

ГОРИЦА СТАНОЈЕВИЋ

UDC: 551.583(497.11)

АНАЛИЗА ВАРИЈАБИЛНОСТИ СЕЗОНСКИХ ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА НА ПРОСТОРУ СРБИЈЕ

Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ, 11000 Београд, Србија

Апстракт. У раду су анализирани промене сезонских температура ваздуха на простору Србије за период 1949-2009. Према резултатима за 17 станица добијен је позитиван линеарни тренд температура у пролеће и лето, негативан тренд за јесење вредности температура, док у случају зимске сезоне позитивне вредности линеарног тренда добијене су за највећи део Србије осим њеног југоисточног дела. У циљу анализе колебања температуре ваздуха под утицајем атмосферске циркулације као значајног климатског фактора коришћен је SynopVis Grosswetterlagen (SVG) каталог. SVG систем представља хибридни метод за класификовање облика циркулације атмосфере на простору Европе. Корелациона анализа у већини случајева показује статистички значајну позитивну (негативну) повезаност западних и јужних (северних и источних) циркулационих типова са сезонским температурама. У случају зимске сезоне југоисток Србије показује негативну повезаност за западном циркулацијом док је за остали део Србије утврђена позитивна веза између ових променљивих у анализираном периоду времена. Статистички значајна повезаност изостаје за јесење температуре и западну циркулацију која у свим сезонама показује позитиван тренд учесталости. Закључује се да примена SVG система на простор Србије показује добре резултате потврђујући значај циркулације атмосфере као фактора температурне варијабилности.

Кључне речи: сезонске температуре, Србија, циркулација атмосфере, SVG каталог

Abstract: This paper analyses the changes of seasonal temperatures in Serbia for the period 1949-2009. According to the results obtained for 17 stations, a positive linear trend of temperatures is showed for spring and summer, a negative trend of autumn temperature series, while in the case of winter season a positive linear trend was obtained for the most part of Serbia, except its southeast. In order to analyze the fluctuations of air temperature under the influence of atmospheric circulation as an important climatic factor was used SynopVis Grosswetterlagen (SVG) catalog. The SVG system is a hybrid method for classifying the patterns of atmospheric circulation in the area of Europe. In most of cases the correlation analysis showed a statistically significant positive (negative) connection between the frequency of western and southern (northern and eastern) circulation types with seasonal temperatures. For winter season southeast part of Serbia shows a negative relationship with the western circulation, while the rest of Serbia has a positive relationship between these variables. A statistically significant correlation is missing for autumn temperatures and western circulation which has a positive trend in all seasons. It is concluded that the use of SVG systems for territory of Serbia shows good results, confirming the importance of atmospheric circulation as a factor of temperature variability.

Key words: seasonal temperatures, Serbia, atmospheric circulation, SVG catalogue

УВОД

Циљ рада је истраживање варијабилности сезонских температура ваздуха на простору Србије. Под утицајем климатских фактора температура показује просторно-временску променљивост. Значај циркулације атмосфере као климатског фактора анализиран је утврђивањем повезаности између промене учесталости циркулационих типова и температурних колебања на примеру 17 станица са релативно хомеогеним распоредом на територији Србије за период 1949-2009.

Анализирајући промене декадних температура ваздуха у Србији, Радовановић и Дуцић (2004) закључују да постоји пораст температура у другој половини XX века на већем делу територије Србије, осим на југоистоку. Такође, истиче се да је пораст изразитији тек у последњој декади XX века. Исти аутори указују да „постоје јасне везе које упућују да на тај пораст утичу пре свега промене доминантних типова атмосферске циркулације, из

меридонално јужног у "топлији" зонални тип". Статистички значајну повезаност између колебања учесталости Хес-Брезовски циркулационих типова и температура и падавина у Србији за период 1949-2004 утврђују Дуцић и др. (2010а, 2010б). У последњих неколико година све је више радова који истражују везу између атмосферских циркулационих процеса и колебања климе у Србији. Тако Миловановић и др. (2008) истражују однос између положаја и интензитета Исландског минимума са температуром ваздуха у Србији и Београду. Установљено је да је најснажнија повезаност са географском дужином овог акционог центра, али и да постоји статистички значајна веза и између интензитета Исландског минимума и температуре ваздуха у Србији. Значај глобалних циркулационих процеса и телеконкција истичу Дуцић и Луковић (2005) указујући на повезаност између Ел Нињо јужне осцилације (El Niño Southern Oscillation – ENSO) и промена количине падавина у Србији за период 1951-2000. Уопштено проучавање промена у циркулацији атмосфере значајно је за разумевање функционисања климатског система у целини. Анализирајући температурне промене у Србији на основу података приземних и сателитских осматрања Луковић (2008) наводи да постоје индикатори да се утицај доминантног фактора колебања температуре ваздуха прво појавио у тропосфери, а тек након тога у приземним слојевима што указује на значај спољашњих климатских фактора у колебању температуре ваздуха. Механизми преношења утицаја кроз атмосферу нису у потпуности познати, међутим један од начина за праћење промена јесте анализа учесталости циркулационих типова за одређене просторне целине у одређеним временским периодима (најчешће просторни домен типологија је континентални (Станојевић, 2010)). У овом раду за анализу повезаности циркулације атмосфере са колебањем температура у Србији коришћен је SynopVis Grosswetterlagen (SVG) каталог.

