

PROCJENA POUZDANOSTI NEINSTITUCIONALNOG MJERENJA TEMPERATURE ZRAKA U VITINI, BIH, U RAZDOBLJU 1992.-2011.

EVALUATION OF RELIABILITY OF NON-INSTITUTIONAL MEASUREMENT OF AIR TEMPERATURE IN VITINA, BiH, FOR 1992-2011 PERIOD

MLADEN MARADIN, DANIJEL OREŠIĆ, IVAN MADŽAR, JELENA PUTICA

Izvod

Rad se bavi procjenom pouzdanosti podataka o temperaturi zraka izmjerenih na meteorološkoj postaji u mjestu Vitina u Bosni i Hercegovini u razdoblju od 1992. do 2011. godine, koja je izvan mreže institucionalnih meteoroloških postaja. Podaci su uspoređeni s podacima dobivenim mjerenjima u obližnjim meteorološkim postajama Imotski i Široki Brijeg, koje raspolažu s dovoljnim nizovima podataka. Pri tome je ispitana homogenost pojedinih nizova podataka, a za međusobnu usporedbu analiziranih postaja relativna homogenost. Istraživanje je pokazalo da su podaci u većini slučajeva relativno homogeni, međutim, u određenim dijelovima godine javljaju se statistički značajna odstupanja, zbog čega je podatke postaje u Vitini prije korištenja u regionalnim klimatskim analizama potrebno korigirati za što su potrebna dodatna mjerenja.

Ključne riječi: temperatura zraka, meteorološke postaje, pouzdanost podataka, homogenost

UVOD

Za određivanje klimatskih obilježja nekog područja potrebni su pouzdani nizovi podataka klimatskih elemenata. Oni se mjere u meteorološkim postajama prema smjernicama Svjetske meteorološke organizacije i nadležnih meteoroloških institucija (WMO, 1998; Pandžić, 2008), kako bi podaci bili usporedivi. Kako bi promjene u nizovima podataka odražavale promjene klime, mjerni instrumenti i sama meteorološka postaja trebala bi biti smještena tako da sve promjene u okolišu u blizini postaje što manje utječu na mjerenje. Za tako dobiven niz podataka, čije su promjene uzrokovane samo promjenama vremena i klime, kaže se da je homogen (Penzar i Makjanić, 1980). Na većinu klimatskih elemenata čija se mjerenja bilježe kroz duže vremensko razdoblje djeluju i neklimatski čimbenici zbog kojih ti nizovi podataka nisu dovoljno reprezentativni da bi se iz njih mogle ocijeniti stvarne promjene vremena i klime. Ti čimbenici mogu biti promjene mjernih instrumenata, njihove lokacije, pravila mjerenja, kao i promjene u okolišu same postaje (Pandžić i Likso, 2010). Svi oni

Abstract

This paper provides an evaluation of the reliability of air temperature data series measured at the weather station in Vitina, Bosnia and Herzegovina, for the period 1992-2011. The Vitina weather station does not belong to the network of institutional meteorological stations. To evaluate the reliability of data series from Vitina, they were compared with data obtained from measurements at nearby weather stations at Imotski and Široki Brijeg, for which there are reliable data series. For this purpose, the homogeneity of each data series was examined. The relative homogeneity method was used to compare all the data series. The study showed that the data series are relatively homogeneous in most cases. However, in certain parts of the year statistically significant differences were recorded and therefore the data from Vitina must be corrected for use in the regional climate analysis, which requires additional measurements.

Key words: air temperature, weather stations, data reliability, homogeneity

INTRODUCTION

For the determination of the climatic properties of an area, reliable data series of climatic elements are necessary. These data are measured in weather stations in accordance with the guidelines of the World Meteorological Organisation, and the competent meteorological institutions (WMO, 1998; Pandžić, 2008), to ensure comparability of data. Furthermore, to ensure that changes in data series reflect changes in climate, the measuring instruments and weather stations in particular must be positioned in such a manner that any changes in the immediate environment of the station have minimum effects on measurements. Such data series, where the changes are caused only by changes to weather and climate, are considered homogenous (Penzar & Makjanić, 1980). For most climatic elements that are measured over long time periods, other non-climatic factors also have an influence, and those data series are insufficiently representative to properly assess true changes to weather and climate. These factors can include changes to measuring instruments, their location, measuring rules, and changes in the environment around the station itself (Pandžić & Likso, 2010). All these factors cause inhomogeneity of cli-

uzrokuju nehomogenost nizova klimatoloških podataka te mogu dovesti do pogrešne interpretacije klimatskih obilježja nekog područja. Neke se neklimate promjene mogu lako uočiti kao nagla promjena u nizu podataka, dok se neke promjene, kao one nastale postupnom promjenom okoliša postaje, teže uočavaju te se mogu zamijeniti za lokalne klimatske varijacije. Za svaku je meteorološku postaju potrebno bilježiti sve promjene koje mogu imati utjecaj na izmjerene vrijednosti. Kako bi se niz klimatskih podataka mogao pravilno koristiti iz njega je potrebno odstraniti nehomogenosti ili je potrebno znati koje greške u njihovoj interpretaciji mogu biti uzrokovane nehomogenošću.

Za otkrivanje nehomogenosti nizova podataka u klimatološkim istraživanjima postoje različiti statistički testovi. Ti se testovi razlikuju ovisno o klimatskom elementu čija se homogenost ispituje, prostornoj i vremenskoj varijabilnosti koja ovisi o dijelu svijeta gdje se postaja nalazi, duljini i potpunosti nizova, dostupnosti metapodataka i gustoći razmještaja postaja (Peterson i dr., 1998). Ovisno o tome ispituje li se homogenost niza samo jedne postaje ili nizova podataka susjednih postaja testovi se mogu podijeliti u dvije skupine: apsolutni i relativni (Pandžić i Likso, 2010). Apsolutni testovi ispituju homogenost vremenskog niza izmjerenog u jednoj postaji. Međutim, u tom slučaju promjena u nizu podataka, odnosno nehomogenost, može biti uzrokovana i stvarnom varijacijom klime i vremena (Peterson i dr., 1998). Posebno je to teško utvrditi za one postaje za koje ne postoji popis čimbenika koji su mogli utjecati na homogenost izmjerenih podataka. Za određene izolirane postaje ne mogu se primijeniti metode relativne homogenosti te je za njih potrebno koristiti različite metode apsolutne homogenosti (Rhoades i Salinger, 1993).

U nekim slučajevima nehomogenost niza može biti posljedica prekida mjerenja uslijed izvanrednih događaja, kao što su prirodne nepogode i ratovi. Za vrijeme rata u Bosni i Hercegovini od 1992. do 1995. godine zbog ratnih operacija rad brojnih meteoroloških postaja je privremeno bio prekinut. Nakon rata u nekima su ponovo počela mjerenja, dok su druge s radom počele na novoj lokaciji. Stoga su svi podaci prikupljeni u ratnom razdoblju od velike vrijednosti za klimatologe, ali i druge znanstvenike, koji pomoću njih mogu odrediti klimatska obilježja, kao i ocijeniti trend promjene klime određenog područja.

Pri analizi regionalnih klimatoloških obilježja, uz službena mjerenja mogu poslužiti i podaci prikupljeni na postajama izvan mreže institucionalnih meteoroloških postaja, ako su prikupljeni prema smjernicama Svjetske meteorološke organizacije. Rad institucionalnih meteoroloških postaja u nadležnosti je državnih (hidro)mete-

mate data series, and can result in the incorrect interpretation of the climatic features of an area. Some non-climatic changes can easily be observed, such as sudden shifts in a data series, while other changes, such as those caused by gradual changes of environment around the weather station, are more difficult to observe and can be mixed with local climatic variations. For each weather station, it is necessary to record all changes that could have an impact on the measured values. In order to ensure that climate data series are usable, any inhomogeneities must be removed from the data series, or it is necessary to know which errors in their interpretation could be caused by inhomogeneity.

Various statistical tests can be applied to detect inhomogeneity in data series in climate studies. Those tests differ based on climatic element for which the homogeneity is being tested, the spatial and temporal variability, which depends on the part of the world where the station is located, the length and continuity of the data series, the availability of metadata, and the density of the station network (Peterson et al., 1998). Depending on whether the homogeneity of a series of just one station, or data series of neighbouring stations is being tested, the tests can be divided into two groups: absolute and relative (Pandžić & Likso, 2010). Absolute tests determine the homogeneity of time series measured at a single station. However, in that case, any changes to the data series, or inhomogeneity, can be also caused by real variations of climate and weather (Peterson et al., 1998). It is particularly difficult to determine homogeneity for those stations that do not have a record of factors that had possible impact on the homogeneity of the measured data. For isolated stations, it is not possible to apply methods of relative homogeneity, and there are a various of methods for absolute homogeneity required (Rhoades & Salinger, 1993).

