлика вредности података Студентовим тестом. Није уочено нарушавање хомогености у анализираном периоду. Хомогеност целог низа података о површинама пега је испитана помоћу Вилкоксновог теста, због асиметричности расподеле емпиријске серије ($\alpha_3 = 0,98$).

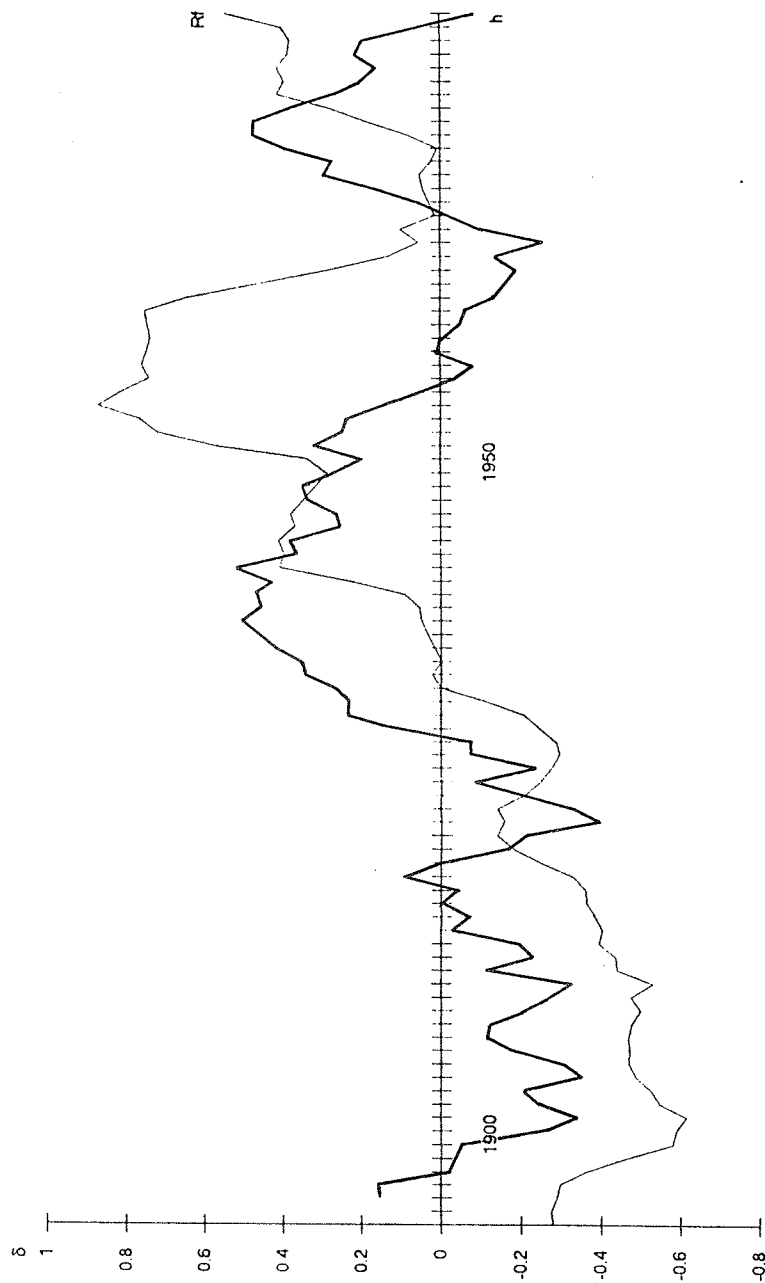
Цео поступак је примењен и на податке о падавинама. Поређене су међусобно најближе станице са највећом вредношћу коефицијента корелације. Хомогеност низова о годишњим висинама падавина је извршена тестовима Абеа и Студента.

Подаци који недостају су попуњени линеарном регресијом и тако попуњени низови за четири падавинске станице.

Због лакшег упоређивања серија података о површини пега и висини падавина обе серије података су стандардизоване помоћу стандардизованог одступања емпиријских вредности сваког податка од средње вредности целе серије (6). Овај поступак је омогућио лакше поређење различитих података.