ПОДАЦИ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Подаци

У раду су коришћене сезонске температурне серије за 17 станица. Анализирани период је 1949-2009, осим за две станице Сомбор (1950-2009) и Призрен (1949-2004), за које су доступни краћи низови.

Такође, анализирана је сезонска учесталост SVG¹ циркулационих типова. SynopVis Grosswetterlagen (SVG) систем представља хибридни метод за класификовање облика циркулације атмосфере на простору Европе. Базиран на NCEP-Reanalyses и користи као улазне параметре SLP, Z500 and T850 за 29 објективно израчунатих Хес-Брезовски (ХБ) циркулационих типова. Оригинални ХБ типови (нем. Grosswetterlagen) су дефинисани сагласно правцу кретања ваздушних маса и антициклоналним и циклоналним карактеристикама у односу на централну Европу. SVG имају исто значење и номенклатуру као и оригинални ХБ типови и такође трајање од минимум три узастопна дана. Насупрот ХБ каталогу (који је углавном фокусиран на Централну Европу), SVG систем има већу простору кохеренцију за регионе изван овог дела Европе. Ово је разлог зашто је овај систем изабран за анализу температурне варијабилности у Србији. У овом истраживању SVG циркулациони типови су груписани у 4 главна типа (западни, северни, источни и јужни) сагласно правцу кретања ваздушних маса (James, 2008).

Метод истраживања

Коришћен је метод линеарног тренда, за температурне серије, као и за учесталост циркулационих типова. Према Студентовом т-тесту анализиран је статистички значај тренда на нивоу поверења од 0.05 и 0.01. Међутим, како тренд анализа не даје попуно информацију о променама које су се догодиле и показује осетљивост на дужину низа у циљу добијања прецизнијих информација о променама тј. да ли промена уопште десила, да ли се ради само о једној промени и са којим поверењем односно вероватноћом уопште можемо говорити о томе – у раду је примењена "Анализа тачке промена" (Change Point Analysis, CPA). Ова статистичка

¹ SVG каталог је добијен од аутора Р. М. James.

процедура нарочито је погодна је за анализу временских серија, детектовање суптилних промена, али и откривање грешака у временским серијама. Састоји се из два корака: (1) KUMSUM и (2) “bootstrapping” (Taylor, Wayne, 2000).

(1) Први корак представља рачунање кумулативне суме (KUMSUM) разлика свих вредности низа од аритметичке средине целог низа (\bar{X}).

Најпре се рачуна аритметичка средина низа (\bar{X}):

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}, \text{ за } n=1,2,3,\dots,61 \text{ (у овом случају дужина анализираних периода).}$$

Затим се рачуна кумулативна сума разлика свих вредности у низу од аритметичке средине низа:

$$S_i = S_{i-1} + (X_i - \bar{X}), \text{ за } i=1,2,3,\dots,61 \text{ (стартује је се са } S_0=0, \text{ и завршава } S_{61}),$$

и утврђује се разлика између максималне и минималне разлике кумулативне суме:

$$S_{diff} = S_{max} - S_{min}.$$

(2) Други корак (“bootstrapping”) састоји се у генерисању нових узорака од 61 јединице случајно распоређене ($X_1^0, X_2^0, X_3^0, \dots, X_{61}^0$). Број нових узорака је 61!, али сматра се да је за ову анализу довољно генерисати 1000 нових узорака. Затим следи одређивање кумулативних сума за сваки нови узорак ($S_1^0, S_2^0, S_3^0, \dots, S_{61}^0$), при чему се испуњеност услова $S_{diff}^0 < S_{diff}$ користи за рачунање нивоа поверења са којим можемо говорити да се промена догодила:

$$100 \frac{X}{N} \%, \text{ где је } X \text{ број случајева где је испуњен овај услов, а } N \text{ укупан број случајева.}$$

За извођење ове анализе коришћен је програм Change-Point Analyzer 2.3. Резултати показују тачку промене, временски интервал у коме се промена десила, ниво поверења или вероватноћа да се промена десила и ниво значајности промене (ниво 1 као промена највећег значаја).

