

МИЛАН РАДОВАНОВИЋ*

ВЛАДАН ДУЦИЋ**

КОЛЕБАЊЕ ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА У СРБИЈИ У ДРУГОЈ ПОЛОВИНИ XX ВЕКА

Садржај: Према подацима IPCC (Међувладин панел за климатске промене) глобална температура ваздуха на Земљи, порасла је за $0,6 \pm 0,2$ °C у XX веку. Међутим, Вебер (Weber G. R., 1995) наводи да је у последњих 60 година осматран тренд захлађења, на средњим географским ширинама, укључујући и Европу. Полазећи од ових контрадикторности, покушали смо да сагледамо колебања температуре ваздуха у Србији у другој половини XX века, када је иначе дошло до значајног повећања концентрације CO₂. С тим циљем, посматране су декарне вредности средњих годишњих температура ваздуха у мрежи од 20 станица, у периоду 1951 - 1990. г. Пад температуре је регистрован на 13 станица док је на осталим, пораст мањи од 0,1 °C. Истраживачи из Бугарске, Александров (Alexandrov V., 2000) и Мађарске Домонкос и Зобоки (Domonkos P., Zoboki J., 2000) су такође дошли до сличних резултата. Међутим, ако узмемо у обзир последњу декаду XX века, број станица са позитивним променама се повећава на 15. Станице које имају мале промене и оне са падом температуре, налазе се у јужном и југоисточном делу земље и та област се у основи надовезује на већ издвојени климатски регион са маритимним режимом падавина (Радовановић М., 2001). Користећи поделу коју је дао Дзердзевскиј (Дзердзевскиј Б. Л., 1975), на 3 главна типа на северној хемисфери, утврдили смо да је пораст температуре у последњој декади XX века, пре свега изазван променом доминантних типова циркулације, од меридионално јужног ка зоналном. Анализа сезонских промена је показала да је у последњих 5 декада XX века дошло до пада зимских температура на готово половини станица, супротно резултатима палеоклиматских модела, који указују на могући ефекат стаклене баште.

Кључне речи: клима, промене, Србија, тренд, регион

Abstract: According to data of IPCC (Intergovernmental Panel for Climatic Change), the global surface air temperature increased to $0,6 \pm 0,2$ °C in the 20th century. Weber G. R., (1995) quotes that there is a trend of cold in the last 60 years in the middle latitudes including Europe, too. Starting from already mentioned perplexities we have tried to perceive the problem of climate variability in Serbia in the second half of the 20th century, when it came to very important increasing of concentration of CO₂. With that aim we observed the decade values of average annual temperatures in the network of 20 climatic stations. In the period 1951 - 1990 a decrease of temperature was registered in 13 stations while in other stations an increase was less than 0,1 °C. Explorers from Bulgaria (Alexandrov V., 2000) and Hungary (Domonkos P., Zoboki J., 2000) came to similar results, too. However, if we take in account the last decade 20th century the number of stations with positive changes is enlarged on 15. Stations that have small changes and those with decrease of temperature were localized in the south and south - eastern part of the country, and they are mainly coincided with before separated climatic regions with maritime pluviometric regime (Radovanovic M., 2001). Using Dzerdzevskis B. L., (1975) division on three main types of circulation in the north hemisphere, we found that the increase of temperatures in the last decade 20th century is above all caused by change of dominant type of circulation from the south meridian to zonal. An analysis of seasonal changes showed that in the last five decades 20th century it came to decrease of winter temperatures in almost half of the stations in contrast with results of paleoclimatics models of possible greenhouse effect.

Key words: climat, changes, Serbia, trend, region

* др Милан М. Радовановић, научни сарадник, Географски институт "Јован Цвијић" САНУ Београд.

** др Владан Дуцић, доцент, Географски факултет, Београд.

Увод

Последњих деценија се у светској климатолошкој литератури примећује пораст интересовања аутора за проблематику промена и колебања климе. Захваљујући бројним истраживањима, постало је јасно да би антропогена емисија појединих гасова могла, зависно од коришћених модела, да има мање или веће глобалне последице на климу.

