

ПРОМЈЕНЕ ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА У ИСТОЧНОЈ ХЕРЦЕГОВИНИ У ПЕРИОДУ 1961–2016. ГОДИНЕ

Татјана Попов^{1*}, Слободан Гњато¹, Горан Трбић¹ и Марко Иванишевић¹

¹Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Бања Лука, Република Српска

Сажетак: У раду се анализирају промјене температуре ваздуха у Источној Херцеговини у периоду 1961–2016. године. На основу података о мјесечним средњим, средњим максималним и средњим минималним температурама ваздуха са метеоролошких и падавинских станица у Источној Херцеговини анализирани су трендови, распоред према перцентилима и промјене у односу на просјечне вриједности у референтном периоду 1961–1990. године. Резултати истраживања показују да је на простору Источне Херцеговине присутна тенденција загријавања. Значајне позитивне трендове на годишњем нивоу испољавају како средње (0.1–0.3°C по деценији), тако и средње максималне (0.3–0.4°C по деценији) и средње минималне (0.1–0.4°C по деценији) температуре ваздуха. Повећање температура ваздуха присутно је током цијеле године, али је најизраженије у сезони љето (средња и средња минимална температура порасла је за 0.3–0.6°C по деценији, а средња максимална за 0.5–0.6°C), а нарочито током два најтоплија мјесеца, јула и августа.

Кључне ријечи: средња, средња максимална и средња минимална температура ваздуха, климатске промјене, Источна Херцеговина.

Original scientific paper

CHANGES IN AIR TEMPERATURE OVER THE EAST HERZEGOVINA IN THE 1961–2016 PERIODS

Tatjana Popov^{1*}, Slobodan Gnjato¹, Goran Trbić¹ and Marko Ivanišević¹

¹University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Banja Luka, Republic of Srpska

Abstract: The paper analyzes changes in air temperatures over the East Herzegovina in the 1961–2016 periods. Based on data on monthly mean, mean maximum and mean minimum air temperatures from meteorological and rain gauge stations in the East Herzegovina, trends, percentile ranks and changes in relation to the average values in the reference 1961–1990 periods were analyzed. The research results show that there is a tendency of warming over the territory of East Herzegovina. Significant positive trends are manifested by both mean (0.1–0.3°C per decade) and mean maximum (0.3–0.4°C per decade) and mean minimum (0.1–0.4°C per decade) annual air temperatures. The increase in temperatures is present throughout the year, but it is most pronounced in the summer season (mean and mean minimum temperature increased by 0.3–0.6°C per decade, and mean maximum by 0.5–0.6°C), and especially during the two warmest months, July and August.

Key words: mean, mean maximum and mean minimum air temperature, climate change, East Herzegovina.

* Аутор за кореспонденцију: Татјана Попов, Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина, Е-mail: tatjana.popov@pmf.unibl.org

* Corresponding author: Tatjana Popov, University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Mladena Stojanovića 2, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, E-mail: tatjana.popov@pmf.unibl.org

УВОД

Простор источног Медитерана је под знатним утицајем савремених климатских промјена, које се првенствено огледају у порасту температуре ваздуха, те у повећању учесталости и интензитета топлих таласа и суша (Lelieveld et al., 2012). Значајни позитивни трендови како средњих тако и екстремних температура ваздуха присутни на глобалном нивоу (Dunn et al., 2020), утврђени су и истраживањима широм Медитерана (Burić et al., 2015a; Di Bacco & Scorzini, 2020; Fioravanti et al., 2016; Fonseca et al., 2016; Kioutsioukis et al., 2010; Scorzini et al., 2018). Осим повећања површинске температуре копна, у периоду 1982–2016. године присутан је и константан тренд повећања површинске температуре мора у читавом региону Медитерана (Pastor et al., 2018; Pisano et al., 2020). Студије на глобалном нивоу утврдиле су да се глобално загријавање може приписати антропогеном додатном климатском форсирању (уочљивом и јасно одвојеном од природних сигнала) (Kim et al., 2016; Mann et al., 2017). За разлику од позитивних трендова температуре ваздуха, у овом региону доминирају негативни трендови падавина (Alpert et al., 2002; Philandras et al., 2011). Осим тога, у региону Медитерана присутно је повећање дужине трајања сушних периода (Raymond et al., 2019). Наведени трендови температуре и падавина присутни су у субмедитеранским и медитеранским подручјима Југоисточне Европе, којој припада и простор Источне Херцеговине (Burić et al., 2015a, 2015b; Gajić-Čapka et al., 2015; Trbić et al., 2017).

Претходна истраживања која су се детаљније бавила анализом климатских промјена на простору Источне Херцеговине углавном су била везана за промјене плувиометријског режима, тј. промјене укупних падавина (Popov et al., 2019a) и промјене учесталости и интензитета падавинских екстрема (Popov et al., 2019b, 2019c).

Претходним истраживањима климатских промјена на овом простору утврђено је да је на истраживаном простору присутна тенденција

INTRODUCTION

The eastern Mediterranean region is significantly influenced by recent climate change, which is primarily reflected in the increasing air temperatures and in the increasing frequency and intensity of heat waves and droughts (Lelieveld et al., 2012). Significant positive trends in both mean and extreme air temperatures present globally (Dunn et al., 2020) have also been identified by research across the Mediterranean region (Burić et al., 2015a; Di Bacco & Scorzini, 2020; Fioravanti et al., 2016; Fonseca et al., 2016; Kioutsioukis et al., 2010; Scorzini et al., 2018). In addition to the increase in surface air temperatures over the land, during the 1982–2016 periods a constant increasing trend of sea surface temperature over the entire Mediterranean region was determined (Pastor et al., 2018; Pisano et al., 2020). Studies at the global scale have established that global warming can be attributed to the additional anthropogenic climate forcing (observable and clearly separated from natural signals) (Kim et al., 2016; Mann et al., 2017). In contrast to the positive trends in air temperature, this region is dominated by the negative precipitation trends (Alpert et al., 2002; Philandras et al., 2011). In addition, an increase in duration of the dry periods over the Mediterranean region was also determined (Raymond et al., 2019). The stated air temperature and precipitation trends are present in the sub-Mediterranean and Mediterranean areas of the Southeast Europe, which also includes the area of East Herzegovina (Burić et al., 2015a, 2015b; Gajić-Čapka et al., 2015; Trbić et al., 2017).

Previous research that dealt in more detail with the analysis of climate change in the East Herzegovina region were mainly related to the changes in the pluviometric regime, i.e. changes in total precipitation (Popov et al., 2019a) and changes in frequency and intensity of precipitation extremes (Popov et al., 2019b, 2019c).

Previous research on climate change over this area have shown that there is a warming tendency over the study area (Popov et al., 2017, 2018a, 2018b, 2019b; Trbić et al., 2017). The

загријавања (Popov et al., 2017, 2018a, 2018b, 2019b; Trbić et al., 2017). Истраживањем је утврђено да је у периоду 1961–2016. године чак 77 % екстремно хладних мјесеци (< 10. перцентила средњих мјесечних температура) забиљежено у периоду 1961–1990. године, а 67 % екстремно топлих мјесеци (> 90. перценти-ла средњих мјесечних температура) у периоду 1991–2016. године (Popov et al., 2019b). Осим средњих температура, позитивне трендове биљеже и температурни екстреми. У Мостару су, на примјер, у периоду 1961–2015. годи-не средња максимална и средња минимална температура значајно порасле за 0.3°C по де-ценији (Popov et al., 2017, 2018a), док су ап-солутно максимална и апсолутно минимална температура ваздуха значајно порасле за 0.5°C по деценији и 0.4°C по деценији, респективно (Popov et al., 2018b). Истраживања су утврдила да су трендови индекса екстремних темпера-тура били израженији за индексе добијене на основу максималних температура (Popov et al., 2017), што указује да је на овом простору по-раст максималних температура ваздуха већи од пораста минималних температура. Наведено је у супротности са глобалним трендом, јер су на глобалном нивоу минималне темпе-ратуре ваздуха порасле више него максимал-не (Dunn et al., 2020), али је у сагласности са трендовима утврђеним у овом дијелу Европе (Bartholy & Pongrácz, 2007; Burić et al., 2015a; Popov et al., 2018b; Ruml et al., 2017; Unkašević & Tošić, 2013).

С обзиром на снажан утицај загријавања климатског система на све природне и социо-економске системе, а поготово на екосистеме медитеранског типа који представљају жа-риште климатских промјена (Tuel & Eltahir, 2020), ова студија се детаљније бави анализом промјена температурног режима на простору Источне Херцеговине. Главни циљ истражи-вања је да се утврде промјене мјесечних, се-зонских и годишњих средњих и екстремних (средње максималних и средње минималних) температура ваздуха на простору Источне Херцеговине у периоду 1961–2016. године.

study found that during the 1961–2016 periods even 77 % of extremely cold months (< 10th percentile of mean monthly temperatures) were recorded in the 1961–1990 periods, whereas 67 % of extremely warm months (> 90th percentile of mean monthly temperatures) were recorded in the 1991–2016 periods (Popov et al., 2019b). In addition to the mean air temperatures, tempera- ture extremes also displayed positive trends. For instance, during the 1961–2015 periods, mean maximum and mean minimum air temperatures in Mostar increased significantly by 0.3°C per decade (Popov et al., 2017, 2018a), and the absolute maximum and absolute minimum air temperatures increased significantly by 0.5°C per decade and 0.4°C per decade, respectively (Popov et al., 2018b). The research found that the trends in extreme temperature indices were more pronounced for indices obtained based on maximum temperatures (Popov et al., 2017), which indicates that over this area the increase in maximum air temperatures was higher than the increase in minimum air temperatures. This is in contrast to the trend observed globally, because on the global scale the minimum air tempera- tures have risen more than the maximum ones (Dunn et al., 2020); however, it is in accordance with the trends observed over this part of Eu- rope (Bartholy & Pongrácz, 2007; Burić et al., 2015a; Popov et al., 2018b; Ruml et al., 2017; Unkašević & Tošić, 2013).

Given the strong impact of global warming on all natural and socio-economic systems, and particularly on the Mediterranean-type ecosys- tems which are climate change hotspot (Tuel & Eltahir, 2020), this study focuses in more detail on the analysis of air temperature changes over the East Herzegovina region. The main goal of the research is to determine the changes in month- ly, seasonal and annual mean and extreme (mean maximum and mean minimum) air temperatures over the East Herzegovina during the 1961–2016 periods.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

MATERIALS AND METHODS

Предмет истраживања представља простор Источне Херцеговине, дефинисане као дио регије Херцеговина источно од ријеке Неретве, тј. као дио регије Херцеговина у оквиру граница Републике Српске. Укупна површина на овај начин дефинисане регије износи 3756 km². Источна Херцеговина смјештена је у југоисточном дијелу Републике Српске и Босне и Херцеговине, између 42°33'23" с. г. ш. и 43°29'22" с. г. ш., те између 17°55'23" и. г. д. и 18°43'3" и. г. д. Наведено подручје карактерише велики распон надморских висина, од низијског подручја Хумина на југу регије (Требиње 276 m и Мостар 99 m) до планинског подручја на сјеверу (Чемерно 1304 m).