У овом истраживању урађена је и Кластер анализа како би се увидело да ли резултати груписања временских серија показују диференцијацију у простору, и груписане серије упоредили са резултатима тренд и СРА анализе. Кластер анализа је урађена хијерархијским груписањем методом просечног повезивања, док је као мера сличности коришћен је Пирсонов коефицијент корелације.

На крају, повезаност варијабилности температура и циркулације атмосфере анализирана је преко корелационе анализе. Преглед резултата дат је по сезонама.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Пролеће

Према резултатима анализе линеарног тренда за температуре у пролеће све станице показују позитиван тренд за период 1949-2009., при чему статистички значај изостаје једино за станицу Палић (табела 1). Западна и јужна (северна и источна) циркулација показују позитиван (негативан) тренд. У већини случајева (према СРА) за тачку промене пролећних температура издвојена је 1999. година, односно временски тренутак од када су просечне пролећне температуре забележиле статистички значајан пораст у односу на претходни период (табела 2). Изузетак су станице Врање, Димитровград, Сјеница и Призрен, тј. доминантно станице на југу и југоистоку Србије код којих није издвојена сигнификантна промена. На примеру кумулативних сума за Београд и Димитровград може се уочити зашто је то тако (слика 1). Према обе станице бележе нагло повећање температура од краја 1990-их, изразитији пад температура од почетка анализираних периода код Београда у односу на Димитровград доприноси да последња декада анализираних периода за Димитровград не буде издвојена као период статистички значајног повећања средњих пролећних температура. Ово је био случај и са осталим станицама на југ/југоистоку Србије. Може се закључити да постоји територијална диференцијација временских серија, што је потврдила и кластер анализа, где највећи број станица припада једној групи, док временске серије за станице на истоку (Неготин и Зајечар) и на југ/југоистоку (Врање и Димитровград) образују посебне групе.

Табела 1. Позитиван (P) и негативан (N) линеарни тренд у анализираном периоду времена према т-тесту. (*статистички значај на нивоу 0.05, **статистички значај на нивоу 0.01).

Станице	T
Београд	P**
Димитровград	P
Кикинда	P**
Крагујевац	P**
Крушевац	P**
Неготин	P**
Ниш	P*
Нови Сад	P**
Палић	P**
Призрен	P*
Сјеница	P*
Смед. Планка	P**
Сомбор	P**
Ваљево	P**
Вел. Градиште	P*
Врање	P*
Зајечар	P**

Супер типови	T
Западна циркулација (W)	P*
Северна циркулација (N)	N
Источна циркулација (E)	N*
Јужна циркулација (S)	P*

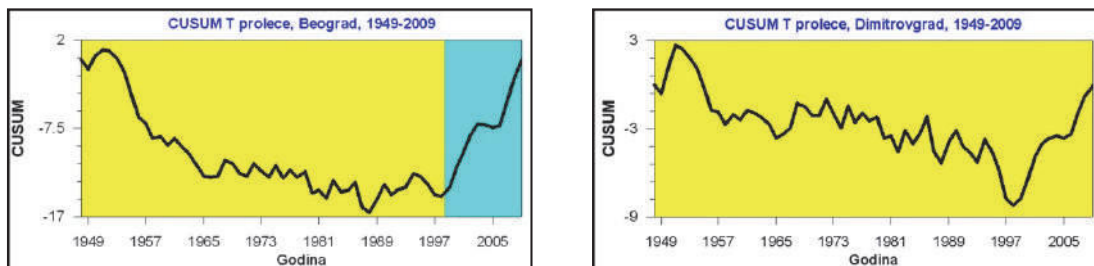
Табела 2. Резултати СРА анализе за пролећне температурне серије и учесталост циркулационих типова, период 1949-2009.