In certain cases, the inhomogeneity of data can be the result of interruptions in measurements due to extraordinary events, such as natural disasters or wars. During the war in Bosnia and Herzegovina from 1992 to 1995, the operation of numerous weather stations was temporarily ceased due to war circumstances. Following the war, some stations resumed operations, while for others, operation was commenced at new locations. Therefore, all the data collected during the war period are of great significant for climatologists and other scientists, as they can be used to determine climatic features and to assess trends of a climate change in a given area.

In an analysis of the regional climatic features, in addition to official measurements, data measured at stations outside the network of institutional weather stations can also be used, if those data are collected in accordance with the guidelines of the World Meteorological Organisation. The operation of the institutional weather stations is under the competence of the state (hydro)meteorological services, whose operation is governed by the laws of individual countries. In the Republic of Bosnia and Herzegovina, meteoro-

oroloških tijela čiji je rad propisan zakonima pojedine države. U Republici Bosni i Hercegovini meteorološku djelatnost obavljaju Federalni hidrometeorološki zavod BiH te Republički meteorološki zavod. Osim mjerenja meteoroloških elementa na mreži institucionalnih postaja, mjerenja za vlastite potrebe obavljaju i mjeritelji – amateri na neinstitucionalnim meteorološkim postajama. Bilježenjem rezultata takvih mjerenja mogu nastati višegodišnji nizovi podataka.

Ovaj se rad temelji na analizi podataka o temperaturi zraka koji su dobiveni amaterskim mjerenjima na postaju u Vitini kod Ljubuškog u terminima motrenja 7, 14 i 21 sat od 1992. do 2011. godine. Na tom području ne postoje meteorološke postaje Federalnog hidrometeorološkog zavoda BiH te podaci s te postaje mogu bitno pridonijeti poznavanju lokalnih klimatskih obilježja tog područja. Posebna je vrijednost tih podataka što su oni mjereni i za vrijeme rata u Bosni i Hercegovini. Cilj je rada ispitati koliko su podaci prikupljeni u Vitini pouzdani u odnosu na podatke najbližih institucionalnih meteoroloških postaja.

PODACI I METODE

U radu se vrednuje pouzdanost podataka prikupljenih mjerenjima u Vitini (Tab.1.). Podatke je mjerila i bilježila osoba koja se time bavi amaterski, a meteorološka kućica nije u potpunosti uređena prema smjernicama meteoroloških institucija (Sl. 1). Kućica je u obliku kvadra sa stranicama od žaluzina te stoji na četveronožnim nogarima. Instrument kojim se mjerila temperatura na mjernom mjestu u Vitini je Assmannov aspiracijski psihrometar. On se nalazi na visini od dva metra obješen na prečki unutar meteorološke kućice. Ipak, potrebno je spomenuti zamjerke konstrukciji i smještaju meteorološke kućice (Sl. 1.). Naime, njezin krov zbog boje i materijala (jednostruke salonitne ploče) od kojeg je izrađen, najvjerojatnije ne pruža dovoljnu izolaciju. Krov kućice treba biti dvostruk i bijele boje (Pandžić, 2008). Također, u određenoj mjeri na izmjerene temperature može utjecati i smještaj meteorološke kućice. Ona se nalazi u vrtu koji se obrađuje, pa iako u blizini nema drveća, moguć je utjecaj ugrijanog tla u toplom dijelu godine. Naime, zemljište obraslo vegetacijom ima veći albedo u odnosu na neobraslo, a sunčevo zračenje se dodatno troši i na fotosintezu. Stoga obrađeno zemljište apsorbira više energije i razdoblju hlađenja zagrijava zrak iznad te se, u prosjeku, mogu očekivati više temperature nego što bi one bile iznad neobrađenog zemljišta. Prema smjernicama Svjetske meteorološke organizacije zemljište iznad koje se mjeri temperatura zraka i gdje je smještena meteorološka kućica treba biti obraslo niskom travom, a ako trava u tom području na raste, treba biti isto kao i prirodno zemljište u okolini (Pandžić, 2008).

logical service is performed by the Federal Hydrometeorological Institute of Bosnia and Herzegovina, and by the Republic Meteorological Institute. Besides the measurement of meteorological elements within the network of institutional meteorological stations, there are measurement for personal use by amateur weather observers at non-institutional (private) weather stations. The recording of results of such measurements can result in multiyear data series.

This study provides an analysis of the air temperature data obtained by amateur measurements at the Vitina weather station near the city of Ljubuški. Measurements were taken at 7 a.m., 2 p.m. and 9 p.m. from 1992 to 2011. In this area, there are no official weather stations of the Federal Hydrometeorological Institute of Bosnia and Herzegovina, and therefore the data from this station could contribute to better understanding the local climatic features. The particular value of these data is that the data were continuously measured, even during the war period in Bosnia and Herzegovina. The objective of this paper is to test the reliability of the data collected at the Vitina weather station in relation to the data of the nearest institutional weather stations.

DATA AND METHODS

This study evaluates the reliability of data collected in measurements at the Vitina measuring station (Table 1). The data were measured and recorded by an amateur weather observer, and the weather shelter is not fully equipped according to official meteorological guidelines (Fig. 1). The weather shelter is a rectangular box with louvered sides and stands on four-legged stand. The instrument used to measure temperature at the Vitina station is an Assmann aspiration psychrometer. The device is positioned at a high of 2 metres, hung from a bar inside the weather shelter. There are few remarks to the construction and positioning of the weather shelter that should be noted (Fig. 1). Due to the colour and material (single layer asbestos roof tiles) of the roof, it likely does not provide sufficient insulation. The shelter roof is required to be a double layer and white (Pandžić, 2008). Also, the positioning of the shelter can have a certain impact on the measured temperatures. It is positioned within a garden that is cultivated, and though there are no trees nearby as it is required, it is possible that the heated soil during the summer months can have an impact. Land under plant cover has a higher albedo than bare soil, and solar radiation is furthermore absorbed for photosynthesis. Therefore, cultivated soil absorbs more energy and heats the air during cooling periods so, on average, higher temperatures can be expected over cultivated soils than over non-cultivated soils. According to the guidelines of the World Meteorological Organisation, the ground over which the weather station is positioned and air temperature measures should be covered in low grass, or if grass is not native to that area, it should be the same as the natural soils in the surrounding area (Pandžić, 2008).



Sl. 1. Meteorološka kućica mjerne postaje u Vitini

Fig. 1. Meteorological shelter of the measuring station in Vitina

Tab. 1. Koordinate meteoroloških postaja Imotski i Široki Brijeg te mjernog mjesta u Vitini.

Table 1. Coordinates of the Imotski and Široki Brijeg meteorological stations and the Vitina measuring station

Rb.	postaja	geografska širina	geografska dužina	nadmorska visina (m)
No.	station	latitude	longitude	altitude (m)
1	Imotski	43°27'	17°13'	535
2	Vitina	43°14' 33"	17°28'24"	74
3	Široki Brijeg	43°22'53"	17°35'33"	270