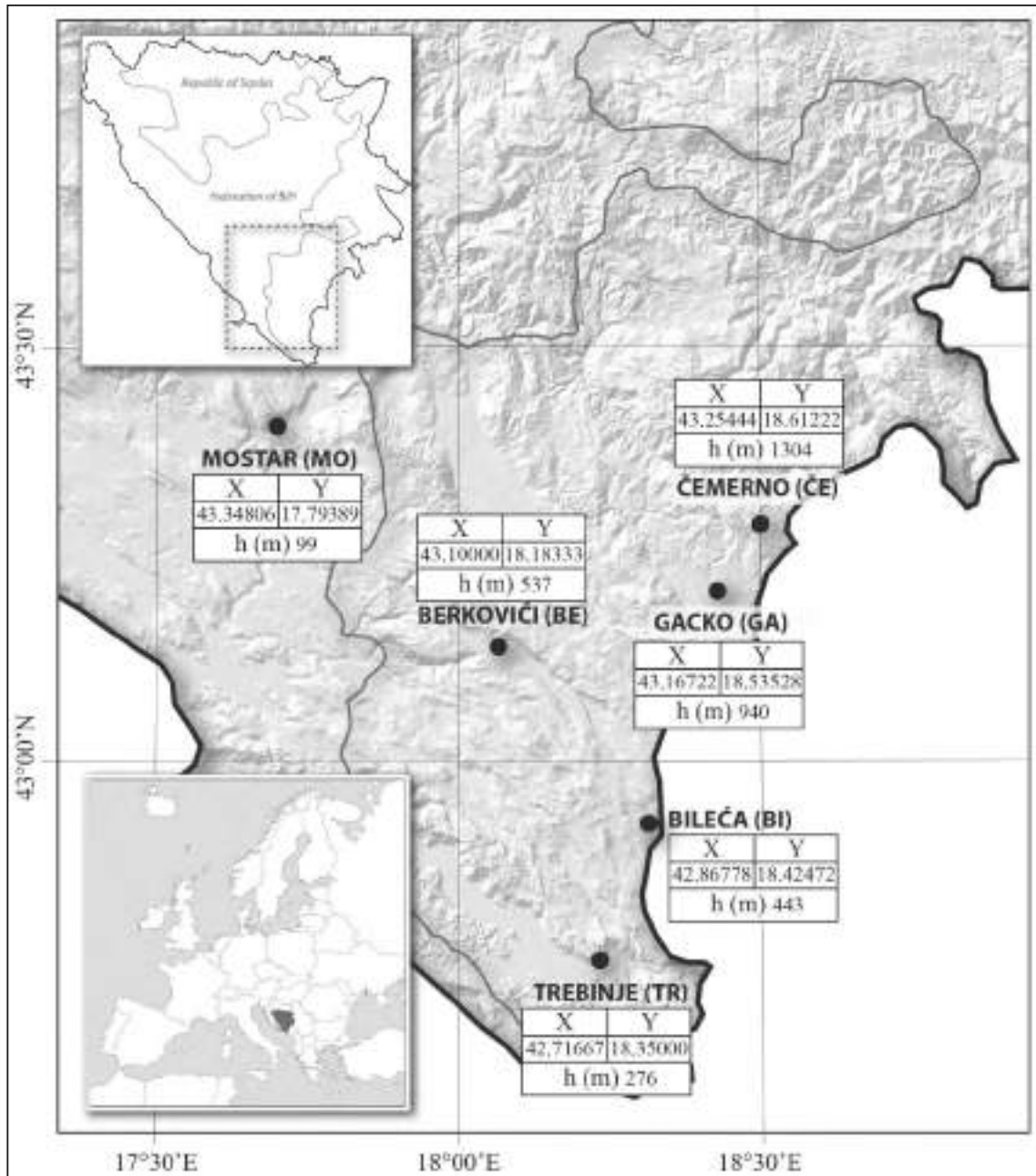
За анализу температурног режима у периоду 1961–2016. године коришћени су подаци о мјесечним средњим (T_a), средњим максималним (T_{max}) и средњим минималним (T_{min}) температурама ваздуха са пет метеоролошких и падавинских станица за које постоје дугогодишња мјерења (Сл. 1). С обзиром на мали број станица са дугогодишњим мјерењима у анализу су укључени и подаци са метеоролошке станице Мостар, иако се метеоролошка станица не налази на подручју општине Источни Мостар, него у федералном дијелу предратног града Мостара. За анализу су коришћени подаци Републичког хидрометеоролошког завода Републике Српске, Јавног предузећа Хидроелектране на Требишњици а.д. и Федералног хидрометеоролошког завода. С обзиром на то да на свим метеоролошким станицама (осим у Мостару) постоје прекиди у мјерењима у ратном и послератном периоду, извршена је екстраполација података према подацима са станице Мостар (Дуцић и Анђелковић, 2004).

Помоћу Ман-Кендал теста извршена је анализа трендова мјесечних, сезонских и годишњих вриједности T_a , T_{max} и T_{min} у периоду 1961–2016. године. Анализирана су одступања вриједности наведених параметара од просјека у референтном периоду 1961–1990. године, као и њихов распоред према перцентилима. Затим је извршена компаративна анализа просјечних вриједности

The subject of research is the area of East Herzegovina, defined as part of the Herzegovina region east of the Neretva River, i.e. as part of the Herzegovina region within the borders of the Republic of Srpska. Thus defined, the region has a total area of 3756 km². The East Herzegovina region is located in the southeastern part of the Republic of Srpska and Bosnia and Herzegovina, between 42°33'23" N and 43°29'22" N, and between 17°55'23" E and 18°43'3" E. This area is characterized by a wide range of altitudes, from the lowland area of Humine in the southern part of the region (Trebinje 276 m and Mostar 99 m) to the mountainous area in the north (Čemerno 1304 m).

For the analysis of the air temperature regime during the 1961–2016 periods, the data on monthly mean (T_a), mean maximum (T_{max}) and mean minimum (T_{min}) air temperatures from five meteorological and rain gauge stations for which there were available long-term measurements were used (Fig. 1). Given the small number of stations with long-term measurements, the analysis also included data from the meteorological station Mostar, although the meteorological station is not located on the territory of the East Mostar municipality, but it is in the part of the pre-war city of Mostar in Federation of Bosnia and Herzegovina. Republic Hydrometeorological Institute of the Republic of Srpska, Public Company Hidroelektrane na Trebišnjici a.d. and the Federal Hydrometeorological Institute provided the data. Given that at all meteorological stations (except at Mostar station) there were interruptions in measurements in the war and post-war periods, the data were extrapolated according to the data from the Mostar station (Дуцић & Анђелковић, 2004).

Man-Kendal test was performed in order to analyze trends in monthly, seasonal and annual T_a , T_{max} and T_{min} during the 1961–2016 periods. Deviations of the stated parameters from their average values in the reference 1961–1990 periods were analyzed, as well as their percentiles ranks. Then, a comparative analysis of the average values of these parameters in the 1991–2016 periods



Сл. 1. Географски положај анализираних метеоролошких и падавинских станица у Источној Херцеговини

Fig. 1. Geographical position of analyzed meteorological and rain-gauge stations in East Herzegovina

наведених параметара у периоду 1991–2016. године у односу на просјечне вриједности у референтном периоду 1961–1990. године.

Надаље, анализиран је утицај неколико главних образаца глобалне циркулације атмосфере на сјеверној хемисфери на температуре ваздуха на простору Источне Херцеговине:

in relation to their average values in the reference 1961–1990 periods was performed.

Furthermore, the influence of several main patterns of global atmospheric circulation over the northern hemisphere on air temperatures in East Herzegovina was analyzed: The North Atlantic Oscillations (NAO) (Hurrell & Van

Сјеверно-атлантске осцилације (NAO) (Hurrell & Van Loon, 1997), Источно-атлантске осцилације (EA) (Barnston & Livezey, 1987) и Арктичке осцилације (AO) (Thompson & Wallace, 1998). Анализа је извршена на основу података о индексима прикупљеним од Климатског центра за предвиђање Националне метеоролошке службе при Националној управи за океане и атмосферу САД-а (Climate Prediction Center, 2019). Квантификација веза између T_a , T_{max} и T_{min} на простору Источне Херцеговине и индекса образаца глобалне циркулације атмосфере извршена је на основу Пирсоновог коефицијента корелације. Статистичка значајност утврђених корелација дефинисана је на нивоу 95 %.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Просјечне мјесечне, сезонске и годишње T_a , T_{max} и T_{min} у Источној Херцеговини у анализираном периоду 1961–2016. године приказане су у Таб. 1. Највише температуре ваздуха карактеришу ниску Херцеговину, а према вишим предјелима Херцеговине температура опада. На цијелом простору Источне Херцеговине зима је најхладнија сезона (најхладнији мјесец је јануар), а најтоплија љето (најтоплији мјесец је јули). Јесен је на цијелој територији топлија од прољећа.

Највише температуре ваздуха на истраживаним станицама Источне Херцеговине у периоду 1961–2016. године измјерене су за вријеме изузетно снажног и дуготрајног топлог таласа који је у љето 2007. године захватио Европу. Максимална температура ваздуха измјерена у Мостару износила је 43.1°C (у Требињу 42.5°C, а на највишој станици на Чемерну 33.8°C). Најнижа измјерена температура ваздуха у наведеном периоду износила је -22.5°C, а измјерена је на Чемерну у јануару 2006. године. У јануару 1963. године забиљежена је апсолутно минимална температура у Мостару (-10.9°C). У Билећи је минимална вриједност температуре измјерена у јануару 1968. године (-15.4°C), а у Требињу у децембру 1973. и јануару 1985. године (-10.5°C).

Loon, 1997), the East Atlantic Oscillations (EA) (Barnston & Livezey, 1987) and the Arctic Oscillations (AO) (Thompson & Wallace, 1998). The analysis was performed based on index data collected from the Climate Prediction Center of the U. S. National Oceanic and Atmospheric Administration (Climate Prediction Center, 2019). The quantification of the connections between T_a , T_{max} and T_{min} in the East Herzegovina and the indices of global atmospheric circulation patterns was performed based of Pearson's correlation coefficient. The statistical significance of the determined correlations was defined at the level of 95 %.

RESULTS AND DISCUSSION

Average monthly, seasonal and annual T_a , T_{max} and T_{min} in the East Herzegovina during the analyzed 1961–2016 periods are shown in Tab. 1. The highest air temperatures characterize a lowland part of the Herzegovina, whereas towards to the higher parts of the region, the temperature decreases. Over the entire area of the East Herzegovina, winter is the coldest season (the coldest month is January), whereas the warmest season is being summer (the warmest month is July). Autumn is warmer than spring over the entire territory.

The maximum air temperatures at the studied stations in the East Herzegovina during the 1961–2016 periods were recorded during an extremely intense and long-lasting heat wave that spread over Europe in the summer of 2007. The maximum air temperature of 43.1°C was measured in Mostar (in Trebinje 42.5°C and at the highest-located station Čemerno 33.8°C). The minimum air temperature recorded in the stated period was -22.5°C, and it was measured in Čemerno in January 2006. In January 1963, the absolute minimum air temperature was recorded in Mostar (-10.9°C). In Bileća, the minimum temperature was measured in January 1968 (-15.4°C), and in Trebinje in December 1973 and January 1985 (-10.5°C).

