

Original scientific paper

UDC 551.524:551.577 (497.16)  
<https://doi.org/10.2298/GSGD180325004B>

Received: March 25, 2018

Corrected: May 10, 2018

Accepted: May 17, 2018

**Dragan Burić\***, **Vladan Ducić\*\***, **Jovan Mihajlović\*\*\***

\* *University of Montenegro, Faculty of Philosophy, Department of Geography, Nikšić, Montenegro*

\*\* *University of Belgrade, Faculty of Geography, Serbia*

\*\*\* *PhD student, University of Belgrade, Faculty of Geography, Serbia*

## **RELATIONSHIP BETWEEN MEAN ANNUAL TEMPERATURES AND PRECIPITATION SUMS IN MONTENEGRO BETWEEN 1951-1980 AND 1981-2010 PERIODS**

**Abstract:** In the second half of the 20th and by the beginning of the 21st century the area of Montenegro was dominated by positive air temperature fluctuations and negative precipitation sums. This paper analyses a 60-year period (1951-2010), with the aim to determine air temperature and precipitation deviation between the two 30-year periods: 1951-1980 and 1981-2010. Calculations of mean, mean maximum and mean minimum temperature have been done, as well as annual values of precipitation sums. All three temperature parameters, particularly maximum values, show that the 1981-2010 period was significantly warmer in relation to previous three decades. Significant changes in mean annual precipitation sums between the two observation periods have been recorded on the coast and, locally, in the western part of the country. The results also showed that there was a significant increase in positive deviations of mean maximum temperature in most parts of Montenegro during the 1981-2010 period in relation to the 1951-1980 period, while changes of this type in other observation parameters were mostly minor.

**Key words:** temperature, precipitation, Montenegro

---

<sup>1</sup> dragan.buric@meteo.co.me (corresponding author)

## Introduction

According to the data of the World Meteorological Organization (WMO), a long term trend of global temperature growth is continuing (WMO, 2011; WMO, 2012). In the statement issued by WMO<sup>2</sup> it is said that the decade of 2001-2010 was, on the global level, the warmest one in the instrumental period, with an emphasis on the "rate of global temperature growth during the previous four decades (1971-2010), which was, according to preliminary data, almost three times higher in relation to the previous 130-year period". 48 (47%) countries out of 102 registered absolute maximum temperature in this decade (2001-2010), 20% of the countries did it in the period of 1991-2000, and other countries in previous decades (Fig. 1, right columns) (Press Release No. 943).

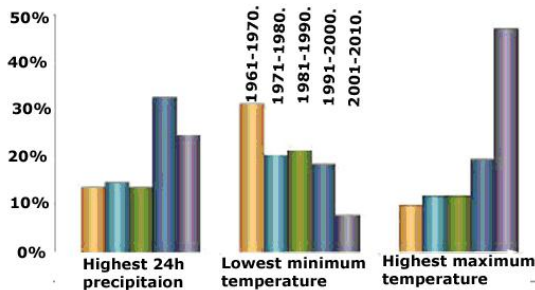


Fig.1. Percentage occurrence of extreme events in 102 countries of the world in the decades during the 1961-2010 period - highest 24-hour precipitation sums (left columns), lowest minimum temperature (middle columns) and highest maximum temperature (right columns) (Source: [http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press\\_releases/pr\\_943\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_943_en.html))

Since 1979, the region of Europe has experienced relatively rapid warming trend, both on seasonal and annual levels. Autumn season is an exception with a trend of a slight temperature decrease (Klein-Tank & Konnen, 2003; Della-Marta et al., 2007). Regionally, South Europe is warming fastest, while Atlantic coast is warming least (Del Río et al., 2005).

As for the Mediterranean, there are certain contrasts. Thus, Del Río et al. (2011) have found that Spain evidenced the most significant increasing trend in spring and summer temperatures during the period 1961-2006. On the opposite side of the region, in Turkey, Türkeş et al. (2002) identified a significant increasing trend of annual, winter and spring temperatures on the south of the country during the period 1929-1999, while there was a tendency of temperature decrease in the northern and central parts during the summer and autumn seasons. In Greece, Feidas et al. (2004) have found a negative trend of winter temperature for the period 1955-2001. Results for Italy (Brunetti et al., 2006) show a warming trend over the whole area during the instrumental period, but the second half of the 20th century records a more significant increase in maximum than minimum temperature, while the whole period shows the opposite.

Burić et al. (2014; 2015) estimated the trend of a few air temperature parameters in the area of Montenegro. A detailed analysis for the 1951-2010 period shows the most distinct increasing trend of mean summer temperature, which is statistically significant

<sup>2</sup> [http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press\\_releases/pr\\_943\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_943_en.html)

in almost all locations. Considered as a whole (for the whole area of Montenegro), the trend of mean summer temperature is 0.23°C/per decade. A slightly smaller increase of mean spring temperature has been recorded (0.17°C/per decade), but it is also significant on a large number of stations. There is also a significant temperature increase on annual level (0.11°C/per decade).

The statement issued by WMO in 2012 (Press Release No. 943)<sup>3</sup> says that the global precipitation sums in the 2001-2010 decade are the second largest in the series from 1901 (the first is the 1951-1960 decade), with an emphasis on big regional and interannual differences observed during the period. Generally, a conclusion can be made that the precipitation sums decreased in the region of Mediterranean in the second half of the 20th century, but the changes are mainly insignificant (Reiser & Kutiel, 2010). Yet, Xoplaki et al. (2006) claimed a significant decrease in winter precipitation sums in most parts of Italy, Albania, Croatia, Cypress, on the west of Greece, as well as in Israel and Romania, while there was an insignificant increasing trend in Libya, Egypt, Tunisia and along the Mediterranean coast of Spain. Feidas et al. (2007) point to the fact that the annual precipitation sums significantly decreased in the area of Greece in the period 1955-2001, with the exception of the southern area where the changes were insignificant. Del Río et al. (2011) claimed that there was also a negative precipitation trend on the Iberian Peninsula during the 1961-2006 period.

During the 60-year period (1951-2010) no significant changes in the trend of annual precipitation sums were observed in most parts of Montenegro. No increase in the drought intensity was recorded in most areas of the country, except partly on the coast region and in the western parts. Moreover, the period 1981-2010 was marked by moisture increase in almost whole country, which definitely means that expected aridity tendencies of the area can't be discussed. During this period (1981-2010), the trend of annual precipitation sums was negative only on one meteorological station (Plav), while it was positive on all other stations, with the values ranging from 20.8 mm per decade in Berane, to even 880 mm/ per decade in Crkvice (Бурић, 2014).

