

**ТРЕНДОВИ ИНДЕКСА ЕКСТРЕМНИХ ТЕМПЕРАТУРА У
БОСНИ И ХЕРЦЕГОВИНИ – ПРИМЈЕР МОСТАРА****Татјана Попов¹, Слободан Гњато¹ и Горан Трбић¹**¹Универзитет у Бањој Луци, Природно–математички факултет, Република Српска

Сажетак: У раду су анализирани трендови индекса екстремних температура у Босни и Херцеговини. Дневне минималне и максималне температуре у периоду 1961–2016. године са метеоролошке станице Мостар (који је изабран за студију случаја) коришћене су за израчунавање 18 индекса употребом RClimDex (1.0) софтвера. Максималне и минималне температуре показују тенденцију раста током цијеле године. Позитивни трендови топлих температурних индекса израженији су од опадајућих трендова хладних температурних индекса. Међутим, оба тренда указују да је на овом подручју присутно загријавање климатског система. Осмотрени трендови најизраженији су у сезони љето, затим у сезонама прољеће и зима. Утврђена је значајна позитивна/негативна корелација између Источно-атлантске осцилације и топлих/хладних температурних индекса током цијеле године. Зимске и прољећне температуре такође су повезане са Сјеверно-атлантском и Арктичком осцилацијом, респективно.

Кључне ријечи: екстремне температуре, индекси, тренд, климатске промјене, Мостар (Босна и Херцеговина).

Original scientific paper

**TRENDS IN EXTREME TEMPERATURE INDICES IN
BOSNIA AND HERZEGOVINA: A CASE STUDY OF MOSTAR****Tatjana Popov¹, Slobodan Gnjato¹ and Goran Trbić¹**¹University of Banja Luka, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Republic of Srpska

Abstract: The study analyzes trends in extreme temperature indices in Bosnia and Herzegovina. Daily minimum and maximum temperatures during the 1961–2016 periods from Mostar meteorological station (which was chosen as a case study area) were used for calculation of 18 indices in the RClimDex (1.0) software. The maximum and minimum temperatures displayed a warming tendency throughout the year. The positive trends in warm temperature indices were stronger than the downward trends in cold temperature indices. However, both trends indicate that the climate system warming is present. The observed trends were most prominent in summer, then in spring and winter. The significant positive/negative correlation between East-Atlantic pattern and warm/cold temperature indices was determined throughout the year. Winter and spring temperatures were also related to the North Atlantic Oscillation and Arctic Oscillation, respectively.

Key words: extreme temperatures, indices, trend, climate change, Mostar (Bosnia and Herzegovina).

УВОД

Просјечна глобална површинска температура ваздуха порасла је од краја 19. вијека (Hartmann, D. L. et al., 2013; IPCC, 2014). Овај тренд загријавања посебно је изражен од 1970-их година (Hartmann, D. L. et al., 2013). Истраживања на глобалном нивоу утврдила су веома кохерентне трендове екстремних температурних индекса који указују на загријавање климатског система – од средине 20. вијека у већини подручја присутно је смањење хладних температурних екстрема и повећање топлих температурних екстрема (Alexander, L. V. et al., 2006; Donat, M. G. et al., 2013; Hartmann, D. L. et al., 2013). На глобалном нивоу значајно је смањена/повећана годишња учесталост појаве хладних/топлих дана и ноћи (Alexander, L. V. et al., 2006; Donat, M. G. et al., 2013). Апсолутни температурни индекси такође показују тренд пораста у другој половини 20. вијека (Alexander, L. V. et al., 2006; Donat, M. G. et al., 2013). Глобално загријавање резултовало је продужењем вегетационог периода у умјереним ширинама сјеверне хемисфере (Frich, P. et al., 2002). Промјене индекса заснованих на фиксним вриједностима прагова (опадајући тренд годишње појаве мразних и ледених дана и растући тренд појаве тропских дана, тропских ноћи и љетних дана) такође потврђују тренд загријавања (Alexander, L. V. et al., 2006; Frich, P. et al., 2002). Такође, врло је вјероватно да је у овом периоду дужина трајања топлих таласа глобално повећана (Hartmann, D. L. et al., 2013). Годишња учесталост појаве топлих/хладних таласа значајно је порасла/смањена (Alexander, L. V. et al., 2006; Donat, M. G. et al., 2013). Дужина трајања и учесталост појаве веома топлог времена, укључујући топле таласе, порасла је од средине 20. вијека у већини региона свијета и Европе (Hartmann, D. L. et al., 2013). Свеобухватна процјена осмотрених промјена екстремних догађаја представљена је у Специјалном извјештају IPCC о управљању ризицима екстремних догађаја и природним катастрофама у циљу унапређења адаптација на климатске промјене (IPCC, 2012). Сви глобално

INTRODUCTION

The globally averaged land surface air temperature has risen since the late 19th century (Hartmann, D. L. et al., 2013; IPCC, 2014). This warming trend has been particularly marked since the 1970s (Hartmann, D. L. et al., 2013). Global scale studies found the large coherent trends in temperature extremes consistent with the climate system warming – a large majority of global land areas had experienced decrease in cold temperature indices and increase in warm temperature indices since the middle of the 20th century (Alexander, L. V. et al., 2006; Donat, M. G. et al., 2013; Hartmann, D. L. et al., 2013). Global land area showed a significant decrease/increase in the annual occurrence of cold/warm days and nights (Alexander, L. V. et al., 2006; Donat, M. G. et al., 2013). The absolute temperature indices have also displayed an upward trend in the second half of the 20th century (Alexander, L. V. et al., 2006; Donat, M. G. et al., 2013). The global warming resulted in a lengthening of the growing season in most parts of the Northern Hemisphere mid-latitudes (Frich, P. et al., 2002). The changes in the threshold-based temperature indices (the downward trends in the annual occurrence of frost days and ice days and the upward trends in the annual occurrence of tropical nights, tropical days and summer days) also confirm warming trend (Alexander, L. V. et al., 2006; Frich, P. et al., 2002). In addition, globally averaged multi-day heat events had likely exhibited increase during this period (Hartmann, D. L. et al., 2013). The annual occurrence of warm/cold spells significantly increased/decreased (Alexander, L. V. et al., 2006; Donat, M. G. et al., 2013). The length and frequency of warm spells, including heat waves, has increased since the middle of the 20th century in large parts of world and Europe (Hartmann, D. L. et al., 2013). A comprehensive assessment of observed changes in extreme events was given in the IPCC Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (IPCC, 2012). All of these globally observed

осмотрени трендови индекса екстремних температура такође су запажени и у Европи (Klein Tank, A. M. G. & Können, G. P., 2003; Andrade, C. et al., 2012; Dankers, R. & Hiederer, R., 2008).

Ова студија представља наставак истраживања проблема климатских промјена у Босни и Херцеговини (Trbić, G. et al., 2017; Попов, Т. & Трбић, Г., 2015; Трбић, Г., 2013). С обзиром на то да су претходне студије (Giorgi, F., 2006) установиле да ће регион Медитерана бити једно од примарних „жаришта“ климатских промјена (тј. област која ће снажно реаговати на глобалне промјене), за анализу трендова индекса екстремних температура у Босни и Херцеговини изабран је простор Мостара због свог положаја у јужном (субмедитеранском) дијелу територије (регион Херцеговине). Мостар је смјештен у средишњем дијелу сјеверне умјерене зоне, на 43°20'53" с. г. ш. и 17°47'38" и. г. д. и на 99 m надморске висине. Налази се у долини ријеке Неретве која је према југу широко отворена и изложена снажним маритимним утицајима Медитерана. Стога, специфичне климатске карактеристике Мостара доминантно су условљене близином Јадранског мора, долињским положајем и геолошким саставом терена (област карста). Измијењена Јадранска клима карактеристична је за ово подручје. Одликују је благе и кишовите зиме и сува и врела љета. Максимум падавина излучи се у зимским мјесецима, док се минимална количина падавина излучи у сезони љето.

Позитивни/негативни трендови топлих/хладних температурних индекса већ су утврђени бројним студијама широм региона Медитерана (Fioravanti, G. et al., 2016; Kioutsioukis, I. et al., 2010; Varfi, M. S. et al., 2009; Kostopoulou, E. & Jones, P. D., 2005; Fernández-Montes, S. & Rodrigo, F. S., 2012; Fonseca, D. et al., 2016; Kenawy, A. E. et al., 2011; Espirito Santo, F. et al., 2014). Истраживања у медитеранском и субмедитеранском дијелу југоисточне Европе, гдје се налази Босна и Херцеговина, утврдила су пораст топлих температурних индекса и смањење хладних, што указује на загријавање климатског система током друге половине 20.

trends in extreme temperature indices have also been found in Europe (Klein Tank, A. M. G. & Können, G. P., 2003; Andrade, C. et al., 2012; Dankers, R. & Hiederer, R., 2008).

This study represents a continuation of a research on climate change in Bosnia and Herzegovina (Trbić, G. et al., 2017; Попов, Т. & Трбић, Г., 2015; Трбић, Г., 2013). Given that previous studies (Giorgi, F., 2006) had found that the Mediterranean region would be one of the primary hot-spots of climate change (i. e. an area whose climate will be especially responsive to global change), Mostar was chosen as case study area for the analysis of trends in extreme temperature indices in Bosnia and Herzegovina due to its location in the southern (submediterranean) part of the territory (in Herzegovina region). Mostar lies in the middle part of the northern temperate zone, at 43°20'53" N latitudes, 17°47'38" E longitudes and at an altitude of 99 m. It is located in the Neretva River valley, which is widely open to the south and exposed to the strong maritime influences of the Mediterranean Sea. Therefore, the specific features of Mostar climate are predominantly conditioned by proximity of the Adriatic Sea, location in the Neretva River valley and geological composition (the karst area). The modified Adriatic climate is typical for this area. It is characterized by mild and rainy winters and dry and hot summers. Maximum and minimum precipitation occurs in winter and summer months, respectively.

The upward/downward trends in warm/cold temperature indices have already been determined by numerous studies all over the Mediterranean region (Fioravanti, G. et al., 2016; Kioutsioukis, I. et al., 2010; Varfi, M. S. et al., 2009; Kostopoulou, E. & Jones, P. D., 2005; Fernández-Montes, S. & Rodrigo, F. S., 2012; Fonseca, D. et al., 2016; Kenawy, A. E. et al., 2011; Espirito Santo, F. et al., 2014). Studies in the Mediterranean and Submediterranean part of the Southeast Europe where Bosnia and Herzegovina is located have also reported an increase in warm temperature indices and a decrease in cold ones, thus indicating the warming of climate system during

вијека и на почетку 21. вијека (Branković, Č. et al., 2013; Zaninovic, K. & Cindric, K., 2014; Burić, D. et al., 2014; Burić, D. et al., 2015). Претходно наведено наметнуло је нужну потребу спровођења истраживање ове врсте у Босни и Херцеговини. Главни циљеви истраживања били су: 1. израчунати индексе екстремних температура у Босни и Херцеговини (Мостар) у периоду 1961–2016. године; 2. анализирати трендове индекса екстремних температура и 3. утврдити повезаност између осматраних трендова и образаца глобалне циркулације атмосфере на сјеверној хемисфери.

ПОДАЦИ И МЕТОДЕ

Анализа трендова индекса екстремних температура у периоду 1961–2016. године извршена је на основу климатолошких података о дневним максималним и минималним температурама ваздуха са метеоролошке станице Мостар. Податке је обезбједио Федерални хидрометеоролошки завод Сарајево. Током посматраног периода станица није мијењала локацију и није било прекида у мјерењима.