Таб. 1. Просјечне мјесечне, сезонске и годишње T_a , T_{max} и T_{min} у Источној Херцеговини у периоду 1961–2016. године ($^{\circ}C$)Tab. 1. Average monthly, seasonal and annual T_a , T_{max} and T_{min} in the East Herzegovina in the 1961–2016 periods (in $^{\circ}C$)

T_a																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Γ/Y	3/W	П/Sp	Јь/Su	J/A
TR	5.7	6.6	9.2	12.7	17.3	21.2	24.1	24.0	19.6	15.2	10.7	6.9	14.4	6.4	13.1	23.1	15.1
BI	3.3	4.2	7.2	11.0	15.7	19.4	22.1	21.8	17.4	12.9	8.2	4.4	12.3	4.0	11.3	21.1	12.8
BE	2.9	3.9	7.1	11.0	15.5	19.0	21.8	21.8	17.7	13.2	8.2	4.1	12.2	3.6	11.2	20.9	13.0
GA	-1.1	-0.1	3.1	7.3	12.3	15.8	18.3	17.9	13.7	9.3	4.4	0.3	8.4	-0.3	7.6	17.3	9.1
ЇE	-2.8	-2.1	0.8	4.8	9.9	13.3	15.5	15.7	11.7	7.4	2.9	-1.4	6.3	-2.1	5.2	14.8	7.3
MO	5.3	6.8	10.0	13.7	18.5	22.4	25.4	25.1	20.5	15.5	10.4	6.4	15.0	6.2	14.1	24.3	15.5
T_{max}																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Γ/Y	3/W	П/Sp	Јь/Su	J/A
TR	10.1	11.4	14.4	18.0	23.1	26.9	30.3	30.4	25.8	21.0	15.5	11.3	19.9	10.9	18.5	29.2	20.8
BI	7.7	9.4	12.8	16.5	21.7	25.5	29.1	29.3	24.5	19.6	13.5	9.0	18.2	8.7	17.0	28.0	19.2
ЇE	0.4	1.3	4.6	9.1	14.5	18.0	20.9	21.3	16.8	11.9	6.4	1.5	10.6	1.1	9.4	20.1	11.7
MO	8.8	11.2	15.1	19.4	24.7	28.6	31.9	32.1	26.9	21.2	14.7	9.8	20.4	9.9	19.7	30.9	20.9
T_{min}																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Γ/Y	3/W	П/Sp	Јь/Su	J/A
TR	1.9	2.4	4.7	7.9	12.1	15.6	18.2	18.2	14.2	10.4	6.5	3.0	9.6	2.4	8.3	17.3	10.4
BI	-0.8	0.0	2.4	5.8	10.0	13.2	15.3	15.1	11.5	7.7	3.8	0.4	7.0	-0.1	6.1	14.5	7.7
ЇE	-5.6	-5.0	-2.4	1.3	5.9	9.1	11.0	11.2	7.8	4.1	0.1	-4.2	2.8	-5.0	1.6	10.4	4.0
MO	2.3	3.2	5.7	8.8	13.0	16.5	19.2	19.2	15.4	11.4	7.0	3.5	10.4	3.0	9.1	18.3	11.3

Од друге половине 20. вијека у свим дијеловима Источне Херцеговине присутан је тренд загријавања (Таб. 2). У анализираном периоду 1961–2016. године T_a значајно су порасле – од 0.1°C по деценији у Гацку до 0.3°C по деценији на Чемерну, те у Мостару и Берковићима. Статистички значајан пораст забиљежиле су и годишње T_{max} ($0.3\text{--}0.4^\circ\text{C}$ по деценији) и T_{min} ($0.1\text{--}0.4^\circ\text{C}$ по деценији). У нижим предјелима Херцеговине годишња T_{min} порасла је по стопима једнаким порасту T_{max} (у Требињу за 0.4°C по деценији, а у Мостару за 0.3°C по деценији). У вишим подручјима пораст T_{min} по линији тренда био је нешто нижи од повећања утврђеног за T_{max} (нарочито на подручју Билеће – 0.1°C по деценији наспрам 0.3°C по деценији).

На цијелом простору Источне Херцеговине присутан је статистички значајан позитиван тренд T_a у сезони љето – од 0.3°C по деценији у Гацку до 0.5°C по деценији у Мостару (на осталим станицама 0.4°C по деценији). У сезони прољеће T_a је такође значајно порасла – пораст по линији тренда износио је $0.2\text{--}0.3^\circ\text{C}$ по деценији. Статистички значајан позитиван тренд T_a у сезони зима утврђен је једино на простору Чемерна и Мостара (0.3°C по деценији), док је у осталим подручјима Источне Херцеговине температура несигнификантно порасла за 0.1°C по деценији. Најизраженији тренд повећања сезонских T_{max} и T_{min} такође је забиљежен у сезони љето ($0.5\text{--}0.6^\circ\text{C}$ по деценији и $0.3\text{--}0.6^\circ\text{C}$ по деценији, респективно), а затим у сезонама прољеће ($0.3\text{--}0.4^\circ\text{C}$ по деценији и $0.1\text{--}0.3^\circ\text{C}$ по деценији, респективно) и зима ($0.2\text{--}0.3^\circ\text{C}$ по деценији за оба параметра).

Средње мјесечне T_a , T_{max} и T_{min} највише су порасле током два најтоплија мјесеца у години – у јулу и августу ($0.3\text{--}0.6^\circ\text{C}$ по деценији, $0.5\text{--}0.7^\circ\text{C}$ по деценији и $0.2\text{--}0.6^\circ\text{C}$ по деценији, респективно). Позитивни трендови забиљежени су у готово свим мјесецима – једино у септембру и новембру у неким вишим предјелима није утврђено присуство тренда у временској серији. У сезони јесен утврђени пораст T_{max} био је значајан једино на простору Чемерна (0.2°C по деценији), а T_{min} на простору ниске Херцеговине ($0.2\text{--}0.3^\circ\text{C}$ по деценији). Треба на-

During the second half of the 20th century, a warming trend has been present in all parts of East Herzegovina (Tab. 2). During the analyzed 1961–2016 periods, T_a have increased significantly – from 0.1°C per decade in Gacko to 0.3°C per decade in Čemerno, Mostar and Berkovići. Annual T_{max} ($0.3\text{--}0.4^\circ\text{C}$ per decade) and T_{min} ($0.1\text{--}0.4^\circ\text{C}$ per decade) also recorded a statistically significant increase. Over the lower parts of the East Herzegovina, the annual T_{min} increased at rates equal to those of T_{max} (in Trebinje by 0.4°C per decade, and in Mostar by 0.3°C per decade). At the higher altitudes, the T_{min} trend values were slightly lower than the ones determined for T_{max} (especially in the Bileća area – 0.1°C per decade versus 0.3°C per decade).

Over the entire area of East Herzegovina, there is a statistically significant positive trend in the summer season – from 0.3°C per decade in Gacko to 0.5°C per decade in Mostar (at other stations 0.4°C per decade). In the spring season, T_a also increased significantly – the increase was in the range of $0.2\text{--}0.3^\circ\text{C}$ per decade. A statistically significant positive trend in the winter season was found only in the areas of Čemerno and Mostar (0.3°C per decade), whereas in other parts of East Herzegovina the temperature increased insignificantly by 0.1°C per decade. The most prominent increase in seasonal T_{max} and T_{min} was also recorded in the summer season ($0.5\text{--}0.6^\circ\text{C}$ per decade and $0.3\text{--}0.6^\circ\text{C}$ per decade, respectively), followed by the spring season ($0.3\text{--}0.4^\circ\text{C}$ per decade and $0.1\text{--}0.3^\circ\text{C}$ per decade, respectively) and the winter season ($0.2\text{--}0.3^\circ\text{C}$ per decade for both variables).

The average monthly T_a , T_{max} and T_{min} increased the most during the two warmest months of the year – in July and August ($0.3\text{--}0.6^\circ\text{C}$ per decade, $0.5\text{--}0.7^\circ\text{C}$ per decade and $0.2\text{--}0.6^\circ\text{C}$ per decade, respectively). The positive trends were recorded in almost all months – only in September and November at some higher areas the presence of the trend in the time series was not determined. In the autumn season, the determined increase in T_{max} was significant only in the area of Čemerno (0.2°C per decade), and T_{min} in the lowland area of Herzegovina ($0.2\text{--}0.3^\circ\text{C}$ per decade). It should

Таб. 2. Декадни тренд мјесечних, сезонских и годишњих T_a , T_{max} и T_{min} у Источној Херцеговини у периоду 1961–2016. године ($^{\circ}C$)
 Tab. 2. Decadal trend of monthly, seasonal and annual T_a , T_{max} and T_{min} in the East Herzegovina in the 1961–2016 periods (in $^{\circ}C$)

Т _а																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Г/Y	З/W	П/Sp	Јь/Su	J/A
TR	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3 ^c	0.4 ^a	0.5 ^a	0.5 ^b	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2 ^a	0.1	0.2 ^b	0.4 ^a	0.0
BI	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3 ^b	0.4 ^a	0.4 ^b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2 ^a	0.1	0.2 ^c	0.4 ^a	0.0
BE	0.4 ^c	0.2	0.3	0.3 ^c	0.2	0.5 ^a	0.6 ^a	0.7 ^a	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3 ^a	0.3 ^b	0.2 ^b	0.6 ^a	0.2
GA	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3 ^b	0.3 ^a	0.3 ^c	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1 ^b	0.1	0.2 ^c	0.3 ^a	0.0
ЇE	0.3	0.3	0.3	0.3 ^c	0.2	0.3 ^b	0.4 ^a	0.4 ^b	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3 ^a	0.3 ^c	0.3 ^b	0.4 ^a	0.1
MO	0.3 ^c	0.2	0.3	0.3 ^b	0.3 ^b	0.5 ^a	0.5 ^a	0.6 ^a	0.1	0.1	0.2	0.2 ^c	0.3 ^a	0.3 ^b	0.3 ^b	0.5 ^a	0.1
Т _{max}																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Г/Y	З/W	П/Sp	Јь/Su	J/A
TR	0.3 ^c	0.3	0.3	0.3 ^b	0.4 ^c	0.5 ^a	0.6 ^a	0.6 ^b	0.1	0.1	0.3 ^c	0.2	0.4 ^a	0.3 ^b	0.4 ^b	0.6 ^a	0.2
BI	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.4 ^c	0.5 ^a	0.7 ^b	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3 ^a	0.2	0.3 ^b	0.5 ^a	0.1
ЇE	0.4 ^b	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4 ^b	0.6 ^a	0.6 ^b	0.0	0.2	0.3	0.2	0.4 ^a	0.3 ^b	0.3 ^b	0.5 ^a	0.2 ^c
MO	0.3 ^c	0.3	0.3	0.3	0.3 ^c	0.5 ^a	0.6 ^a	0.7 ^b	0.1	0.0	0.2	0.2	0.3 ^a	0.3 ^c	0.3 ^b	0.6 ^a	0.2
Т _{min}																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Г/Y	З/W	П/Sp	Јь/Su	J/A
TR	0.4 ^c	0.2	0.3 ^c	0.4 ^b	0.4 ^a	0.5 ^a	0.6 ^a	0.6 ^a	0.2	0.2 ^c	0.3 ^c	0.2	0.4 ^a	0.3 ^b	0.3 ^a	0.6 ^a	0.3 ^b
BI	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2 ^c	0.2 ^b	0.3 ^b	0.0	0.1	-0.1	0.0	0.1 ^b	0.2	0.1 ^c	0.3 ^a	0.0
ЇE	0.3	0.2	0.3	0.3 ^c	0.2	0.3 ^b	0.4 ^a	0.4 ^a	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3 ^a	0.3 ^c	0.2 ^b	0.4 ^a	0.2
MO	0.4 ^c	0.1	0.3	0.3 ^b	0.3 ^b	0.4 ^a	0.4 ^a	0.5 ^a	0.1	0.1	0.2	0.2 ^c	0.3 ^a	0.2 ^b	0.3 ^a	0.5 ^a	0.2 ^c
Статистички значајно на нивоу 99.9 % (a), 99 % (b) и 95 % (c) / Statistically significant at the 99.9 % (a), 99 % (b) и 95 % (c) level																	

поменути да су сезонске T_{min} генерално расле по нешто нижим стопама него T_{max} .