Considering everything stated above, this paper had the following objective. Firstly, to estimate mean values and dispersions (deviations) of examined air temperature and precipitation sum parameters for the two same length time series. Secondly, a thorough inquiry into statistical significance of the difference between mean values and deviations of temperature and precipitation sums between the two 30-year periods: 1951-1980 and 1981-2010. Calculations have been done for mean, mean maximum and mean minimum temperature, as well as for the precipitation sums on annual level.

## **Data and methodology**

Temperature and precipitation sums data taken from 23 meteorological stations (Fig. 1) for the 1951-2010 period have been used in this research. The investigation into series homogeneity and filling in of missing data has been done by MASH v 3.02 and MISH v 1.02. These two software packages for extrapolation and investigation into series homogeneity of meteorological data have been developed by Hungarian Weather Service.

---

<sup>3</sup> [http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press\\_releases/pr\\_943\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_943_en.html)

Original versions (Szentimrey, 2003; Szentimrey & Bihari, 2007) of both software packages have been modified, and the final versions were presented by the authors within the training called "Application of climatological methods for interpolation and homogenization", which was held from February 2, to February 5, 2010 in Budapest. Having tested a few methods for these purposes, and for the purpose of uniformity, World Meteorological Organization (WMO) recommended the use of MASH v 3.02 and MISH v 1.02, particularly when daily data are considered. These methods use Kriging algorithms for interpolation and, based on the data taken from all stations in the vicinity, an estimation of a corresponding daily value is done in grids of 100 x 100 m.

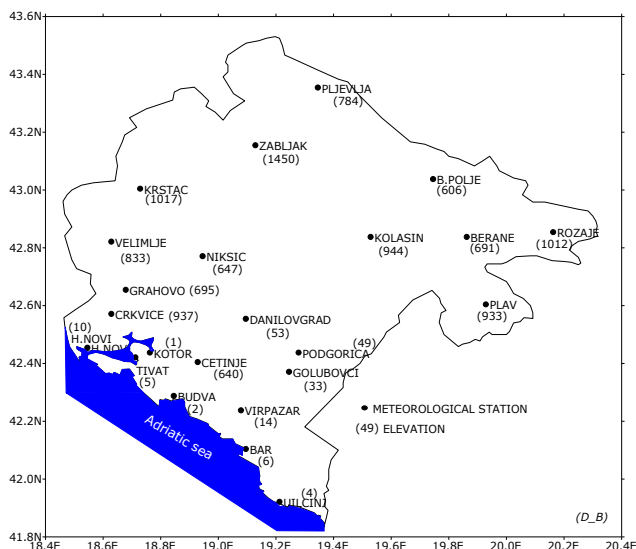


Fig. 2. Locations and altitudes of meteorological stations included in the analysis

Statistical significance of difference between mean annual values of temperature and precipitations sums for the 1951-1980 and 1981-2010 periods has been checked by t-test. Therefore, null hypothesis will be tested ( $H_0$  – mean values of the two analyzed periods are equal:  $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$ ) with an alternative hypothesis ( $H_1$ ,  $\bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$ ). For the series of 30 or more data values ( $n \geq 30$ ), an approximative method standardized with normal distribution will be used for investigation into statistical significance (t) of their mean values, that is, the formula (Вукадиновић, 1981):

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\delta \cdot (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}$$

Denominator in the formula is derived from:

$$\delta \cdot (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = \sqrt{\frac{Sd_1^2}{n_1} + \frac{Sd_2^2}{n_2}}$$

$\bar{X}_1$  ( $\bar{X}_2$ ) – mean value of the first (second) series;

Sd<sub>1</sub> (Sd<sub>2</sub>) – standard deviation of the first (second) series;

n<sub>1</sub> (n<sub>2</sub>) – number of data values of the first (second) series;

Critical values for t are shown in the table for different probability levels ( $t_\alpha$ ). Tabular value  $t_\alpha$  for the 0.05 and 0.01 probability is most often used as a limit for acceptance or rejection of the zero hypothesis. The hypothesis is accepted with the significance threshold  $\alpha$  if the value t calculated by the formula belongs to the interval  $\pm\alpha: t \in \pm \alpha$ . On the other hand, if the value t calculated by the formula is bigger than the tabular ( $t_\alpha$ ) for the 0.05 (or 0.01) probability, then the zero hypothesis is rejected, that is, the difference between the two mean values is statistically significant.

Deviations of some individual data values in the series, in relation to the corresponding mean values, can point to the stability of synoptic conditions, accuracy of the instruments, etc. There lies the greatest importance of deviations, which serve as an index of the dispersion of data around the average. The testing has been carried out by Fisher's distribution (F-test), with the risk of 0.05 and 0.01, that is, with the confidence level of 0.95 and 0.99, by the formula (Ивковић, 1976):

$$F = \frac{n_1 \cdot Sd_1^2 (n_2 - 1)}{n_2 \cdot Sd_2^2 (n_1 - 1)} \approx \frac{Sd_1^2}{Sd_2^2}$$

Terms of the equation are the same as in previous formula, bearing in mind that F values should be calculated in the way to make numerator in the formula bigger, so that way F is always bigger than 1. If the value derived by the formula is bigger than the theoretical one, which is given in the Fisher distribution table, for a degree of freedom  $n_2 - 1$  and  $n_1 - 1$  and a certain significance threshold, then the hypothesis of equality of variances ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$  or  $Sd_1^2 = Sd_2^2$ ) is rejected, that is, the deviation is considered to be significant ( $F > F_\alpha$ ), or vice versa.

## Results and discussion

### ***Statistical significance of the difference between the temperature and precipitation in two periods***

Based on obtained data, it can be concluded that on 16 stations the second half of the observation period (1981-2010) was significantly warmer than the first one (1951-1980). In other words, it means the rejection of the hypothesis  $H_0$  with the risk of 5% in Velimlje, that is, of 1% on other 15 stations, since the temperature increase in the period 1981-2010 is significant on the confidence level of 95% and 99%. The highest increase in mean annual temperature has been recorded in Berane, Plav (0.7°C), Podgorica and Zabljak (0.6°C).