Станице	Година	Интервал поверења	Ниво поверења	Од	До	Ниво
Београд	1999	(1991,2003)	99%	12,07	13,709	3
Димитровград	/	/	/	/	/	/
Кикинда	1999	(1991,2003)	97%	11,202	12,573	3
Крагујевац	1999	(1988,2002)	95%	12,082	12,436	3
Крушевац	1999	(1990,2003)	98%	11,04	12,509	3
Неготин	1989	(1954,1996)	97%	11,198	11,99	2
	1999	(1992,2006)	91%	11,99	12,936	4
Ниш	1999	(1983,2003)	91%	11,57	12,818	2
Нови Сад	1999	(1987,2002)	93%	11,182	12,545	2
Палић	2000	(1972,2004)	90%	10,941	12,057	1
	2007	(2001,2007)	98%	12,057	13,162	3
Призрен	/	/	/	/	/	/
Сјеница	/	/	/	/	/	/
Смед. Планка	1999	(1986,2003)	96%	11,246	12,518	3
Сомбор	1999	(1989,2003)	98%	10,986	12,373	3
Ваљево	1999	(1991,2002)	94%	10,982	12,373	3
Вел. Градиште	1999	(1977,2003)	93%	11,224	12,336	2
Врање	/	/	/	/	/	/
Зајечар	1999	(1989,1999)	96%	10,692	12,55	2
	2003	(2000,2008)	96%	12,55	11,6	3

Супер типови

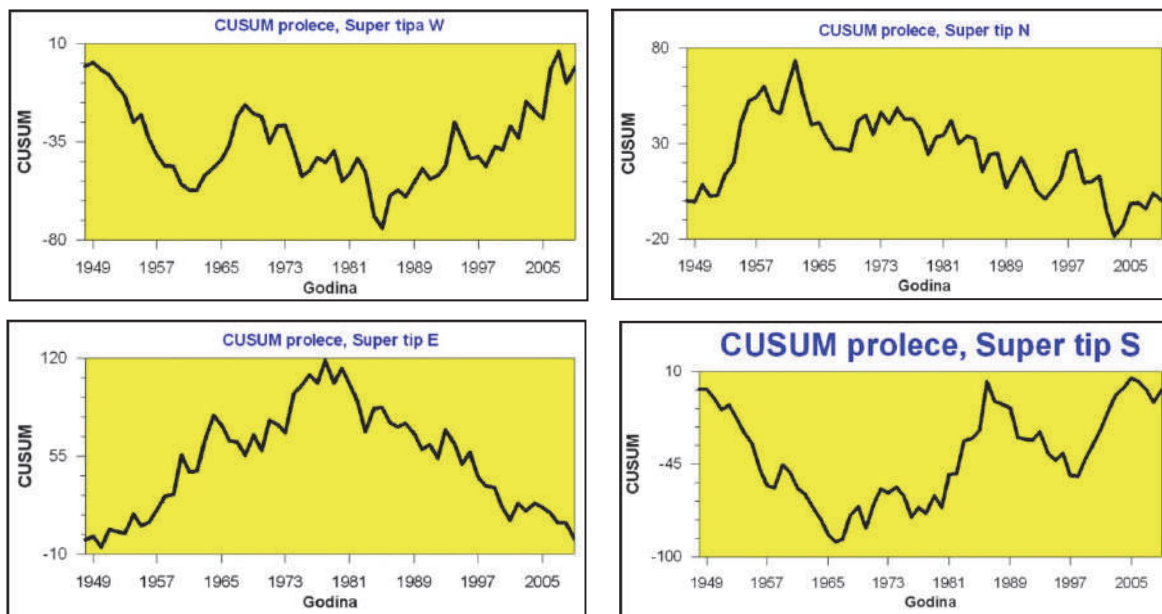
Западна циркулација (W)	/	/	/	/	/	/
Северна циркулација (N)	/	/	/	/	/	/
Источна циркулација (E)	1979	(1957,1995)	90%	27,133	19,323	1
Јужна циркулација (S)	/	/	/	/	/	/

Слика 1. Графикони кумулативних сума пролећних температура за Београд и Димитровград. Плавом бојом означени су резултати СРА.



Западни и јужни типови показују позитивну везу, док северни и источни негативну повезаност са пролећним температурама. У свим случајевима веза је статистички значајна на нивоу поверења од 95% и просторно уједначеног интезитета. Кумулативне суме за циркулационе типове најбоље илуструју антифазност западних и источних, северних и јужних типова. И код западне и код јужне циркулације уочава се значајно повећање учесталости од 1990-тих, док је за источне и северне карактеристичан пад учесталости (слика 2).

Слика 2. Графикони кумулативних сума учесталости циркулационих типова.



Лето

За летњу сезону све станице показују позитиван температурни тренд (табела 3). У већини случајева издвојена је средина 1960-их (1965.) и крај 1980-их (1987.) као почетак периода пада летњих температура, односно њиховог раста (табела 4). Такође, летње температурне серије за највећи део станица чине једну групу према резултатима кластер анализе. Премда није издвојена статистички значајна тачка промене за супертипове анализом њихових кумулативних сума уочава се да западни и јужни типови показују пад учесталости од 1960-их, а потом и повећање у последњим декадама анализираних периода. И сада, као и за пролеће, уочава се антифазност западних и источних, северних и јужних циркулационих типова.