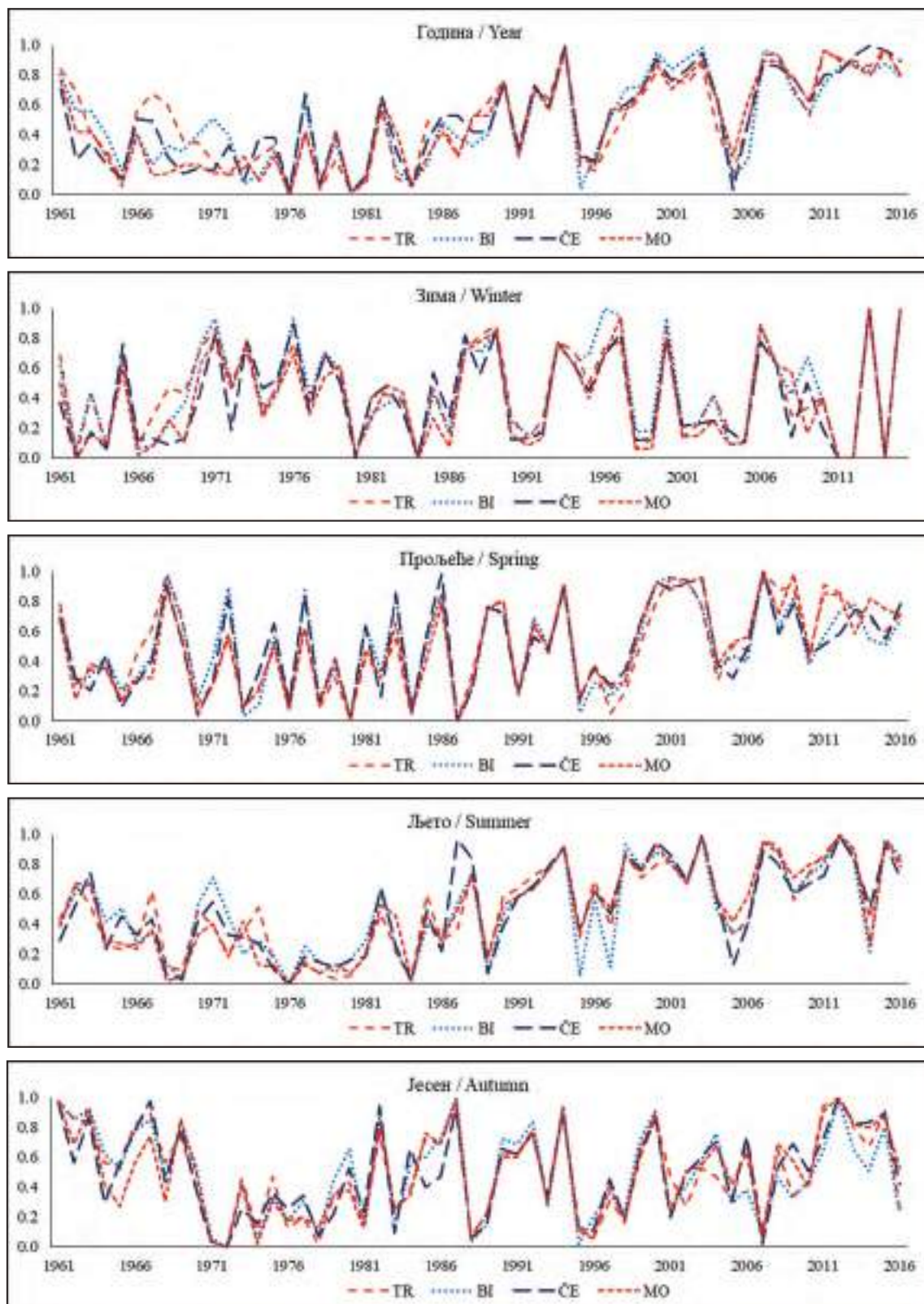
Тренд загријавања на истраживаном простору Источне Херцеговине израженији постаје од посљедње деценије 20. вијека. На већини анализираних станица у Источној Херцеговини девет од десет најтоплијих година у посматраном периоду 1961–2016. године забиљежено је у 21. вијеку. Међу десет најтоплијих година нашла се једино 1994. година, која је и била најтоплија година у наведеном периоду. Једино је на Чемерну то била друга најтоплија година након 2014. године. Међу најхладнијим годинама у Источној Херцеговини налазе се углавном године из периода прије 1990. године. Двије најхладније године на овом простору биле су 1976. и 1980. година. Из периода након 1990-те године једино се 2005. година (и на појединим станицама 1995. или 1996. година) нашла међу најхладнијим годинама у посматраном периоду.

Анализа распореда температура ваздуха према перцентилима показује да је након 1990. године, годишња T_a током само 2–4 године била у категорији < 25. перцентила – углавном 1995, 1996, 2005. или 2006. година (Сл. 2). Анализа годишњих T_{max} и T_{min} показује да су се током само 3 године нашле у категорији < 25. перцентила (T_{max} углавном 1995, 1996 и 2005. године, у Требињу једино 1996. година; а T_{min} углавном 1991, 1993, 1995, 2005 или 2006. године). С друге стране, просјечно свака друга година налазила се у категорији > 75. перцентила. На примјер, број година са T_{max} у овој категорији креће се од 11 година у Билећи до 15 година у Требињу (на Чемерну и у Мостару 13 година нашло се у овој категорији). Свега једна или двије године са T_{max} (према T_{min} ниједна) из периода 1961–1990. године нашле су се у овој категорији – и то 1961. година с почетка анализираног периода и у нижим предјелима Источне Херцеговине 1990. година. Међу годинама са највишим максимумима температуре ваздуха налазе се доминатно године након 1990. године, а нарочито године од почетка 21. вијека – 2007, 2015, 2000, 2012, 2001, 2008, 2013, 1998 итд. Наведени максимуми забиљежени су за вријеме снажних топлих таласа који су у наведеним годинама забиљежени на простору Источне Херцеговине. Посљедњих деценија (тј. од 1970-их)

be noted that seasonal T_{min} generally increased at slightly lower rates than T_{max} .

The warming trend over the studied area of East Herzegovina has become more pronounced since the last decade of the 20th century. At most of the analyzed stations in East Herzegovina, nine of the ten warmest years in the observed 1961–2016 periods was recorded in the 21st century. Among the ten warmest years was only 1994, which was the warmest year during the stated period. It was only in Čemerno that it was the second warmest year (after 2014). Among the coldest years in East Herzegovina are mostly years before 1990. The two coldest years in this region were 1976 and 1980. Since the 1990, only 2005 (and at some stations 1995 or 1996) was among the coldest years in the observed period.

Analysis of the air temperatures percentiles ranks shows that since 1990, the annual T_a was in the category of the < 25th percentile for only 2–4 years – mainly 1995, 1996, 2005 or 2006 (Fig. 2). The analysis of annual T_{max} and T_{min} shows that in only 3 years they were in the category of < 25th percentile (T_{max} mainly in 1995, 1996 and 2005, in Trebinje only 1996; and T_{min} mainly in 1991, 1993, 1995, 2005 or 2006). On the other hand, every other year on average was in the > 75th percentile category. For instance, the number of years with T_{max} in this category ranges from 11 years in Билећа to 15 years in Trebinje (in Čemerno and Mostar 13 years belong to this category). Only one or two years with T_{max} (for to T_{min} none) from the 1961–1990 periods were in this category – 1961 at the beginning of the analyzed period and 1990 in the lower parts of East Herzegovina. Among the years with the highest maximums of air temperature are dominantly years after the year 1990, and especially the years since the beginning of the 21st century – 2007, 2015, 2000, 2012, 2001, 2008, 2013, 1998, etc. These maxima were recorded during intense heat waves that were recorded in these years over the area of East Herzegovina. In recent decades (i.e. since the 1970s), in Europe there has been a trend of increasing extreme summer heat waves (Zhang et al., 2020).



Сл. 2. Распоред годишњих и сезонских T_a у Источној Херцеговини према перцентилима у периоду 1961–2016. године
 Fig. 2. Percentile rank of annual and seasonal T_a in the East Herzegovina in the 1961–2016 periods

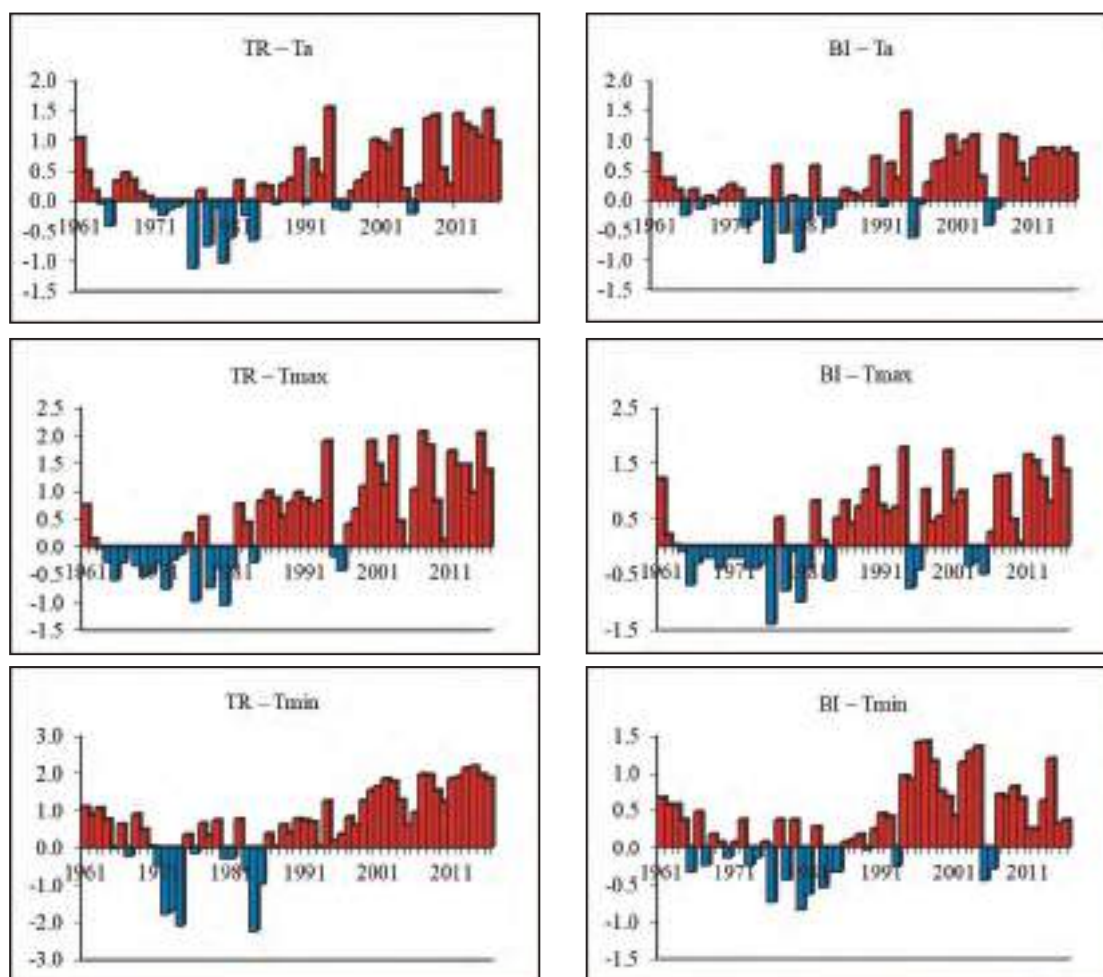
у Европи је присутан тренд пораста екстремних љетњих топлих таласи (Zhang et al., 2020).

Анализа одступања годишњих T_a , T_{max} и T_{min} у Источној Херцеговини од просјечне температуре у референтном периоду 1961–1990. године (Сл. 3) потврђује да тренд загријавања постаје интензивнији након 1990-те године.

Промијене сезонских T_a анализирание кроз одступање од просјека у референтном периоду

Analysis of deviations of annual T_a , T_{max} and T_{min} in East Herzegovina from their average values in the reference 1961–1990 periods (Fig. 3) confirms that the warming trend became more intense after 1990.