Calculations have been done both for mean annual, maximum ( $T_{xsr}$ ) and mean minimum ( $T_{nsr}$ ) temperature, for each station separately. Mean annual maximum temperature on all stations is higher in the second half of the 30-year period (1981-2010) than in the first one (1951-1980). In addition to that, the difference in mean maximum temperature between the two observation periods is significant on the risk probability level of 1% considering the acceptance of the hypothesis (99% confidence level), including all the stations. On the basis of these parameters, warming is most pronounced in Podgorica, Berane, and on Zabljak (1.1°C), while the lowest increase in mean annual maximum temperature was recorded in Herceg Novi (0.4°C).

Considering mean annual minimum temperature, the second half of the observation period is significantly warmer than the first one on 12 stations. The increase of mean annual minimum temperature in Kolasin (0.3°C) and Budva (0.4°C), according to Student's test, satisfies the significance requirements on 95%, while on other 10 stations the confidence level is 99%. The highest increase in minimum temperature is recorded in the northern and northeastern areas of the country: Rozaje (1.2°C), Berane (0.9°C), Bijelo Polje, Zabljak, Pljevlja, as well as the Bar station (0.7°C).

Previous analysis showed that the mean annual maximum temperature had significantly changed on all observation stations during the second 30-year period, compared to the values from the 1951-1980 period. In most parts of Montenegro there were significant changes in both mean minimum temperature and its extremes. Thus, considering the annual values, all three temperature parameters, maximum values in particular, show that the 1981-2010 period was significantly warmer in relation to previous three decades.

Tab. 1. Statistical significance of the difference in the mean ( $T_{sr}$ ), mean maximum ( $T_{xsr}$ ), mean minimum ( $T_{nsr}$ ) annual temperature and annual precipitation sums (RR) between 1951-1980 ( $\bar{X}_1$ ) and 1981-2010 ( $\bar{X}_2$ ) periods

Stations	$T_{sr}$	$T_{xsr}$	$T_{nsr}$	RR
	$\bar{X}_2 - \bar{X}_1$	$\bar{X}_2 - \bar{X}_1$	$\bar{X}_2 - \bar{X}_1$	$\bar{X}_2 - \bar{X}_1$
Ulcinj	0.5**	0.6**	0.6**	-147.5*
Bar	0.5**	0.7**	0.7**	-143.2*
Budva	0.5**	0.7**	0.4*	-220.8*
Tivat	-0.1	0.6**	0.1	-202.3*
Kotor	0.3**	0.6**	0.1	-198.0*
Herceg Novi	0.3**	0.4**	0.6**	-241.4*
Virpazar	-0.1	0.9**	0.1	-221.9
Golubovci	0.5**	0.9**	0.1	-66.3
Podgorica	0.6**	1.1**	0.3	-64.2
Danilovgrad	0.1	0.9**	0.5**	-67.0
Cetinje	0.1	1.0**	-0.1	-20.5
Crkvice	0.1	0.9**	-0.2	-555.1
Grahovo	-0.1	0.8**	-0.1	-189.4
Velimlje	0.4*	0.8**	0.1	-139.1
Niksic	0.4**	0.8**	0.2	-130.3
Krstac	0.1	0.8**	0.1	-361.5**
Kolasin	0.4**	0.5**	0.3*	8.5
Plav	0.7**	0.6**	0.7**	-69.2
Rozaje	0.6**	0.6**	1.2**	37.9
Berane	0.7**	1.1**	0.9**	-34.6
Bijelo Polje	0.5**	0.5**	0.7**	26.0
Zabljak	0.6**	1.1**	0.7**	-41.9
Pljevlja	0.5**	0.8**	0.7**	-24.2

Significance of the difference on the risk level: \*\*  $\alpha = 0.01$  and \*  $\alpha = 0.05$ .  
 \*Some difference values do not coincide because of the reduction to one decimal

The greater part of Montenegro (20 stations) recorded a reduction in precipitation in the period 1981-2010 in relation to the 1951-1980 period. In Kolasin, Rozaje and Bijelo Polje the annual average of precipitation is insignificantly higher in the second than in the first 30-year period. Smaller average annual precipitation sum in the second (1981-2010) period, compared to the first one (1951-1980), is statistically significant only on 7

stations (Ulcinj, Bar, Budva, Tivat, Kotor, Herceg Novi and Krstac). In other words, it means that there are significant changes in mean annual precipitation sums between the two observation periods on the coastal region, with the 95% accuracy confidence of the hypothesis, and locally, in the western part of the country (Krstac), on the 99% confidence level.

Looking at the changes in annual precipitation sums this way, that is, as the difference between the two 30-year periods, a conclusion can be drawn that there was a slight aridization, except on the far northeast of the country, but this decrease in precipitation is insignificant in most parts of Montenegro (Tab. 1). Yet, it should be noted that annual precipitation trend is positive in almost the whole area of Montenegro (Бурић, 2014).

### ***Statistical significance of the dispersion difference between the two periods***

Estimate results for observed air temperature parameters show an increase in dispersion during the 1981-2010 period in most parts of Montenegro compared to the previous 30-year period (1951-1980). However, the dispersion (variance) increase of mean annual temperature in the second half of the observation period is significant only in Bar and Budva (2.7 and 2.3 times). There is also a statistical significance in Virpazar, but this station recorded 2.2 times bigger variance in the first than in the second 30-year period. On other stations, the difference in variances of mean annual temperature between the two observation periods is insignificant.

Apart from Cetinje, the ratio of variances of mean annual maximum temperature is higher than 1 on all other stations, which means that there was an increase in dispersion in the second 30-year period (1981-2010). Based on  $n_2-1$  and  $n_1-1$  degrees of freedom, corresponding values of variances and the length of time series, it has been proved that the dispersion increase in mean annual maximum temperature in the second 30-year period satisfies the F-test requirements on 13 stations, at the level of 99% on 5 stations, and at 95% confidence level on 8 stations. This means that there was a significant variance increase (Tab. 2) in most parts of Montenegro and, therefore, null hypothesis ( $H_0$ ,  $Sd_1^2=Sd_2^2$ ) is rejected.

Considering mean annual minimum temperature, dispersion difference between the two observed periods is insignificant on 20 stations. Dispersion increase in Bar and Rozaje during the second 30-year period, which was 2.8 and 2.5 times bigger than during the first period, is significant at 99% and 95% confidence level. F-test requirements are also satisfied by the results for Grahovo, at 95% level, but the dispersion (fluctuation) was 2.2 times bigger in the first period.