Преузимајући на себе улогу институције за буђење савести човечанства, IPCC је у више наврата износио своје виђење могућих будућих промена климе, условљених пре свега, растом концентрације CO₂. На основу њихових резултата, термини "глобално отопљавање" и "ефекат стаклене баште" постали су део стандардног речника. Међутим, у популарној литератури се често некритички преузимају неки ставови IPCC-а, или се у први план повећања температуре стављају "катастрофичке" варијанте и апокалиптичке визије повишења нивоа океана. С друге стране, постоји не мали број аутора, који такве пројекције сматрају предимензионираним, позивајући се на аргументоване и научно проверљиве чињенице.

Несумњива несавршеност математичких модела је разумљива, али често се дешава да су и на први поглед јасне чињенице, у суштини непоуздане. По процени IPCC (1995), температура ваздуха на Земљи у XX веку је порасла између 0,3 и 0,6 °C а по подацима из 2001. тај пораст износи $0,6 \pm 0,2$ °C. По извештају WMO (Светске метеоролошке организације 1999.) тај пораст износи 0,7 °C. Weber G. R., (1955) тврди да је глобална температура за последњих 140 година порасла за 0,3 °C, док је у средњим географским ширинама, укључујући и Европу, у последњих 60 година уочен тренд захлађења.

Полазећи од ових контрадикторности, покушали смо да сагледамо колебања температуре у Србији у другој половини XX века. Анализа промена у овом периоду је посебно интересантна, јер је управо тада дошло до значајног повећања концентрације CO₂ у атмосфери. Опште је познато, да је крајем прошлог века та концентрација достигла 0,037 ppm, што би по математичким моделима требало да се одрази на пораст температуре.

Методологија истраживања и добијени резултати

Дуцић В., (1999) је упоређивао промене CO₂ на станици Мауна Лоа у периоду 1958 - 1992. г. и промене температуре и падавина у Београду. Ни за изворне податке, ни за податке обрађене методом покретних просека, коефицијенти корелације нису били статистички значајни. Шта више, коефицијенти корелације за покретне декадне вредности између концентрације CO₂ и температуре, су мимо свих очекивања показивали апсолутно одсуство веза (R=0). У истој студији обрађени су до тада доступни подаци за 20 метеоролошких станица у Србији, у периоду 1951 - 1990, г. Показало се да је разлика у температури између последње и прве декаде била на већини станица (13) негативна, од чега је код 6 станица био осмотрен изразитији пад. Код осталих 7 станица уочава се пораст температуре, али је он незнатан (мањи од 0,1 °C), при чему код неких постоји несумњиви урбани утицај, који је тај раст потенцирао.

До сличних резултата су дошли и истраживачи у неким околним земљама. Domonkos P., и Zoboki J., (2000) су посматрали колебања климата у XX веку на територији Мађарске. На основу мреже од 14 метеоролошких станица у периоду од 98 година закључују да: "У супротности са глобалним променама, средње вредности температуре 90-их година нису више од средњих за претходних 9 декада". Alexandrov V.,

(2000) је посматрао промене температуре за 16 метеоролошких станица у Бугарској у периоду 1901 - 1997. Закључује да: "Генерално, нема значајног тренда средњих годишњих температура у Бугарској у XX веку". Ogrin D., (1994) је посматрао промене температуре у Трсту у периоду 1841 - 1991. г. Закључује да: "у средњим годишњим температурама у Трсту нема статистички значајног тренда".

Имајући у виду добијене резултате, везане за регионалне промене температуре у Србији до 1990. г., покушали смо на основу најновијих обрађених података, да анализирамо низ 1951 - 2000. г. На мрежи од 20 главних метеоролошких станица, условно хомогено распоређених на територији Србије, посматрали смо просте диференције средње температуре последње и прве декаде (1951 - 1960. и 1991 - 2000. г). Ради прецизнијег одређивања величине промена користили смо метод линеарног тренда (таб. 1).

У односу на период до 1990, г. кад је на 7 станица забележен пораст температуре, сада се (односно између периода 1951/1960. и 1991/2000.) пораст уочава на 16 станица. Код 4 станице би се могло рећи да нема промена, док негативне разлике нема ни код једне станице. Методом линеарног тренда добијају се нешто другачији резултати. Наиме, на 15 станица тренд је позитиван, а на 5 негативан (Куршумлија, Ниш, Приштина, Врање и Пирот). У питању је просторна целина на којој нису регистроване локације са позитивним трендом. Испоставило се да, код наведених градова са негативним декадним променама, просечне вредности последње и прве декаде проучаваног низа (дакле у оним интервалима за које се показало да су најтоплији), имају исте просечне вредности температуре ваздуха. Изузетак је само Приштина, где је последња декада прошлог столећа, за 0,1 °C топлија у односу на 1951 - 1960. Другим речима, могао би се добити утисак да изразитијих промена у овом делу Србије није ни било.