Changes in seasonal T_a analyzed through deviations from the average values in the reference 1961–1990 periods and their percentiles ranks also confirm that the warming trend in the area



Сл. 3. Одступање годишњих T_a , T_{max} и T_{min} од просјека у периоду 1961–1990. године – примјер Требиња и Билеће

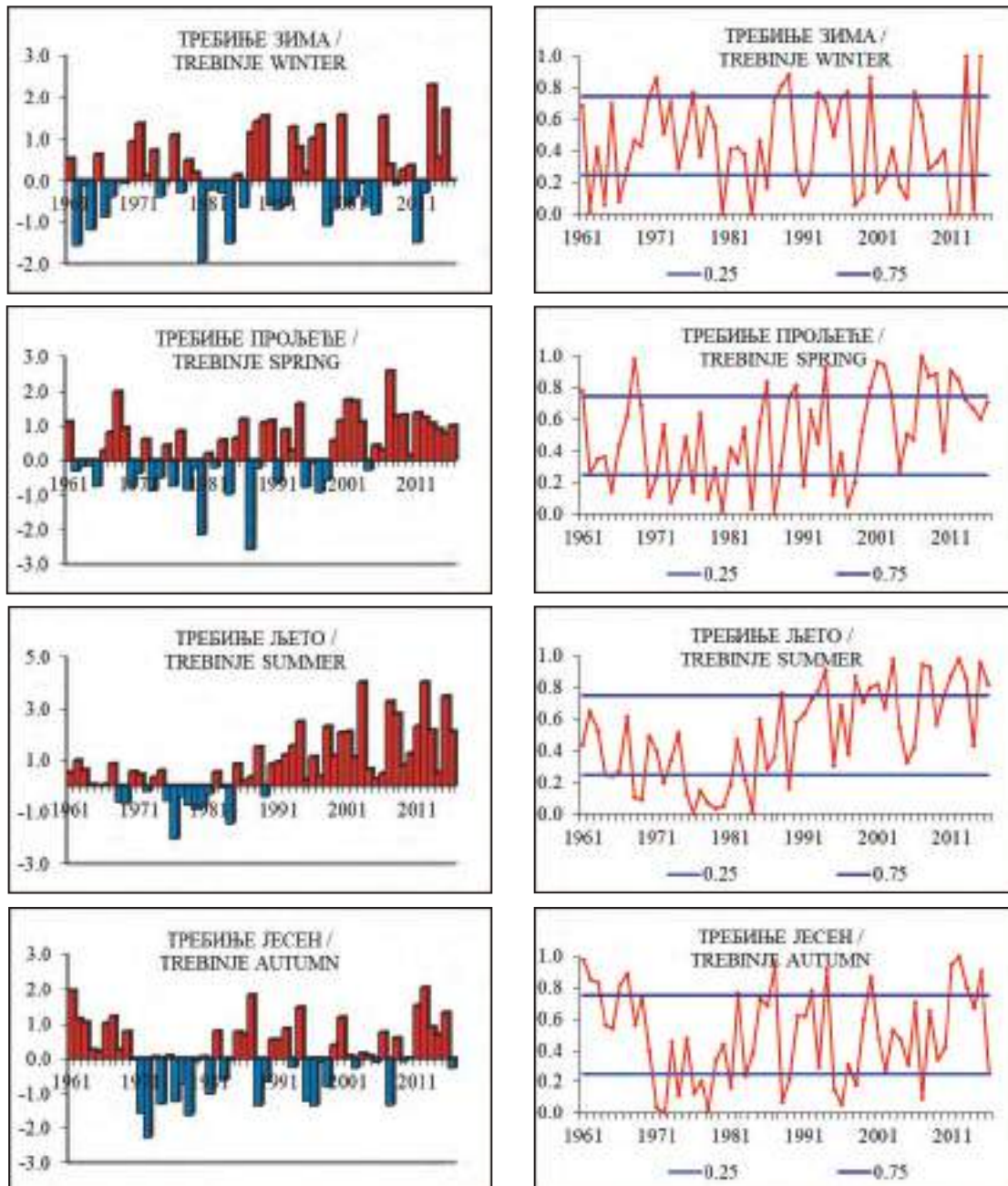
Fig. 3. Deviation of annual T_a , T_{max} and T_{min} from the 1961–1990 periods averages – the example of Trebinje and Bileća

1961–1990. године и њихов распоред према перцентилима такође потврђују да тренд загријавања на простору Источне Херцеговине постаје израженији од 1990-их година, а поготово од почетка 21. вијека – нарочито у сезонама љето и прољеће. На примјер, од 1990. године у Тре-

of East Herzegovina has become more prominent since the 1990s, and especially since the beginning of the 21st century – particularly during the summer and spring seasons. For instance, since 1990 in Trebinje, no summer season has been colder than the reference period average nor has

бињу ниједна сезона љето није била хладнија од просјека референтног периода нити се нашла у категорији < 25. перцентила. Љето 2003, 2007, 2012 и 2015. године било је чак 3–4°C топлије од просјека (Сл. 4). У периоду након 2001. године, једино се прољеће 2006. године у Гацку нашло у категорији < 25. перцентила. Хладније од просјека референтног периода

it been in the < 25th percentile category. The summers of 2003, 2007, 2012 and 2015 were as much as 3–4°C warmer than average (Fig. 4). Since 2001, only spring of 2006 in Gacko has been in the category < 25th percentile. The spring of 2006 in Trebinje and Čemerno was also colder than the reference period average, as well as the spring of 2005 in Gacko.



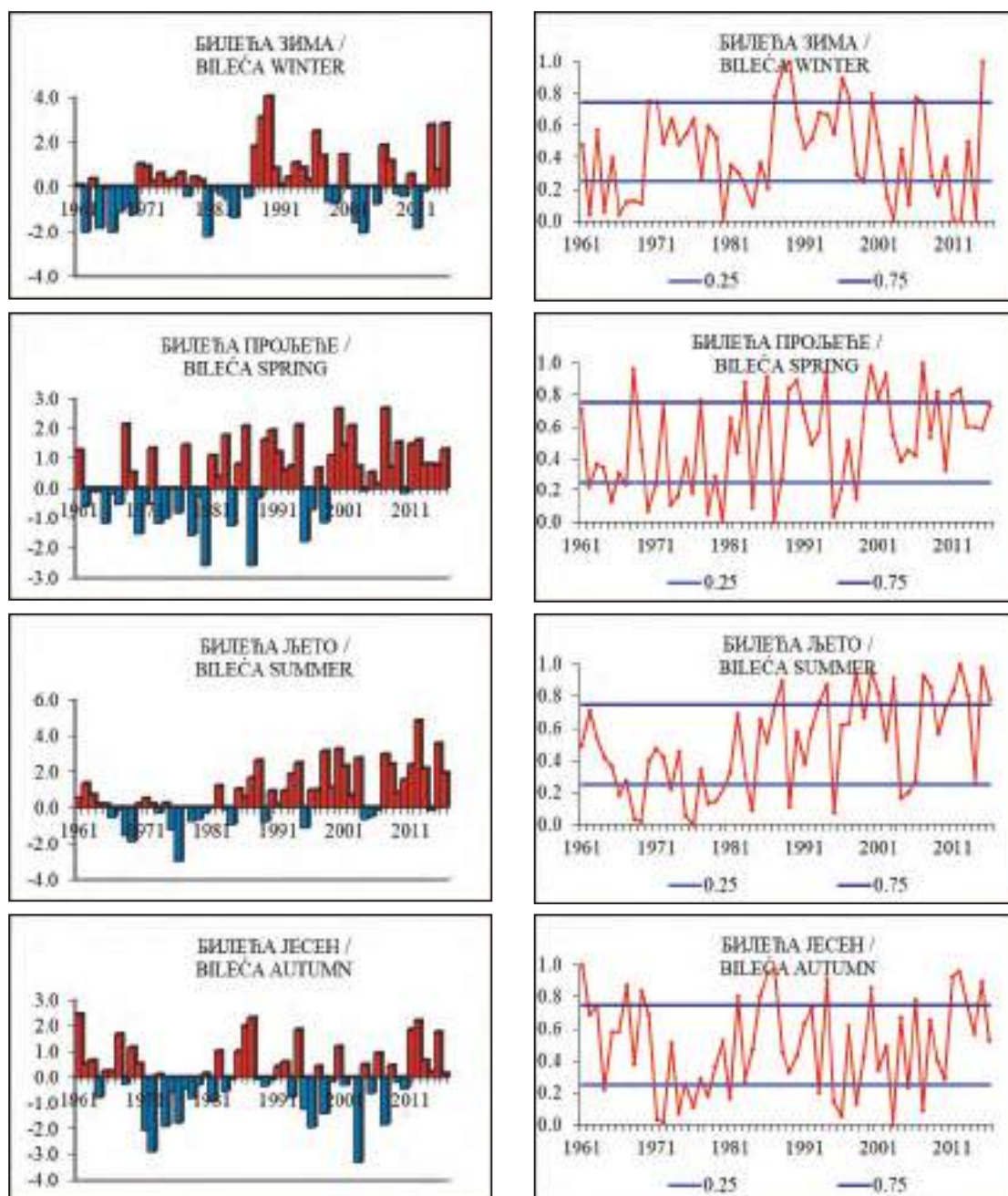
Сл. 4. Одступање сезонских T_a од просјека у периоду 1961–1990. године (лијево) и распоред према перцентилима (десно) – примјер Требиња

Fig. 4. Deviation of seasonal T_a from the 1961–1990 periods averages (left) and percentile rank (right) – the example of Trebinje

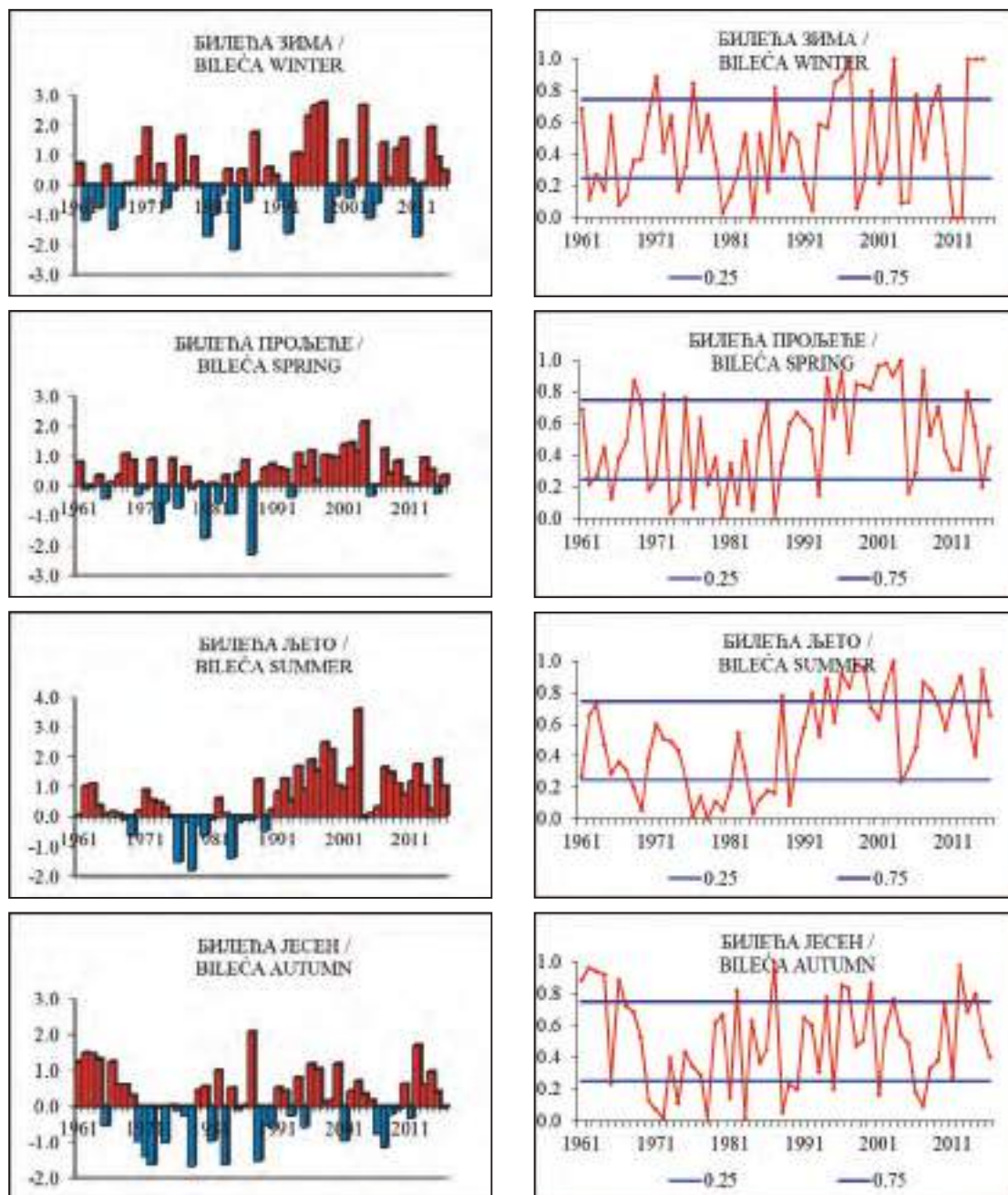
било је и прољеће 2006. године у Требињу и на Чемерну, као и прољеће 2005. године у Гацку.