Табела 3. Позитиван (P) и негативан (N) линеарни тренд у анализираном периоду времена према т-тесту. (*статистички значај на нивоу 005, **статистички значај на нивоу 0.01).

Станице	T
Београд	P**
Димитровград	P
Кикинда	P**
Крагујевац	P*
Крушевац	P*
Неготин	P**
Ниш	P*
Нови Сад	P
Палић	P**
Призрен	P*
Сјеница	P**
Смед. Планка	P*
Сомбор	P**
Ваљево	P**
Вел. Градиште	P
Врање	P
Зајечар	P**

Супер типови	T
Западна циркулација (W)	P*
Северна циркулација (N)	N
Источна циркулација (E)	P
Јужна циркулација (S)	P

Табела 4. Резултати СРА анализе за летње температурне серије и учесталост циркулационих типова, период 1949-2009.

Станице	Година	Интервал поверења	Ниво поверења	Од	До	Ниво
Београд	1965	(1953,1967)	100%	21,731	20,723	2
	1987	(1987,1991)	100%	20,727	22,591	3
Димитровград	1959	(1950,1962)	95%	19,99	18,964	5
	1973	(1967,1977)	100%	18,964	18,086	4
	1987	(1987,1991)	1000%	18,086	19,604	3
Кикинда	1965	(1952,1970)	98%	21,063	20,267	4
	1992	(1991,1996)	100%	20,267	21,983	3
Крагујевац	1959	(1952,1963)	100%	21,24	19,939	4
	1992	(1990,1994)	100%	19,939	21,75	3
Крушевац	1959	(1952,1963)	99%	21,24	20,033	4
	1992	(1990,1996)	100%	20,033	21,578	5
Неготин	1965	(1955,1967)	100%	21,919	21,122	2
	1974	(1968,1986)	93%	21,122	20,615	4
	1987	(1987,1989)	100%	20,615	22,87	1
Ниш	1955	(1950,1960)	93%	22,333	21,169	4
	1968	(1959,1974)	99%	21,169	20,263	4
	1987	(1986,1991)	100%	20,263	22,026	5
Нови Сад	1953	(1950,1956)	98%	21,85	20,415	5
	1987	(1982,1998)	100%	20,415	21,423	8
Палић	1965	(1953,1969)	99%	20,863	19,95	4
	1987	(1986,1990)	100%	19,95	21,726	3
Призрен	1955	(1951,1965)	92%	22,467	21,313	2
	1987	(1984,1992)	100%	21,313	22,717	1
Сјеница	1950	(1950,1951)	95%	13,1	15,956	2
	1959	(1957,1961)	100%	15,959	14,532	4
	1987	(1985,1991)	100%	14,532	15,996	9

Смед. Планка	1965	(1955,1966)	100%	21,15	19,877	5
	1987	(1986,1990)	100%	19,877	21,604	3
Сомбор	1953	(1952,1954)	100%	22,3	20,082	2
	1991	(1989,1994)	100%	20,082	21,568	4
Ваљево	1965	(1952,1970)	100%	20,569	19,732	4
	1987	(1987,1990)	100%	19,723	21,343	1
Вел. Градиште	1965	(1955,1970)	100%	21,113	20,026	3
	1992	(1990,1996)	100%	20,026	21,594	5
Врање	1964	(1953,1970)	99%	20,967	19,879	2
	1992	(1989,1996)	100%	19,879	21,339	4
Зајечар	1964	(1954,1965)	98%	21,147	19,973	2
	1975	(1967,1986)	95%	19,973	19,767	4
	1987	(1986,1990)	100%	19,767	21,761	3

Супер типови

Западна циркулација (W)	/	/	/	/	/	/
Северна циркулација (N)	/	/	/	/	/	/
Источна циркулација (E)	/	/	/	/	/	/
Јужна циркулација (S)	/	/	/	/	/	/

Знак везе корелационе анализе учесталости циркулационих типова и летњих температура остаје исти као и у пролеће. Позитиван за западне и јужне, и негативан за северне и источне типове. Једино источни типови показују одсуство статистички значајне везе са летњим температурним серијама (ниво поверења од 95%).