Анализи индекса екстремних температура претходила је анализа годишњих и сезонских средњих дневних максималних (Tmax) и минималних (Tmin) температура. Савремена варијабилност екстремних температура утврђена је на основу трендова топлих и хладних температурних индекса. Укупно 18 климатских индекса (Таб. 1) које је препоручио CCI/CLIVAR тим експерата за детекцију савремених климатских промјена (ETCCDI) одабрано је за анализу. Изабрани индекси обухватају: апсолутне индексе (TNx, TNn, TXx и TXn), индексе засноване на перцентилима (TN10p, TX10p, TN90p и TX90p), индексе засноване на фиксним вриједностима прагова (FD0, ID0, SU25, TR30 и TR20), индексе засноване на дужини трајања (WSDI, CSDI и GSL) и индексе варијабилности екстрема (DTR и ETR).

Индекси су израчунати употребом

the second half of the 20th and at the beginning of the 21st century (Branković, Č. et al., 2013; Zaninovic, K. & Cindric, K., 2014; Burić, D. et al., 2014; Burić, D. et al., 2015). Stated has imposed a certain need of undertaking research of this kind in Bosnia and Herzegovina. The main aims of the study were: 1. to calculate extreme temperature indices over Bosnia and Herzegovina (Mostar) during the 1961–2016 periods; 2. to analyze trends in extreme temperature indices and 3. to investigate the correlation between observed trends and the large-scale circulation patterns over the Northern Hemisphere.

DATA AND METHODS

The analysis of trends in extreme temperature indices during the 1961–2016 periods was carried out using climatological data set of daily maximum and minimum temperatures from Mostar meteorological station. Data were provided by the Federal Hydrometeorological Institute Sarajevo. During the observed period station did not change location and there were no interruptions in measurements.

The analysis of extreme temperature indices was preceded by an analysis of the annual and seasonal mean daily maximum temperatures (Tmax) and mean daily minimum temperatures (Tmin). The recent extreme temperatures variability was determined by trends in warm and cold temperature indices. A set of 18 climate indices (Tab. 1) recommended by the CCI/CLIVAR Expert Team for Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) was chosen for the analysis. The selected indices cover: absolute indices (TNx, TNn, TXx and TXn), percentile-based indices (TN10p, TX10p, TN90p and TX90p), threshold-based indices (FD0, ID0, SU25, SU30 and TR20), duration-based indices (WSDI, CSDI and GSL) and extremes variability indices (DTR and ETR).

The indices were calculated using RCLimDex (1.0) software package that had been developed at Climate Research Division Canada (Zhang, X. & Yang, F., 2004). Before calculations, the data

RClimDex (1.0) софтвера који су развијен на Одсјеку за климатска истраживања Канаде (Zhang, X. & Yang, F., 2004). Прије израчунавања индекса, у RClimDex софтверу извршена је контрола квалитета података. Неколико вриједности дневних максималних и минималних температура било је изван дефинисаног опсега од 4 стандардне девијације. Наведене вриједности су затим провјерене и потврђене. Вриједност трендова израчуната је линеарном методом најмањих квадрата и локално пондерисаном линеарном регресијом (испрекидана линија на графиконима). Статистичка обиљежја линије линеарног тренда такође су приказана на графиконима. Статистичка значајност израчунатих вриједности трендова дефинисана је на нивоу 99.9 % ($p \leq 0.001$), 99 % ($0.001 < p \leq 0.01$), 95 % ($0.01 < p \leq 0.05$) и 90 % ($0.05 < p \leq 0.10$).

quality control procedure in RClimDex was also performed. The few outliers in daily maximum and minimum temperatures (defined as values outside a range of 4 standard deviations of the climatological mean value for the day) were found and then manually checked and confirmed. Trend slopes in RClimDex were computed by linear least square method and locally weighted linear regression (dashed line on plots). The linear trend fitting statistics was also displayed on the plots. The statistical significance of the estimated trends was defined at the 99.9 % ($p \text{ value} \leq 0.001$), 99 % ($0.001 < p \text{ value} \leq 0.01$), 95 % ($0.01 < p \text{ value} \leq 0.05$) and 90 % ($0.05 < p \text{ value} \leq 0.10$) level.

Таб. 1. Дефиниције температурних индекса коришћених у раду (ETCCDI, 2009)
Tab. 1. Definitions of the temperature indices used in the study (ETCCDI, 2009)

Индекс Index	Назив Descriptive name	Дефиниција Definition	Јединица Units
TXx	Максимална дневна максимална температура Maximum value of daily maximum temperature	Максимална годишња дневна максимална температура Annual maximum value of daily maximum temperature	°C °C
	Минимална дневна максимална температура Minimum value of daily maximum temperature	Минимална годишња дневна максимална температура Annual minimum value of daily maximum temperature	°C °C
TXn	Минимална дневна максимална температура Maximum value of daily minimum temperature	Максимална годишња дневна минимална температура Annual maximum value of daily minimum temperature	°C °C
	Минимална дневна минимална температура Minimum value of daily minimum temperature	Минимална годишња дневна минимална температура Annual minimum value of daily minimum temperature	°C °C
TX10p	Хладни дани Cold days	Број дана са TX < 10. перцентила Number of days when TX < 10th percentile	дани days
TX90p	Топли дани Warm days	Број дана са TX > 90. перцентила Number of days when TX > 90th percentile	дани days
TN10p	Хладне ноћи Cold nights	Број дана са TN < 10. перцентила Number of days when TN < 10th percentile	дани days
TN90p	Топле ноћи Warm nights	Број дана са TN > 90. перцентила Number of days when TN > 90th percentile	дани days
ID0	Број ледених дана Number of icing days	Годишњи број дана са TX < 0°C Annual count of days when TX < 0°C	дани days
FD0	Број мразних дана Number of frost days	Годишњи број дана са TN < 0°C Annual count of days when TN < 0°C	дани days
SU25	Број љетних дана Number of summer days	Годишњи број дана са TX > 30°C Annual count of days when TX > 25°C	дани days
SU30	Број тропских дана Number of tropical days	Годишњи број дана са Annual count of days when TX > 30°C	дани days
TR20	Број тропских ноћи Number of tropical nights	Годишњи број дана са TN > 20 Annual count of days when TN > 20°C	дани days
WSDI	Трајање топлих периода Warm spell duration index	Годишњи број дана у периодима од најмање 6 узастопних дана са TX > 90. перцентила Annual count of days with at least 6 consecutive days when TX > 90th percentile	дани days
	Трајање хладних периода Cold spell duration index	Годишњи број дана у периодима од најмање 6 узастопних дана са TN < 10. перцентила Annual count of days with at least 6 consecutive days when TN < 10th percentile	дани days
GSL	Дужина трајања вегетационог периода Growing season length	Број дана између прве појаве најмање 6 дана са TG > 5°C и прве појаве након 1. јула 6 дана са TG < 5°C Annual count between first span of at least 6 days with TG > 5°C and first span after July 1st of 6 days with TG < 5°C	дани days
DTR	Дневна амплитуда Daily temperature range	Средња мјесечна разлика између TX и TN Monthly mean difference between TX and TN	°C °C
ETR	Апсолутна интрагодишња температурна амплитуда Intra-annual extreme temperature range	Разлика између највише и најниже измјерене температуре у некој години Difference between the highest and the lowest temperature of the calendar year	°C °C

Да би се објаснили осматрени трендови, анализирани су обрасци глобалне циркулације атмосфере изнад сјеверне хемисфере. Анализирана су три примарна режима варијабилности атмосферске циркулације изнад сјеверног Атлантика (Сјеверно-атлантска осцилација (NAO), Источно-атлантска осцилација (EA) и Источно-атлантска/Западно-руска осцилација (EAWR)), као и Арктичка осцилација (AO) (Barnston, A. G. & Livezey, R. E., 1987; Thompson, D. W. J. & Wallace, J. M., 1998). Подаци о наведеним индексима глобалне циркулације атмосфере прикупљени од NOAA Climate Prediction Center (NOAA CPC, 2017). За квантификовање веза између анализираних индекса екстремних температура и глобалних образаца циркулације атмосфере коришћен је Пирсонов коефицијент корелације. Статистичка значајност утврђених корелација дефинисана је на нивоу 99.9 % ($p \leq 0.001$), 99 % ($0.001 < p \leq 0.01$), 95 % ($0.01 < p \leq 0.05$) и 90 % ($0.05 < p \leq 0.10$).

In order to evaluate the observed trends, the large-scale atmospheric circulations patterns over the Northern Hemisphere were investigated. The three primary modes of atmospheric circulation variability over the North Atlantic (the North Atlantic Oscillation (NAO), the East-Atlantic (EA) pattern and the East Atlantic/West Russia (EAWR) pattern) and the Arctic Oscillation (AO) were analyzed (Barnston, A. G. & Livezey, R. E., 1987; Thompson, D. W. J. & Wallace, J. M., 1998). The data on these large-scale atmospheric circulation pattern indices were collected from NOAA Climate Prediction Center (NOAA CPC, 2017). For quantification of the links between the analyzed extreme temperature indices and the large-scale circulation patterns, the Pearson correlation coefficient was used. The statistical significance of the determined correlations was defined at the 99.9 % (p value ≤ 0.001), 99 % ($0.001 < p$ value ≤ 0.01), 95 % ($0.01 < p$ value ≤ 0.05) and 90 % ($0.05 < p$ value ≤ 0.10) level.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Просјечне годишње и сезонске вриједности екстремних температура у посматраном периоду 1961–2016. године приказане су у Таб. 2. Годишње Tmax и Tmin у Мостару износе 20.4°C и 10.5°C, респективно. Анализа сезонских Tmax и Tmin показује да је лјето најтоплија сезона (30.9°C и 18.3°C, респективно), а зима најхладнија (9.9°C и 3.0°C, респективно). У овом јужном дијелу Босне и Херцеговине, јесен је топлија од прољећа (20.9°C и 11.3°C напрема 19.7° и 9.1°C, респективно). Преглед просјечних годишњих вриједности индекса екстремних температура у Мостару у посматраном периоду 1961–2016. године дат је у Таб. 3.

RESULTS AND DISCUSSION

The average annual and seasonal extreme temperatures in the observed period (1961–2016) are displayed in Tab. 2. The annual Tmax and Tmin in Mostar area are 20.4°C and 10.5°C, respectively. The analysis of seasonal Tmax and Tmin showed that summer is the warmest season (30.9°C and 18.3°C, respectively), whereas winter being the coldest (9.9°C and 3.0°C, respectively). In this southern part of Bosnia and Herzegovina, autumn is warmer than spring (20.9°C and 11.3°C vs. 19.7°C and 9.1°C, respectively). An overview of the average annual values of the extreme temperature indices in Mostar during the observed 1961–2016 periods is given in Tab. 3.