Примјер сезонских T_{max} и T_{min} у Билећи (Сл. 5 и Сл. 6) потврђује да је од 1990. године само неколико сезона прољеће (4 и 3, респективно) и лјето (5 и 1, респективно) било хладније од просјека референтног периода и нашло се у категорији < 25. перцентила.

The example of seasonal T_{max} and T_{min} in Bileća (Fig. 5 and Fig. 6) confirms that since 1990 only a few spring (4 and 3, respectively) and summer (5 and 1, respectively) seasons have been colder than the reference period averages and have found itself in the < 25th percentile category.



Сл. 5. Одступање сезонских T_{max} од просјека у периоду 1961–1990. године (лијево) и распоред према перцентилима (десно) – примјер Билеће
 Fig. 5. Deviation of seasonal T_{max} from the 1961–1990 periods averages (left) and percentile rank (right) – the example of Bileća



Сл. 6. Одступање сезонских T_{min} од просјека у периоду 1961–1990. године (лијево) и распоред према перцентилима (десно) – примјер Билеће
 Fig. 6. Deviation of seasonal T_{min} from the 1961–1990 periods averages (left) and percentile rank (right) – the example of Bileća

Компаративна анализа просјечних годишњих T_a у периоду 1961–1990. године и у периоду 1991–2016. године, такође доказује пораст стопе загријавања (Таб. 3). Просјечна годишња T_a порасла је на свим анализираним станицама између два периода, а највећи пораст забиљежен је на најнижој станици у Мостару

The comparative analysis of average annual T_a in the 1961–1990 periods and 1991–2016 periods, also confirms an increase in the warming rates (Tab. 3). The average annual T_a increased at all analyzed stations between the two periods, and the highest increase was recorded at the lowest-located station in Mostar (0.9°C) and at Čemerno, the

Таб. 3. Разлика између просјечних мјесечних, сезонских и годишњих T_a , T_{max} и T_{min} у Источној Херцеговини у периоду 1991–2016. године у односу на референтни период 1961–1990. године ($^{\circ}\text{C}$)

Tab. 3. The difference between the average monthly, seasonal and annual T_a , T_{max} and T_{min} in the East Herzegovina in the 1991–2016 periods in relation to the reference 1961–1990 periods (in $^{\circ}\text{C}$)

T_a																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Γ/Y	3/W	П/Sp	Јь/Su	J/A
TR	0.6	-0.1	0.5	0.6	1.0	1.8	1.6	1.7	0.1	0.3	0.4	0.0	0.7	0.2	0.7	1.7	0.3
BI	0.9	0.0	0.4	0.5	0.7	1.4	1.1	1.5	-0.1	0.2	0.2	0.0	0.6	0.4	0.5	1.4	0.1
BE	1.3	0.4	0.7	0.7	0.7	1.8	1.7	2.1	0.3	0.6	1.0	0.5	1.0	0.8	0.7	1.9	0.7
GA	0.8	0.0	0.4	0.6	0.6	1.2	1.1	1.3	-0.3	0.2	0.2	0.1	0.5	0.4	0.5	1.2	0.0
ЇE	1.0	0.5	0.7	0.8	0.7	1.4	1.2	1.5	-0.2	0.3	0.9	0.4	0.8	0.7	0.7	1.4	0.4
MO	1.0	0.3	0.8	0.8	1.2	1.9	1.6	1.9	0.2	0.4	0.6	0.4	0.9	0.7	0.9	1.8	0.4
T_{max}																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Γ/Y	3/W	П/Sp	Јь/Su	J/A
TR	1.0	0.8	0.8	0.8	1.4	2.0	1.8	2.2	0.1	0.3	0.8	0.4	1.1	0.7	1.0	2.0	0.4
BI	0.6	0.6	0.8	0.7	1.0	1.3	1.4	1.9	-0.3	0.2	0.2	0.2	0.7	0.4	0.8	1.6	0.0
ЇE	1.1	0.9	0.9	1.0	1.0	1.9	1.7	2.0	-0.1	0.4	1.1	0.4	1.0	0.8	0.9	1.8	0.5
MO	1.1	0.8	0.9	0.9	1.4	2.1	1.8	2.3	0.1	0.3	0.7	0.3	1.0	0.7	1.1	2.1	0.4
T_{min}																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Γ/Y	3/W	П/Sp	Јь/Su	J/A
TR	1.1	0.3	0.8	1.1	1.7	2.1	1.9	2.2	0.7	1.3	1.4	0.8	1.3	0.8	1.2	2.1	1.1
BI	1.1	0.3	0.5	0.5	1.0	1.3	1.0	1.5	-0.2	0.5	0.5	0.2	0.7	0.6	0.6	1.3	0.3
ЇE	1.0	0.2	0.6	0.8	0.7	1.2	1.1	1.5	0.1	0.4	1.0	0.3	0.7	0.6	0.7	1.3	0.5
MO	0.9	0.1	0.6	0.8	1.1	1.5	1.3	1.7	0.3	0.6	0.8	0.5	0.8	0.6	0.8	1.5	0.5

(0.9°C) и на Чемерну, највишој анализираној станици (0.8°C), као и у Берковићима (1.0°C). Годишња Tmax порасла је између два наведена периода за око 1.0°C на свим анализираним станицама (једино у Билећи за 0.7°C). Годишња Tmin највише је порасла у Требињу за чак 1.3°C, док је повећање на осталим станицама износило 0.7–0.8°C.

Највећи пораст просјечних сезонских температура ваздуха (Ta, Tmax и Tmin) забиљежен је у најтоплијем дијелу године, у сезони љето (1.1–1.9°C, 1.6–2.1°C и 1.3–2.1°C, респективно), а затим у сезонама прољеће (0.5–0.9°C, 0.8–1.1°C и 0.6–1.2°C, респективно) и зима (0.2–0.7°C, 0.4–0.8°C и 0.6–0.8°C, респективно).

Просјечне мјесечне температуре ваздуха (Ta, Tmax и Tmin) порасле су на свим анализираним станицама (осим у септембру на неким станицама), а највећи пораст забиљежен је у љетним мјесецима. На примјер, Ta, Tmax и Tmin у августу порасле су за чак 1.3–1.9°C, 1.9–2.3°C и 1.5–2.2°C, респективно.

Резултати корелационе анализе повезаности образаца циркулација глобалних размјера на сјеверној хемисфери и температуре ваздуха на истраживаном простору Источне Херцеговине приказани су у Таб. 4–6. Варијабилност температуре (тј. позитивне температурне аномалије) у Европи (Rust et al., 2015), па тако и на простору Источне Херцеговине, најснажније је условљена ЕА осцилацијом. У Источној Херцеговини

highest-located of the analyzed stations (0.8°C), as well as in Berkovići (1.0°C). The annual Tmax increased between the two stated periods by about 1.0°C at all analyzed stations (only in Bileća by 0.7°C). Annual Tmin increased the most in Trebinje by as much as 1.3°C, whereas the increase at other stations was in the range of 0.7–0.8°C.

The largest increase in average values of seasonal air temperatures (Ta, Tmax and Tmin) was recorded in the warmest part of the year, in the summer season (1.1–1.9°C, 1.6–2.1°C and 1.3–2.1°C, respectively), and then in spring (0.5–0.9°C, 0.8–1.1°C and 0.6–1.2°C, respectively) and winter (0.2–0.7°C, 0.4–0.8°C and 0.6–0.8°C, respectively).

Average monthly air temperatures (Ta, Tmax and Tmin) increased at all analyzed stations (except in September at some stations), and the largest increase was recorded in the summer months. For instance, Ta, Tmax and Tmin in August increased as much as 1.3–1.9°C, 1.9–2.3°C and 1.5–2.2°C, respectively.

The results of the correlation analysis of the relationship between the global circulation patterns over the northern hemisphere and the air temperatures over the studied area of East Herzegovina are shown in Tab. 4–6. Temperature variability (i.e. positive temperature anomalies) in Europe (Rust et al., 2015), as well as in the area of East Herzegovina, is most strongly conditioned by the EA oscillation. In East Herzegovina, the positive correlation

Таб. 4. Пирсонов коефицијент корелације између годишњих вриједности индекса циркулација глобалних размјера (ЕА, НАО и АО) и температура ваздуха (Ta, Tmax и Tmin) на простору Источне Херцеговине у периоду 1961–2016. године

Tab. 4. Pearson correlation coefficient between annual values of teleconnection patterns indices (EA, NAO and AO) and air temperatures (Ta, Tmax and Tmin) in the East Herzegovina in the 1961–2016 periods

	ЕА			НАО			АО		
	Та	Тmax	Тmin	Та	Тmax	Тmin	Та	Тmax	Тmin
TR	0.615	0.694	0.599	0.135	0.253	-0.105	0.416	0.484	0.141
BI	0.619	0.647	0.383	0.126	0.272	-0.039	0.330	0.496	0.043
ЇЕ	0.713	0.717	0.691	0.202	0.238	0.084	0.365	0.447	0.285
МО	0.726	0.648	0.723	0.155	0.156	0.084	0.406	0.460	0.318

Статистички значајно на нивоу 95 % / Statistically significant at the 95 % level

позитивна повезаност између ЕА осцилације и температуре ваздуха (T_a , T_{max} и T_{min}) је јака и статистички значајна током цијеле године. Коefицијенти корелације између годишњег индекса ЕА и T_a , T_{max} и T_{min} износе 0.615–0.726, 0.647–0.717 и 0.383–0.723, респективно (Таб. 4). Иако је статистички значајна позитивна корелација присутна током цијеле године, највиши коefицијенти корелације утврђени су за сезоне љето и зима (Таб. 5 и Таб. 6).

NAO током позитивне фазе условљава транспорт топлијих маритимних ваздушних маса западним вјетровима, јачим од уобичајених, преко умјерених ширина, што на том подручју условљава позитивне аномалије температуре (Hurrell & Van Loon, 1997; Rust et al., 2015). Претходна истраживања у Босни и Херцеговини утврдила су да NAO има снажнији утицај на варијабилност климе у сјеверном дијелу територије, нарочито у сезони зима, него на југу (Trbić et al., 2017). У сезони зима значајна позитивна корелација са NAO утврђена је само на простору Мостара. Иако су ранија истраживања углавном указивала на значајан утицај NAO зими, посљедњих деценија појавила су се истраживања која доказују утицај NAO на варијабилност климе и у сезони љето (Blade et al., 2012; Chronis et al., 2011; Folland et al., 2009). Истраживања су идентификовала утицај NAO на климатске варијабле у источном Медитерану, који се огледа у томе да високе вриједности NAO индекса условљавају релативно хлађење површине (доње тропосфере), појачану циркулацију меридијанског правца и повећану облачност (Chronis et al., 2011). На простору Источне Херцеговине такође је у сезони љето утврђена значајна негативна корелација између NAO и T_a , T_{max} и T_{min} – израчунати коefицијенти корелације износе -0.376–0.426, -0.412–0.457 и -0.250–0.386, респективно (Таб. 5 и Таб. 6).

Корелационом анализом утврђена је и значајна позитивна повезаност T_a и T_{max} са АО на годишњем нивоу (0.330–0.416 и 0.447–0.496, респективно), док је корелација са T_{min} значајна само на дијелу територије (Таб. 4). Позитивна корелација са АО утврђена је и у сезони прољеће (Таб. 5 и Таб. 6).

between the EA oscillation and air temperatures (T_a , T_{max} and T_{min}) is strong and statistically significant throughout the year. The correlation coefficients between the annual EA index and T_a , T_{max} and T_{min} are 0.615–0.726, 0.647–0.717 and 0.383–0.723, respectively (Tab. 4). Although a statistically significant positive correlation is present throughout the year, the highest correlation coefficients were determined for the summer and winter seasons (Tab. 5 and Tab. 6).