Izvor: 1 – DHMZ; 2 – GPS koordinate izmjerili autori; 3 – FHMZ BiH

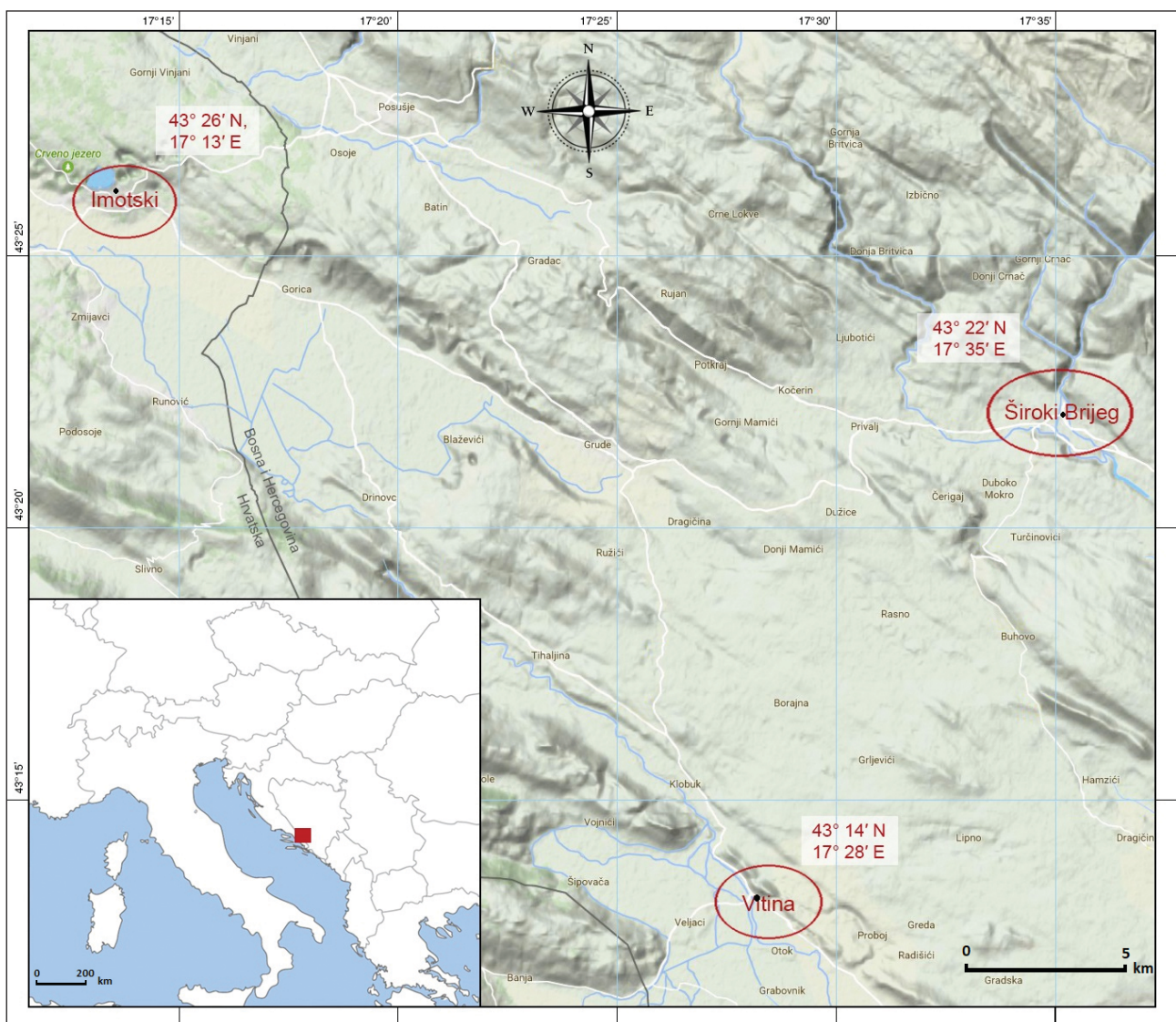
Source: 1 – CHMS; 2 – GPS coordinates measured by authors; 3 – FHMI BiH

Kako bi se istražilo koliko dobiveni podaci dobro prikazuju klimatološka obilježja i kolika je relativna homogenost, analiza je napravljena na mjesečnim vrijednostima. U tu su svrhu izračunate srednje mjesečne temperature za 7, 14 i 21 sat za svaku godinu od 1992. do 2011. U nizu podataka za tu postaju ne postoje podaci za veljaču 2001. godine za sva tri termina mjerenja te su oni interpolirani nakon provedenog testiranja homogenosti.

In order to determine whether the obtained data accurately reflect the climatic features and to determine the relative homogeneity of the data, an analysis of monthly values was conducted. For that purpose, the mean monthly temperatures measured at 7 a.m., 2 p.m. and 9 p.m. for each year from 1992 to 2011 were calculated. In the data series, data for all three readings times for the month of February 2001 were lacking, and therefore these data were interpolated after conducting the homogeneity test.

Kako bi se ispitalo koliko su podaci prikupljeni na postaji Vitina pouzdani potrebno je utvrditi pouzdanost mjerenja, a zatim ih usporediti sa podacima mjerenja na susjednim institucionalnim postajama. Usporedbe susjednih postaja vrše se jer su razlike između mjesečnih ili godišnjih srednjaka na dvije susjedne postaje manje promjenljive nego sami srednjaci na jednoj postaji (Penzar i Makjanić, 1980). Pri tome je potrebno uzeti one postaje koje su relativno blizu ili za koje se može pretpostaviti da imaju slična klimatska obilježja kao i promatrana postaja. Postaja Vitina nalazi se oko 7 km sjeverozapadno od Ljubuškoga (Sl. 2.). Smještene su u Ljubuškom polju – tipičnom primjeru krškog

In order to test the reliability of the data collected at the Vitina station, it was first necessary to determine the reliability of measurements, and then to compare them to data measured at neighbouring institutional weather stations. A comparison of the neighbouring stations is conducted because the differences between monthly or yearly means at two neighbouring stations is less variable than the means at a single station (Penzar & Makjanić, 1980). For the comparison, it is necessary to take those stations that are relatively close, or for which can be assumed to have similar climatic features as the observed station. The Vitina measuring station is situated about 7 km northwest of Ljubuški (Fig. 2). It is situated in Ljubuško Polje, a typical example of a karst polje. The position in inter-mon-



Sl. 2. A) Geografski smještaj i koordinate meteoroloških postaja u Imotskom i Širokom Brijegu te mjerne postaje u Vitini; B) Pregledna karta s istraživanom područjem (crveni kvadrat)

Fig. 2. A) Location and coordinates of the meteorological stations in Imotski and Široki Brijeg and the measuring station in Vitina; B) Overview map with the researched area (red square)

polja. Kotlinski smještaj ima utjecaj na godišnji hod temperature u odnosu na okolni povišeni prostor. U zavalama se u hladnom dijelu godine nakuplja hladan zrak, te su one često hladnije od viših dijelova reljefa (Šegota, 1988). Anticiklone, koje uzrokuju nastanak magle, naglašavaju to stanje te dolazi do pojave inverzije temperature. Ljeti se u kotlinama nakuplja topli zrak te su one toplije od okolnog prostora. S obzirom na dinamiku reljefa u istraživanom su prostoru moguće relativno velike razlike u temperaturi u odnosu na veličinu prostora. Lokalni klimatski modifikatori u jednoj kotlini mogu imati relativno mali utjecaj u drugoj kotlini. Također, njihov se utjecaj ne mora osjećati na višim dijelovima reljefa. Stoga i relativno bliže postaje mogu imati odstupanja u hodu temperature što treba uzeti u obzir pri analizi podataka.

Kako je za analizu potrebno uzeti one postaje na koje djeluju donekle slični klimatski modifikatori kao i na postaju u Vitini za usporedbu nisu pogodne obližnje postaje koje su pod značajnim utjecajem mora, kao što su meteorološke postaje Metković ili Mostar. Najbliže postaje u Hrvatskoj su klimatološke postaje Imotski i Vrgorac, međutim, zbog nedostajućih podataka postaja Vrgorac nije uzeta u obzir. Premda u ukupnim nizovima podataka za tu postaju nedostaje relativno mali broj podataka (7,1 % od ukupnog broja podataka), u nekim mjesečnim nizovima nedostaje i do trećine podataka za termin mjerenja u 21 sat, što je previše za pouzdanu analizu mjesečnih vrijednosti. Zbog rata u Bosni i Hercegovini za brojne postaje u toj državi ne postoje neprekinuti nizovi podataka koji bi poslužili za analizu. Najbliža postaja koja odgovara smještajem i za koju postoje raspoloživi nizovi podataka u razdoblju od 1992. do 2011. godine je meteorološka postaja Široki Brijeg. Stoga je pouzdanost podataka prikupljenih u Vitini analizirana na nizovima podataka iz postaja u Imotskom i Širokom Brijegu (Tab. 1., Tab. 2.). Podaci u Tab. 2. prikazuju osnovna statistička obilježja analiziranih nizova podataka za sve tri postaje. Osnovna obilježja nizova podataka za sve tri postaje prikazana u Tab. 2. ne pokazuju očigledna odstupanja ili nelogičnosti. Daljnja analiza podataka iz Vitine pokazala je koliko podaci izmjereni u toj postaji odstupaju od podataka u ostale dvije analizirane postaje.

Podaci za Imotski dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda u Zagrebu. Za Imotski nedostaju vrijednosti srednjih mjesečnih temperatura za siječanj 2004. godine u 7 sati, koje su interpolirane metodom linearne interpolacije. Podaci za postaju Široki Brijeg podaci su Federalnog hidrometeorološkog zavoda Bosne i Hercegovine. U nizu srednjih mjesečnih vrijednosti za tu postaju nije bilo nedostajućih podataka.

Kako bi se analizirala pouzdanost nizova podataka izmjenjenih u Vitini prvo je analizirana homogenost

tane basin has an influence on the annual course of temperature in comparison to surrounding higher grounds. In the inter-montane basins, colder air accumulates in the cold part of the year, and they are often colder than in surrounding higher areas (Šegota, 1988). Anticyclones, which cause the creation of fog, enhance this effect, and temperature inversions occur. In the summer, hot air accumulates in the basins, so they are warmer than the surrounding areas. Considering the dynamics of the terrain in the study area, there are relatively large differences in air temperature possible, with regard to the size of the area. The local climatic modifiers in one inter-montane basin can have a relatively small impact in another basin. Furthermore, their influence cannot have impact on temperature in higher areas of the relief. Therefore, relatively close stations can have significant variations in the course of temperature, which should also be considered during data analysis.