Таб. 2. Просјечне годишње и сезонске Tmax и Tmin у периоду 1961–2016.
Tab. 2. Average annual and seasonal Tmax and Tmin in the 1961–2016 periods

Параметар Variable	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn	Година Year
Tmax	9.9	19.7	30.9	20.9	20.4
Tmin	3.0	9.1	18.3	11.3	10.5

Таб. 3. Просјечне вриједности индекса екстремних температура у периоду 1961–2016.
Tab. 3. Average values of extreme temperature indices in the 1961–2016 periods

Индекс Index	Вриједност Value	Индекс Index	Вриједност Value	Индекс Index	Вриједност Value
TXx	38.89	TN10p	32.30	TR20	28.86
TXn	0.51	TN90p	51.48	WSDI	14.05
TNx	24.81	ID0	1.13	CSDI	4.64
TNn	-4.97	FD0	20.04	GSL	343.02
TX10p	33.88	SU25	127.00	DTR	9.92
TX90p	51.36	SU30	65.63	ETR	43.86

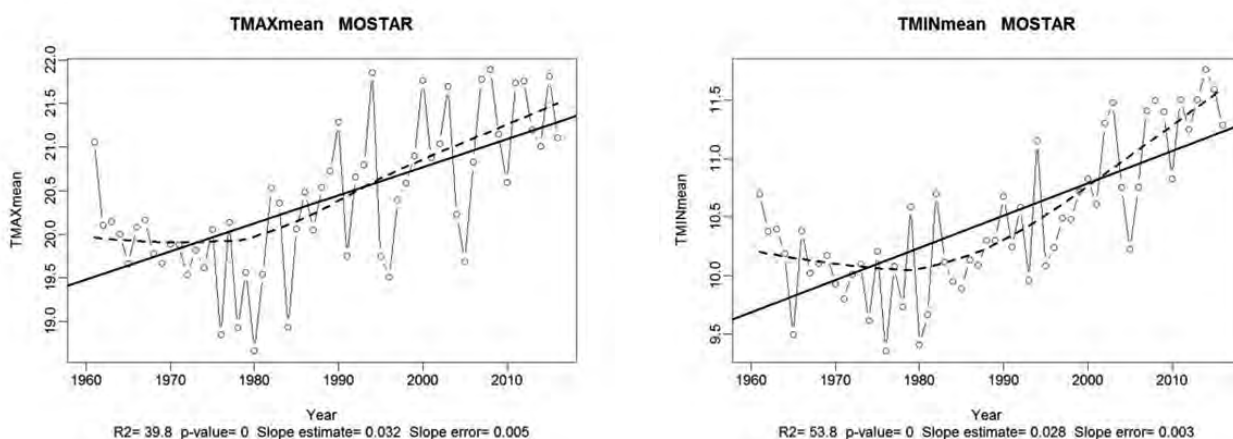
Декадни трендови годишњих и сезонских Tmax и Tmin приказани су у Таб. 4 и на Граф. 1. Значајни трендови пораста Tmax и Tmin присутни су током цијеле године (статистички није значајан једино тренд Tmax у сезони јесен). Годишње вриједности Tmax и Tmin значајно су порасле за 0.32°C по деценији и 0.28°C по деценији, респективно. Тренд загријавања очигледан је у свим сезонама, али је најизраженији у сезони љето – 0.59°C по деценији за Tmax и 0.46°C по деценији за Tmin. Веће вриједности тренда раста такође су утврђене за зимске и прољећне температуре, док је у сезони јесен забиљежен само незнатан пораст температуре.

The decadal trends in annual and seasonal Tmax and Tmin in Mostar are shown in Tab. 4 and Fig. 1. The significant upward trends in Tmax and Tmin were present throughout the year (insignificant only for Tmax in autumn). The annual Tmax and Tmin significantly increased by 0.32°C per decade and 0.28°C per decade, respectively. The warming trend was apparent in all seasons, but most prominent was in summer – 0.59°C per decade for Tmax and 0.46°C per decade for Tmin. Higher trend values were also obtained for winter and spring temperatures, whereas in autumn only a slight temperature increase was determined.

Таб. 4. Декадни трендови годишњих и сезонских Tmax и Tmin у периоду 1961–2016.
Tab. 4. Decadal trends in annual and seasonal Tmax and Tmin in the 1961–2016 periods

Параметар Variable	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn	Година Year
Tmax	0.27 ^c	0.30 ^b	0.59 ^a	0.12	0.32 ^a
Tmin	0.25 ^b	0.25 ^a	0.46 ^a	0.18 ^c	0.28 ^a

Статистички значајно на нивоу 99.9 % (a), 99 % (b), 95 % (c) и 90 % (d)
Statistical significance at the 99.9 % (a), 99 % (b), 95 % (c) and 90 % (d) level



Сл. 1. Трендови годишњих Tmax и Tmin у периоду 1961–2016.
 Fig. 1. Trends in annual Tmax and Tmin in 1961–2016

Декадни трендови годишњих индекса екстремних температура у периоду 1961–2016. године приказани су у Таб. 5 и на Граф. 2–5. Добијени резултати показују да је на анализираном простору присутно загријавање климатског система. То потврђују оба тренда – позитивни тренд топлих температурних индекса и негативни тренд хладних температурних индекса. Међутим, треба напоменути да су топли температурни индекси показали јаче трендове загријавања који су такође били значајнији од негативних трендова који су повезани са хладним температурним индексима.

The decadal trends in annual extreme temperature indices in the 1961–2016 periods are given in Tab. 5 and Fig. 2–5. The obtained results indicate that the climate system warming is present over the study area. Both trends – the positive in warm temperature indices and the negative in cold temperature indices – suggest that. However, it should be noted that the warm temperature indices displayed stronger warming trends that were also more significant than the negative ones associated with cold temperature indices.

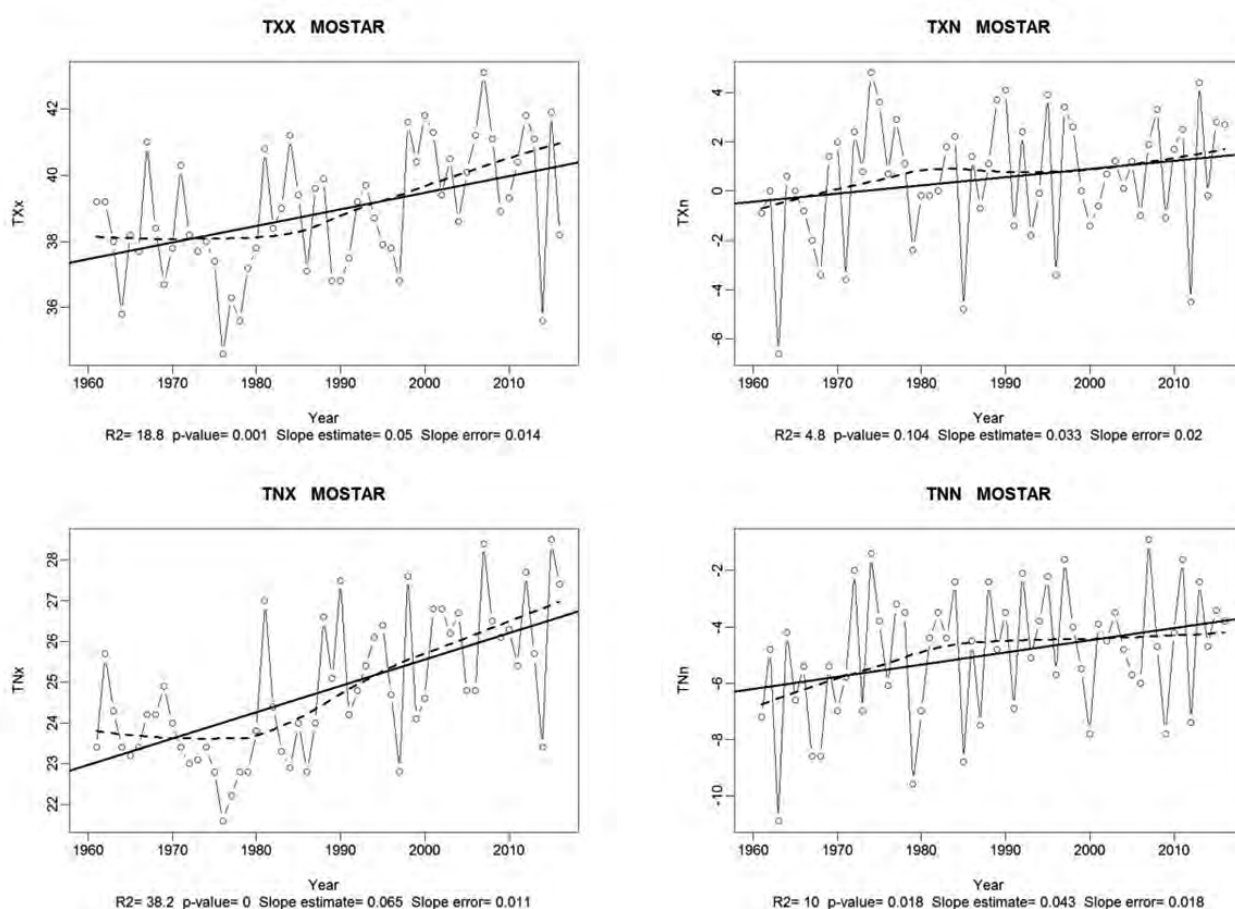
Таб. 5. Декадни трендови годишњих индекса екстремних температура у периоду 1961–2016.
 Tab. 5. Decadal trends in annual extreme temperature indices in the 1961–2016 periods

Индекс Index	Вриједност Slope	Индекс Index	Вриједност Slope	Индекс Index	Вриједност Slope
TXx	0.50 ^a	TN10p	-4.27 ^a	TR20	5.63 ^a
TXn	0.33	TN90p	9.28 ^a	WSDI	6.73 ^a
TNx	0.65 ^a	ID0	-0.30	CSDI	-0.80
TNn	0.43 ^c	FD0	-2.06 ^b	DTR	0.05
TX10p	-3.38 ^a	SU25	3.05 ^b	ETR	0.07
TX90p	8.97 ^a	SU30	5.20 ^a	GSL	3.45 ^b

Статистички значајно на нивоу 99.9 % (a), 99 % (b), 95 % (c) и 90 % (d)
 Statistical significance at the 99.9 % (a), 99 % (b), 95 % (c) and 90 % (d) level

Сви апсолутни температурни индекси показују значајне трендове пораста (само тренд TX_n није значајан) (Граф. 2). Вриједности трендова максималних дневних максималних и минималних температура – TN_x и TX_x (0.65°C по деценији и 0.50°C по деценији, респективно) биле су више од вриједности трендова минималних дневних минималних и максималних температура – TN_n и TX_n (0.43°C по деценији и 0.33°C по деценији, респективно). Утврђени пораст DTR је занемарљив (свега 0.05°C по деценији).

All of the absolute temperature indices displayed the significant upward trends (only TX_n trend was insignificant) (Fig. 2). The estimated trends in maximum values of daily minimum and maximum temperatures – TN_x and TX_x (0.65°C per decade and 0.50°C per decade, respectively) were higher than those in minimum values of daily minimum and maximum temperatures – TN_n and TX_n (0.43°C per decade and 0.33°C per decade, respectively). The determined increase in DTR was negligible (0.05°C per decade).