During its positive phase, the NAO conditions the transport of warmer maritime air masses with westerly winds, stronger than usual, over moderate latitudes, which causes positive temperature anomalies over this area (Hurrell & Van Loon, 1997; Rust et al., 2015). Previous research in Bosnia and Herzegovina has found that the NAO has a stronger impact on climate variability in the northern part of the territory, especially during the winter season, than in the south (Trbić et al., 2017). In the winter season, over the studied area a significant positive correlation with the NAO was found only in the area of Mostar. Although previous studies have generally indicated a significant impact of NAO in winter, research in recent decades have demonstrated the impact of NAO on climate variability in the summer season as well (Blade et al., 2012; Chronis et al., 2011; Folland et al., 2009). Studies have identified the impact of NAO on climate variables in the East Mediterranean – high values of NAO index cause cooling of relative surface (in lower troposphere), increased meridian circulation and increased cloud cover (Chronis et al., 2011). In the area of East Herzegovina, a significant negative correlation between the NAO and T_a , T_{max} and T_{min} was also found in the summer season – the calculated correlation coefficients are -0.376–0.426, -0.412–0.457 and -0.250–0.386, respectively (Tab. 5 and Tab. 6).

Correlation analysis also determined a significant positive correlation of T_a and T_{max} with the AO, on an annual basis (0.330–0.416 and 0.447–0.496, respectively), whereas the correlation with T_{min} was significant only in parts of the territory (Tab. 4). A positive correlation with the AO was also found in the spring season (Tab. 5 and Tab. 6).

Таб. 5. Пирсонов коефицијент корелације између сезонских вриједности индекса циркулација глобалних размјера (ЕА, NAO и АО) и Та на простору Источне Херцеговине у периоду 1961–2016. године

Tab. 5. Pearson correlation coefficient between seasonal values of teleconnection patterns indices (EA, NAO and AO) and Ta in the East Herzegovina in the 1961–2016 periods

	ЕА			
	З / W	П / Sp	ЈБ / Su	Ј / А
TR	0.641	0.456	0.701	0.381
BI	0.628	0.472	0.674	0.343
ЇЕ	0.696	0.472	0.591	0.430
MO	0.672	0.535	0.670	0.452
	NAO			
	З / W	П / Sp	ЈБ / Su	Ј / А
TR	0.142	0.164	-0.423	-0.021
BI	0.081	0.135	-0.426	-0.044
ЇЕ	0.241	0.150	-0.376	-0.057
MO	0.290	0.215	-0.384	0.023
	АО			
	З / W	П / Sp	ЈБ / Su	Ј / А
TR	0.077	0.498	-0.050	0.170
BI	0.032	0.432	-0.098	0.092
ЇЕ	0.099	0.425	-0.120	0.042
MO	0.181	0.500	-0.037	0.212

Статистички значајно на нивоу 95 % / Statistically significant at the 95 % level

Таб. 6. Пирсонов коефицијент корелације између сезонских вриједности индекса циркулација глобалних размјера (ЕА, NAO и АО) и Tmax и Tmin на простору Источне Херцеговине у периоду 1961–2016. године

Tab. 6. Pearson correlation coefficient between seasonal values of teleconnection patterns indices (EA, NAO and AO) and Tmax и Tmin in the East Herzegovina in 1961–2016

Tmax					Tmin				
	EA					EA			
	З / W	П / Sp	Љ / Su	Ј / A		З / W	П / Sp	Љ / Su	Ј / A
TR	0.700	0.501	0.677	0.483	TR	0.643	0.529	0.622	0.394
BI	0.591	0.440	0.678	0.380	BI	0.517	0.314	0.521	0.270
ЇЕ	0.686	0.461	0.642	0.508	ЇЕ	0.656	0.444	0.657	0.478
МО	0.647	0.449	0.633	0.394	МО	0.616	0.458	0.662	0.484
	NAO					NAO			
	З / W	П / Sp	Љ / Su	Ј / A		З / W	П / Sp	Љ / Su	Ј / A
TR	0.359	0.269	-0.414	0.074	TR	0.015	0.048	-0.382	-0.055
BI	0.320	0.274	-0.457	0.033	BI	-0.056	0.038	-0.250	-0.160
ЇЕ	0.318	0.202	-0.412	-0.014	ЇЕ	0.176	0.110	-0.386	-0.123
МО	0.368	0.212	-0.432	0.083	МО	0.178	0.212	-0.336	-0.016
	AO					AO			
	З / W	П / Sp	Љ / Su	Ј / A		З / W	П / Sp	Љ / Su	Ј / A
TR	0.377	0.525	-0.044	0.335	TR	-0.139	0.345	-0.101	0.067
BI	0.383	0.514	-0.119	0.262	BI	-0.179	0.270	-0.021	-0.221
ЇЕ	0.218	0.465	-0.114	0.200	ЇЕ	0.020	0.416	-0.105	-0.059
МО	0.372	0.523	-0.086	0.344	МО	0.024	0.488	0.007	0.067

Статистички значајно на нивоу 95 % / Statistically significant at the 95 % level

ЗАКЉУЧАК

Резултати истраживања показују да је на простору Источне Херцеговине присутна тенденција загријавања климатског система. Значајне позитивне трендове испољавају како средње, тако екстремне температуре ваздуха. Добијени резултати су у сагласности са резултатима других студија спроведених у Босни и Херцеговини, Југоисточној Европи и региону Медитерана генерално.

Уочени трендови указују на неопходност примјене мјера адаптације на климатке промјене, које ће нарочито бити нужне у-

CONCLUSION

The research results show that over the area of East Herzegovina there is a tendency of climate system warming. The significant positive trends were displayed by both mean and extreme air temperatures. The obtained results are in agreement with the results of other studies conducted in Bosnia and Herzegovina, the Southeast Europe and the Mediterranean region in general. The observed trends indicate the need to implement adaptation measures to climate change, which will be especially necessary if the projections of climate change by the end of the century are taken into account.

лико се узму у обзир пројекције промјена до краја вијека.

Током 21. вијека глобално загријавање ће се и даље наставити, као и повећање температура у региону Медитерана (Barcikowska et al., 2020; Brogli et al., 2019; Giorgi & Lionello, 2008), али по стопамма 20 % вишим од глобалног просјека (Lionello & Scarascia, 2018). Такође, повећаће се учесталост и интензитет топлих таласа (Diffenbaugh et al., 2007). Загријавање ће нарочито бити интензивно љети – приближно 50 % веће од глобалног загријавања, ако се посматра басен у цјелини, а у копненим подручјима која се налазе сјеверно од Средоземног мора локално и до 100 % веће (Lionello & Scarascia, 2018). Притисак на екосистеме и људске дјелатности биће још снажнији ако се узме у обзир да ће се падавине смањивати (са максималним смањењем у подручјима дуж сјеверне границе медитеранског региона у сезони љето) (Alessandri et al., 2014; Kelley et al., 2012; Lionello & Scarascia, 2018). Све пројекције климатских промјена слажу се да ће у региону Медитерана доћи до повећане учесталости и интензитета суша (Tramblay et al., 2020). Очекује се да ће једна од посљедица повећања температуре и смањења падавина (а повећања учесталости суше) бити повећана активност пожара широм Медитерана због наведених климатских промјена. Пројекције показују да би се учесталост пожара могла повећати за 14 % до краја вијека (2071–2100) према сценарију RCP4.5, односно за чак 30 % према сценарију RCP8.5 (Ruffault et al., 2020).

Наведене промјене климе, повећање температуре и сушности, утицаће и на низ веома важних социоекономских активности у Источној Херцеговини, као што су туризам, пољопривреда, енергетика, здравствени ризици, водни ресурси итд. Због тога је неопходно спровођење адекватних мјера митигације и адаптације на уочене и пројектоване промјене климе.

Захвалница: Резултати представљени у раду дио су научно-истраживачког пројекта „Анализа плувиометријског режима на подручју Источне Херцеговине у контексту савремених климатских промјена“ (Број уговора: 19/6-020/961-18/18) финансираног од стране Министарства за научнотехнолошки развој, високо образовање и информационо друштво Републике Српске.

During the 21st century, global warming will continue, as will rising temperatures in the Mediterranean region (Barcikowska et al., 2020; Brogli et al., 2019; Giorgi & Lionello, 2008), but at rates 20 % higher than the global average (Lionello & Scarascia, 2018). Also, the frequency and intensity of heat waves will increase (Diffenbaugh et al., 2007). Warming will be particularly intense in summer – approximately 50 % higher than warming at the global scale, if we observe the basin as a whole, and in terrestrial areas north of the Mediterranean locally up to 100 % higher (Lionello & Scarascia, 2018). Pressure on ecosystems and human activities will be even stronger if we take into account that precipitation will decrease (with maximum reduction in the areas along the northern border of the Mediterranean region in the summer season) (Alessandri et al., 2014; Kelley et al., 2012; Lionello & Scarascia, 2018). All climate change projections agree that frequency and intensity of droughts in the Mediterranean region there will increase (Tramblay et al., 2020). It is expected that one of the consequences of the increasing air temperatures and decreasing precipitation (and the increasing frequency of drought) will be increased fire activity across the Mediterranean region due to the above stated climate changes. Projections show that the fire frequency could increase by 14 % by the end of the century (2071–2100) according to the RCP4.5 scenario, or by even 30 % according to the RCP8.5 scenario (Ruffault et al., 2020).

The stated climate changes, increasing air temperatures and drought, will affect a number of very important socio-economic activities in East Herzegovina, such as tourism, agriculture, energy, health risks, water resources, etc. Therefore, it is necessary to implement adequate measures of mitigation and adaptation to the observed and projected climate change.