Variance values between the two 30-year periods are different on almost all stations, which is not unusual at all. The main question is: does this difference satisfy requirements of significance? As for mean annual and mean annual minimum temperature, variances of the observation periods are insignificantly different in most parts of Montenegro, that is, on 20 out of 23 stations. The results show that variances of average annual precipitation sums during the two observation periods are also insignificantly different. A significant difference in precipitation variances was recorded only in Berane (95% confidence level), but the dispersion was 2.0 times bigger in the first than in the second 30-year period. The biggest and significant dispersion increase on 13

stations during the period 1981-2010 compared to the 1951-1980 period was recorded for mean annual maximum temperature.

Tab. 2. Statistical significance of the dispersion change in mean annual ( $T_{sr}$ ), mean maximum ( $T_{xsr}$ ) and mean minimum ( $T_{nsr}$ ) temperature, that is, average annual precipitation sums in 1951-1980 ( $Sd_1^2$ ) and 1981-2010 ( $Sd_2^2$ ) periods

Meteorological stations	$T_{sr}$ $Sd_2^2/Sd_1^2$	$T_{xsr}$ $Sd_2^2/Sd_1^2$	$T_{nsr}$ $Sd_2^2/Sd_1^2$	RR $Sd_2^2/Sd_1^2$
Ulcinj	1.1	2.0*	1.5	1.5
Bar	2.7**	3.7**	2.8**	1.3
Budva	2.3*	4.2**	1.5	1.7
Tivat	1.2	3.2**	0.8 (1.3)	1.5
Kotor	1.3	2.2*	1.0	1.4
Herceg Novi	1.2	3.9**	1.0	1.3
Virpazar	0.5(2.2)*	3.0**	1.5	1.2
Golubovci	1.6	2.5*	1.8	1.1
Podgorica	1.4	2.4*	1.4	0.9 (1.1)
Danilovgrad	0.6(1.7)	1.4	0.6 (1.5)	0.7 (1.4)
Cetinje	0.5(1.8)	1.0	0.9 (1.1)	1.4
Crkvice	1.0	1.8	1.3	1.8
Grahovo	0.8(1.2)	2.2*	0.4 (2.2)*	1.5
Velimlje	1.4	1.8	0.9 (1.1)	1.3
Niksic	1.4	1.1	1.5	1.0
Krstac	1.8	3.5**	0.6 (1.6)	0.8 (1.3)
Kolasin	1.6	1.6	1.1	0.7 (1.5)
Plav	1.7	1.5	2.0	1.7
Rozaje	1.7	1.6	2.5*	0.9 (1.1)
Berane	1.2	1.6	0.8 (1.3)	0.5 (2.0)*
Bijelo Polje	1.8	2.1*	1.0	1.2
Zabljak	1.7	2.6*	1.2	0.7 (1.5)
Pljevlja	1.1	1.6	0.9 (1.2)	1.0

Significance of dispersion change at the risk level: \*\*  $\alpha = 0.01$  and \*  $\alpha = 0.05$ .

Some values do not coincide because of the reduction to one decimal; values in the brackets point to the fact that the variance was bigger in the first 30-year period that is, they represent the  $Sd_1^2/Sd_2^2$  ratio.

## Conclusion

The main research objective of the study was to determine whether the differences in the change of air temperature and precipitation sums between the two 30-year periods (1951-1980 and 1981-2010) are significant or not. Calculations have been done on annual level for mean, mean maximum and mean minimum temperatures, as well as for precipitation sums. Obtained results for all three temperature parameters, maximum values in particular, show that the 1981-2010 period was significantly warmer in relation to previous three decades. Also, there are significant changes in mean annual precipitation sums between the two observation periods on the coast and locally, in the western part of the country. If we look at the whole period, there is a slight aridization, except on far northeast of the country, but this precipitation decrease is insignificant in most parts of Montenegro. Yet, annual precipitation trend is positive in almost the whole area of Montenegro during the 1981-2010 period. Mean annual and mean annual minimum temperature fluctuations during the two observation periods are insignificantly different in most parts of Montenegro. The results show that variances of average annual precipitation sums during these two observation periods are also insignificantly different. The highest and significant dispersion increase on 13 stations in

the 1981–2010 period, compared to the 1951–1980 period, was obtained for mean annual maximum temperature.

Further research should be focused on determining the cause of the changes of the two most important climate elements. In this context, a particular attention should be paid to the influence of the changes in atmospheric circulation and to the anthropogenic greenhouse effect.

© 2018 Serbian Geographical Society, Belgrade, Serbia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Serbia

## References

- Burić, D. (2014). Динамика и могући узроци температурних и падавинских екстрема на територији Црне Горе у периоду 1951–2010. *Докторска дисертација*. Географски факултет. Универзитет у Београду [Burić, D. (2014). Dinamika i mogući uzroci temperaturnih i padavinskih ekstrema na teritoriji Crne Gore u periodu 1951–2010. Doktorska disertacija. Geografski fakultet. Univerzitet u Beogradu]
- Burić, D., Luković, J., Ducić, V., Dragojlović, J. & Doderović, M. (2014). Recent trends in daily temperature extremes over southern Montenegro (1951–2010). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 14(1), 67–72. DOI: doi:10.5194/nhess-14-67-2014
- Burić, D., Ducić, V., Mihajlović, J., Luković, J. & Dragojlović, J. (2015). Recent extreme air temperature changes in Montenegro. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 95(4), 53–66. DOI: 10.2298/GSGD140626002B
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F. & Nanni, T. (2006). Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series. *International Journal of Climatology*. 26(3), 345–381. DOI: 10.1002/joc.1251.
- Della-Marta, P.M., Haylock, M.R., Luterbacher, J. & Wanner, H. (2007). Doubled length of western European summer heat waves since 1880. *Journal of Geophysical Research*. 112(D15103), 1–11. doi:10.1029/2007JD008510.
- Del Río, S., Penas, A. & Fraile, R. (2005). Recent climatic variations in Castile and Leon (Spain). *Atmospheric Research*, 73, 69–85.
- Del Río, S., Herrero, L., Pinto-Gomes, C. & Penas, A. (2011). Spatial analysis of mean temperature trends in Spain over the period 1961–2006. *Glob. Plan. Chan.*, 78, 65–75.
- Feidas, H., Noullopoulou, Ch., Makrogiannis, T. & Bora-Senta, E. (2007). Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955–2001. *Theor. Appl. Climatol.*, 87(1–4), 155–177.
- Feidas, H., Makrogiannis, T. & Bora-Senta, E. (2004). Trend analysis of air temperature time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955–2001. *Theoretical and Applied Climatology* 79(3–4), 185–208.
- Ивковић, З. (1976). *Математичка статистика*. Београд: Научна књига [Ivković, Z. (1976). Matematička statistika. Beograd: Naučna knjiga]
- Klein-Tank, A.M.G. & Können, G.P. (2003). Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe. 1946–99. *Journal of Climate*, 16(22), 3665–3680. DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<3665:TIHODT>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<3665:TIHODT>2.0.CO;2)
- Reiser, H. & Kutiel, H. (2010). Rainfall uncertainty in the Mediterranean: time series, uncertainty, and extreme events. *Theoretical and Applied Climatology*. 104(3), 357–375.
- Szentimrey, T. (2003). Multiple analysis of series for homogenization (MASH); Verification procedure for homogenized time series. in: *Fourth seminar for homogenization and quality control in climatological databases*. Budapest, Hungary. WMO-TD No. 1236. WCDMP No. 56, 193–201.