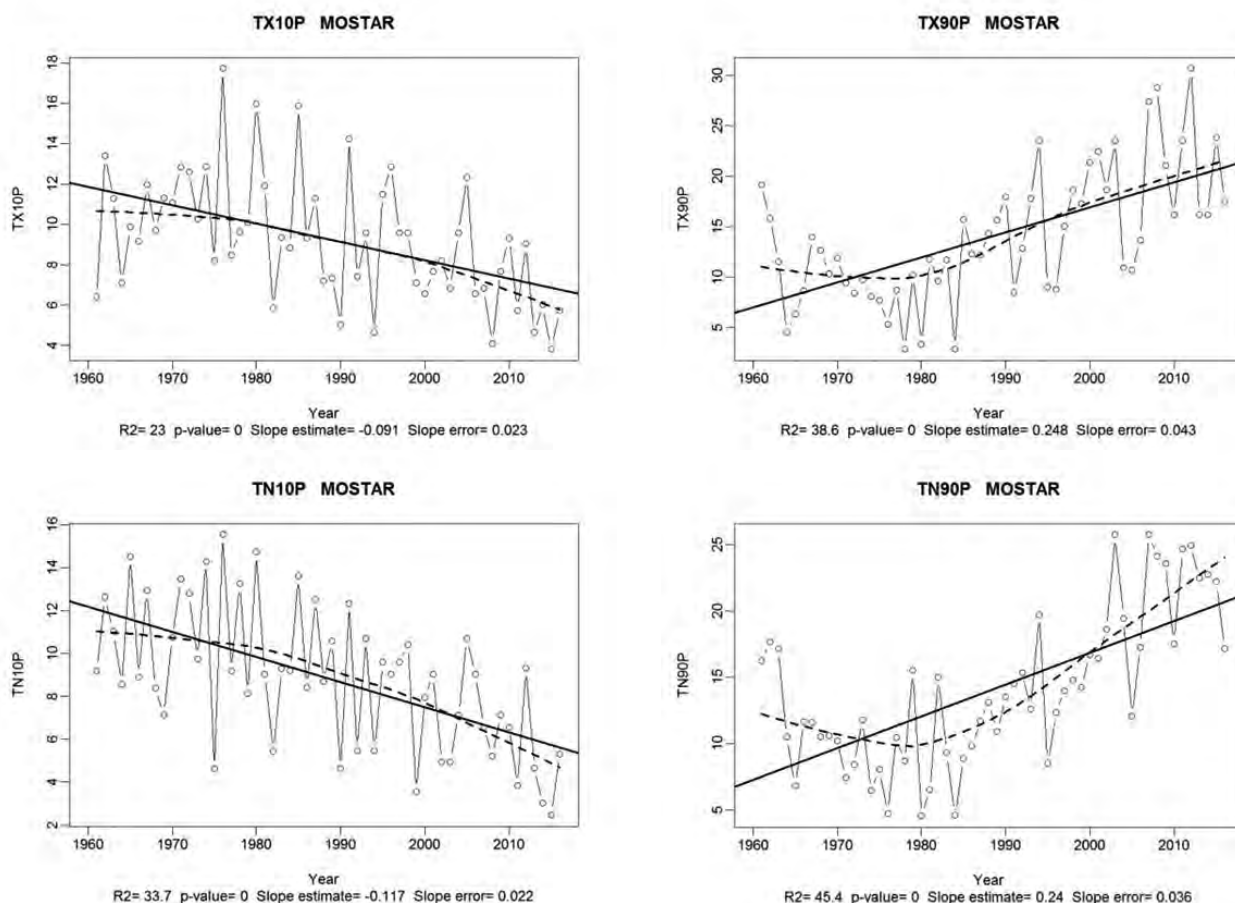
Сл. 2. Линеарни трендови апсолутних индекса у периоду 1961–2016.
 Fig. 2. Linear trends in absolute indices in 1961–2016

Статистички значајни позитивни трендови топлих дана (TX_{90p}) и топлих ноћи (TN_{90p}), као и значајни негативни трендови хладних дана (TX_{10p}) и хладних ноћи (TN_{10p}), такође сугеришу да је на истраживаном простору присутно загријавање климатског система

The statistically significant positive trends in warm days (TX_{90p}) and warm nights (TN_{90p}) as well as the significant negative trends in cold days (TX_{10p}) and cold nights (TN_{10p}) also suggest that climate system warming is present over the study area (Fig.

(Граф. 3). Међутим, трендови пораста TX90p (9.28 дана по деценији) и TN90p (8.97 дана по деценији) доста су израженији него трендови смањења TX10p (-3.38 дана по деценији) и TN10p (-4.27 дана по деценији).

3). However, the upward trends in TX90p (9.28 days per decade) and TN90p (8.97 days per decade) were much more prominent than the downward trends in TX10p (-3.38 days per decade) and TN10p (-4.27 days per decade).



Сл. 3. Линеарни тренд индекса заснованих на перцентилима у периоду 1961–2016.
 Fig. 3. Linear trend in percentile-based indices in 1961–2016

Декадни трендови сезонских индекса екстремних температура приказани су у Таб. 6. Анализа сезонских апсолутних температурних индекса показала је да је тренд пораста присутан током цијеле године, али је најизраженији у сезони љето (највише вриједности тренда добијене су за TNx – 0.64°C по деценији). Једино TNn показује већи пораст током хладнијег дијела године – у сезонама јесен и зима (0.4°C по деценији). Температурни индекси засновани на перцентилима такође показују највећи пораст/смањење топлих/хладних дана и ноћи у најтоплијој сезони.

The decadal trends in extreme temperature indices calculated seasonally are shown in Tab. 6. The analysis of seasonal absolute extreme temperature indices showed that an upward trend was present throughout the year, but most prominent was in summer season (the highest trend values were obtained for TNx – 0.64°C per decade). Only TNn displayed higher increase during the colder part of the year – in autumn and winter (0.4°C per decade). The percentile-based temperature indices also presented the highest increase/decrease in warm/cold days and nights in

Током љета, нарочито су TX90p и TN90p показали веома изражене трендове – 4.94 дана по деценији и 4.41 дана по деценији, респективно. Према томе, закључује се да је пораст загријавања већи током љета него у хладнијем дијелу године.

the warmest season. In summer, TX90p and TN90p showed the particularly pronounced trends – 4.94 days per decade and 4.41 days per decade, respectively. Thus, it can be concluded that warming was greater in summer than in the colder part of the year.

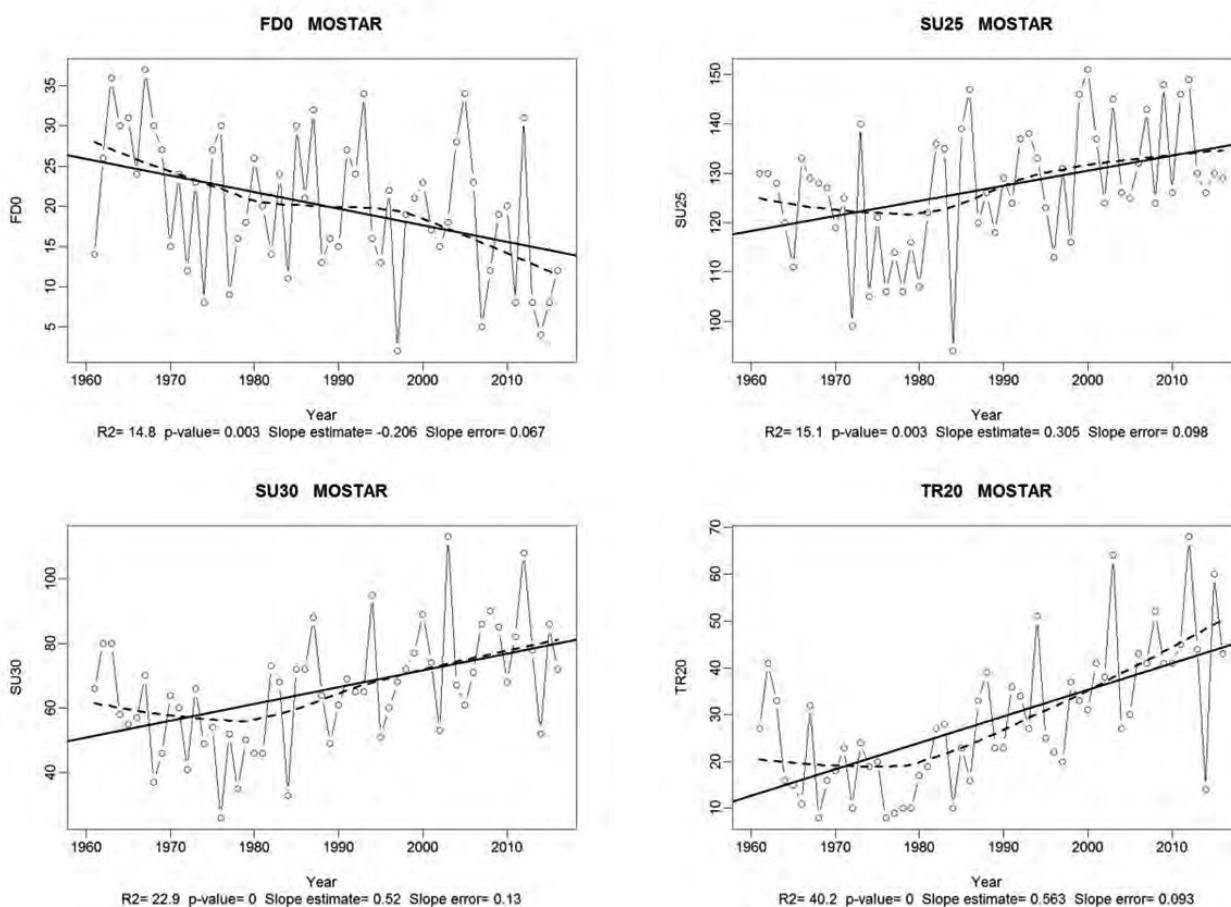
Таб. 6. Декадни трендови сезонских индекса екстремних температура у периоду 1961–2016.
 Tab. 6. Decadal trends in seasonal extreme temperature indices in the 1961–2016 periods

Индекс Index	Апсолутни индекси Absolute indices				Индекс Index	Индекси засновани на перцентилима Percentile-based indices			
	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn		Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn
TXx	0.27 ^d	0.42 ^c	0.54 ^a	0.22	TX10p	-1.00 ^c	-0.58	-1.02 ^b	-0.15
TXn	0.27	0.18	0.52 ^c	0.46 ^d	TX90p	0.95 ^d	1.66 ^c	4.94 ^a	0.71
TNx	0.17	0.25 ^d	0.64 ^a	0.27 ^c	TN10p	-0.43	-1.50 ^a	-1.60 ^a	-0.24
TNn	0.40 ^c	0.25	0.20 ^a	0.43 ^c	TN90p	1.22 ^c	1.62 ^a	4.41 ^a	1.32 ^c

Статистички значајно на нивоу 99.9 % (a), 99 % (b), 95 % (c) и 90 % (d)
 Statistical significance at the 99.9 % (a), 99 % (b), 95 % (c) and 90 % (d) level

Трендови индекса заснованих на фиксним вриједностима прагова такође су били у складу са очекивањима у загријаном свијету (Граф. 4). Топли температурни индекси SU25, SU30 и TR20 показали су значајне позитивне трендове (3.05, 5.20 и 5.63 дана по деценији, респективно), док су хладни температурни индекси FD0 и ID0 показали опадајуће трендове (FD и статистички значајан – -2.06 дана по деценији). Годишња појава TR20 удвостручена је од почетка 21. вијека у поређењу са стандардним климатолошким периодом (1961–1990). Ионако ријетка појава ID0 постала је још рјеђа. Од почетка 21. вијека, у Мостару је забиљежено само 10 таквих дана (чак шест током екстремно хладне зиме 2012. године).

Trends in threshold-based indices were also as expected in a warmed world (Fig. 4). Warm temperature indices SU25, SU30 and TR20 showed a significant positive trend (3.05, 5.20 and 5.63 days per decade, respectively), whereas cold temperature indices FD0 and ID0 displayed a downward trend (FD significant – -2.06 days per decade). The annual occurrence of TR20 has doubled since the beginning of the 21st century compared to the standard climatological period (1961–1990). The already rare occurrence of ID0 became even more infrequent. Since the beginning of the 21st century, only 10 such days have been recorded in Mostar (even 6 of them during the extremely cold winter of 2012).