Јесен

Негативан тренд јесењих температура за све станице осим услучају Палића (где је показан слабо изражен позитиван тренд) издваја ову сезону од осталих. Статистички значај добијен је једино за Димитровград (табела 5). Анализа тачке промене поново издваја средину 1960-их и крај 1980-их за интервале промена (табела 6). Анализом кумулативних сума за станице на профилу север-југ (Палић-Београд-Ниш-Димитровград) утврђено је да постоји изразити пад јесењих температура од 1960-их који је смењен растом од краја 1990-их, при чему то повећање је све мање изражено у правцу југа и за Димитровград изостаје. Због тога једино ова станица показује статистички значајан негативан тренд јесењих температура, а Палић једино позитиван тенд (слика 3).

Табела 5. Позитиван (P) и негативан (N) линеарни тренд у анализираном периоду времена према т-тесту. (*статистички значај на нивоу 005, **статистички значај на нивоу 0.01).

Станице	T
Београд	N
Димитровград	N*
Киkinда	N
Крагујевац	N
Крушевац	N
Неготин	N
Ниш	N
Нови Сад	N
Палић	P
Призрен	N
Сјеница	N
Смед. Планка	N
Сомбор	N
Ваљево	N
Вел. Градиште	N
Врање	N
Зајечар	N

Супер типови	T
Западна циркулација (W)	P
Северна циркулација (N)	N
Источна циркулација (E)	N
Јужна циркулација (S)	P

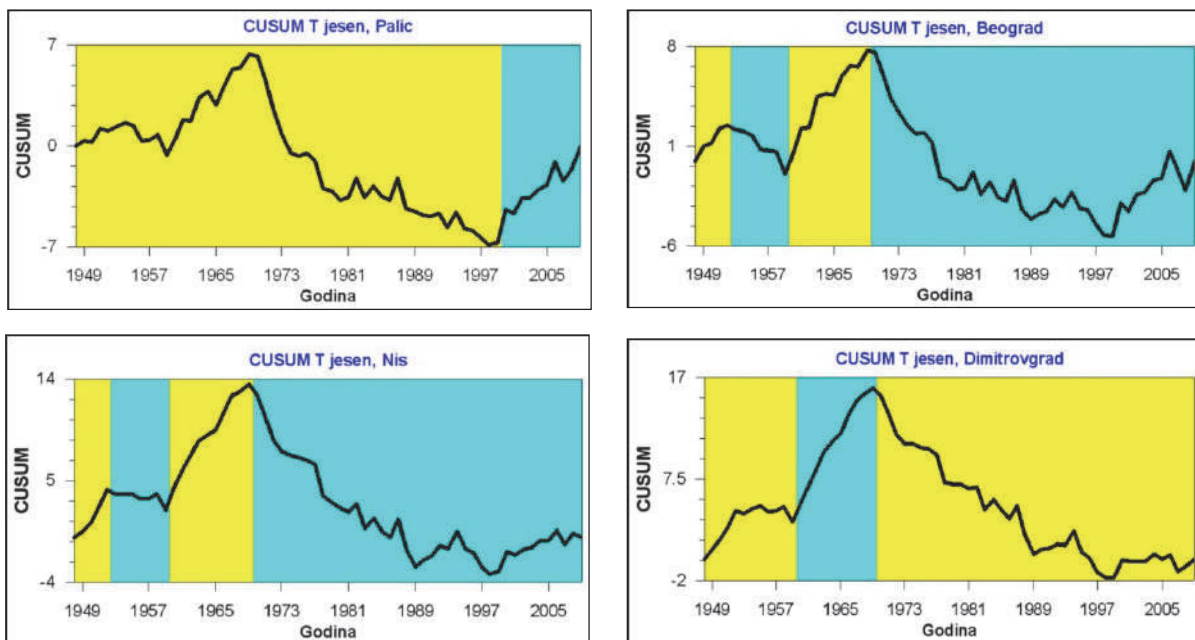
Табела 6. Резултати СРА анализе за јесење температурне серије и учесталост циркулационих типова, период 1949-2009.