Acknowledgment: The results presented in this paper are part of the scientific research project “Analysis of the pluviometric regime in the East Herzegovina region in the context of recent climate change” (Contract number: 19/6-020/961-18/18) funded by the Ministry of scientific and technological development, higher education and information society of the Republic of Srpska.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Alessandri, A., De Felice, M., Zeng, N., Mariotti, A., Pan, Y., Cherchi, A., Lee, J. Y., Wang, B., Ha, K. J., Ruti, P., & Artale, V. (2014). Robust Assessment of the Expansion and Retreat of Mediterranean Climate in the 21st Century. *Scientific Reports*, 4, Article 7211. <https://doi.org/10.1038/srep07211>
- Alpert, P., Ben-Gai, T., Baharad, A., Benjamini, Y., Yekutieli, D., Colacino, M., Diodato, L., Ramis, C., Homar, V., Romero, R., Michaelides, S., & Manes, A. (2002). The Paradoxical Increase of Mediterranean Extreme Daily Rainfall in Spite of Decrease in Total Values. *Geophysical Research Letters*, 29(11), 311–314. <https://doi.org/10.1029/2001GL013554>
- Barcikowska, M. J., Kapnick, S. B., Krishnamurty, L., Russo, S., Cherchi, A., & Folland, C. K. (2020). Changes in the Future Summer Mediterranean Climate: Contribution of Teleconnections and Local Factors. *Earth System Dynamics*, 11(1), 161–181. <https://doi.org/10.5194/esd-11-161-2020>
- Barnston, A. G., & Livezey, R. E. (1987). Classification, Seasonality and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns. *Monthly Weather Review*, 115(6), 1083–1126. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1987\)115<1083:CSAPOL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1987)115<1083:CSAPOL>2.0.CO;2)
- Bartholy, J., & Pongrácz, R. (2007). Regional Analysis of Extreme Temperature and Precipitation Indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, 57(1–2), 83–95. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.11.002>
- Blade, I., Liebmann, B., Fortuny, D., & van Oldenborgh, G. J. (2012). Observed and Simulated Impacts of the Summer NAO in Europe: Implications for Projected Drying in the Mediterranean Region. *Climate Dynamics*, 39, 709–727. <https://doi.org/10.1007/s00382-011-1195-x>
- Brogli, R., Sørland, S. L., Kröner, N., & Schär, C. (2019). Causes of Future Mediterranean Precipitation Decline Depend on the Season. *Environmental Research Letters*, 14, Article 114017. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4438>
- Burić, D., Ducić, V., Mihajlović, J., Luković, J., & Dragojlović, J. (2015a). Recent Extreme Air Temperature Changes in Montenegro. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 95(4), 53–66. <https://doi.org/10.2298/GSGD140626002B>
- Burić, D., Luković, J., Bajat, B., Kilibarda, M., & Živković, N. (2015b). Recent Trends in Daily Rainfall Extremes over Montenegro (1951–2010). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(9), 2069–2077. <https://doi.org/10.5194/nhess-15-2069-2015>
- Chronis, T., Raitzos, D. E., Kassis, D., & Sarantopoulos, A. (2011). The Summer North Atlantic Oscillation Influence on the Eastern Mediterranean. *Journal of Climate*, 24(21), 5584–5596. <https://doi.org/10.1175/2011JCLI3839.1>
- Climate Prediction Center. (2019). *Northern Hemisphere Teleconnection Patterns*. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, Climate Prediction Center. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>
- Di Bacco, M., & Scorzini, A. R. (2020). Recent Changes in Temperature Extremes Across the North-Eastern Region of Italy and Their Relationship with Large-Scale Circulation. *Climate Research*, 81, 167–185. <https://doi.org/10.3354/cr01614>
- Diffenbaugh, N. S., Pal, J. S., Giorgi, F., & Gao, X. (2007). Heat Stress Intensification in the Mediterranean Climate Change Hotspot. *Geophysical Research Letters*, 34(11), Article L11706. <https://doi.org/10.1029/2007GL030000>
- Дуцић, В., & Анђелковић, Г. (2004). *Климатологија – практикум за географе*. Географски факултет Универзитета у Београду.
- Dunn, R. J. H., Alexander, L. V., Donat, M. G., Zhang, X., Bador, M., Herold, N., Lippmann, T., Allan, R., Aguilar, E., Barry, A. A., Brunet, M., Caesar, J., Chagnaud, G., Cheng, V., Cinco, T., Durre, I., de Guzman, R., Mar Htay, T., Ibadullah, W. M. W., ... Yussof, M. N. A. B. H. (2020). Development of an Updated Global Land in Situ-Based Data Set of Temperature and Precipitation Extremes: HadEX3. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125, Article e2019JD032263. <https://doi.org/10.1029/2019JD032263>
- Fioravanti, G., Piervitali, E., & Desiato, F. (2016). Recent Changes of Temperature Extremes over Italy: An Index-Based Analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 123(3), 473–486. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1362-1>
- Folland, C. K., Knight, J., Linderholm, H. W., Fereday, D., Ineson, S., & Hurrell, J. W. (2009). The Summer North Atlantic Oscillation: Past, Present, and

- Future. *Journal of Climate*, 22(5), 1082–1103. <https://doi.org/10.1175/2008JCLI2459.1>
- Fonseca, D., Carvalho, M. J., Marta-Almeida, M., Melo-Gonçalves, P., & Rocha, A. (2016). Recent Trends of Extreme Temperature Indices for the Iberian Peninsula. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 94, 66–76. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2015.12.005>
- Gajić-Čapka, M., Cindrić, K., & Pasarić, Z. (2015). Trends in Precipitation Indices in Croatia, 1961–2010. *Theoretical and Applied Climatology*, 121(1), 167–177. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1217-9>
- Giorgi, F., & Lionello, P. (2008). Climate Change Projections for the Mediterranean Region. *Global and Planetary Change*, 63(2–3), 90–104. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.09.005>
- Hurrell, J., & Van Loon, H. (1997). Decadal Variations in Climate Associated with the North Atlantic Oscillation. *Climatic Change*, 36(3), 301–326. <https://doi.org/10.1023/A:1005314315270>
- Hurrell, J. W. (1995). Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation. *Science*, 269(5224), 676–679. <https://doi.org/10.1126/science.269.5224.676>
- Kelley, C., Ting, M., Seager, R., & Kushnir, Y. (2012). Mediterranean Precipitation Climatology, Seasonal Cycle, and Trend as Simulated by CMIP5. *Geophysical Research Letters*, 39, Article L21703. <https://doi.org/10.1029/2012GL053416>
- Kim, Y. H., Min, S. K., Zhang, X., Zwiers, F., Alexander, L. V., Donat, M. G., & Tung, S. Y. (2016). Attribution of Extreme Temperature Changes during 1951–2010. *Climate Dynamics*, 46, 1769–1782. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2674-2>
- Kioutsoukakis, I., Melas, D., & Zerefos, C. (2010). Statistical Assessment of Changes in Climate Extremes over Greece (1955–2002). *International Journal of Climatology*, 30(11), 1723–1737. <https://doi.org/10.1002/joc.2030>
- Lakatos, M., Bihari, Z., Szentimrey, T., Spinoni, J., & Szalai, S. (2016). Analyses of Temperature Extremes in the Carpathian Region in the period 1961–2010. *Időjárás – Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 120(1), 41–51.
- Lelieveld, J., Hadjinicolaou, P., Kostopoulou, E., Chenoweth, J., El Maayar, M., Giannakopoulos, C., Hannides, C., Lange, M. A., Tanarhte, M., Tyrlis, E., & Xoplaki, E. (2012). Climate Change and Impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. *Climatic Change*, 114(3–4), 667–687. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0418-4>
- Lionello, P., & Scarascia, L. (2018). The Relation Between Climate Change in the Mediterranean Region and Global Warming. *Regional Environmental Change*, 18(5), 1481–1493. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1290-1>
- Mann, M. E., Miller, S. K., Rahmstorf, S., Steinman, B. A., & Tingley, M. (2017). Record Temperature Streak Bears Anthropogenic Fingerprint. *Geophysical Research Letters*, 44(15), 7936–7944. <https://doi.org/10.1002/2017GL074056>
- Pastor, F., Valiente, J. A., & Palau, J. L. (2018). Sea Surface Temperature in the Mediterranean: Trends and Spatial Patterns (1982–2016). *Pure and Applied Geophysics*, 175, 4017–4029. <https://doi.org/10.1007/s00024-017-1739-z>
- Philandras, C. M., Nastos, P. T., Kapsomenakis, J., Douvis, K. C., Tselioudis, G., & Zerefos, C. S. (2011). Long Term Precipitation Trends and Variability within the Mediterranean Region. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, 3235–3250. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-3235-2011>
- Pisano, A., Marullo, S., Artale, V., Falcini, F., Yang, C., Leonelli, F. E., Santoleri, R., & Buongiorno Nardelli, B. (2020). New Evidence of Mediterranean Climate Change and Variability from Sea Surface Temperature Observations. *Remote Sensing*, 12, Article 132. <https://doi.org/10.3390/rs12010132>
- Popov, T., Gnjato, S., & Trbić, G. (2017). Trends in Extreme Temperature Indices in Bosnia and Herzegovina: A Case Study of Mostar. *Гласник/Herald*, 21, 107–132. <https://doi.org/10.7251/HER2117107P>
- Popov, T., Gnjato, S., & Trbić, G. (2018a). Analysis of Changes in Extreme Climate Indices in Mostar. *Гласник/Herald*, 22, 79–102. <https://doi.org/10.7251/HER2218079P>
- Popov, T., Gnjato, S., & Trbić, G. (2019a). Changes in Precipitation over the East Herzegovina Region. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 99(1), 29–44. <https://doi.org/10.2298/GS-GD1901029P>
- Popov, T., Gnjato, S., & Trbić, G. (2019b). Extreme Temperature and Precipitation Months in the East Herzegovina Region. *Гласник/Herald*, 23, 73–94. <https://doi.org/10.7251/HER1923073P>
- Popov, T., Gnjato, S., Trbić, G., & Ivanišević, M. (2018b). Recent Trends in Extreme Temperature Indices in Bosnia and Herzegovina. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Scienc-*

- es, 13(1), 211–224. <https://doi.org/10.26471/cjees/2018/013/019>
- Popov, T., Gnjato, S., Trbić, G., & Ivanišević, M. (2019c). Analysis of Extreme Precipitation Indices in the East Herzegovina (Bosnia and Herzegovina). *Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA*, 69(1), 1–16. <https://doi.org/10.2298/IJGI1901001P>
- Raymond, F., Ullmann, A., Trambly, Y., Drobinski, P., & Camberlin, P. (2019). Evolution of Mediterranean Extreme Dry Spells During the Wet Season Under Climate Change. *Regional Environmental Change*, 19(8), 2339–2351. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01526-3>
- Ruffault, J., Curt, T., Moron, V., Trigo, R. M., Moullet, F., Koutsias, N., Pimont, F., Martin-StPaul, N., Barbero, R., Dupuy, J.-L., Russo, A., & Belhadj-Khedher, C. (2020). Increased Likelihood of Heat-Induced Large Wildfires in the Mediterranean Basin. *Scientific Reports*, 10, Article 13790. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70069-z>
- Ruml, M., Gregorić, E., Vujadinović, M., Radovanović, S., Matović, G., Vuković, A., Počuča, V., & Stojičić, Dj. (2017). Observed Changes of Temperature Extremes in Serbia over the Period 1961–2010. *Atmospheric Research*, 183, 26–41. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.08.013>
- Rust, H. W., Richling, A., Bissolli, P., & Ulbrich, U. (2015). Linking Teleconnection Patterns to European Temperature – A Multiple Linear Regression Model. *Meteorologische Zeitschrift*, 24(4), 411–423. <https://doi.org/10.1127/metz/2015/0642>
- Scorzini, A. R., Di Bacco, M., & Leopardi, M. (2018). Recent Trends in Daily Temperature Extremes over the Central Adriatic Region of Italy in a Mediterranean Climatic Context. *International Journal of Climatology*, 38(S1), e741–e757. <https://doi.org/10.1002/joc.5403>
- Thompson, D. W. J., & Wallace, J. M. (1998). The Arctic Oscillation Signature in the Wintertime Geopotential Height and Temperature Fields. *Geophysical Research Letters*, 25(9), 1297–1300. <https://doi.org/10.1029/98GL00950>
- Trambly, Y., Koutroulis, A., Samaniego, L., Vicente-Serrano, S. M., Volaire, F., Boone, A., Le Page, M., Carmen Llasat, M., Albergel, C., Burak, S., Cailleret, M., Cindrić Kalin, K., Davi, H., Dupuy, J.-L., Greve, P., Grillakis, M., Hanich, L., Jarlan, L., Martin-St Paul, N., ... Polcher, J. (2020). Challenges for Drought Assessment in the Mediterranean Region under Future Climate Scenarios. *Earth-Science Reviews*, 210, Article 103348. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103348>
- Trbić, G., Popov, T., & Gnjato, S. (2017). Analysis of Air Temperature Trends in Bosnia and Herzegovina. *Geographica Pannonica*, 21(2), 68–84. <https://doi.org/10.18421/GP21.02-01>
- Tuel, A., & Eltahir, E. A. B. (2020). Why Is the Mediterranean a Climate Change Hot Spot? *Journal of Climate*, 33(14), 5829–5843. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0910.1>
- Unkašević, M., & Tošić, I. (2013). Trends in Temperature Indices over Serbia: Relationships to Large-Scale Circulation Patterns. *International Journal of Climatology*, 33(15), 3152–3161. <https://doi.org/10.1002/joc.3652>
- Zhang, R., Sun, C., Zhu, J., Zhang, R., & Li, W. (2020). Increased European Heat Waves in Recent Decades in Response to Shrinking Arctic Sea Ice and Eurasian Snow Cover. *npj Climate and Atmospheric Science*, 3, Article 7. <https://doi.org/10.1038/s41612-020-0110-8>