Интересантно је да је исти резултат добијен и за Вршац и поред тога што се ради о једном од најтоплијих места у Србији. Наиме, просечне вредности за читав низ су веће само у Београду, Нишу и Призрену.

За Вршац се може рећи да се у извесној мери одликује одређеним специфичностима. Оне се првенствено огледају у његовом положају према доминантним атмосферским процесима. Изразито јак утицај кошаве зими, често онемогућује дуже задржавање хладних слојева ваздуха. На тај начин би се могле објаснити знатно више температуре у односу на остале проучаване станице у Војводини. На пример, док је просечна јануарска температура у последњој декади прошлог века у Палићу износила 0,0, Сомбору 0,3, Кикинди 0,2, Новом Саду 0,5, дотле је за Вршац добијено 1,0 °C. Нагласимо да то ни у ком случају не значи да се споменути ефекат кошаве манифестује само у Вршцу, напротив, треба истаћи да се она у овом месту највише рефлектује на температурни режим. Ради бољег разумевања постојеће ситуације, потребно је такође рећи, да су јаки мразеви појава, која је уобичајена за северне делове Србије. Просечне минималне вредности (11,3 °C) су међу највишим управо у Вршцу. Дакле, екстремно ниске температуре се повремено јављају (падају и испод - 30 °C), али се временски краће задржавају него на другим деловима северне Српске покрајине (Радовановић м., 2001).

Таб. 1. Просечне годишње вредности по декадама, просечне педесетогодишње вредности, минималне и максималне вредности, температурне амплитуде, разлика просечних температура последње и прве декаде и вредности декадног линеарног тренда за проучавани низ 1951- 2000. г.

	Палић	Сомбор	Нови Сад	Кикинда	Вршац	Сремска Митровица	Лозница	Београд	Ваљево	Краљево
1951-1960	10,7	10,8	11,0	10,9	11,7	10,9	11,0	11,9	11,0	11,2
1961-1970	10,4	10,5	10,8	10,8	11,4	10,8	11,0	11,8	10,9	11,2
1971-1980	10,4	10,4	10,9	10,7	11,3	10,8	10,9	11,7	10,7	10,9
1981-1990	10,8	10,7	11,1	10,8	11,4	10,9	11,1	12,0	11,1	11,0
1991-2000	11,2	11,0	11,4	11,4	11,8	11,3	11,6	12,5	11,4	11,4
Ср. вред.	10,7	10,7	11,0	10,9	11,5	10,9	11,1	12,0	11,0	11,1
мин.	10,4	10,4	10,8	10,7	11,3	10,8	10,9	11,7	10,7	10,9
макс.	11,2	11,2	11,4	11,4	11,8	11,3	11,6	12,5	11,4	11,4
ампл.	0,80	0,80	0,60	0,70	0,50	0,50	0,70	0,80	0,70	0,50
1991/2000 - 1951/1960	0,50	0,40	0,40	0,50	0,10	0,40	0,60	0,60	0,40	0,20
дек. лин. тренд	0,14	0,10	0,11	0,10	0,02	0,09	0,13	0,14	0,10	0,02

	Сјеница	Нови Пазар	Куршумлија	Ниш	Призрен	Приштина	Врање	Пирот	Неготин	Зајечар
1951-1960	6,50	9,30	10,1	11,8	12,0	10,2	11,2	11,0	11,2	10,6
1961-1970	6,10	9,10	10,2	11,5	11,9	10,1	11,0	10,7	11,1	10,4
1971-1980	5,80	8,70	9,80	11,2	11,6	9,60	10,6	10,4	10,8	10,1
1981-1990	6,30	9,10	10,0	11,4	12,0	9,80	10,7	10,6	11,3	10,7
1991-2000	6,70	9,90	10,1	11,8	12,4	10,3	11,2	11,0	11,8	11,1
Ср. вред.	6,30	9,20	10,0	11,5	12,0	10,0	10,9	10,7	11,2	10,6
мин.	5,80	8,70	9,80	11,2	11,6	9,60	10,6	10,4	10,8	10,1
макс.	6,70	9,90	10,2	11,8	12,4	10,3	11,2	11,0	11,8	11,1
ампл.	0,90	1,20	0,40	0,60	0,80	0,70	0,60	0,60	1,00	1,00
1991/2000 - 1951/1960	0,20	0,60	0,00	0,00	0,40	0,10	0,00	0,00	0,60	0,50
дек. лин. тренд	0,06	0,12	-0,02	-0,01	0,09	-0,01	-0,03	-0,01	0,14	0,13