Сл. 4. Линеарни трендови индекса заснованих на фиксним вриједностима прагова у периоду 1961–2016.

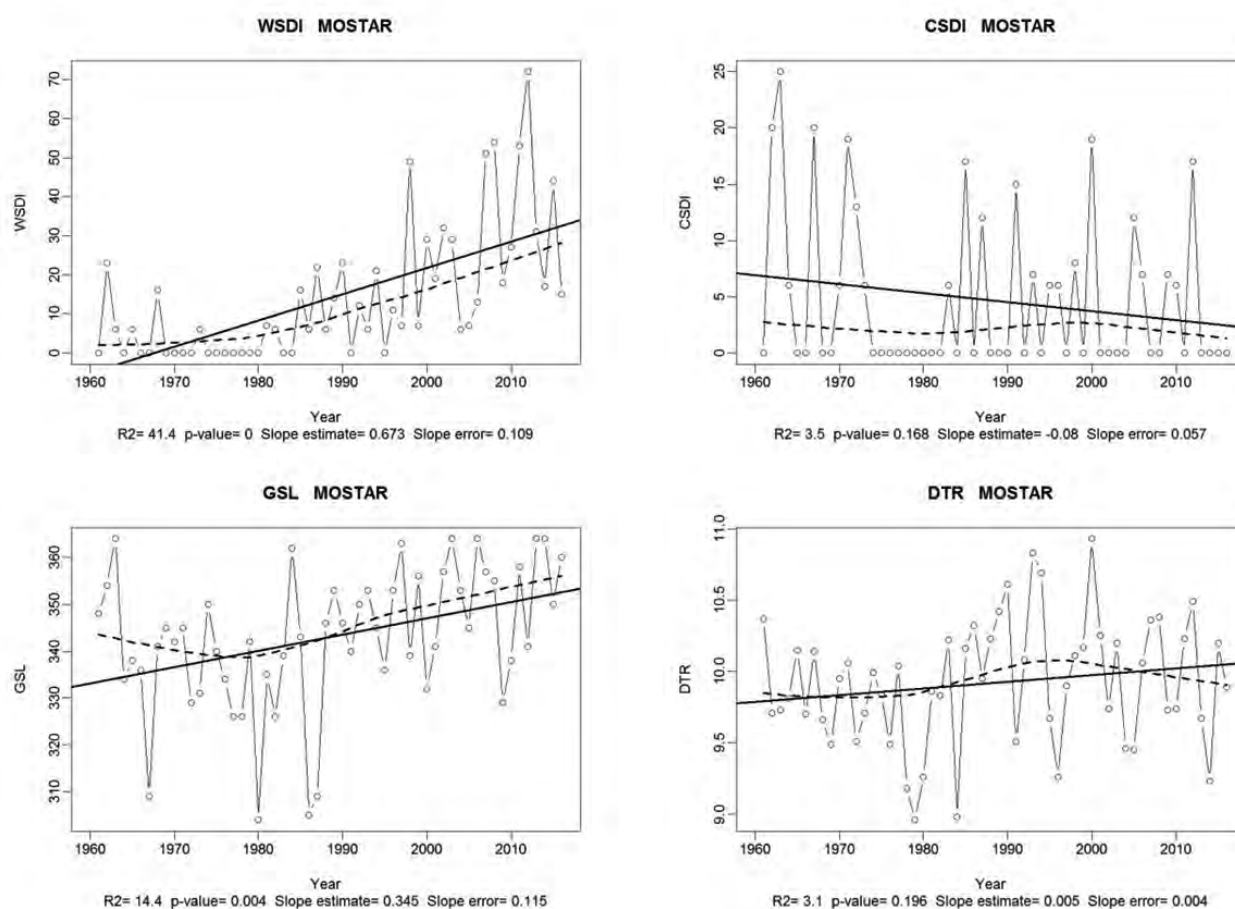
Fig. 4. Linear trends in threshold-based indices in 1961–2016

Током посматраног периода 1961–2016. године, трајање топлих таласа значајно је продужено, док су хладни таласи занемарљиво скраћени (Граф. 5). WSDI је показао веома изражен позитиван тренд од 6.73 дана по деценији.

Растући тренд максималних и минималних температура довео је до продужавања трајања вегетационог периода (GSL) за 3.45 дана по деценији.

During the observed 1961–2016 periods, duration of warm spells has significantly increased, whereas cold spell duration was negligibly shortened (Fig. 5). The WSDI displayed a highly prominent positive trend in the range of 6.73 days per decade.

The upward trends in maximum and minimum temperatures led to extension of the growing season length. The GSL increased by 3.45 days per decade.



Сл. 5. Линеарни трендови индекса заснованих на трајању и варијабилности екстрема у периоду 1961–2016.

Fig. 5. Linear trends in duration-based indices and extremes variability indices in 1961–2016

Тренд загријавања постаје све израженији након 1990. године, а нарочито од почетка 21. вијека. Таб. 7. показује да су најтоплије године забиљежене после 1990. године (а једино 1994. прије 2000. године). Такође, међу годинама са највишим/најнижим вриједностима топлих/хладних температурних индекса само је неколико година из периода прије 1990-их (треба напоменути да је већина њих забиљежена у 21. вијеку) (Таб. 8). На примјер, екстремно високе/ниске вриједности топлих/хладних температурних индекса осмотрене су у најтоплијим годинама. Екстремно ниске вриједности хладних температурних индекса забиљежене су у 2015. години, години са највишом средњом годишњом температуром (T_a) – у тој години било је само 14 TX10p, 9 TN10p, 2 FD0 и без иједног ID0 и CSDI. Неке

The warming trend becomes more prominent after 1990 and particularly since the beginning of the 21st century. Tab. 7 shows that the warmest years have been recorded after 1990 (only 1994 of them before to 2000). Further, among years with highest/lowest values of warm/cold temperature indices, there were also just a few years before 1990s (it should be noted that the vast majority of them was recorded in the 21st century) (Tab. 8). For example, the extremely high/low values of warm/cold temperature indices were observed during the warmest years. The extremely low values of cold temperature indices were recorded in 2015, year with the maximum annual mean temperature (T_a) – in that year there were only 14 TX10p, 9 TN10p, 2 FD0 and without

од највећих вриједности топлих температурних индекса регистроване су у веома топлој 2003, 2007. и 2012. години, у којима је забиљежена и појава интензивних топлих таласа. У 2012. години било је чак 112 TX90p, 91 TN90p, 149 SU25, 108 SU30 и 72 WSDI. Већина најинтензивнијих и најдуготрајних топлих таласа од 1951. године (Russo, S. et al., 2015) у овом дијелу Европе десила се у 21. вијеку (на примјер, у 2003, 2007, 2010, 2012. и 2015. години).

a single ID0 and CSDI. Some of the highest frequencies of warm temperature indices were observed in very warm 2003, 2007 and 2012, with the occurrence of intense heat waves. In 2012, there were even 112 TX90p, 91 TN90p, 149 SU25, 108 SU30 and 72 WSDI. The vast majority of the most intense and long-lasting heat waves since 1951 (Russo, S. et al., 2015) in this part of Europe occurred in the 21st century (for example in 2003, 2007, 2010, 2012 and 2015).

Таб. 7. Најтоплије године у периоду 1961–2016.

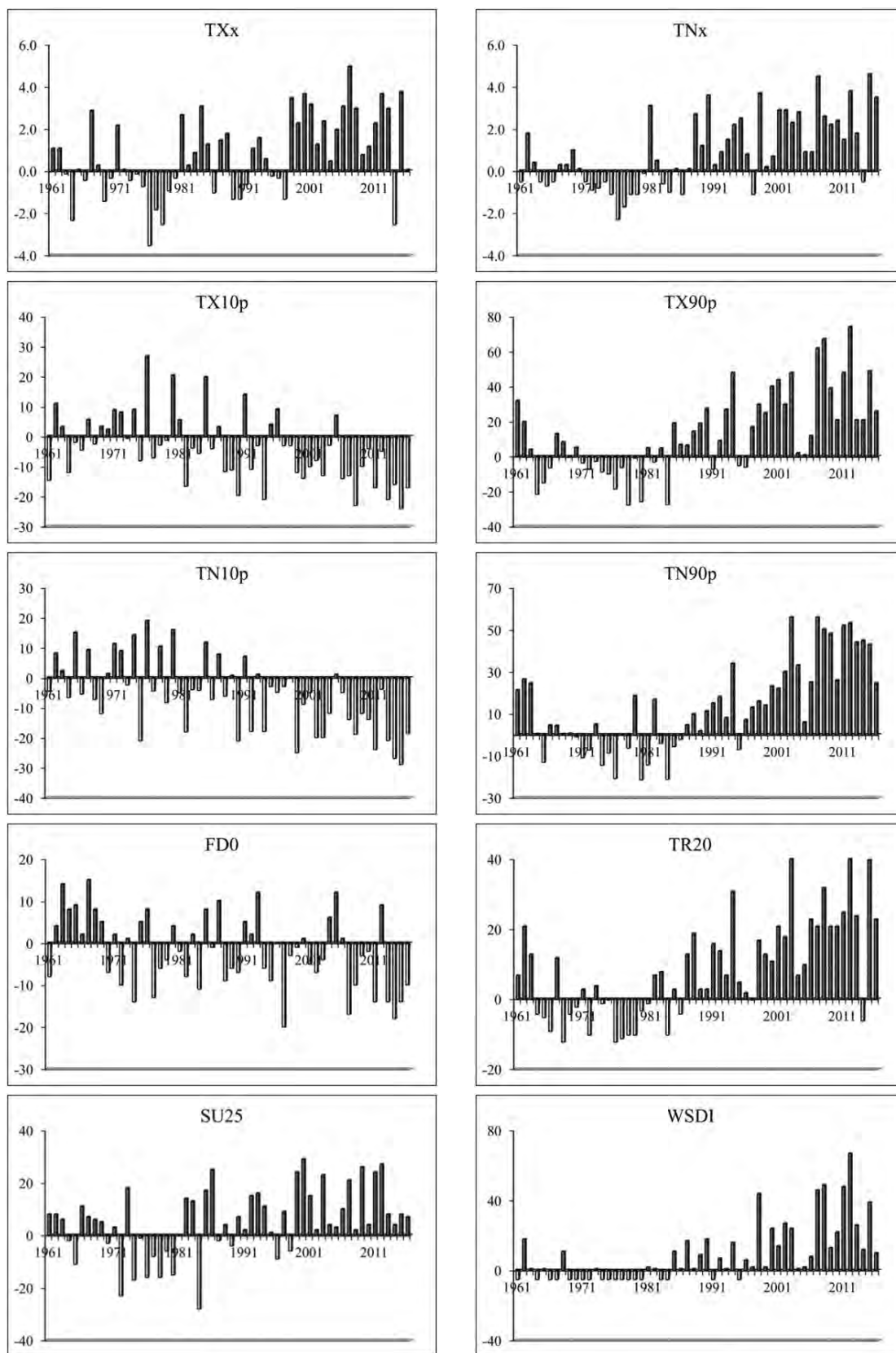
Tab. 7. The hottest years in the 1961–2016 periods

Бр. No.	Tmax		Tmin		Ta	
	Вриједност Value	Година Year	Вриједност Value	Година Year	Вриједност Value	Година Year
1.	21.89	2008	11.77	2014	16.23	2015
2.	21.86	1994	11.60	2015	16.21	1994
3.	21.81	2015	11.51	2011	16.17	2011
4.	21.78	2007	11.51	2013	16.10	2003
5.	21.76	2000	11.50	2008	16.10	2007
6.	21.76	2012	11.48	2003	16.10	2008
7.	21.74	2011	11.42	2007	16.10	2012
8.	21.70	2003	11.40	2009	16.00	2000
9.	21.29	1990	11.30	2002	15.90	2013
10.	21.20	2013	11.29	2016	15.80	2002

Tab. 8. Године са највећим/најмањим вриједностима топлих/хладних температурних индекса
у периоду 1961–2016.