Ск.1 Годишње висине падавина у Београду и средње годишње вредности површинсегга на Сунцу. У оса: Rf- површина пега, h- висина падавина у Београду.



Ск.2 Вековни циклус површине Сунчевих пега и висине падавине у Београду. У осау δ - стандардна девијација.

Резултати статистичке анализе

Статистичка анализа временских серија је обухватала уклањање сезонске компоненте из анализе и анализу тренд, цикличне и резидуалне компоненте. Сезонска компонента је уклоњена анализом годишњих података. Анализа података о површини пега није обухватала анализу тренд компоненте због присуства циклуса велике дужине који не омогућавају ову анализу. Анализа тренд компоненте код падавина је имала за циљ да уклони утицаје великих градова на повећање падавина, како би се у даљу анализу узео у обзир само претпостављени утицај Сунца на падавине. Статистички значајан тренд је уочен само у Београду. Вредност тренда износи 0,60 (период 1888-1988), а Фишеровим тестом је утврђена значајност са ризиком од 5% и 1%. Због тренд компоненте данас Београд добија 60 mm воденог талога више него крајем прошлог века. На тренд годишњих падавина у Београду највећи утицај имају падавине у лето и пролеће. Имајући у виду да је откривен тренд пораста падавина у Београду, извешена је упоредна анализа на четири падавинске станице. Резултати анализе су показали да на упоредним станицама не постоји статистички значајан тренд, што значи да је тренд у Београду изазван утицајем човека (града), а не глобалном променом климе или утицајима са Сунца. У даљу анализу су ушли подаци очишћени од тренд компоненте. Циклична компонента је издвојена графичком методом, методом покретних просека, аутокорељационом методом, развијањем полинома и периодограм анализом.

Површина Сунчевих пега се у разматраном периоду колебала у 9 циклуса са трајањем око 11 година. У истом периоду је уочен и 80-90 циклус. Он је издвојен уклањањем једанаестогодишњег циклуса методом простих покретних средина са покретним низом од 11 чланова. У анализораном периоду се издвајају по слабој активности 13, 14, 15, 16 и 20 циклус, а по интензивној активности 17, 18, 19 и 21 циклус Сунчеве активности. Посебно се својом активношћу издваја 22 циклус који је још у току.

Методом покретних средина су уочени периоди цикличности падавина на анализираним падавинским станицама. Аутокорељациона анализа даје слаб пик на кораку од 15 година, а периодограм и спектрална анализа указује на постојање циклуса од 13 година.

Истраживањима других аутора (Ракићевић, Гавриловић) уочено је да се у време минимума активности Сунца у Србији јављају веће количине падавина и чешће поплаве. Са приложеног графикона на коме су вредности површине Сунчевих пега и годишњих висина стандардизоване, не уочава слагање тока појава у времену. Коefицијент корелације за оригиналне податке износи 0,028, што указује на потпуно одсуство функционалне везе. Ако се подаци за падавине уравнију са покретним просеком од пет чланова (већи покретни просеци елиминишу кратке циклусе), добија се коefицијент корелације од 0,034.

Да би се поменуто запажања додатно анализирала примењен је незнатно измењен метод поређења активности Сунца и висине падавина. Просечна висина падавина је рачуната за 9 циклуса Сунчеве активности и за периоде од три и пет година у максимуму и минимуму површине пега за

сваки циклус Сунчеве активности. Просечне висине падавина у трогодишњим интервалима износе: минимум (677 mm), максимум 633,1 mm), а у петогодишњим интервалима: минимум (645,8 mm) и максимум (634,7 mm). Оба поступка указују да су за време максимума површине Сунчевих пега у Београду има више воденог талога. Међутим χ^2 тест је показао да је ова разлика није статистички значајна са поузданошћу од 95%.

Када се анализирају просечне висине падавина по фазама циклуса површине Сунчевих пега, већа количина падавина у некој фази може бити резултат утицаја мањег броја (чак и једне!) година са екстремно великом или малом количином падавина. Да би се овај недостатак отклонио - анализирани су вероватноће висине падавина у минимуму и максимуму активности. Анализом је обухваћено по 27 година (релативно кратак период). Резултати су приказани табелом.