Станице	Година	Интервал поверења	Ниво поверења	Од	До	Ниво
Београд	1953	(1953,1958)	95%	13,1	11,986	3
	1960	(1960,1964)	98%	11,968	13,34	2
	1970	(1966,1999)	97%	13,34	12,277	1
Димитровград	1960	(1951,1963)	100%	10,791	11,72	2
	1970	(1970,1975)	100%	11,72	10,063	1
Кикинда	1960	(1953,1965)	92%	11,355	12,22	2
	1970	(1966,1992)	100%	12,22	11,135	1
Крагујевац	1960	(1952,1962)	100%	11,718	12,825	2
	1968	(1966,1984)	100%	12,825	11,49	1
Крушевац	1953	(1953,1957)	92%	12,575	11,071	3
	1960	(1959,1961)	100%	11,071	12,6	2
	1970	(1970,1974)	100%	12,6	10,61	1
	1990	(1979,1996)	94%	10,61	11,685	3
Неготин	1970	(1959,1982)	93%	11,767	11,007	2
	1999	(1992,2003)	93%	11,007	12,091	1
Ниш	1953	(1953,1954)	95%	13,1	11,8	3
	1960	(1959,1962)	99%	11,8	13,7	2
	1970	(1969,1982)	99%	13,17	11,71	1
Нови Сад	1960	(1954,1965)	98%	11,4	12,43	2
	1970	(1966,1988)	99%	12,43	11,297	1
Палић	2000	(1960,2008)	97%	10,949	11,75	2
Призрен	1960	(1954,1962)	100%	12,336	13,52	5
	1970	(1968,1993)	99%	13,52	12,26	1
Сјеница	1960	(1950,1962)	92%	7,427	8,287	4
	1968	(1967,1989)	99%	8,287	6,995	1
Смед. Планка	1960	(1950,1964)	99%	11,791	12,637	2
	1968	(1966,1988)	100%	12,637	11,333	1
Сомбор	1970	(1956,2006)	99%	11,43	10,802	1
Ваљево	1960	(1954,1965)	99%	11,4	12,36	2
	1970	(1967,1993)	100%	12,36	11,197	1
Вел. Градиште	1960	(1950,1964)	96%	11,745	12,64	2
	1970	(1968,1981)	100%	12,64	11,237	1
Врање	1960	(1953,1962)	100%	11,827	12,79	5
	1970	(1969,1981)	99%	12,79	11,207	1
Зајечар	1960	(1950,1962)	96%	10,764	11,862	3
	1968	(1967,1976)	100%	11,862	10,526	1

Супер типови

Западна циркулација (W)	1967	(1955,1989)	93%	37,556	46,953	1
Северна циркулација (N)	/	/	/	/	/	/
Источна циркулација (E)	/	/	/	/	/	/
Јужна циркулација (S)	/	/	/	/	/	/

Слика 3. Графикони кумулативних сума за станице на профилу север-југ. Плавом бојом означени су резултати СРА.



Корелациона анализа сада показује негативну везу западних типова и јесењих температура, без статистичког значаја у највећем броју случајева. Источни типови такође за највећи број станица показују одсуство статистички значајне повезаности, али са позитивним знаком везе. Северни (јужни) типови показују статистички значајну негативну (позитивну) повезаност (ниво поверења од 95%).

Зима

Негативан тренд зимских температура добијен је за станице Димитровград и Врање, док све остале станице показују позитивне вредности тренда са статистичким значајем једино за Београд и Кикинду (табела 7). Западни типови показују позитиван тренд (статистички значајан), док северни, источни и јужни негативан тренд учесталости. Међутим, СРА не показује статистички значајну промену ни за једну станицу.

Према резултатима корелационе анализе уочавају се просторне неравномерности у погледу јачине везе западних типова и зимских температурних серија. Врање и Димитровград са најнижим вредностима Пирсоновог коефицијента корелације, док су највише вредности, односно најјача веза је добијена за станице на северу, западу и крајњем истоку Србије. На основу Пирсоновог коефицијента корелације, и овог пута јасно се уочава антифазност западних и источних, северних и јужних типова.

Табела 7. Позитиван (P) и негативан (N) линеарни тренд у анализираном периоду времена према т-тесту. (*статистички значај на нивоу 005, **статистички значај на нивоу 0.01).

Станице	T
Београд	P**
Димитровград	N
Кикинда	P*
Крагујевац	P
Крушевац	P
Неготин	P*
Ниш	P
Нови Сад	P

Палић	P
Призрен	P
Сјеница	P
Смед. Планка	P
Сомбор	P
Ваљево	P
Вел. Градиште	P
Врање	N
Зајечар	P
<hr/>	
Супер типови	T
Западна циркулација (W)	P*
Северна циркулација (N)	N
Источна циркулација (E)	N
Јужна циркулација (S)	N

Регионалну неравномерност у интензитету повезаности прате и резултати кластер анализе; станице на северу образују један кластер, у централној Србији други, затим на истоку трећи и југ/југоистоку Србије четврти кластер.