Tab. 8. Years with highest/lowest values of warm/cold temperature indices
in the 1961–2016 periods

No.	TXx		TNn		TNx		SU25		SU30		TR20	
	Value	Year	Value	Year	Value	Year	Value	Year	Value	Year	Value	Year
1.	43.1	2007	-0.9	2007	28.5	2015	151	2000	113	2003	68	2012
2.	41.9	2015	-1.4	1974	28.4	2007	149	2012	108	2012	64	2003
3.	41.8	2000	-1.6	1997	27.7	2012	148	2009	95	1994	60	2015
4.	41.8	2012	-1.6	2011	27.6	1998	147	1986	90	2008	52	2008
5.	41.6	1998	-2.0	1972	27.5	1990	146	1999	89	2000	51	1994
6.	41.3	2001	-2.1	1992	27.4	2016	146	2011	88	1987	45	2011
7.	41.2	1984	-2.2	1995	27.0	1981	145	2003	86	2007	44	2013
8.	41.2	2006	-2.4	1984	26.8	2001	143	2007	86	2015	43	2006
9.	41.1	2008	-2.4	1988	26.8	2002	140	1973	85	2009	43	2016
10.	41.1	2013	-2.4	2013	26.7	2004	139	1985	82	2011	41	1962
No.	WSDI		TX90p		TN90p		TX10p		TN10p		FD0	
	Value	Year	Value	Year	Value	Year	Value	Year	Value	Year	Value	Year
1.	72	2012	112.3	2012	94.0	2003	14.0	2015	9.0	2015	2	1997
2.	54	2008	105.3	2008	94.0	2007	15.0	2008	11.0	2014	4	2014
3.	53	2011	100.0	2007	91.2	2012	17.0	1994	13.0	1999	5	2007
4.	51	2007	87.0	2015	90.0	2011	17.0	2013	14.0	2011	8	1974
5.	49	1998	86.0	1994	88.2	2008	18.4	1990	16.9	1990	8	2011
6.	44	2015	86.0	2003	86.2	2009	21.0	2011	16.9	1975	8	2013
7.	32	2002	86.0	2011	83.0	2014	21.0	2016	17.0	2013	8	2015
8.	31	2013	82.0	2001	82.0	2013	21.4	1982	18.0	2002	9	1977
9.	29	2000	78.2	2000	81.0	2015	22.0	2014	18.0	2003	11	1984
10.	29	2003	77.2	2009	72.0	1994	23.4	1961	19.1	2008	12	1972



Сл. 6. Одступања екстремних температурних индекса од просјека стандардног климатолошког периода (1961–1990)

Fig. 6. Deviations of the extreme temperature indices from the standard climatological period (1961–1990) averages

Анализа одступања годишњих вриједности индекса екстремних температура од просјека стандардног климатолошког периода (1961–1990) (Граф. 6) такође потврђује да је тренд загријавања постао израженији од почетка 21. вијека. На примјер, у овом периоду, топли температурни индекси TX90p, TN90p, SU25 и WSDI нису забиљежили ниједну годину са вриједностима индекса испод просјека стандардног климатолошког периода, док су TXx, TNx и TR20 забиљежили само једну годину са вриједностима испод просјека – 2014. годину (то је била година са највишом годишњом Tmin, али без појаве интензивних топлих таласа са екстремно високим температурним аномалијама). Хладни температурни индекси TN10p, TN90p и FD0 били су углавном испод просјека референтног периода, што такође потврђује пораст загријавања климатског система у овом периоду.

У циљу објашњења осматраних трендова, извршена је корелација између максималних и минималних температура, као и индекса екстремних температура, са обрасцима глобалне циркулације атмосфере изнад сјеверне хемисфере (Таб. 9. и Таб. 10.). Позитивне температурне аномалије у многим регионима Европе (међу којима и у дијелу континента гдје се налази Босна и Херцеговина) повезане су са ЕА осцилацијом (Rust, H. W. et al., 2015). У Босни и Херцеговини (Мостар), позитивна повезаност између годишњег индекса ЕА осцилације и Tmax и Tmin је јака и значајна (утврђени коефицијенти корелације износе 0.656 и 0.725, респективно). Позитивна и статистички значајна корелација присутна је током цијеле године. Међутим, највиши коефицијенти корелације добијени су за сезоне љето и зима. На варијабилност екстремних температура снажно утиче NAO, нарочито зими. Током позитивне NAO фазе, топлије маритимне ваздушне масе транспортују се јачим од уобичајених Западним вјетровима преко средњих ширина, условаљено аномалијама ниског ваздушног притиска изнад Исланда и аномалијама високог ваздушног притиска око суптропског појаса Атлантика

The analysis of the extreme temperature indices deviations from the standard climatological period (1961–1990) averages (Fig. 6) also confirms that the warming trend becomes stronger since the beginning of the 21st century. For example, in this period, the warm temperature indices TX90p, TN90p, SU25 and WSDI registered not a single occurrence below the standard climatological period averages, whereas the TXx, TNx and TR20 displayed only one year below the average – 2014 (that was the year with the highest annual Tmin, but with no intense heat waves with extremely high temperature anomalies). The cold temperature indices TN10p, TN90p and FD0 were mostly below the reference period averages, thus confirming the increasing climate system warming in this period.

In order to evaluate the observed trends, maximum and minimum temperatures and extreme temperature indices were correlated with large-scale atmospheric circulation patterns over the Northern Hemisphere (Tab. 9 and Tab. 10). The positive temperature anomalies in many regions of Europe (among them in the part of the continent where Bosnia and Herzegovina is located) were associated with the EA pattern (Rust, H. W. et al., 2015). In Bosnia and Herzegovina (Mostar), the positive relation between annual EA pattern index and Tmax and Tmin was strong and significant (determined correlation coefficients were 0.656 and 0.725, respectively). The positive and statistically significant correlation was present throughout the year. However, the highest correlation coefficients were obtained for summer and winter. The extreme temperature variability is strongly influenced by the NAO, especially in winter season. During the positive NAO phase, the warmer maritime air masses are advected to Europe by stronger-than-average westerlies over the middle latitudes associated with low pressure anomalies over the region of the Icelandic low and anomalously high pressures across the subtropical Atlantic (Rust, H. W. et al., 2015;

(Rust, H. W. et al., 2015; Hurrell, J. W. et al., 2003). Веома висок позитиван NAO индекс од почетка 1980-их година условио је значајан дио осмотреног загријавања изнад Европе у овом дијелу године (Hurrell, J. & Van Loon, H., 1997). На истраживаном простору, у овој сезони, утврђена је позитивна корелација између NAO индекса и средњих максималних и минималних температура (значајна за Tmax – коефицијент корелације 0.640). Поред позитивне везе са обрасцима глобалне циркулације атмосфере изнад сјеверног Атлантика, такође, утврђена је позитивна повезаност са индексом Арктичке осцилације. Tmax показује позитивне корелације током цијеле године (није значајна једино у сезони љето). Највиши коефицијент корелације установљен је у сезони прољеће (0.359), а затим у сезони зима (0.515). Корелација са Tmin значајна је једино у сезони прољеће.

Hurrell, J. W. et al., 2003). The exceptionally strong positive NAO index since the early 1980s accounted for a substantial part of the observed warming over Europe in this time of a year (Hurrell, J. & Van Loon, H., 1997). Over the study area, the positive correlation between NAO index and mean maximum and minimum temperatures was determined in this season (significant for Tmax – correlation coefficient 0.640). In addition to these positive links with the large-scale atmospheric circulations over the North Atlantic, the positive correlation with the Arctic Oscillation index was also determined. Tmax displayed significant positive correlation throughout the year (insignificant only in summer season). The highest correlation coefficients were found for spring season (0.359) and then for winter (0.515). Relation to Tmin was significant only in spring.

Таб. 9. Пирсонов коефицијент корелације између годишњих и сезонских индекса циркулација глобалних размјера и екстремних температура у периоду 1961–2016.

Tab. 9. Pearson correlation coefficient between annual and seasonal teleconnection patterns indices and extreme temperatures in the 1961–2016 periods

Индекс Index	Tmax					Tmin				
	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn	Година Year	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn	Година Year
EA	0.640 ^a	0.486 ^a	0.641 ^a	0.402 ^b	0.656 ^a	0.614 ^a	0.476 ^a	0.658 ^a	0.487 ^a	0.725 ^a
NAO	0.359 ^b	0.211	-0.417 ^a	0.037	0.166	0.162	0.214	-0.337 ^c	-0.011	0.080
EAWR	0.121	0.194	-0.316 ^c	-0.045	-0.175	-0.206	0.156	-0.345 ^a	-0.171	-0.321 ^c
AO	0.359 ^b	0.515 ^a	-0.081	0.296 ^c	0.473 ^b	0.006	0.489 ^a	0.005	0.065	0.318

Статистички значајно на нивоу 99.9 % (a), 99 % (b), 95 % (c) и 90 % (d)
Statistical significance at the 99.9 % (a), 99 % (b), 95 % (c) and 90 % (d) level

Сви апсолутни температурни индекси (TXx, TXn, TNx и TNn) показују позитиву корелацију са EA осцилацијом (значајна једино за индексе који представљају максималне вриједности дневних минималних и максималних температура). Такође, EA осцилација показује јаку и значајну позитивну/негативну корелацију са свим топлим/хладним температурним индексима. Највиши коефицијенти корелације добијени су за TX10p, TX90p, TN10p, TN90p, TR20 и WSDI. NAO има снажан утицај на

All of the absolute temperature indices (TXx, TXn, TNx and TNn) displayed positive correlation with the EA pattern (significant only for indices representing the maximum values of a daily maximum and minimum temperatures). Further, the EA pattern showed strong and significant positive/negative correlation with all warm/cold temperature indices. The highest correlation coefficients were obtained for TX10p, TX90p, TN10p, TN90p, TR20 and WSDI. The NAO had stronger influence

хладне температурне индексе. За разлику од ЕА осцилације, позитивна корелација између апсолутних температурних индекса и АО значајна је једино за индексе који представљају минималне вриједности дневних максималних и минималних температура. АО показује значајну позитивну повезаност са топлим температурним индексима, док је корелација са хладним температурним индексима негативна.

on the cold temperature indices. In contrast to the EA pattern, the positive correlations between the absolute temperature indices and the AO was significant only for indices that represent minimum values of a daily maximum and minimum temperatures. The AO displayed significant positive correlation with warm temperature indices, whereas the determined relation with cold ones was negative.

Таб. 10. Пирсонов коефицијент корелације између годишњих индекса циркулација глобалних размјера и индекса екстремних температура у периоду 1961–2016.