површина пега	\bar{X}	δ	moda	α_3	α_4	max	min
min	677,7	121,6	690,0	-0,17	-0,31	885,9	400,4
max	633,1	127,6	638,6	0,35	0,51	955,0	386,6

Подаци из табеле указују на разлике у расподели годишњих висина падавина. У време минимума Сунчевих пега, преовлађујућа висина падавина (мода*) је 690 mm, што јасно указује на чињеницу да је у тим интервалима већа количина падавина резултат већег броја година са већом количином падавина, а не утицаја појединачних екстрема. У време максимума јавља се обрнута ситуација. На то указује и асиметричност дистрибуције обележја (α_3).

Други поступак се заснивао на поређењу количина падавина у четири различите фазе циклуса површине пега: минимуму, узлазној фази, максимуму и силазној фази. За сваку фазу је узет просек од три године. Добијени подаци показују да је у просеку највише падавина у узлазној фази циклуса (683,6 mm), затим минимуму (677,7 mm), максимуму (633,1 mm) и најмање падавина у силазној фази циклуса (623,8 mm). Хи-квадрат тестом је утврђено да је ова разлика у односу на униформну расподелу (очекивана расподела у случају одсуства било каквог утицаја на висину падавина) није статистички значајна са поузданошћу од 95%. Посебно је анализирана просечна количина падавина у другим циклусима. Израчуната је и просечна висина падавина у 4 циклуса Сунчеве активности са малом површином пега (13-16 циклуса) и 4 циклуса са великом површином пега (17-19 циклус). Током периода са малом активношћу Сунца у просеку падне мање падавина, него у време најјачих циклуса Сунчеве активности. И у овом случају χ^2 тест указује да разлика у висини падавина није статистички значајна.

* Код оваквих истраживања, мода (као преовлађујућа вредност у серији) је погоднији показатељ мере централне тенденције од средње вредности, због асиметричности дистрибуције фреквенција обележја (висина падавина) и већег практичног значаја вредности која се најчешће јавља у односу на средњу вредност.

Посебно су анализирани висине падавина по сезонама, за Београд у периоду 1931. - 1992. године. Анализа показује потпуно одсуство функционалне статистичке везе између површине Сунчевих пега и висине падавина по сезонама (висина падавина је уравнана покретним просеком од 5 чланова). Коefицијенти корелације износе: зима (-0,0028), пролеће (0,21), лето (0,06) и јесен (-0,17). Даља анализа је обухватала издвајање циклуса велике дужине. Графичким поступком је уочен 80-90-о годишњи циклус падавина у Београду и другим станицама. Циклус исте дужине је давно уочен на Сунцу. Овај циклус показује слабу позитивну корелацију (0,23) са циклусом промене површине Сунчевих пега. Кроскорелациона анализа је дала највећи коefицијент корелације са кораком од 7 година (0,63).

Дискусија

Статистичка анализа везе између површине Сунчевих пега и висине падавина на 5 анализираних станица у Србији указује или на одсуство корелационе везе или на веома слабу везу. Међутим, то није доказ о потпуном одсуству физичког утицаја Сунца на падавине у Србији. Енергија коју Сунце емитује у циклусима, не утиче директно на већину физичко-географских процеса због утицаја бројних физичко географских фактора који ту енергију трансформишу. Површина Сунчевих пега и поред чињенице да је бољи индекс у односу на Волфов број, не показује вредност потпуне енергије које Сунце емитује у околни простор. Због тога је статистичка анализа која узима у обзир само један индекс непотпуна. Недостатак других индекса који су бољи за ову врсту анализе је у томе што су нивои података веома кратки. Статистичка анализа утицаја Сунчеве активности на климу мора узимати у обзир чињеницу да на климу истовремено утичу и други узроци: промена елемената Земљине путање, повећање концентрације CO_2 , вулканска активност. Ова опрезност је неопходна код тумачења резултата добијених статистичком анализом.