- Türkeş, M., Sumer, U.M. & Demir, Y. (2002). Re-evaluation of trends and changes in mean maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929–1999. *International Journal of Climatology* 22(8), 947–977. DOI: 10.1002/joc.777.
- Вукадиновић, С. (1981). *Елементи теорије вероватноће и математичке статистике*. Београд: Привредни преглед [Vukadinović, S. (1981). *Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike*. Beograd: Privredni pregled]
- World Meteorological Organization (2011). WMO statement on the status of the global climate in 2010. WMO-No. 1074.
- World Meteorological Organization (2012). WMO statement on the status of the global climate in 2011. WMO-No. 1085.
- Хоплаки, Е., Лутербачер, Ј. & Гонзалез-Рово, Ј.Ф. (2006). Mediterranean summer temperature and winter precipitation. large-scale dynamics. trends. *II Nuovo Cimento C*. 29(1), 45–54. doi:10.1393/ncc/i2005-10220-4.

Оригинални научни рад

UDC 551.524:551.577 (497.16)  
<https://doi.org/10.2298/GSGD180325004B>

Примљено: 25. марта 2018.

Исправљено: 10. маја 2018.

Прихваћено: 17. маја 2018.

**Драган Бурић<sup>1\*</sup>, Владан Дуцић<sup>\*\*</sup>, Јован Михајловић<sup>\*\*\*</sup>**

*\* Универзитет Црне Горе, Филозофски факултет, Одсек за географију, Никшић, Црна Гора*

*\*\* Универзитет у Београду, Географски факултет, Србија*

*\*\*\* Студент докторских студија, Универзитет у Београду, Географски факултет, Србија*

## **ОДНОС СРЕДЊИХ ГОДИШЊИХ ТЕМПЕРАТУРА И КОЛИЧИНЕ ПАДАВИНА У ЦРНОЈ ГОРИ ИЗМЕЂУ ПЕРИОДА 1951-1980. И 1981-2010.**

**Апстракт:** У другој половини 20. и почетком 21. века на простору Црне Горе доминирају позитивна одступања температуре ваздуха, а негативна количине падавине. У овом раду анализиран је период од 60 година (1951-2010), с циљем утврђивања одступања температуре и количине падавина између два 30-годишња периода: 1951-1980. и 1981-2010. Прорачуни су урађени за средњу, средњу максималну и средњу минималну температуру, као и количину падавина, на годишњем нивоу. Сва три параметра температуре, нарочито максималне вредности, показују да је период 1981-2010. значајно топлији у односу на претходне три деценије. Значајне промене између средњих годишњих количина падавина два посматрана периода постоје на приморју и локално у западном делу земље. Резултати прорачуна су даље показали да код средње максималне температуре, у већем делу Црне Горе постоји значајан пораст позитивних одступања у периоду 1981-2010. у односу на 1951-1980., док су код осталих разматраних параметара промене овог типа углавном минорне.

**Кључне речи:** температура, падавине, Црна Гора

---

<sup>1</sup> dragan.buric@meteo.co.me (аутор за кореспонденцију)

## Увод

Према подацима Светске метеоролошке организације (WMO - World Meteorological Organization), дугорочни тренд пораста глобалне температуре се наставља (WMO, 2011; WMO, 2012). У саопштењу WMO<sup>2</sup> каже се да је декада 2001-2010., на глобалном нивоу, најтоплија у инструменталном периоду и наглашава да је "стопа раста глобалне температуре током претходне четири деценије (1971-2010), према прелиминарним подацима, била скоро три пута виша у односу на претходни 130-годишњи период". Од 102 земље, њих 48 (47%) је регистровало апсолутне максимуме температуре у овој декади (2001-2010), 20% земаља у периоду 1991-2000, а остале у претходним деценијама (слика 1, ступци десно) (Press Release No. 943).

*Сл. 1. Процентуална заступљеност екстремних догађаја у 102 земље света по декадама у периоду 1961-2010 - највећа 24-часовна количина падавина (ступци лево), најнижа минимална температура (ступци у средини) и највиша максимална температура (ступци десно)*

(Извор: [http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press\\_releases/pr\\_943\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_943_en.html)) (стр. 32)

На простору Европе је тренд загревања изразитији од 1979. године, како на сезонском, тако и годишњем нивоу. Изузетак је јесења сезона, која бележи благи тренд пада (Klein-Tank & Konnen, 2003; Della-Marta et al., 2007). Посматрајући регионално, најинтензивније се загрева Јужна Европа, а најмање атлантско приморје континента (Del Río et al., 2005).

Када је у питању Медитеран, уочавају се извесни контрасти. Тако су Del Río et al. (2011) добили да је на простору Шпаније најизразитији тренд пораста летње и пролећне температуре у периоду 1961-2006. На супротној страни региона, у Турској, за период 1929-1999., Türkeş et al. (2002) уочавају значајан тренд пораста годишње, зимске и пролећне температуре на југу земље, док је у северним и централним деловима присутна тенденција пада у летњој и јесењој сезони. За Грчку, Feidas et al. (2004) су добили негативан тренд зимске температуре за период 1955-2001. Резултати за Италију (Brunetti et al., 2006) указују да је у инструменталном периоду присутан тренд загревања на територији целе земље, али је у другој половини 20. века изразитији пораста максималне, него минималне температуре, док је у целом периоду супротно.