Што се тиче хомогености изворних података, показало се (применом Абеовог теста) да од 23 станице, 12 места има хомогене низове за температуре, 6 за падавине, а уколико се посматрају падавине и температуре узајамно, онда овај услов испуњавају само 2 станице: Крагујевац и Приштина (Смаилагић Ј., Јовановић О., 1992). С друге стране, на појединим станицама је дошло до несумњивог нарушавања хомогености услед развоја или повећања интензитета урбаног острва топлоте. На основу неурбане станице Римски Шанчеви, 90 км од Београда, показало се да пораст декадне температуре у Београду у периоду 1891 - 1990. г. само на рачун развоја града, износи 0,8 °С. У периоду 1951 - 2000. г. тај пораст износи 0,5 °С (Дуцић В., Анђелковић Г., 2001).

Није на одмет истаћи да су ипак, за потез од Таре и Златибора, Копаоника, Јастребца, Сврљишких планина и даље ка Бугарској граници на истоку, учени одређени индикатори, који указују да би се на овом потезу могла налазити граница између

различитих климатских целина (Радовановић М., 2001). Поред тога, утицај рељефа и циркулационих процеса у атмосфери, условљавају маритимни плувиометријски режим једино у Метохији и североисточном делу. На основу наших истраживања, показало се да постоји јасно издиференцирана површина са негативним линеарним трендом у јужном и југоисточном делу државе. Самим тим на површину избија потреба наглашавања регионалних географско-климатских процеса.

Генерални пораст температуре на северу и истоку, али и пад на југоистоку су нас упутили на трагање за евентуалним циркулационим разлозима промене температуре. У покушају да дефинишемо циркулациони фактор, користили смо типологију Дзердзевог Б. Л., (1975). На основу синоптичког материјала, споменути аутор је издвојио 3 основна типа циркулације на северној хемисфери, са својом карактеристичним распоредом ваздушних маса. То су зонални, меридионално јужни и меридионално северни. Према Кононовој Н. К., (1989), сваки од ових типова условљава одређена термичка одступања у Европи и то: зонални одступање изнад нормале, меридионално јужни око нормале и меридионално северни одступање испод нормале.

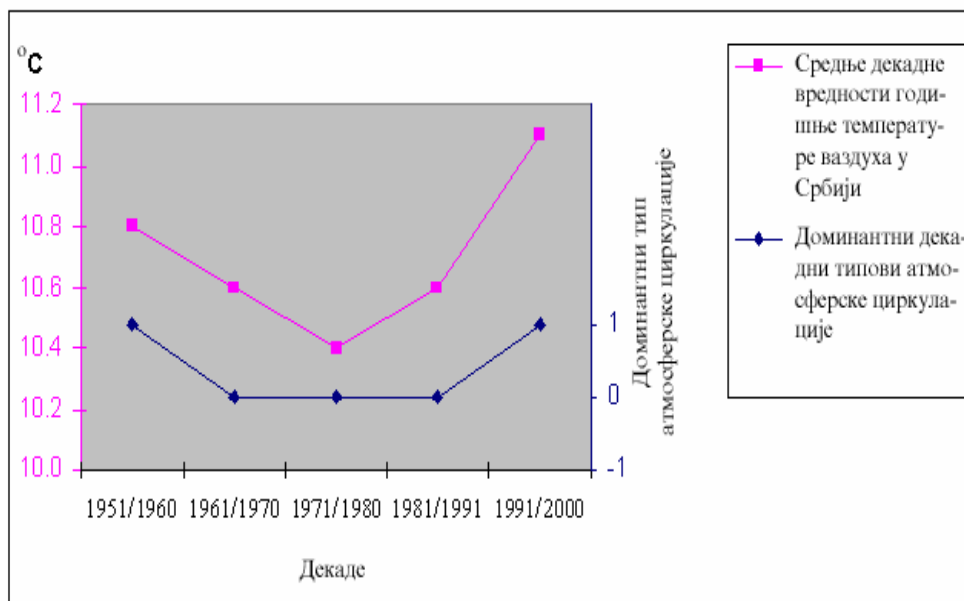
У истом раду, ауторка је издвојила и поједине циркулационе епохе, у којима је доминирао одређени тип циркулације. На основу синоптичких карата и посредних показатеља, она је у периоду 1801 - 1980. г. издвојила 7 циркулационих епоха, у трајању 14 - 40 година. На основу законите смене циркулационих епоха дала је прогнозу, да ће меридионално јужну, у последњој декади XX века, сменити зонална циркулација. Судећи по подацима које дају Штајнрике (Steinrücke J., 1996) и Ниједвећ (Niedzwiedz T., 1996), управо то се и догодило.