Резултати добијени статистичком анализом се заснивају на релативно кратком временском периоду, што је условљено расположивим подацима. Овај недостатак је посебно наглашен при тумачењу реланости циклуса од 80-90 година. Да би се са већом сигурношћу могло говорити о реалности овог циклуса (уочен је само један), неопходно је низ о падавинама продужити уназад за 100-200 година. То је могуће само посредним методама (дендрохронолошким), које не дају потпуно поуздане резулте, али се у овој анализи могу са успехом применити.

Веће количине падавина у време минимума Сунчеве активности се тумачи добро познатом сменом циркулације ваздушних маса на северној полулопти (9). Међутим, чињеница да су веће просечне количине падавина у време најинтензивнијих циклуса Сунчевих пега и добро слагање вековних циклуса на Сунцу са вековним циклусом падавина за сада нема објашњења. За то су неопходна додатна истраживања.

Ови резултати усмеравају даља истраживања у три смера:

- анализа циклуса мале дужине висине падавина и броја непогода у летњем периоду (покушај идентификације 27.- дневног циклуса који одговара периоду ротације активних дужина на Сунцу).

- увођење у анализу других индекса Сунчеве активности који имају већи физички смисао (ерупције, корпускуларно зрачење,...).

- анализа висине падавина на већем броју падавинских станица у Србији, са посебним освртом на падавине у Војводини и високим планинама које нису обухваћене овим истраживањем.

Уколико би добијени резултати у даљем току истраживања добили додатну аргументацију, они би могли послужити за предвиђање висине падавина и прорачун количине водног потенцијала у појединим регионима за знатан период унапред.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астрономски календар (стални део), Инструкција за фотографска посматрања Сунца; Наука, Москва 1982.
2. Астрономски календар (променљиви део), Наука, Москва.
3. Будико М.: **Клима у прошлости и будућности**. Хидрометеоиздат, Ленинград, 1980.
4. Гавриловић Љ.: **Поплаве у СР Србији у XX веку**. Посебна издања, СГД, књ. 52, Београд, 1981.
5. Кобишева Н.: **Климатологија**. Хидрометеоиздат, Лењинград 1980.
6. Његић Р., Жижић М., Ловрић М., Павличић Д.: **Основи статистичке анализе**. Савремена администрација, Београд 1989.
7. Гневишев М., др.: **Курс астрофизике и звездане астрономије**. Наука, Москва 1964.
8. Гневишава Р.: **О Пулковском каталогу Сунчеве активности**. Астрономски календар (стални део), Наука, Москва 1979.
9. Ракићевић Т.: **Сунчева активност и колебање климе на примеру Београда**. Крагујевац.
10. Ракићевић Т.: **Секуларне промене климе Београда**. Гласник СГД, св. LXIII/2, Београд 1983.
11. Рубашев Б.: **Проблеми Сунчеве активности**. Наука, Москва 1964.
12. Смит Е.: **Сунчеве ерупције**. Мир, Москва 1966.
13. Сердар В., Шошић И.: **Увод у статистику**. Школска књига, Загреб 1988.
14. Ступар М.: **Тајне Сунца**. Академско астрономско друштво, Сарајево 1977.
15. Sunspot and Geomagnetic-storm data (1974-1976), Royal Greenwich Observatory, London, 1955
16. Танасијевић З.: **Како посматрати Сунце**. Петничке свеске бр. 26, Ваљево, 1992.
17. Витински Ј.: **Сунчева активност**. Наука 1983.
18. Витински Ј.: **Морфологија Сунчеве активности**. Наука, Москва 1966.

Zoran Tanasijević

THE ANALYSIS OF SUNSPOTS IN THE PERIOD 1874-1991. WITH REGARD ON PRECIPITATIONS IN SERBIA

Summary

This study is a presentation of the first results in statistic analysis of the influences which the Sunspots surface has on the monthly and yearly temperatures in Serbia (data obtained from five meteorology stations). The absence of the correlation between the surface of the sunspots and the annual altitude of precipitation according to the analysed information from the stations has been noticed. During the period of the maximal activity of the Sun more frequent is the occurrence of the years with higher temperature in Serbia. The century cycle of the altitude of precipitation (80 - 90 years period) has been pointed out which correspond morphologically to the already known cycle of the sunspots surface, which is of the same longitude.