ЗАКЉУЧАК

Применом неколико метода (метод линеарног тренда, Анализа тачке промена, кластер анализа) показана је просторно-временска варијабилност сезонских температурних серија на примеру 17 станица са релативно хомогеним распоредом на простору Србије у периоду 1949-2009. Према резултатима добијен је позитиван линеарни тренд температура за пролеће и лето, негативан тренд за јесење температурне серије, док у случају зимске сезоне позитивне вредности тренда добијене су за највећи део Србије осим њеног југоисточног дела. Декаде 1960-а и 1990-а су издвојене као временски интервали статистички значаних промена; 1960-е када наступа период нижих температура у односу на просек, односно 1990-е године које су у већини случајева издвојене као период од када су се температуре повећале у односу на просек анализираног периода (1949-2009). Резултати кластер анализе потврдили су регионалну диференцијацију температурних серија; издвојени у посебне кластере су север Србије, централна, источна Србија и југ/југоисток Србије.

У циљу анализе колебања температуре ваздуха под утицајем атмосферске циркулације као значајног климатског фактора коришћен је SynopVis Grosswetterlagen (SVG) каталог. Корелациона анализа у већини случајева показује статистички значајну позитивну (негативну) повезаност учесталости западних и јужних (северних и источних) циркулационих типова са сезонским температурама. У случају зимске сезоне југоисток Србије показује негативну повезаност за западном циркулацијом, док је за остали део Србије утврђена позитивна веза између ових променљивих. Статистички значајна повезаност изостаје за јесење температуре и западну циркулацију која у свим сезонама показује позитиван тренд учесталости. Закључује се да примена SVG система на простор Србије показује добре резултате потврђујући значај циркулације атмосфере као фактора температурне варијабилности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дуцић, В., Луковић, Ј., Станојевић, Г. (2010). Циркулација атмосфере и колебање падавина у Србији у периоду 1949-2004, Гласник Српског географског друштва, 90 (2), 85-107
2. Дуцић, В., Станојевић, Г., Иконовић, В. (2010). Циркулација атмосфере и колебање температуре ваздуха у Србији у периоду 1949-2004, Зборник радова Географског факултета, св. LVIII, 11-28
3. James P.M.: An objective classification method for Hess and Brezowsky Grosswetterlagen over
4. Europe. Theor. Appl. Climatol. 88, 11-42, 2007.

5. Луковић, Ј. (2008). Упоредна анализа промена температуре ваздуха у Србији на основу сателитских и приземних мерења. Гласник српског географског друштва, Свеска LXXXVIII – Бр. 1, 79-88
6. Миловановић, Б., Радовановић, М. и Дуцић, В. Удвојени систем океан-атмосфера – повезаност температуре воде субполарног Атлантика, Исландског минимума и температуре ваздуха у Србији. Гласник српског географског друштва, Свеска LXXXI X– Бр. 1, 165-175.
7. Радовановић, М. и Дуцић, В. (2004). Колебање температуре ваздуха у другој половини XX века. Гласник српског географског друштва, Свеска LXXXIV – Бр. 1, 19-28.
8. Станојевић, Г. (2010). Класификације циркулације атмосфере, Зборник радова, Географски институт „Јован Цвијић”, САНУ, 60 (2), 27-37.
9. Taylor, Wayne A. (2000). "Change-Point Analysis: A Powerful New Tool For Detecting Changes" web: <http://www.variation.com/cpa/tech/changepoint.html>.

SEASONAL VARIABILITY ANALYSIS OF AIR TEMPERATURE IN SERBIA

GORICA STANOJEVIĆ

Geographical institute „Jovan Cvijić“, SANU, 11000 Belgrade, Serbia

In this research, using several methods (method of linear trend, Change point analysis, cluster analysis) showed the time-space variability of seasonal temperature series on the example of 17 stations with a relatively homogeneous distribution on the territory of Serbia for the period 1949-2009. According to the results there is a positive linear temperature trend for the spring and summer, a negative trend of autumn temperature series, while in the case of the winter season the positive values of trend were obtained for the most part of Serbia, except in the southeast part.

In order to analyze the temperature changes under the influence of atmospheric circulation as an important climatic factor was used SynopVis Grosswetterlagen (SVG) catalog. In most of cases the correlation analysis showed a statistically significant positive (negative) connection between the frequency of western and southern (northern and eastern) circulation types with seasonal temperatures. For winter season southeast part of Serbia shows a negative relationship with the western circulation, while the rest of Serbia has a positive relationship between these variables. A statistically significant correlation is missing for autumn temperatures and western circulation which has a positive trend in all seasons. It is concluded that the use of SVG systems for territory of Serbia shows good results, confirming the importance of atmospheric circulation as a factor of temperature variability.