For the comparison, it is necessary to include weather stations that have relatively similar climatic modifiers as the measuring station in Vitina, so weather stations under a strong maritime influence, such as the weather stations at Metković or Mostar are not suitable for comparison. The nearest weather stations are those in Croatia, at Imotski and Vrgorac, however, the Vrgorac weather station was not suitable for comparison due to lacking data. Relatively few data were lacking in the overall data series (only 7.1% of the total number of data), though in some months, up to one-third of the data were lacking for the 9 p.m. reading time, which is too much for a reliable analysis of the monthly values. Due to the war in Bosnia and Herzegovina, numerous weather stations lack an uninterrupted data series that could be used for analysis. The nearest station that is suitable in terms of position and for which there are reliable data series for the 1992 – 2011 period is the weather station at Široki Brijeg. Therefore, the reliability of data collected at Vitina was analysed using the data series from the weather stations at Imotski and Široki Brijeg (Tables 1 and 2). Table 2 shows the basic statistical parameters of the analysed data series for all three stations. The basic parameters of the data series presented for all three stations (Table 2) does not show any obvious deviations or illogicality. Further analysis of the Vitina data series indicate the deviation of these data from the data from the two other analysed stations.

The data for Imotski were obtained from the Croatian Meteorological and Hydrological Service in Zagreb (Croatia). For Imotski, the mean monthly temperature for January 2004 was lacking for the 7:00 a.m. reading, and this was thus interpolated using the linear interpolation method. The data for the station Široki Brijeg are the data of the Federal Hydrometeorological Institute of Bosna and Herzegovina. No data were missing in the data series of monthly averages for that station.

In order to analyse the reliability of data series measured in Vitina, the homogeneity of the data series for

Tab. 2. Osnovna statistička obilježja analiziranih nizova podataka u 7, 14 i 21 sat za postaje u (a) Vitini, (b) Imotskom i (c) Širokom Brijegu u razdoblju od 1992. do 2011. (SDEV – standardna devijacija, CV – koeficijent varijacije, α_3 – koeficijent asimetrije)

Table 2. Basic statistical parameters of the analysed data series at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. for the stations at (a) Vitina, (b) Imotski and (c) Široki Brijeg in the period 1992–2011 (SDEV – standard deviation, CV – coefficient of variation, α_3 – coefficient of asymmetry)

(a) Vitina

7 h	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SDEV	1,78	*	1,94	1,47	1,30	1,38	0,93	1,62	1,15	1,13	1,77	2,02
AVRG	2,05	*	6,70	11,16	16,26	21,38	23,53	22,78	16,79	11,51	6,75	3,61
CV	0,868	*	0,290	0,131	0,080	0,064	0,039	0,071	0,069	0,098	0,263	0,559
α_3	0,01	*	1,19	-0,59	-0,74	1,76	-0,26	0,30	0,75	-0,36	0,05	-0,01
14 h	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SDEV	1,44	*	2,07	1,59	1,70	1,48	1,12	2,62	3,19	1,87	1,58	1,32
AVRG	9,62	*	14,78	19,34	24,87	29,62	32,58	32,15	26,51	20,83	14,75	10,43
CV	0,150	*	0,140	0,082	0,068	0,050	0,034	0,082	0,120	0,090	0,107	0,127
α_3	0,53	*	0,57	0,37	0,78	1,38	0,23	0,07	2,06	0,49	0,26	-0,53
21 h	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SDEV	1,87	*	2,09	1,70	1,30	1,64	1,04	2,02	1,69	1,62	2,08	1,86
AVRG	3,33	*	8,68	13,61	19,66	25,03	28,24	27,61	20,79	14,40	8,46	4,77
CV	0,562	*	0,241	0,125	0,066	0,065	0,037	0,073	0,081	0,113	0,246	0,389
α_3	0,38	*	1,26	-0,02	-0,19	0,97	-0,14	0,16	0,70	0,04	-0,25	-0,09

*nije izračunato zbog nedostajućih podataka / not calculated due to missing data

(b) Imotski

7h	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SDEV	*	2,01	1,47	1,40	1,11	1,09	0,82	1,51	1,53	1,15	1,41	1,30
AVRG	*	3,29	5,98	10,16	15,38	19,03	21,34	21,27	16,13	12,12	7,72	4,46
CV	*	0,610	0,246	0,138	0,072	0,057	0,039	0,071	0,095	0,095	0,183	0,291
α_3	*	-0,48	0,60	-1,37	-0,51	0,58	0,42	-0,30	0,22	-0,07	-0,09	-1,22
14h	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SDEV	1,54	2,43	1,73	1,76	1,64	1,77	1,11	2,55	2,30	1,83	1,68	1,30
AVRG	8,12	9,28	12,54	16,74	22,63	26,53	29,72	30,29	23,96	19,15	12,86	8,60
CV	0,190	0,261	0,138	0,105	0,073	0,067	0,037	0,084	0,096	0,095	0,131	0,151
α_3	-0,03	0,23	0,37	0,55	-0,04	0,72	0,73	-0,48	0,01	0,18	-0,33	-0,67
21h	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SDEV	1,39	2,01	1,56	1,62	1,30	1,30	0,80	1,88	1,79	1,29	1,44	1,38
AVRG	4,56	4,95	7,75	11,55	16,72	20,51	23,06	23,22	17,86	13,76	8,85	5,30
CV	0,305	0,406	0,201	0,140	0,078	0,063	0,035	0,081	0,100	0,094	0,163	0,261
α_3	-0,02	-0,33	0,37	-0,73	-0,11	0,80	0,17	-0,26	0,38	-0,02	-0,09	-1,11

* nije izračunato zbog nedostajućih podataka / not calculated due to missing data

(c) Široki Brijeg

7h	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SDEV	1,95	1,99	1,77	1,39	0,97	1,09	1,12	1,30	1,25	1,20	1,93	1,75
AVRG	0,46	1,23	4,67	9,58	14,64	18,86	21,01	19,76	14,11	9,60	5,48	2,48
CV	4,227	1,617	0,379	0,145	0,067	0,058	0,053	0,066	0,089	0,125	0,352	0,705
α_3	-0,04	-0,63	1,06	-1,60	0,06	1,02	0,16	0,29	-0,07	0,46	0,11	-0,68
14h	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SDEV	1,54	2,61	1,73	1,86	1,66	1,68	1,10	2,39	2,20	1,74	1,60	1,41
AVRG	8,32	9,07	12,81	17,34	22,65	26,80	29,99	29,88	24,02	19,20	13,30	9,12
CV	0,186	0,288	0,135	0,107	0,073	0,063	0,037	0,080	0,091	0,091	0,120	0,155
α_3	0,01	0,02	0,56	0,00	0,27	0,19	0,43	-0,28	0,54	0,49	-0,22	-0,52
21h	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SDEV	1,90	2,28	1,52	1,52	1,12	1,66	1,88	2,03	1,86	1,67	1,52	1,58
AVRG	2,92	3,66	7,62	11,89	16,57	20,49	23,25	22,99	17,55	12,19	7,09	3,82
CV	0,651	0,623	0,200	0,128	0,068	0,081	0,081	0,088	0,106	0,137	0,215	0,414
α_3	-0,17	-0,11	0,36	-0,82	-0,61	0,75	1,23	0,05	-0,04	-0,72	0,31	-0,77

Izvor: podaci neinstitucionalnog mjerenja u Vitini; podaci DHMZ za Imotski i FHMZ BiH za Široki Brijeg

Source: Data from non-institutional measurements in Vitina; data of the CHMS for Imotski, and FHMI BiH for Široki Brijeg

korištenih nizova podataka za sve postaje. U tu je svrhu upotrijebljen Wilcoxonov neparametarski test, kod čije se primjene oblici rasporeda razmatranih skupova ne pretpostavljaju unaprijed. Testiranje Wilcoxonovim testom provodi se tako da se iz ukupnog niza podataka od $n = n_1 + n_2$ izdvaja originalni niz s n_1 članova i modificirani niz s n_2 članova (Žugaj, 2015). Dokazano je da suma rangova modificiranog niza velikih skupova slijedi normalnu raspodjelu, a takva aproksimacija je prihvatljiva kada su n_1 i n_2 veći od 7 (Mood i Graybill, 1963). Nultoj se pretpostavci, da u nizu podataka nema značajnih promjena, suprotstavlja alternativna, tj. da značajne promjene postoje, bilo da su one uzrokovane prirodnim ili nekim drugim načinom. Uz uvažavanje razine povjerenja $\alpha = 0,05$ granice prihvaćanja nulte pretpostavke usvajaju se prema normalnoj raspodjeli: $-1,96 \leq U_0 \leq 1,96$ gdje je U_0 standardno jedinično odstupanje koje se određuje izrazom:

$$U_0 = \frac{S_0 - E_s}{\sigma_s},$$

gdje je S_0 suma rangova modificiranog niza, E_s očekivana vrijednost sume rangova modificiranog niza, a σ_s je standardno odstupanje sume rangova modificiranog niza.