Да би повезали промене температуре у Србији са променама типова циркулације, споменуте епохе смо "разбили" на декаде, претпостављајући да ће се и на декадном нивоу још увек јасно уочавати релативна доминација одређеног типа. Затим смо сваком типу приписали одређени знак промене, зависно од његових термичких карактеристика: зоналном +1, а меридионално јужном 0, По подацима Кононове, у посматраном периоду није било меридионално северне епохе са знаком -1 (таб. 2).

Табела 2. Промене доминантних типова циркулације и декадне промене годишњих температура у Србији.

Декаде	Тип циркулације	Средња температура у Србији
1951/1960	+1	10,8
1961/1970	0	10,6
1971/1980	0	10,4
1981/1990	0	10,6
1991/2000	+1	11,1

Коефицијент корелације између промена доминантних типова циркулације и средње декадне температуре за Србију у целини, износи 0,86. Студентов тест, не показује валидност корелације, јер иако се ради о периоду од 50 година, формално је у питању 5 декада (3 елемента за n-2 степени слободне). Међутим, за низ 1891 - 2000. г. за Београд (декадне температуре), и поред несумњивог урбаног утицаја, коефицијент корелације износи 0,72 и то задовољава услове теста на нивоу 95 % поверења (Дуцић В., Анђелковић Г., 2001). Да постоји јасна веза, показује и сл. 1, која упоредо показује промене температуре у Србији и смену доминантних типова циркулације.



Слика 1. Промене доминантних типова циркулације (десна оса) и декадне промене годишњих температура ваздуха у Србији (лева оса °C).

Приказивање типова циркулације као знак промена, без означавања процентуалног учешћа појединачних типова је математички "грубо", али методолошки неизбежно, тако да на графикону нема апсолутног подударања, иако је веза неспорна.

У покушају да проверимо да ли би евентуално сезонске промене могле да сигнализирају утицај CO_2 на повећање температуре, обрадили смо и те податке за све станице (таб. 3), као просту диференцију последње и прве декаде у другој половини XX века.

За тумачење резултата користили смо два палеоклиматска аналога. Будјејко и др. (Будјејко М. И., et al 1992) су као модел климе будућности у којој доминира ефекат стаклене баште, узели атлантски оптимум холоцена. По овим ауторима су тада у нашим крајевима, зимске температуре биле више за 1°C , док је одступање летњих температура било нешто мање ($0,5$ до $1,0^\circ\text{C}$). Према тој пројекцији би пораст глобалне температуре до 2000. износио $1,0^\circ\text{C}$. Зубаков В. А., (1986) за оптимум холоцена, за наше географске ширине, даје вредност промена од $+1,8^\circ\text{C}$ зими и $+1^\circ\text{C}$ лети, дакле нешто веће вредности него Будјејко. Међутим, у оба случаја су веће промене зими него лети.

Анализа података из приложене табеле 3. показује да је средња вредност промена за читаву територију Србије највећа у пролеће ($0,7^\circ\text{C}$) и лето ($0,6^\circ\text{C}$), што се не уклапа у палеоклиматске аналоге. Шта више, у јесен и зиму готово да нема промена. Зими се на 9 од 20 станица запажа пад температуре, што не да се не уклапа у наведене моделе, него се не уклапа ни у концепт ефекта стаклене баште.