Бурић и др. (2014; 2015) су прорачунали тренд неколико параметара температуре ваздуха на простору Црне Горе. Детаљна анализа за период 1951-2010. показује да је најизразитији тренд пораста средње летње температуре и готово у свим местима је статистички значајан. Посматрано у целини (за цео простор Црне Горе), тренд средње летње температуре износи 0,23°C/декади. Нешто је мањи пораст средње пролећне температуре (0,17°C/декади), али је, такође, на већем броју станица значајан. И на годишњем нивоу је значајан пораст температуре (0,11°C/декади).

У саопштењу WMO из 2012. године (Press Release No. 943)<sup>3</sup>, каже се да је глобална количина падавина у декади 2001-2010. друга у низу највећих од 1901.

<sup>2</sup> [http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press\\_releases/pr\\_943\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_943_en.html)

<sup>3</sup> [http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press\\_releases/pr\\_943\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_943_en.html)

(прва је 1951-1960.), али и да су осмотрене велике регионалне и међугодишње разлике. На подручју Медитерана, генерално се може закључити да се у другој половини 20. века количина падавина смањила, али су те промене углавном безначајне (Reiser & Kutiel, 2010). Ипак, Хорlаki et al. (2006) су утврдили значајно смањење зимских сума падавина у већем делу Италије, Албаније, Хрватске, Кипра, на западу Грчке, као и у Израелу и Румунији, док су за Либију Египат, Тунис и медитеранску обалу Шпаније добили безначајан тренд пораста. Feidas et al. (2007) истичу да су се годишње суме падавина на простору Грчке, у периоду 1955-2001., значајно смањиле. Изузетак је јужни део, где су промене безначајне. Del Río et al. (2011) су утврдили да и на Пиринејском полуострву постоји негативан тренд падавина у периоду 1961-2006.

Током анализираног 60-годишњег периода (1951-2010), у већем делу Црне Горе не уочавају се значајне промене тренда годишњих сума падавина. Осим делимично на приморју и у западним крајевима, у осталом већем делу земље не постоји повећање интензитета суше. Штавише, у периоду 1981-2010. готово у целој земљи присутно је повећање влажности, што значи да се дефинитивно не може говорити о очекиваној тенденцији сушности ових предела. У овом периоду (1981-2010), тренд годишњих сума падавина је негативан само на једној метеоролошкој станици (Плав), док је у свим осталим местима позитивног знака, а вредности се крећу од 20,8 mm по декади у Беранама до чак 880 mm/декади у Црквицама (Бурић, 2014).

Узимајући у обзир претходно изнето, овај рад је имао за циљ следеће. Прво, прорачун средњих вредности и дисперзије (одступања) разматраних параметара температуре ваздуха и количине падавине за два истодобна периода. И друго, испитивање статистичке значајности разлике средњих вредности и одступања температуре и количине падавина између два 30-годишња периода: 1951-1980. и 1981-2010. Прорачуни су урађени за средњу, средњу максимални и средњу минималну температуру, као и количину падавина, на годишњем нивоу.

## **Подаци и методологија**

За истраживање су коришћени подаци о температури и количини падавина са 23 метеоролошке станице (Сл. 2), за период 1951-2010. Испитивање хомогености низова и попуњавање недостајућих података урађено је помоћу метода MASH v 3.02 и MISH v 1.02. Ова два софтверска пакета за екстраполацију и испитивање хомогености низова метеоролошких података развила је метеоролошка служба Мађарске. Првобитне верзије (Szentimrey, 2003; Szentimrey & Bihari, 2007) оба софтверска пакета су модификоване, а коначне су аутори презентовали у оквиру обуке "Примена климатолошких метода за интерполацију и хомогенизацију", која је одржана од 2. до 5. фебруара 2010. године у Будимпешти. Након тестирања неколико метода за ове намене, а у циљу једнообразности, Светска метеоролошка организација (WMO - World Meteorological Organization) је препоручила коришћење MASH v 3.02 и MISH v 1.02, нарочито када се ради са дневним подацима. Поменути методи користе Кригинг алгоритме за интерполацију и на бази података свих околних станица врши се процена одговарајуће дневне вредности у гридovima од по 100 x 100 m.

Статистичка значајност разлике између средњих годишњих вредности температуре и количине падавина периода 1951-1980. и 1981-2010., проверена је помоћу t-теста. Дакле, тестираће се нулта ( $H_0$  - средње вредности два анализирана периода су једнаке:  $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$ ) с алтернативном хипотезом ( $H_1$ ,  $\bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$ ). За низове са 30 и више чланова ( $n \geq 30$ ), за испитивање статистичке значајности (t) њихових средњих вредности користи се апроксимативан метод стандардизован са нормалном расподелом, тј. образац (Вукадиновић, 1981):

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\delta \cdot (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}$$

Именилац у претходном образцу добија се по формули:

$$\delta \cdot (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = \sqrt{\frac{Sd_1^2}{n_1} + \frac{Sd_2^2}{n_2}}$$

$\bar{X}_1$  ( $\bar{X}_2$ ) - средња вредност првог (другог) низа;

$Sd_1$  ( $Sd_2$ ) - стандардна девијација првог (другог) низа;

$n_1$  ( $n_2$ ) - број чланова првог (другог) низа;

Критичне вредности за величину t дате су у облику табеле за различите нивое вероватноће ( $t_\alpha$ ). Као граница за прихватање или одбацивање нулте хипотезе најчешће се користи таблична вредност величине  $t_\alpha$  за вероватноћу 0,05 и 0,01. Хипотезу прихватамо са прагом значајности  $\alpha$  ако се вредност t израчуната по формули налази у интервалу  $\pm \alpha$ :  $t \in \pm \alpha$ . Супротно, ако је вредност t израчуната по формули већа од табличне ( $t_\alpha$ ) за вероватноћу 0,05 (или 0,01), тада се нулта хипотеза одбацује, односно разлика између две средње вредности је статистички значајна.

Одступања појединачних чланова у датом низу, у односу на одговарајућу средњу вредност, могу послужити као показатељ стабилности синоптичких услова, тачности инструмената итд. У томе је и највећи значај одступања, која служе као показатељ растурања података око просека. Тестирање је извршено помоћу Фишерове расподеле (F-тест), с ризиком од 0,05 и 0,01, односно с поузданошћу од 0,95 и 0,99, по образцу (Ивковић, 1976):

$$F = \frac{n_1 \cdot Sd_1^2 (n_2 - 1)}{n_2 \cdot Sd_2^2 (n_1 - 1)} \approx \frac{Sd_1^2}{Sd_2^2}$$

Ознаке су исте као у претходној формули, с тим што величину F треба рачунати тако да бројилац у формули буде већи, па је на тај начин F увек веће од 1. Уколико је вредност добијена по формули већа од теоријске, дате у табели Фишерове расподеле, за степен слободе  $n_2 - 1$  и  $n_1 - 1$  и одређени праг значајности, тада хипотезу о једнакости варијанси ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$  или  $Sd_1^2 = Sd_2^2$ ) одбацујемо, тј. добијено одступање сматрамо значајним ( $F > F_\alpha$ ), и обратно.