Relativnim testom testira se homogenost vremenskog niza određene postaje u odnosu na referentni niz

all three stations was first analysed. The non-parametric Wilcoxon test was used, as this test does not require that the distribution of the analysed data series be assumed in advance. The Wilcoxon test uses the entire data series of $n = n_1 + n_2$ and separates the original series with n_1 pairs and the modified series with n_2 pairs (Žugaj, 2015). It has been proven that the sum of the ranks of the modified series of large data series has a normal distribution, and this approximation is acceptable when n_1 and n_2 are greater than 7 (Mood & Graybill, 1963). The null assumption is that the data series do not have significant changes contrary to the alternative, i.e. if significant change exists, it would be caused by natural or other causes. By setting the confidence limits at $\alpha = 0.05$, the confidence limits of the null assumption are adopted according to the normal distribution: $-1.96 \leq U_0 \leq 1.96$, where U_0 is the standard deviation determined by the equation:

$$U_0 = \frac{S_0 - E_s}{\sigma_s},$$

where S_0 is the sum of the modified series ranks, E_s is the expected value of the sums of the modified series ranks, and σ_s is the standard deviation of the sum of ranks of the modified series.

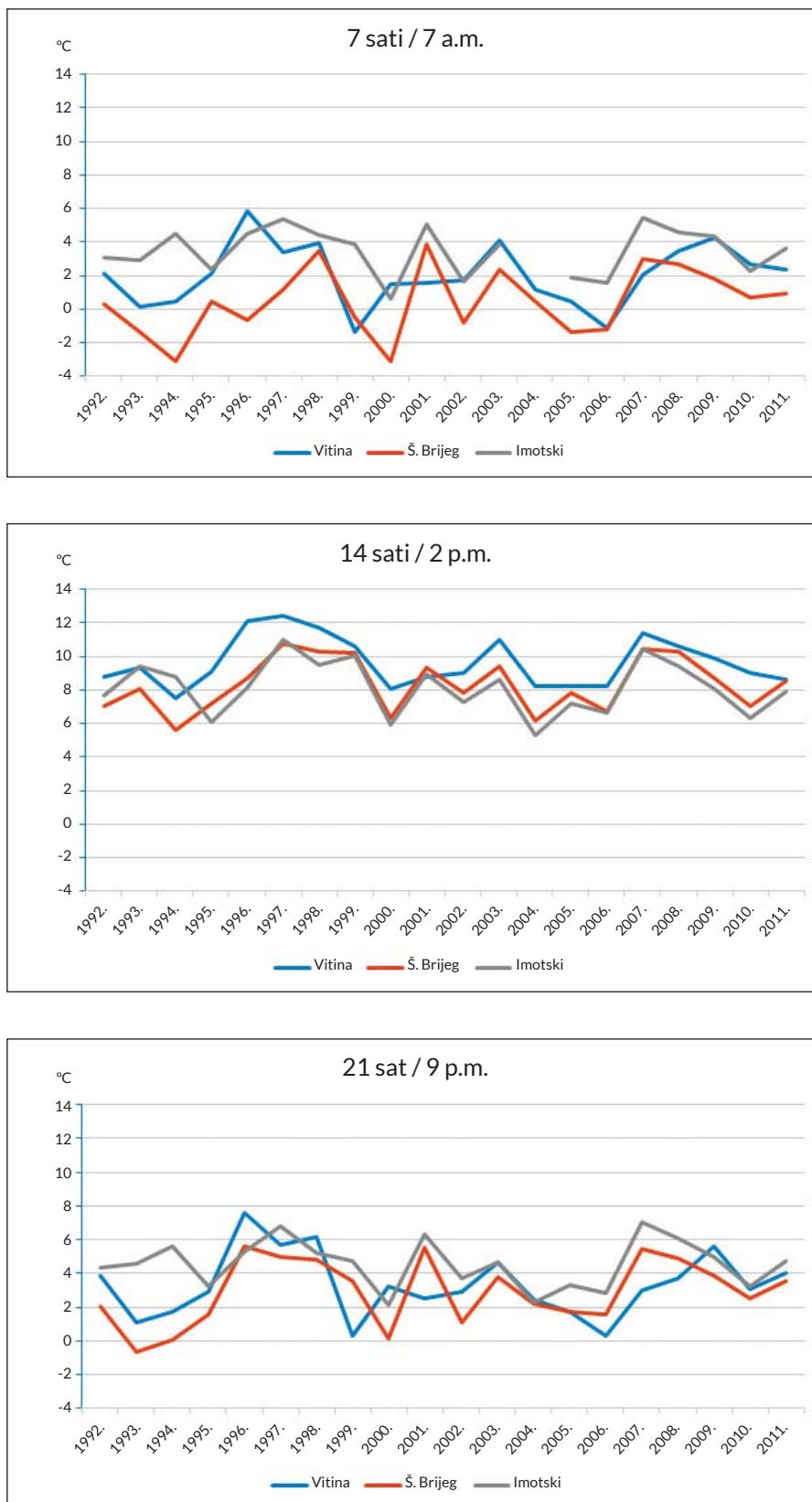
The relative test analyses the homogeneity of the time series of a certain station in relation to a reference series

za kojeg se pretpostavlja da je homogen i da pokazuje istu varijaciju vremena i klime (Panžić i Likso, 2010). Referentni niz podataka služi da bi se odredio klimatski signal svojstven određenoj regiji te da bi se izdvojile neklimatske promjene, a koje se ne pojavljuju u referentnom nizu. Testovi relativne homogenosti pogodni su za analiziranje nestacionarnih nizova podataka te se u zadnje vrijeme sve češće koriste. Nestacionarni vremenski nizovi su nizovi kojima tijekom vremena može doći do značajnih promjena karakterističnih vrijednosti (srednjak, koeficijent varijacije i dr.) te ih je teško opisati modelima i prognozirati. Niz testova apsolutne i relativne homogenosti opisali su Penzar i Makjanić (1980), Rhoades i Salinger (1993), Peterson i dr. (1998), Aguilar i dr. (2003), te Cao i Yan, (2012). Danas često korišten test relativne homogenosti je Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) koji je razvio Alexandersson (1986), a primijenjen je u nizu radova (Vincent i Gullet, 1999; Tuomenvirta, 2001; Li i dr., 2004; DeGaetano 2006; Reeves i dr., 2007). U Hrvatskoj su navedeni test za testiranje homogenosti nizova podataka o temperaturi zraka koristili Likso (2003) te Pandžić i Likso (2010). Osim njega, pri testiranju relativne homogenosti koriste se i drugi testovi (Easterling i Peterson, 1995; Lanzante, 1996; Begert i dr., 2005; Mamara, 2013; Vertačnik i dr., 2015).

Za usporedbu niza podataka izmjerenih u postaji u Vitini s podacima institucionalnih meteoroloških postaja ispitana je relativna homogenost niza podataka u Vitini u odnosu na niz podataka s postaja u Imotskom i Širokom Brijegu. Također, ispitana je i relativna homogenost nizova podataka u postajama Imotski i Široki Brijeg, kako bi se utvrdilo postoje li statistički značajna odstupanja u mjerenjima za te postaje. Ukoliko su nizovi relativno homogeni oni su sinkroni, što se može i grafički prikazati. Slike 3. i 4. pokazuju da se može očekivati da će relativna homogenost analiziranih postaja biti veća u srpnju nego u siječnju. Bilo kakve varijacije temperature trebale bi biti vidljive na svim promatranim postajama u obliku slične promjene u nizovima podataka, koje bi trebale biti istog intenziteta za sve postaje. Temperatura je, u odnosu na neke druge klimatske elemente, kao što su padaline, prostorno manje varijabilna te se s obzirom na udaljenost postaja i način njihovog odabira mogu očekivati slične promjene temperature u nizu podataka od 1992. do 2011. god. U slučaju bilo kakvih lokalnih utjecaja na vrijednosti koje su izmjerene u postaji Vitina ili greške u mjerenjima, to bi se trebalo očitovati u relativnoj nehomogenosti u nizu podataka. Pri tome problem može predstavljati sustavna greška u mjerenju podataka, zbog čega temperature u Vitini mogu biti manje ili veće nego u Imotskom i Širokom Brijegu u svim terminima mjerenja, a smjer promjena od godine do godine isti.