Табела 3. Сезонске промене температуре и њихове разлике у последњој и првој декади друге половине XX века у Србији.

Станица	1991/2000				1951/1960				Разлика.			
	зима	пролеће	лето	јесен	зима	пролеће	лето	јесен	зима	пролеће	лето	јесен
Палић	0,6	11,2	21,7	11,1	0,4	10,5	20,9	11,1	0,2	0,7	0,8	0,0
Сомбор	0,9	11,4	21,4	11,0	0,7	10,6	20,7	11,1	0,2	0,8	0,7	-0,1
Нови Сад	1,1	11,5	21,3	11,4	0,8	10,0	21,0	11,4	0,3	0,9	0,3	0,0
Кикинда	0,9	11,5	21,7	11,2	0,6	10,7	21,1	11,3	0,3	0,8	0,6	-0,1
Вршац	1,7	11,8	21,6	12,2	2,1	11,1	21,3	12,5	-0,4	0,7	0,3	-0,3
Сремска Митровица	1,1	11,5	21,2	11,4	0,9	10,8	20,7	11,2	0,2	0,7	0,5	0,2
Лозница	1,8	11,7	21,3	11,7	1,5	10,8	20,3	11,4	0,3	0,9	1,0	0,3
Београд	2,4	12,6	22,5	12,5	2,1	11,4	21,7	12,4	0,3	1,2	0,8	0,1
Ваљево	1,5	11,4	21,2	11,5	1,6	10,6	20,6	11,3	-0,1	0,8	0,6	0,2
Краљево	1,2	11,4	21,3	11,7	1,4	10,7	21,0	11,7	-0,2	0,7	0,3	0,0
Сјеница	-2,9	6,20	16,0	7,60	-2,8	5,90	15,6	7,40	-0,1	0,3	0,4	0,2
Нови Пазар	0,2	9,60	19,4	10,5	-0,4	9,00	18,5	10,0	0,6	0,6	0,9	0,5
Куршумлија	0,7	9,80	19,4	10,7	0,9	9,40	19,3	10,7	-0,2	0,4	0,1	0,0
Ниш	1,6	11,7	22,0	12,1	2,0	11,2	21,7	12,4	-0,4	0,5	0,3	-0,3
Призрен	2,7	11,7	22,8	12,5	2,3	11,2	21,9	12,3	0,4	0,5	0,9	0,2
Приштина	0,6	9,50	20,5	10,6	0,8	9,30	19,8	10,8	-0,2	0,2	0,7	-0,2
Врање	0,9	10,8	21,3	11,7	1,5	10,4	20,9	11,8	-0,6	0,4	0,4	-0,1
Пирот	1,0	10,8	21,0	11,4	1,5	10,2	20,7	11,6	-0,5	0,6	0,3	-0,2
Неготин	1,2	12,0	22,8	11,4	0,6	10,9	22,0	11,4	0,6	1,1	0,8	0,0
Зајечар	0,7	11,3	21,9	10,6	0,4	10,1	21,1	10,8	0,3	1,2	0,8	-0,2
Ср. вредност	0,99	10,97	21,12	11,24	0,94	10,27	20,54	11,23	0,05	0,70	0,57	0,0

Табела 4. Промене доминантних типова циркулације и декадне промене летњих температура у Србији.

Декаде	Тип циркулације	Ср. летња темп. у Србији
1951/1960	+1	20,54
1961/1970	0	19,90
1971/1980	0	19,33
1981/1990	0	19,96
1991/2000	+1	21,12

Прорачуни коефицијента корелације за поједине сезоне са променама доминантних типова циркулације су дали најбоље резултате за лето (таб. 4) од 0,88, што задовољава Студентов тест на нивоу поверења 95 % .