## Резултати и дискусија

### *Статистичка значајност разлике температуре и падавина два периода*

На основу добијених резултата, може се закључити да је на 16 станица друга половина посматраног периода (1981-2010) била значајно топлија од прве (1951-1980). То другим речима значи да се одбацује хипотеза  $H_0$  с ризиком од 5% у Велимљу, односно од 1% на осталих 15 станица, јер је пораст температуре у периоду 1981-2010. значајан с поузданошћу од 95% и 99%. Највећи пораст средње годишње температуре присутан је у Беранама, Плаву (0,7°C), Подгорици и на Жабљаку (0,6°C).

Прорачуни су урађени и за годишњу средњу максималну ( $T_{xsr}$ ) и средњу минималну ( $T_{nsr}$ ) температуру, за сваку станицу посебно. Средња годишња максимална температура је на свим станицама виша у другој половини 30-годишњег периода (1981-2010) него у првој (1951-1980). При томе, разлика у средњој максималној температури између два посматрана периода је значајна на нивоу вероватноће ризика прихватања хипотезе од 1% (99% ниво поверења), и то на свим станицама. На основу ових показатеља, загревање је најизразитије у Подгорици, Беранама и на Жабљаку (1,1°C), док је најмањи пораст средње годишње максималне температуре забележен у Херцег Новом (0,4°C).

Када је у питању средња годишња минимална температура, друга половина посматраног периода је значајно топлија од прве на 12 станица. Пораст средње годишње минималне температуре у Колашину (0,3°C) и Будви (0,4°C), по Студентовом тесту задовољава услове значајности на 95%, а на осталих 10 станица на 99% нивоу поверења. Највећи пораст средње минималне температуре региструју места на северу и североистоку земље: Рожаје (1,2°C), Беране (0,9°C), Бијело Поље, Жабљак, Пљевља, као и станица Бар (0,7°C).

Претходна анализа је показала да се средња годишња максимална температура, на свим посматраним станицама, значајно променила у другом 30-годишњем периоду у односу на вредности из периода 1951-1980. У већем делу Црне Горе значајно се променила и средња и екстремни средње минималне температуре. Дакле, на годишњем нивоу, сва три параметра температуре, нарочито максималне вредности, показују да је период 1981-2010. значајно топлији у односу на претходне три деценије.

За већи део Црне Горе (20 станица) је добијена редуција падавина у периоду 1981-2010. у односу на период 1951-1980. У Колашину, Рожајама и Бијелом Пољу је годишњи просек падавина безначајно већи у другом него у првом 30-годишњем периоду. Мања просечна годишња количина падавина у другом (1981-2010) у односу на први период (1951-1980), статистички је значајна само на 7 станица (Улцињ, Бар, Будва, Тиват, Котор, Херцег Нови и Крстац). То другим речима значи да значајне промене средње годишње количине падавина између два посматрана периода постоје на приморју, с поузданошћу исправности хипотезе од 95% и локално у западном делу земље (Крстац), на нивоу поверења од 99%.

Таб. 1. Статистичка значајност разлике средње ( $T_{sr}$ ), средње максималне ( $T_{xsr}$ ), средње минималне ( $T_{nsr}$ ) годишње температуре и годишњих сума падавина (RR) периода 1951-1980. ( $\bar{X}_1$ ) и 1981-2010. ( $\bar{X}_2$ )

Станица	$T_{sr}$	$T_{xsr}$	$T_{nsr}$	RR
	$\bar{X}_2 - \bar{X}_1$	$\bar{X}_2 - \bar{X}_1$	$\bar{X}_2 - \bar{X}_1$	$\bar{X}_2 - \bar{X}_1$
Улцињ	0,5**	0,6**	0,6**	-147,5*
Бар	0,5**	0,7**	0,7**	-143,2*
Будва	0,5**	0,7**	0,4*	-220,8*
Тиват	-0,1	0,6**	0,1	-202,3*
Котор	0,3**	0,6**	0,1	-198,0*
Х. Нови	0,3**	0,4**	0,6**	-241,4*
Вирпазар	-0,1	0,9**	0,1	-221,9
Голубовци	0,5**	0,9**	0,1	-66,3
Подгорица	0,6**	1,1**	0,3	-64,2
Даниловград	0,1	0,9**	0,5**	-67,0
Цетиње	0,1	1,0**	-0,1	-20,5
Црквице	0,1	0,9**	-0,2	-555,1
Грахово	-0,1	0,8**	-0,1	-189,4
Велимље	0,4*	0,8**	0,1	-139,1
Никшић	0,4**	0,8**	0,2	-130,3
Крстац	0,1	0,8**	0,1	-361,5**
Колашин	0,4**	0,5**	0,3*	8,5
Плав	0,7**	0,6**	0,7**	-69,2
Рожаје	0,6**	0,6**	1,2**	37,9
Беране	0,7**	1,1**	0,9**	-34,6
Б. Поље	0,5**	0,5**	0,7**	26,0
Жабљак	0,6**	1,1**	0,7**	-41,9
Пљевља	0,5**	0,8**	0,7**	-24,2

Значајност разлике на нивоу ризика: \*\*  $\alpha = 0,01$  и \*  $\alpha = 0,05$ .

\* Поједине вредности диференције се не поклапају због заокруживања на једну децималу

Посматрајући промене годишњих сума падавина на овај начин, као разлику између два 30-годишња периода, могло би се закључити да блага аридизација постоји, осим на крајњем североистоку земље, али је то смањење падавина у већем делу Црне Горе безначајно (Таб. 1). Ипак, треба подсетити да је у периоду 1981-2010. готово на целој територији Црне Горе тренд годишњих падавина позитиван (Бурић, 2014).

### Статистичка значајност разлике дисперзије два периода

Резултати прорачуна за посматране параметре температуре ваздуха, показују да је у периоду 1981-2010. у већем делу Црне Горе дошло до пораста дисперзије у односу на претходни 30-годишњи период (1951-1980). Међутим, пораст дисперзије (варијансе) средње годишње температуре у другој половини посматраног периода је значајан само у Бару и Будви (2,7 и 2,3 пута). Статистичка значајност постоји и у Вирпазару, али је у овом месту варијанса била већа у првом него у другом 30-годишњем периоду, и то за 2,2 пута. На осталим станицама је разлика варијанси средње годишње температуре између два посматрана периода безначајна.