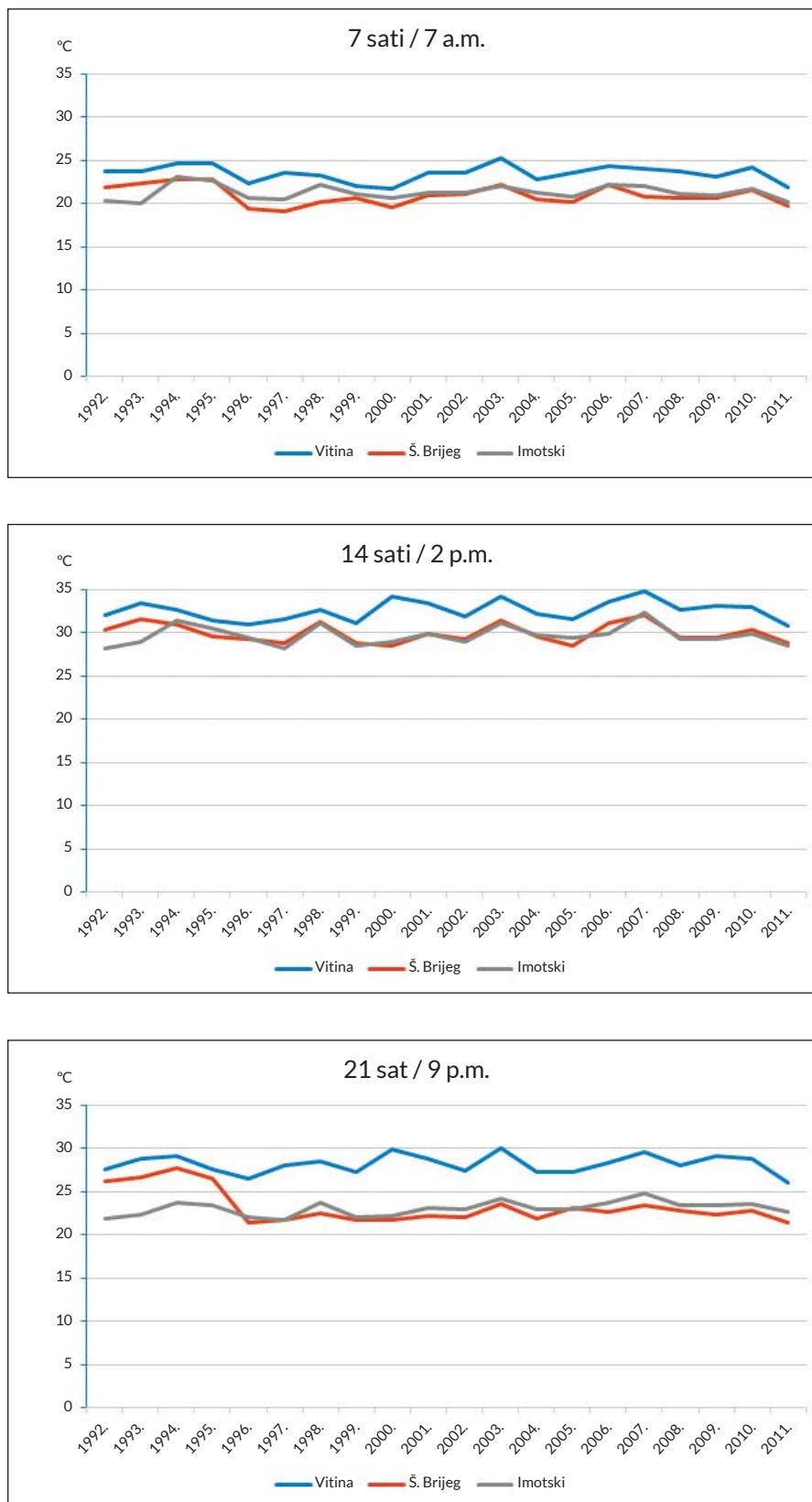
for which is assumed to be homogenous and to shows the same variation of weather and climate (Panžić & Likso, 2010). The reference series serves to determine the climatic signal characteristic for a particular region, and to distinguish out the non-climatic changes which do not appear in the reference series. Tests of relative homogeneity are suitable for analysing non-stationary data series and are becoming more commonly used. Non-stationary time series are series which over time can experience significant changes of characteristic values (median, coefficient of variation, etc.) and is difficult to describe in models and forecasts. Tests of absolute and relative homogeneity have been described by Penzar & Makjanić (1980), Rhoades & Salinger (1993), Peterson et al. (1998), Aguilar et al. (2003), and Cao & Yan (2012). Today, a commonly used test for relative homogeneity is the Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) developed by Alexandersson (1986) and applied in a series of studies (Vincent & Gullet, 1999; Tuomenvirta, 2001; Li et al., 2004; DeGaetano 2006; Reeves et al., 2007). In Croatia, this test was used to test the homogeneity of data series for air temperature by Likso (2003) and Pandžić & Likso (2010). Additionally, other tests were used to test relative homogeneity (Easterling & Peterson, 1995; Lanzante, 1996; Begert et al., 2005; Mamara, 2013; Vertačnik et al., 2015).

To compare the data series measured at the station in Vitina with the data from the institutional weather stations, the relative homogeneity of the data series from Vitina was tested in relation to the data series from the stations at Imotski and Široki Brijeg. Additionally, relative homogeneity of the data series from the stations at Imotski and Široki Brijeg was also tested, to determine whether there were statistically significant deviations of the data measured in those two stations. If the data series are relatively homogenous, then they are synchronous, which can also be graphically depicted. Figures 3 and 4 show that the relative homogeneity of the analysed stations can be expected to be stronger in July than in January. Any variations in temperature should be visible at all analysed stations in the form of similar changes in the data series, which should be of the same intensity for all stations. Temperature, in comparison to other climatic elements such as precipitation, is less spatially variable. Given the distance between stations and the manner of their selection, similar changes in temperature in the data series for 1992 – 2011 period can be expected. In the case of any local influences on the values measured at the Vitina station, or errors in measurements, that would be evident in the relative inhomogeneity of the data series. Systematic errors in data measurement can represent a problem, because the temperature measured in Vitina would be lower or higher than in Imotski and Široki Brijeg at all measurement readings, and the direction of change would be the same from year to year.



Sl. 3. Promjene siječanjske temperature zraka u 7, 14 i 21 sat u Vitini, Širokom Brijegu i Imotskom od 1992. do 2011. godine (izvor: podaci neinstitucionalnog mjerenja u Vitini; podaci DHMZ za Imotski i FHMZ BiH za Široki Brijeg)

Fig 3. Changes of January air temperature at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. at Vitina, Široki Brijeg and Imotski for the 1992–2011 period (source: Data from non-institutional measurements in Vitina; data of the CHMS for Imotski, and FHMI BiH for Široki Brijeg)



Sl. 4. Promjene srpanjske temperature zraka u 7, 14 i 21 sat u Vitini, Širokom Brijegu i Imotskom od 1992. do 2011. godine (izvor: podaci neinstitucionalnog mjerenja u Vitini; podaci DHMZ za Imotski i FHMZ BiH za Široki Brijeg)

Fig 4. Changes of July air temperature at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. in Vitina, Široki Brijeg and Imotski for the 1992–2011 period (source: Data from non-institutional measurements in Vitina; data of the CHMS for Imotski, and FHMI BiH for Široki Brijeg)

Relativna homogenost u radu je ispitana Spearmanovim rang testom. Taj test je osjetljiv na nagle i postupne promjene razine oko koje su članovi vremenskog niza raspoređeni. On je inače poznat kao test za stacionarnost, odnosno za trend, a temelji se na vrijednosti pojedinog člana niza i položaju dotičnog člana u nizu. Ako postoji trend, onda bi se vrijednosti trebale kronološki uglavnom povećavati ili smanjivati (Penzar i Makjanić, 1980: 124). Spearmanov rang test se provodi tako da se za svaki član niza računa razlika između njegovog ranga i njegovog rednog broja u nizu. Ta razlika, za i -ti član niza iznosi $d_i = m_i - 1$. Zatim se određuje r_s i u :

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{N(N^2 - 1)}$$

$$u = r_s \sqrt{\frac{N - 2}{1 - r_s^2}}$$

Veličina u je u slučaju relativne homogenosti za nizove koji imaju više od 8 članova razdijeljena po Studentovoj razdiobi s $N-2$ stupnjeva slobode. Najčešće se uzima da je razina povjerenja $\alpha = 0,05$, pri čemu su granice prihvaćanja nulte pretpostavke $-2,101 \leq u \leq 2,101$ za niz s 20 članova, odnosno $-2,110 \leq u \leq 2,110$ za niz s 19 članova.