Закључак

Доношење закључка о декадној променљивости, тј. о линеарним трендовима средњих годишњих температура ваздуха, свакако би требало да садрже и просторну и висинску компоненту. Проблеми се јављају код недовољно дугачких низова за гушћу мрежу станица, као и на њихов распоред на већим висинама. Осим Новог Пазара (545 m n v), Приштине (573 m n v) и Сјенице (1038 m n v), сва остала осматрачка места су смештена на нижим теренима. Најизразитије повећање температуре се просторно може везати за Војводину, Перипанонски обод, Тимочку крајину и југозападну Србију. Максималне вредности линеарног тренда се односе на Београд, Палић, Неготин, Зајечар и Лозницу (0,13 – 0,14). Са изузетком Сремске Митровице, Сјенице и Призрена у овим деловима Србије, тренд је једнак или изнад 0,1. Код Сремске Митровице и Призрена је израчунато 0,09 што значи да не "заостају" изразито за процесима који постоје

на највећем броју станица, док је ситуација у Сјеници на нивоу средњих декадних промена. Као што се могло видети из таб. 1., у Краљеву и Вршцу је евидентиран знатно блажи пораст температура. Ипак, могло би се на основу расположивог материјала рећи, да јужно од Краљева ка југоистоку постоји негативни тренд.

Глобално отопљавање, коме се иначе у научним климатолошким радовима новијег датума, посвећује највише простора, одражава се и на простору Србије али тек у последњој деценији и не на целој територији. С обзиром на то да је оно регистровано и у насељима код којих се не осећа, барем не у енормној мери антропогена делатност, очигледно је да узроке наведених промена треба тражити и у спољним факторима, односно узроцима. У местима као што су Палић, Лозница, Нови Пазар, Неготин и Зајечар, односно релативно мањим градским насељима, линеарни тренд пораста средњих декадних годишњих температура је изнад 0,1. Реално би било очекивати да индустријализација нема битнијег удела на температурна кретања, с обзиром на привредна дешавања у Србији током 80–их и 90–их година.

На основу добијених резултата може се закључити:

- пораст температуре ваздуха у другој половина XX века је осмотрен на већем делу територије Србије, осим на југоистоку (5 станица).
- међутим, пораст је изразитији тек у последњој декади XX века;
- постоје јасне везе које упућују да на тај пораст утичу пре свега промене доминантних типова атмосферске циркулације, из меридонално јужног у "топлији" зонални тип;
- структура температурних промена говори у прилог томе, да до повећања долази првенствено лети, а не због изразито виших зимских температура, како је то истицано у већини палеоклиматских модела, у условима могућег ефекта стаклене баште;
- дакле, антропогени ефекат стаклене баште се не може са сигурношћу уочити на основу приказаних резултата декадних температурних промена. Аргументовани докази потврђују претпоставку, да у колебању температура ваздуха у Србији, пресудну улогу имају промене у доминантним типовима атмосферске циркулације.

ЛИТЕРАТУРА

- Alexandrov V., (2000): **Climate Variability in Bulgaria during the 20th Century**. Reconstructions of Climate and its modelling, Prace Geograficzne, fascicle 107. Institute of Geography of the Jagiellonian University, Cracow.
- Будыко М. И., И. И. Борзенкова, Г. В. Менсулин (1992): **Предстоящие изменения регионального климата**. Известия АН, серия географическая, 4/1992, Наука, Москва.
- Domonkos P., J. Zoboki (2000): **Climate Changes during the 20th Century in Hungary**. Reconstructions of Climate and its modelling, Prace Geograficzne, fascicle 107. Institute of Geography of the Jagiellonian University, Cracow.
- Дзердзеевский Б. Л., (1975): **Общая циркуляция атмосферы как необходимое звено в цепи Солнце – колебания климата**. Наука, Москва.
- Ducić V., (1999): **Antropogeni uticaji na kolebanje klimata u Srbiji**. Doktorska disertacija, manuscript, Geografski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.