Tab. 10. Pearson correlation coefficient between annual teleconnection patterns indices and extreme temperature indices in the 1961–2016 periods

Индекс Index	TXx	TXn	TNx	TNn	TX10p	TX90p	TN10p	TN90p	DTR
EA	0.335 ^c	0.175	0.522 ^a	0.158	-0.648 ^a	0.584 ^a	-0.626 ^a	0.623 ^a	0.233 ^d
NAO	-0.075	0.303 ^c	-0.066	0.341 ^c	-0.241 ^d	0.003	-0.162	-0.010	0.208
EAWR	-0.326 ^c	-0.099	-0.405 ^b	-0.031	0.107	-0.271 ^c	0.174	-0.286 ^c	0.112
АО	0.105	0.341 ^c	0.190	0.334 ^c	-0.479 ^b	0.321 ^c	-0.350 ^b	0.250 ^d	0.461 ^b
Индекс Index	FD0	ID0	SU25	TR30	TR20	CSDI	WSDI	GSL	ETR
EA	-0.460 ^a	-0.096	0.409 ^b	0.491 ^a	0.533 ^a	-0.264 ^c	0.502 ^a	0.218	0.099
NAO	-0.252 ^d	-0.312 ^c	0.036	-0.016	-0.022	-0.189	-0.139	0.046	-0.320 ^c
EAWR	0.262 ^d	0.031	0.075	-0.154	-0.315 ^c	-0.036	-0.282 ^c	-0.168	-0.193
АО	-0.264 ^c	-0.296 ^c	0.228 ^d	0.221	0.295 ^c	-0.141	0.204	0.184	-0.194

Статистички значајно на нивоу 99.9 % (^a), 99 % (^b), 95 % (^c) и 90 % (^d)
Statistical significance at the 99.9 % (^a), 99 % (^b), 95 % (^c) and 90 % (^d) level

Резултати корелационе анализе сезонских индекса телеконекција и индекса екстремних температура (апсолутних индекса и индекса заснованих на перцентилима) дати су у Таб. 11. Сезонски обрасци ЕА осцилације и апсолутни индекси показују позитивну и статистички значајну корелацију током цијеле године (није значајна једино за TXn у сезони прољеће и TNn у сезони прољеће и љето). Топли температурни индекси базирани на перцентилима TX90p и TN90p показују значајну позитивну корелацију са ЕА осцилацијом у свим сезонама (осим за TX90p у сезони јесен), док је корелација са хладним температурним индексима базираним на перцентилима TX10p и TN10p негативна и статистички значајна. Повезаност са NAO

The results of correlation analysis of the seasonal teleconnection patterns indices and extreme temperature indices (absolute and percentile-based indices) are given in Tab. 11. The seasonal EA pattern and the absolute temperature indices showed the positive and statistically significant correlation throughout the year (insignificant only for TXn in spring and TNn in spring and summer). Warm percentile-based temperature indices TX90p and TN90p displayed significant positive correlation in all seasons (except for TX90p in autumn), whereas cold percentile-based temperature indices TX10p and TN10p were negatively and significantly related to the EA pattern. The links with the NAO were

значајна је у сезони зима (осим за TN_x, TX_{90p} и TN_{90p}). Значајна повезаност са АО такође је утврђена у сезони прољеће, док је корелација у сезонама јесен и зима значајна само за поједине индексе.

significant in winter season (except for TN_x, TX_{90p} and TN_{90p}). The significant correlation with the AO was also found in spring season, whereas autumn and winter relations were significant only for some indices.

Таб. 11. Пирсонов коефицијент корелације између сезонских индекса циркулација глобалних размјера и индекса екстремних температура у периоду 1961–2016.
Tab. 11. Pearson correlation coefficient between seasonal teleconnection patterns indices and extreme temperature indices in the 1961–2016 periods

Индекс Index	TX _x				TX _n			
	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn
EA	0.339 ^c	0.384 ^b	0.443 ^a	0.266 ^c	0.460 ^a	0.183	0.288 ^c	0.348 ^b
NAO	0.228 ^d	-0.191	-0.282 ^c	0.075	0.248 ^d	0.156	-0.211	0.081
EAWR	0.177	0.020	-0.317 ^c	-0.155	-0.037	-0.109	-0.088	-0.038
АО	0.324 ^c	0.114	-0.026	0.386 ^b	0.151	0.333 ^c	-0.111	0.056
Индекс Index	TN _x				TN _n			
	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn
EA	0.237 ^d	0.340 ^b	0.629 ^a	0.243 ^d	0.422 ^a	0.155	0.205	0.397 ^b
NAO	-0.052	-0.032	-0.419 ^a	0.066	0.390 ^b	0.250 ^d	-0.118	-0.075
EAWR	-0.241 ^d	0.028	-0.464 ^a	-0.283 ^c	0.048	0.126	-0.089	-0.180
АО	-0.198	0.313 ^c	-0.020	0.320 ^c	0.314 ^c	0.386 ^b	-0.085	-0.256 ^d
Индекс Index	TX _{10p}				TX _{90p}			
	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn
EA	-0.525 ^a	-0.470 ^a	-0.533 ^a	-0.414 ^a	0.481 ^a	0.347 ^b	0.658 ^a	0.193
NAO	-0.378 ^b	0.011	0.278 ^a	0.004	0.202	0.269 ^c	-0.498 ^a	0.083
EAWR	-0.154	-0.086	0.216 ^b	-0.067	0.038	0.165	-0.353 ^b	-0.197
АО	-0.337 ^c	-0.370 ^b	0.081	-0.118	0.273 ^c	0.474 ^a	-0.114	0.335 ^c
Индекс Index	TN _{10p}				TN _{90p}			
	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn
EA	-0.467 ^a	-0.461 ^a	-0.518 ^a	-0.499 ^a	0.508 ^a	0.385 ^b	0.599 ^a	0.256 ^d
NAO	-0.260 ^d	-0.148	0.187	0.117	0.009	0.199	-0.384 ^b	0.049
EAWR	0.074	-0.117	0.276 ^c	0.101	-0.302 ^c	0.108	-0.338 ^c	-0.175
АО	-0.159	-0.370 ^b	0.036	-0.021	-0.082	0.495 ^a	-0.026	0.176

Статистички значајно на нивоу 99.9 % (a), 99 % (b), 95 % (c) и 90 % (d)
Statistical significance at the 99.9 % (a), 99 % (b), 95 % (c) and 90 % (d) level

Поред наведених образаца глобалне циркулације атмосфере, истражена је и повезаност варијабилности температуре и Атлантске вишедеценијске осцилације (АМО). Истраживања су показала да је АМО индекс у позитивној корелацији са средњом глобалном температуром површине копна (Muller, R. A. et al., 2013). Током периода инструменталних мјерења (од средине 19. вијека), АМО (који

In addition to the above-mentioned large-scale atmospheric circulation patterns, the correlation between the temperature variability and the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) was investigated. Studies showed that the AMO index is positively correlated with the global mean annual surface land temperature (Muller, R. A. et al., 2013). During the period of instrumental measurements (since the mid-19th century), the

представља варијабилност температуре површине мора у сјеверном Атлантику) показао је два циклуса од 65 до 80 година са амплитудом од 0.4°C између екстремних позитивних/топлих и негативних/хладних фаза (Gray, S. T. et al., 2004). АМО је у топлој фази од 1995. године (Alexander, M. A. et al., 2014). Од тада, и пораст температуре ваздуха у Босни и Херцеговини такође постаје израженији (Trbic, G. et al., 2017). Резултати корелационе анализе показују јаку и значајну позитивну корелацију са Tmax и Tmin, као и са апсолутним температурним индексима (није значајна једино за TXn и TNn) (Таб. 12). Такође, значајна позитивна корелација утврђена је за топле температурне индексе, док је повезаност са хладним температурним индексима негативна и веома слаба. Утицај АМО на екстремне температуре нарочито је снажан током љета и јесени (Таб. 13).

АМО (which refers to sea surface temperatures variability in North Atlantic) showed two 65–80 years cycles with a 0.4°C amplitude between extremes of positive/warm and negative/cool phases (Gray, S. T. et al., 2004). The AMO has been in its warm phase since 1995 (Alexander, M. A. et al., 2014). Since then, the temperature increase in Bosnia and Herzegovina also becomes more pronounced (Trbic, G. et al., 2017). The correlation analysis results showed the strong and significant positive correlation with Tmax and Tmin, as well as with absolute temperature indices (only insignificant for TXn and TNn) (Tab. 12). Further, the significant positive correlation was found for warm temperature indices, whereas relations with cold temperature indices were negative and largely weak. The links between AMO and extreme temperatures were particularly strong during summer and autumn (Tab. 13).

Таб. 12. Пирсонов коефицијент корелације између годишњег АМО индекса и индекса екстремних температура у периоду 1961–2016.

Tab. 12. Pearson correlation coefficient between annual AMO and extreme temperature indices in the 1961–2016 periods

Индекс Index	г	Индекс Index	г	Индекс Index	г	Индекс Index	г	Индекс Index	г
Tmax	0.493 ^a	TNx	0.642 ^a	TN10p	-0.416 ^b	SU25	0.332 ^c	CSDI	0.003
Tmin	0.620 ^a	TNn	0.039	TN90p	0.633 ^a	TR30	0.491 ^a	DTR	0.074
TXx	0.447 ^b	TX10p	-0.385 ^b	ID0	-0.051	TR20	0.606 ^a	ETR	0.267 ^c
TXn	0.072	TX90p	0.530 ^a	FD0	-0.128	WSDI	0.547 ^a	GSL	0.344 ^b

Статистички значајно на нивоу 99.9 % (a), 99 % (b), 95 % (c) и 90 % (d)
 Statistical significance at the 99.9 % (a), 99 % (b), 95 % (c) and 90 % (d) level

Таб. 13. Пирсонов коефицијент корелације између сезонских АМО индекса и индекса екстремних температура у периоду 1961–2016.

Tab. 13. Pearson correlation coefficient between seasonal AMO and extreme temperature indices in the 1961–2016 periods

Индекс Index	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn	Индекс Index	Зима Winter	Прољеће Spring	Љето Summer	Јесен Autumn
Tmax	0.021	0.129	0.512 ^a	0.240 ^d	Tmin	0.083	0.173	0.576 ^a	0.418 ^a
TXx	0.071	0.173	0.375 ^b	0.222 ^d	TX10p	0.116	-0.050	-0.403 ^b	-0.240 ^d
TXn	-0.023	-0.069	0.095	0.186	TX90p	0.177	0.102	0.541 ^a	0.236 ^d
TNx	0.243 ^d	0.203	0.596 ^a	0.314 ^c	TN10p	0.113	-0.103	-0.429 ^a	-0.327 ^c
TNn	0.010	-0.039	0.079	0.231 ^d	TN90p	0.198	0.219	0.580 ^a	0.409 ^b

Статистички значајно на нивоу 99.9 % (a), 99 % (b), 95 % (c) и 90 % (d)
 Statistical significance at the 99.9 % (a), 99 % (b), 95 % (c) and 90 % (d) level

ЗАКЉУЧАК

Рад апострофира промјене индекса екстремних температура у Босни и Херцеговини у периоду 1961–2016. године. Резултати анализе трендова за простор Мостара (који је изабран за студију случаја) указују да је на истраживаном подручју присутно загријавање климатског система. Годишња и сезонска T_{max} и T_{min} значајно су порасле, али је тренд пораста T_{max} био нешто јачи. Резултати показују да су топли температурни индекси показали значајне позитивне трендове који су били доста израженији у односу на опадајуће трендове хладних температурних индекса. Међутим, оба тренда указују на тенденцију загријавања. Највеће вриједности трендова добијене су за топле температурне индексе: TX_x , TX_n , TX_{90p} , TN_{90p} , TR_{30} , TR_{20} и $WSDI$. Иако је загријавање очигледно у сви сезонама, најизраженији трендови установљени су у сезони љето, а затим у сезонама зима и прољеће. Трендови повећања/смањења топлих/хладних температурних индекса посебно су изражени од почетка 21. вијека. Међу 15 најтоплијих година у Мостару, само су три године из периода прије 2001. године (двје из 1990-их – 1994. и 1990. година и једна са почетка посматраног периода – 1961. година). На примјер, екстремно ниске/високе вриједности хладних/топлих температурних индекса забиљежене су током неких од најтоплијих година са појавом интензивних топлих таласа – у 2012. и 2015. години. У 2015. години било је само 14 TX_{10p} , 9 TN_{10p} , 8 FD_0 и без иједног $CSDI$ и ID_0 . Неке од највиших вриједности топлих температурних индекса забиљежене су 2012. године – тада је забиљежено 112 TX_{90p} , 91 TN_{90p} , 149 SU_{25} , 108 SU_{30} , 68 TR_{20} и 72 $WSDI$.