REZULTATI I RASPRAVA

TESTIRANJE HOMOGENOSTI NIZOVA PODATAKA U VITINI, IMOTSKOM I ŠIROKOM BRIJEGU

Budući da za postaju u Vitini ne postoji historijat podataka potrebno je provjeriti jesu li nizovi podataka za razdoblje od 1992. do 2011. godine homogeni. Meteorološka kućica u Vitini nije mijenjala svoj položaj u razdoblju mjerenja podataka, niti je došlo do promjene mjernih instrumenata. Ne postoje podaci o promjenama u samoj okolici postaje koji su mogli utjecati na sustavne promjene u izmjerenim podacima. Homogenost je ispitana i za mjesečne vrijednosti ostalih postaja koje su korištene u radu kako bi se vidjelo postoje li podudaranja u homogenosti, odnosno nehomogenosti nizova podataka. Nehomogenost u pojedinim analiziranim postajama može ukazivati na lokalne utjecaje na nizove podataka.

Ispitivanje homogenosti pokazalo je da je većina nizova podataka homogena (Tab. 3.). Svi nizovi mjesečnih podataka za Široki Brijeg su homogeni. Za Imotski nehomogenost pokazuju podaci za 7 i 21 sat u travnju. Povećane vrijednosti Wilcoxonovog neparametarskog testa su izračunate za Vitinu za termine mjerenja u 14 i 21 sat u rujnu.

Relative homogeneity in the paper was tested using the Spearman rank test. This test is sensitive to sudden and gradual changes in values around which the members of the time series are distributed. This is a well known test for stationary data and for trends, and is based on the values of individual members of the series and the position of that member in the series. If there is a trend in a data series, then the values should chronologically increase or decrease (Penzar & Makjanić, 1980: 124). The Spearman rank test is conducted in a way that for each member of the series the difference between its rank and its ordinal number in the rank is calculated. That difference, for the i th member of the series, is $d_i = m_i - 1$. Then, r_s and u are determined by the equations:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{N(N^2 - 1)}$$

$$u = r_s \sqrt{\frac{N - 2}{1 - r_s^2}}$$

The value of u , in the case of relative homogeneity for series having more than 8 members, is distributed according to the Student's distribution with $N-2$ degrees of freedom. The confidence level is usually set to $\alpha = 0,05$, whereby the limits of acceptance of the null hypothesis are $-2.101 \leq u \leq 2.101$ for a series with 20 members, or $-2.110 \leq u \leq 2.110$ for a series with 19 members.

RESULTS AND DISCUSSION

HOMOGENEITY TESTING OF DATA SERIES IN VITINA, IMOTSKI AND ŠIROKI BRIJEG

Since there are no historical data for the measuring station in Vitina, it is necessary to determine whether the data series for the period 1992 to 2011 is homogeneous. The measuring station in Vitina did not change its location throughout the measurement period, nor were there any changes of the measuring instruments. There are no data on changes to the environment surrounding the station that may have impact the systematic changes in the measured data. Homogeneity is tested for the monthly values of other stations used in this study, to determine whether there are similarities in the homogeneity, or inhomogeneity in the data series. Inhomogeneity at individual stations may indicate local influences on data series.

The homogeneity testing showed that the majority of data series are homogenous (Table 3). All series of monthly data for Široki Brijeg are homogenous. Data series for Imotski, for the 7:00 a.m. and 9:00 p.m. readings in April are inhomogeneous. Relatively high values of the Wilcoxon non-parametric test are obtained for Vitina for the 2:00

Tab. 3. Rezultati Wilcoxonovog neparametarskog testa za mjesečne nizove podataka u 7, 14 i 21 sat za postaje u (a) Vitini, (b) Imotskom i (c) Širokom Brijegu u razdoblju od 1992. do 2011.

Table 3. Results of the Wilcoxon non-parametric test for monthly data series at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. for the stations at (a) Vitina, (b) Imotski and (c) Široki Brijeg for the 1992–2011 period

(a) Vitina

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
7h	0,45	-0,16	0,53	0,76	1,06	0,15	0,45	-0,60	1,21	0,08	0,30	0,83
14 h	-0,53	0,98	0,08	1,21	1,29	-0,45	0,76	0,53	2,49*	1,13	1,66	0,30
21 h	-0,30	-0,16	-0,83	-0,23	0,83	-1,36	-0,08	0,00	2,27*	0,08	0,38	0,30

*niz nije relativno homogen uz razinu povjerenja $\alpha = 0,05$ (data series is not relatively homogeneous at the confidence level $\alpha = 0,05$)

(b) Imotski

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
7 h	-0,73	0,15	0,30	1,97*	-0,30	0,53	0,38	-1,59	0,23	-1,66	0,38	0,76
14 h	-1,29	-0,91	-0,60	0,98	-0,76	-0,15	0,60	-1,21	0,08	-0,98	0,98	-0,08
21 h	-0,83	0,00	0,30	2,12*	0,08	1,06	1,81	-0,53	0,15	-1,06	0,91	0,60

*niz nije relativno homogen uz razinu povjerenja $\alpha = 0,05$ (data series is not relatively homogeneous at the confidence level $\alpha = 0,05$)

(c) Široki Brijeg

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
7 h	0,76	-0,30	0,53	0,68	1,13	-0,23	0,00	-1,59	0,53	0,38	0,68	0,08
14 h	-0,23	1,13	0,30	0,83	0,00	-0,83	0,08	-0,23	1,29	0,53	1,74	0,45
21 h	0,15	0,91	0,53	0,91	-1,74	-1,44	-0,08	-1,21	0,15	0,30	1,51	0,76

*niz nije relativno homogen uz razinu povjerenja $\alpha = 0,05$ (data series is not relatively homogeneous at the confidence level $\alpha = 0,05$)

S obzirom da su nehomogeni nizovi za različite termine mjerenja u istim mjesecima otkriveni samo u pojedinim postajama, može se pretpostaviti da je na to utjecao određeni lokalni faktor kojega je naknadno teško utvrditi, greška u mjerenjima ili bilježenju izmjerenih podataka. Stoga će se na te podatke morati obratiti pažnja pri analizi relativne homogenosti.

TESTIRANJE RELATIVNE HOMOGENOSTI

Relativna homogenost nizova podataka u 7, 14 i 21 sat

Kako bi se ocijenila pouzdanosti podataka o temperaturi zraka izmjerenih u Vitini korištena je metoda relativne homogenosti. Prvo je analizirana relativna ho-

p.m. and 9:00 p.m. readings in September. Considering that the inhomogeneity for the different time series in the same month are detected only at individual stations, it can be assumed that this is due to local factors that are difficult to ascertain subsequently, errors in measurements or errors in the recording of measured data. Therefore, using those data in the analysis of relative homogeneity require caution.

RELATIVE HOMOGENEITY TESTING

Relative homogeneity of data series for 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. readings

In order to assess the reliability of air temperature data measured in Vitina, the method of relative homogeneity is

mogućnost nizova podataka dvije institucionalne postaje Imotski i Široki Brijeg. Pokazalo se da su najveća odstupanja relativne homogenosti za vrijednosti temperature u 14 sati (Tab. 4). Velika se odstupanja u tom terminu mjerenja javljaju od siječnja do ožujka te od kolovoza do listopada. Već se na Sl. 3. i 4. uočava da je veća podudarnost nizova podataka u srpnju nego u siječnju, odnosno u razdoblju najveće zagrijanosti u odnosu na hladni dio godine. Uzrok tome mogu biti različiti čimbenici koji utječu na temperaturu, uzimajući u obzir da se odstupanja javljaju u susjednim mjesecima. Osim toga, moguća je i pogreška u mjerenju ili instrumentima. S obzirom da je riječ o institucionalnim postajama meteoroloških zavoda u obje države, vjerojatnost za grešku u mjerenjima je manja (ali se, naravno, ne može isključiti). Ukoliko je riječ o čimbenicima koji za posljedicu imaju statistički značajnu razliku u godišnjem nizu podataka za 14 sati, tada bi se slična razlika mogla primijetiti i u nizu podataka za postaju Vitina u odnosu na obje postaje. Dijelom bi se dobiveno odstupanje moglo objasniti utjecajem nadmorske visine u hladnom dijelu godine, međutim, slično odstupanje nije dobiveno za Imotski i Vitinu (Tab. 6.). Za razliku od temperature u 14 sati, relativna homogenost nizova podataka u 7 i 21 sat je sličnija te se statistički značajna odstupanja u hodu temperature javljaju u svibnju za temperaturu u 7 sati, te u srpnju i kolovozu za temperaturu u 21 sat.