Осим на Цетињу, однос варијанси средње годишње максималне температуре је на свим осталим станицама већи од јединице, што значи да је дошло до пораста дисперзије у другом 30-годишњем периоду (1981-2010). На основу  $p_2-1$  и  $p_1-1$  степени слободе, одговарајућих вредности варијанси и дужине низова, утврђено је да пораст дисперзије средње годишње максималне температуре, у другом 30-годишњем периоду, задовољава услове F теста на 13 станица, и то на 5 на нивоу од

99%, а на 8 на 95% прагу поверења. То значи да је у већем делу Црне Горе дошло до значајног пораста варијансе (Таб. 2), па нулту хипотезу ( $H_0, Sd_1^2=Sd_2^2$ ) одбацујемо.

Када је у питању средња годишња минимална температура, разлика у дисперзији између два посматрана периода је безначајна на 20 станица. Пораст дисперзије у Бару и Рожајама у другом у односу на први 30-годишњи период, од 2,8 и 2,5 пута, значајна је на 99%, односно 95% нивоу поверења. Условe F теста задовољавају резултати и за Грахово, на нивоу од 95%, али је у овом месту дисперзија (колебање) била већа у првом периоду - за 2,2 пута.

Вредности варијанси између два 30-годишња периода се разликују готово на свим станицама, и то није ништа неуобичајено. Основно питање је: да ли та разлика задовољава услове значајности? Када је у питању средња годишња и средња годишња минимална температура, варијансе два посматрана периода се безначајно разликују у већем делу Црне Горе, тј. на 20 од 23 станице. Резултати показују да се варијансе просечних годишњих сума падавина два посматрана периода, такође безначајно разликују. Значајна разлика у варијансама падавина постоји само у Беранама (95% ниво поверења), али је дисперзија већа у првом него у другом 30-годишњем периоду, за 2,0 пута. Највећи и на 13 станица значајан пораст дисперзије, у периоду 1981-2010. у односу на 1951-1980., добијен је за средњу годишњу максималну температуру.

Таб. 2. Статистичка значајност промене дисперзије годишње средње ( $T_{sr}$ ), средње максималне ( $T_{xsr}$ ) и средње минималне ( $T_{nsr}$ ) температуре, односно просечних годишњих падавина периода 1951-1980. ( $Sd_1^2$ ) и 1981-2010. ( $Sd_2^2$ )

Метеоролошка Станица	$T_{sr}$ $Sd_2^2/Sd_1^2$	$T_{xsr}$ $Sd_2^2/Sd_1^2$	$T_{nsr}$ $Sd_2^2/Sd_1^2$	RR $Sd_2^2/Sd_1^2$
Улцињ	1,1	2,0*	1,5	1,5
Бар	2,7**	3,7**	2,8**	1,3
Будва	2,3*	4,2**	1,5	1,7
Тиват	1,2	3,2**	0,8 (1,3)	1,5
Котор	1,3	2,2*	1,0	1,4
Х. Нови	1,2	3,9**	1,0	1,3
Вирназар	0,5(2,2)*	3,0**	1,5	1,2
Голубовци	1,6	2,5*	1,8	1,1
Подгорица	1,4	2,4*	1,4	0,9 (1,1)
Даниловград	0,6(1,7)	1,4	0,6 (1,5)	0,7 (1,4)
Цетиње	0,5(1,8)	1,0	0,9 (1,1)	1,4
Црквице	1,0	1,8	1,3	1,8
Грахово	0,8(1,2)	2,2*	0,4 (2,2)*	1,5
Велимље	1,4	1,8	0,9 (1,1)	1,3
Никшић	1,4	1,1	1,5	1,0
Крстац	1,8	3,5**	0,6 (1,6)	0,8 (1,3)
Колашин	1,6	1,6	1,1	0,7 (1,5)
Плав	1,7	1,5	2,0	1,7
Рожаје	1,7	1,6	2,5*	0,9 (1,1)
Беране	1,2	1,6	0,8 (1,3)	0,5 (2,0)*
Б. Поље	1,8	2,1*	1,0	1,2
Жабљак	1,7	2,6*	1,2	0,7 (1,5)
Пљевља	1,1	1,6	0,9 (1,2)	1,0

Значајност промене дисперзије на нивоу ризика: \*\*  $\alpha = 0,01$  и \*  $\alpha = 0,05$ ,

\* Поједине вредности се не поклапају због заокруживања на једну децималу; вредности у заградама указују да је варијанса била већа у првом 30-годишњем периоду, односно представљају однос  $Sd_1^2/Sd_2^2$ .

## **Закључак**

Основни циљ истраживања овог рада био је да утврди да ли су разлике у промени температуре ваздуха и количине падавина између два 30-годишња периода (1951-1980 и 1981-2010) значајне или не. Прорачуни су урађени на годишњем ниво, за средњу, средњу максималну и средњу минималну температуру, као и количину падавина. Добијени резултати за сва три параметра температуре, нарочито максималне вредности, показују да је период 1981-2010. значајно топлији у односу на претходне три деценије. Такође, значајне промене између средњих годишњих количина падавина два посматрана периода постоје на приморју и локално у западном делу земље. Када се посматра цео период, блага аридизација постоји, осим на крајњем североистоку земље, али је то смањење падавина у већем делу Црне Горе безначајно. Ипак, у периоду 1981-2010. готово на целој територији Црне Горе тренд годишњих падавина је позитиван. Код средње годишње и средње годишње минималне температуре, колебања током два посматрана периода се безначајно разликују у већем делу Црне Горе. Резултати показују да се варијансе просечних годишњих сума падавина два посматрана периода, такође безначајно разликују. Највећи и на 13 станица значајан пораст дисперзије, у периоду 1981-2010. у односу на 1951-1980., добијен је за средњу годишњу максималну температуру.

Даља истраживања требало би да се фокусирају на утврђивање узрока промена ова два најзначајнија климатска елемента. У том контексту, посебну пажњу требало би обратити на утицај промена циркулације атмосфере и антропогени ефекат стаклене баште.

© 2018 Serbian Geographical Society, Belgrade, Serbia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Serbia

**Литература** (погледати у енглеској верзији текста)