Резултати добијени у овом истраживању слични су резултатима других студија савремених трендова индекса екстремних температура у сусједним регионима југоисточне Европе.

Даља истраживања ових проблема свакако су неопходна, јер ће климатске промјене имати огроман утицај на низ дјелатности као што су:

CONCLUSION

The paper addresses the extreme temperature changes in Bosnia and Herzegovina during the 1961–2016 periods. The results of trend analysis for Mostar (which was chosen as the case study area) indicate that climate system warming was present over the investigated area. The annual and seasonal T_{max} and T_{min} significantly increased, but the upward trend in T_{max} was somewhat stronger. Given the results, warm temperature indices displayed the significant positive trends, that were much more prominent than the downward trends in cold temperature indices. However, both trends suggest a warming tendency. The highest trend values were obtained for warm temperature indices: TX_x , TX_n , TX_{90p} , TN_{90p} , TR_{30} , TR_{20} and $WSDI$. Although the warming was apparent in all seasons, the most prominent trends were found in summer season, and then in winter and spring.

The upward/downward trends in warm/cold temperature indices have been particularly pronounced since the beginning of the 21st century. Among the 15 warmest years in Mostar there are only three years prior to 2001 (two from 1990s – 1994 and 1990 and one from the beginning of the observed period – 1961). For example, the extremely low/high values of cold/warm temperature indices were recorded during the some of the hottest years with the occurrence of intense heat waves – in 2012 and 2015. In 2015 there were only 14 TX_{10p} , 9 TN_{10p} , 8 FD_0 and without a single $CSDI$ and ID_0 . Some of the highest frequencies of warm temperature indices were recorded in 2012 – then there was 112 TX_{90p} , 91 TN_{90p} , 149 SU_{25} , 108 SU_{30} , 68 TR_{20} and 72 $WSDI$.

The results obtained in this survey are similar to the results of other studies related to recent trends in extreme temperatures in the adjacent regions of the Southeast Europe.

Further research on these issues is certainly necessary because climate change will have a major impact on a range of activities such as: agriculture production, forest management, fire

земљорадња, шумарство, сточарство, режим пожара, снабдијевање водом и енергијом, туризам, заштита природе, здравље људи, итд. Истраживања треба да обухвате и анализу промјена режима падавина и екстремних падавинских догађаја, јер су пројекције показале да ће главни правци климатских промјена у овом региону (поред значајног пораста температуре) ићи према смањењу расположиве воде (посебно током љета) и према повећању учесталости и интензитета екстремних климатских догађаја.

regime, livestock, water and energy demands, tourism, nature conservation, people health, etc. Further research should encompass the analysis of the changes in precipitation regime and the extreme precipitation events because the projections showed that the main directions of the climate change in this region (in addition to the significant temperature increase), will be a decline in available water (particularly during summer) and an increase in frequency and intensity of extreme climate and weather events.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Alexander, L. V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A. M. G., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D. B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M. & Vazquez-Aguirre, J. L. (2006). Global Observed Changes in Daily Climate Extremes of Temperature and Precipitation. *Journal of Geophysical Research*, 111, D05109.
- Alexander, M. A., Halimeda Kilbourne, K. & Nye, J. A. (2014). Climate Variability during Warm and Cold Phases of the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) 1871–2008. *Journal of Marine Systems*, 133, 14–26.
- Andrade, C., Leite, S. M. & Santos, J. A. (2012). Temperature Extremes in Europe: Overview of Their Driving Atmospheric Patterns. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 1671–1691.
- Barnston, A. G. & Livezey, R. E. (1987). Classification, Seasonality and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns. *Monthly Weather Review*, 115, 1083–1126.
- Branković, Č., Cindrić, K., Gajić-Čapka, M., Güttler, I., Pandžić, K., Patarčić, M., Srnc, L., Tomašević, I., Vučetić, V. & Zaninović, K. (2013). Sixth National Communication of the Republic of Croatia under the United Nation Framework Convention on the Climate Change (UNFCCC) Selected Sections in Chapters: 7. Climate Change Impacts and Adaptation Measures 8. Research, Systematic Observation and Monitoring. Zagreb: Meteorological and hydrological service of Croatia.
- Burić, D., Ducić, V., Mihajlović, J., Luković, J. & Dragojlović, J. (2015). Recent Extreme Air Temperature Changes in Montenegro. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, XCV, 4, 53–66.
- Burić, D., Luković, J., Ducić, V., Dragojlović, J. & Doderović, M. (2014). Recent Trends in Daily Temperature Extremes over Southern Montenegro (1951–2010). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14, 1, 67–72.
- Dankers, R. & Hiederer, R. (2008). Extreme Temperatures and Precipitation in Europe: Analysis of a High-Resolution Climate Change Scenario. Luxembourg: European Commission Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability.
- Donat, M. G., Alexander, L. V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., Dunn, R. J. H., Willett, K. M., Aguilar, E., Brunet, M., Caesar, J., Hewitson, B., Jack, C., Klein Tank, A. M. G., Kruger, A. C., Marengo, J., Peterson, T. C., Renom, M., Oria Rojas, C., Rusticucci, M., Salinger, J., Elrayah, A. S., Sekele, S. S., Srivastava, A. K., Trewin, B., Villarroya, C., Vincent, L. A., Zhai, P., Zhang, X. & Kitching, S. (2013). Updated Analyses of Temperature and Precipitation Extreme Indices since the Beginning of the Twentieth Century: The Hadex2 Dataset. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118, 2098–2118.
- Espirito Santo, F., de Lima, M. I. P., Ramos, A. M. & Trigo, R. M. (2014). Trends in Seasonal Surface Air Temperature in Mainland Portugal, Since 1941. *International Journal of Climatology*, 34, 6, 1814–1837.

- ETCCDI (2009). Climate Change Indices, Definitions of the 27 Core Indices. Retrieved on May 8 2017 from http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml
- Fernández-Montes, S. & Rodrigo, F. S. (2012). Trends in Seasonal Indices of Daily Temperature Extremes in the Iberian Peninsula, 1929–2005. *International Journal of Climatology*, 32, 15, 2320–2332.
- 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.
- 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.
- Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A. M. G. & Peterson, T. (2002). Observed Coherent Changes in Climatic Extremes During the Second Half of the Twentieth Century. *Climate Research*, 19, 3, 193–212.
- Giorgi, F. (2006). Climate Change Hot-Spots. *Geophysical Research Letters*, 33, L08707.
- Gray, S. T., Graumlich, L. J., Betancourt, J. L. & Pederson, G. T. (2004). A Tree-Ring Based Reconstruction of the Atlantic Multidecadal Oscillation since 1567 A.D. *Geophysical Research Letters*, 31, L12205.
- Hartmann, D. L., Klein Tank, A. M. G., Rusticucci, M., Alexander, L. V., Brönnimann, S., Charabi, Y., Dentener, F. J., Dlugokencky, E. J., Easterling, D. R., Kaplan, A., Soden, B. J., Thorne, P. W., Wild, M., & Zhai, P. M. (2013). Observations: Atmosphere and Surface. In: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (eds.) (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 159–254). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hurrell, J. & Van Loon, H. (1997). Decadal Variations in Climate Associated with the North Atlantic Oscillation. *Climatic Change*, 36, 3, 301–326.
- Hurrell, J. W., Kushnir, Y., Ottersen, G. & Visbeck, M. (2003). An Overview of the North Atlantic Oscillation. In: Hurrell, J. W., Kushnir, Y., Ottersen, G. & Visbeck, M. (eds.) (2003). *The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact*, American Geophysical Union, Washington, D.C., pp. 1–35.
- IPCC (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., Qin, D., Dokken, D. J., Ebi, K. L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G.-K., Allen, S. K., Tignor, M. & Midgley, P. M. (eds.)]. Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- IPCC (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R. K., & Meyer, L. A. (eds.)]. Geneva: IPCC.
- Kenawy, A. E., Lopez-Moreno, J. I. & Vicente-Serrano, S. M. (2011). Recent Trends in Daily Temperature Extremes over Northeastern Spain (1960–2006). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, 9, 2583–2603.
- 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.
- Klein Tank, A. M. G. & Können, G. P. (2003). Trends Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946–99. *Journal of Climate*, 16, 22, 3665–3680.
- Kostopoulou, E. & Jones, P. D. (2005). Assessment of Climate Extremes in the Eastern Mediterranean. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 89, 1, 69–85.
- Muller, R. A., Curry, J., Groom, D., Jacobsen, R., Perlmutter, S., Rohde, R., Rosenfeld, A., Wickham, C. & Wurtele, J. (2013). Decadal Variations in the Global Atmospheric Land Temperatures. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118, 11, 5280–5286.
- NOAA Climate Prediction Center (NOAA CPC) (2017). Northern Hemisphere Teleconnection Patterns. Retrieved on June 8 2017 from <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>
- Russo, S., Sillmann, J. & Fischer, E. M. (2015). Top Ten European Heat Waves since 1950 and Their Occurrence in the Coming Decades. *Environmental Research Letters*, 10, 12, 124003.
- 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.

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.

Trbić, G., Popov, T. & Gnjato, S. (2017). Analysis of Air Temperature Trends in Bosnia and Herzegovina. *Geographica Pannonica*, 21, 2, 68–84.

Varfi, M. S., Karacostas, T. S., Makrogiannis, T. J. & Flocas, A. A. (2009). Characteristics of the Extreme Warm and Cold Days over Greece. *Advances in Geosciences*, 20, 45–50.

Zaninovic, K. & Cindric, K. (2014). Changes in Indices of Temperature Extremes in Croatia, 1961–2010. *EMS Annual Meeting Abstracts*, Vol.11/EMS (ed.), EMS2014–80, 14th EMS Annual Meeting & 10th European Conference on Applied Climatology, Prague, Czech Republic, October 6–10th 2014

Zhang, X. & Yang, F. (2004). *RClimDex (1.0) User Manual*. Downsview, Ontario, Canada: Climate Research Branch Environment Canada.

Попов, Т. & Трбић, Г. (2015). Анализа температуре ваздуха у континенталном биогеографском региону Републике Српске. У: Станковић, С., Филиповић, Д. & Ђурђић, С. (уред.) (2015). Четврти српски конгрес географа са међународним учешћем ”Достигнућа, актуелности и изазови географске науке и праксе” поводом 150 година рођења Јована Цвијића, Зборник радова, Књига 1 (115–120). Београд: Универзитет у Београду Географски факултет, Српско географско друштво

Трбић, Г. (2013). Колебање климе у Републици Српској. У: Гњато, Р. (уред.) (2013). Зборник Обилежавања 20. годишњице Географског друштва Републике Српске 1993–2013 (87–95). Бањалука: Географско друштво Републике Српске