- Душић В. Г. Анђелковић., (2001): **Прилог проучавању постанка и развоја урбаног острва топлоте у Београду**. Планска и нормативна заштита простора и животне средине, Асоцијација просторних планера Србије, Београд.
- Зубаков В. А., (1986): **Глобалные климатические события плейстоцена**. Гидрометеиздат, Ленинград.
- IPCC Climate Change (1995): **The Science of Climate Change, Summary for Policymakers**. WMO Geneve.
- IPCC Climate Change (2001): **The Science of Climate Change, Summary for Policymakers**. WMO Geneve.
- Кононова Н. К., (1989): **Циркуляционнију карактеристике климатических экстремумов**. Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена, Наука, Москва.
- Niedzwiedz T., (1996): **Long-term variability of the zonal Circulation Index above the Central Europe**. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego MCLXXXVI, Prace Geograficzne, Zeszyt 102, Nakladem Uniwersytetu Jagiellońskiego, Cracow.
- Ogrin D., (1994): **Modern Age Climatic Fluctuations in the Area of the Golf of Trieste**. Geografski zbornik (Acta Geographica) XXXIV, SAZU, razred za naravoslovne vede, Ljubljana.
- Радовановић М., (2001): **Утицај рељефа и атмосферске циркулације на диференцијацију климата у Србији**. Докторска дисертација, манускрипт, Географски факултет, Универзитет у Београду, Београд.
- Смаилагић Ј., О. Јовановић (1992): **Хомогеност климатолошких низова средње годишње температуре ваздуха и годишње суме падавина на главним метеоролошким станицама у Србији**. Зборник радова РХМЗ, Београд.
- Steinrücke J., (1996): **Circulation indices, Grosswetterlagen and Precipitation frequencies in Europe, from proceedings of the international Conference on Climate Dynamics and the Global Change Perspective**. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego MCLXXXVI, Prace Geograficzne, Zeszyt 102, Nakladem Uniwersytetu Jagiellońskiego, Cracow.
- Weber G. R., (1995): **Global Warming**. The Rest of the Story. Dr Boettiger Verlage GmbH, Wiesbaden.
- WMO (1999): **WMO Statment on the Status of the Global Climate in 1998**. WMO – No 896.

MILAN RADOVANOVIĆ
VLADAN DUCIĆ

S u m m a r y

TEMPERATURE VARIABILITY IN SERBIA IN THE SECOND HALF OF THE 20TH CENTURY

The conclusion about decade changeability, i. e. linear trends of mean annual temperatures of air should necessarily contain space and altitude components. Problems arise in connection with insufficiently long sets for a denser network of stations, as well as with the placement of stations at higher altitudes. Except Novi Pazar (545 above sea level), Pristina (573 m above sea level) and Sjenica (1038 above sea level) all other observation sites are positioned in lower areas. The most characteristic increase can spatially be related to Vojvodina, Peripanonian edge, Timočka krajina and southwest Serbia. The maximum values of linear trend are calculated for Belgrade, Palic, Negotin, Zaječar and Loznica (0,13 - 0,14). In these regions of Serbia with the exception of Sremska Mitrovica, Sjenica and Prizren the trend is either equal or higher than 0,1. In Sremska Mitrovica and Prizren the computed value lag behind the current processes in the greatest number of stations, while the situation in Sjenica is at the level of mean decade changes. A minor rise in temperature, confirmed in Table 1, has been recorded in Kraljevo and Vrsac. Nevertheless, it could be said judging from accessible data that south of Kraljevo a negative trend in southeast direction has been stated.

The global warming occupying the greatest portions of space in the latest scientific articles on subjects in the field of climatology is also reflected in the part of Serbia, but only in the last decade and not in the whole territory. With a view to the fact that it was observed even in the settlements without an excessive anthropogenic activity in the past, it is obvious that its causes should be equally sought in external factors and causes respectively. In places like Palic, Loznica, Novi Pazar, Negotin and Zaječar, i. e. in relatively small urban settlements, the linear trend of mean annual temperature rises was higher than 0,1. It would be true to expect that industrialization did not

play any more important role in temperature fluctuations owing to economic stagnation in Serbia in the 1980's and 1990's.

From the obtained results the following can be concluded:

- The rise of air temperature in the second half of XX century is presented on the greater part of Serbia, except in southeast (five stations);
- However, the rise is more expressive only in the last decade of XX century;
- There are clear connections that bring attention to the changes of the dominant types of atmospheric circulation from meridian south to 'warmer' zonal type which primarily effect the ongoing processes;
- The structure of temperature changes supports the finding that rises occur primarily in summer, regardless of distinctively higher winter temperatures, as the majority of paleoclimatic models have already pointed out, in the conditions of possible greenhouse effect;
- Therefore, anthropogenic greenhouse effect cannot be established with confidence on the basis of the presented results of decade temperature changes. Argumentative proofs confirm a hypothesis that in the air temperature variability in Serbia the changes in the dominant types of atmospheric circulation have the crucial role.