used. First, the relative homogeneity of data series of the two institutional stations Imotski and Široki Brijeg are analysed. The largest deviation of relative homogeneity is found for air temperature readings at 2:00 p.m. (Table 4). Large deviations at this time reading are also obtained from January to March, and from August to October. In Figures 3 and 4, a larger similarities of data series are evident in July than in January, i.e. in the period with the highest temperatures in comparison to the cold part of the year. This could be caused by various factors that influence temperature, taking into account that the deviations appear in consecutive months. Furthermore, measurement error or instrumental error is also possible. However, since these stations are institutional stations of meteorological services in both countries, the probability of measurement error is small (although of course cannot be completely excluded). If these factors are causing the statistically significant differences in the annual data series for the 2:00 readings, then similar differences could be expected in the data series for Vitina in comparison to other two stations. Partially, the obtained deviations could be explained by the influence of altitude in the cold part of the year, however, similar deviations are not obtained for Imotski and Vitina (Table 6). Unlike the 2:00 p.m. temperature readings, relative homogeneity for the data series at 7:00 a.m. and 9:00 p.m. is more similar, and statistically significant deviations in the temperature course are obtained for the 7:00 a.m. reading in May, and the 9:00 p.m. reading in July and August.

Tab. 4. Rezultati Spearmanovog rang testa za mjesečne nizove podataka u 7, 14 i 21 sat za postaje u Imotskom i Širokom Brijegu
Table 4. Results of the Spearman rank test for monthly data series at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. for the stations at Imotski and Široki Brijeg

	7 sati	14 sati	21 sat
I	0,8725	-2,4250*	-0,5141
II	1,2116	-3,5790*	-0,7316
III	-0,7717	-3,3885*	-0,8728
IV	0,5795	0,0191	1,0657
V	-2,8187*	-1,8434	-0,3263
VI	0,4621	1,2288	1,4120
VII	0,7382	0,3070	4,1152*
VIII	0,7116	-3,9477*	3,7287*
IX	0,9685	-3,2963*	0,3650
X	-1,0657	-4,8833*	-1,6340
XI	-0,0447	-1,7534	-0,2236
XII	0,6190	-1,8186	0,1149

*nizovi nisu relativno homogeni uz razinu povjerenja $\alpha = 0,05$ (data series are not relatively homogeneous at the confidence level $\alpha = 0,05$)

Tab. 5. Rezultati Spearmanovog rang testa za mjesečne nizove podataka u 7, 14 i 21 sat za postaje u Vitini i Širokom Brijegu

Table 5. Results of the Spearman rank test for monthly data series at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. for stations at Vitina and Široki Brijeg

	7 sati	14 sati	21 sat
I	0,3328	-1,9017	-1,1715
II	0,7765	-3,0503*	-1,3638
III	-1,2867	-2,4056*	-2,6261*
IV	-0,3715	-0,5076	-1,6973
V	-0,6983	1,3971	1,2216
VI	0,0893	2,8745*	0,6850
VII	1,5485	2,7858*	1,6418
VIII	2,5240*	2,0298	2,5849*
IX	1,2722	0,6983	1,8434
X	0,3715	-0,6917	-1,2794
XI	-0,7650	-1,6576	2,0823
XII	0,7049	-1,4120	-1,6576

*nizovi nisu relativno homogeni uz razinu povjerenja $\alpha = 0,05$ (data series are not relatively homogeneous at the confidence level $\alpha = 0.05$)

Tab. 6. Rezultati Spearmanovog rang testa za mjesečne nizove podataka u 7, 14 i 21 sat za postaje u Vitini i Imotskom

Table 6. Results of the Spearman rank test for monthly data series in at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. for the stations at Vitina and Imotski

	7 sati	14 sati	21 sat
I	0,6143	0,4361	0,2236
II	0,1883	2,0523	0,3850
III	0,2813	0,1660	-0,8796
IV	-0,7784	-1,4420	-2,2726*
V	0,6255	2,1989*	0,3585
VI	-0,7316	-0,6124	-3,1696*
VII	-0,1532	0,3006	-2,0625
VIII	0,8457	3,9640*	0,7316
IX	0,0319	1,8104	1,1431
X	1,9270	1,8599	0,2300
XI	0,4946	0,0638	-0,5533
XII	-0,2364	0,0319	-0,5353

*nizovi nisu relativno homogeni uz razinu povjerenja $\alpha = 0,05$ (data series are not relatively homogeneous at the confidence level $\alpha = 0.05$)

Analiza relativne homogenosti mjesečnih vrijednosti pokazala je veću sličnost podataka između Vitine i Imotskog nego između Vitine i Širokog Brijega (Tab. 5. i 6.). Mjesečni nizovi podataka za sva tri termina motrenja u Širokom Brijegu i Vitini nisu relativno homogeni u ljetnim mjesecima te u veljači i ožujku (Tab 5.). Nizovi podataka u Imotskom i Vitini nisu relativno homogeni u proljetnim (travanj i svibanj) i ljetnim (lipanj i kolovoz) mjesecima (Tab 6.). Prema dobu dana, najveća odstupanja u nizovima podataka javljaju se u 14 ili 21 sat, a samo u jednom slučaju u 7 sati. Relativna nehomogenost najčešće se javlja u toplom dijelu dana i godine. Srednje mjesečne temperature odnosnih mjeseci pokazuju da je u svim slučajevima relativne nehomogenosti srednja mjesečna temperatura izmjerena u Vitini bila viša od temperature izmjerene u Širokom Brijegu i Imotskom (Tab. 2.).

Faktori koji su utjecali na višu temperaturu izmjerenu u Vitini mogu biti različiti, ali jedan od njih može biti i spomenuta neodgovarajuća izolacija i smještaj meteorološke kućice. Zbog toga dolazi do većeg zagrijavanja zraka unutar kućice pa su izmjerene temperature više. Tijekom toplog dijela dana i godine to može utjecati na nešto više izmjerene temperature od onih izmjerenih u Širokom Brijegu i Imotskom. To u određenim atmosferskim prilikama dolazi do izražaja te se javlja relativna nehomogenost podataka između temperatura zabilježenih u Vitini i institucionalnih postaja.

Relativna homogenost srednjih dnevnih temperatura

S obzirom da je analiza relativne homogenosti za termine motrenja u 7, 14 i 21 sat pokazala da postoje statistički značajna odstupanja, iz raspoloživih podataka izračunate su srednje dnevne vrijednosti temperature, kako bi se vidjelo pokazuju li dnevne vrijednosti veću razinu podudarnosti u odnosu satne vrijednosti. Srednje mjesečne temperature u razdoblju od 1992. do 2011. godine u Vitini i Imotskom relativno su homogene u svim mjesecima (Tab 7.). U navedenom razdoblju srednje mjesečne temperature u Vitini i Širokom Brijegu nisu homogene u siječnju, veljači, ožujku i kolovozu. I u tom su slučaju srednje dnevne temperature u Vitini više od srednjih dnevnih temperatura u Širokom Brijegu. Nizovi podataka za Imotski i Široki Brijeg relativno su homogeni u svim mjesecima osim u srpnju i kolovozu, što znači da hod srednje dnevne temperature ne pokazuje toliko odstupanja, kao hod za termine mjerenja u 7, 14 i 21 sat za te dvije postaje.

Relativna homogenost srednjih dnevnih temperatura za Vitinu i Imotski ukazuje na činjenicu da te vrijednosti u Vitini mogu biti dovoljno pouzdane za ocjenu klimatskih obilježja tog područja. Ipak, postav-

The analysis of relative homogeneity of the monthly values show a greater similarity of the data between Vitina and Imotski, than between Vitina and Široki Brijeg (Tables 5 and 6). The monthly data series for all three reading times in Široki Brijeg and Vitina are not relatively homogenous in the summer months, and in February and March (Table 5). The data series in Imotski and Vitina are not relatively homogenous in the spring (April and May) and summer (June and August) months (Table 6). In terms of time of readings, the largest deviations in the data series are obtained for the 2:00 p.m. and 9:00 p.m. readings, and only in one case for the 7:00 a.m. reading. The relative inhomogeneity appears mostly in the warm part of the day and year. In all months when the relative inhomogeneity is obtained, the mean monthly temperatures measured at Vitina is higher than the mean monthly temperatures measured at Široki Brijeg and Imotski (Table 2).

The factors that caused the higher temperatures measured at Vitina may be diverse, though one might be the mentioned lack of insulation and the positioning of the measuring shelter. These shortcomings result in greater heating of the air within the shelter, thus resulting in higher recorded temperatures. During the warm part of the day and year, this could have cause somewhat higher temperatures than those measured in Široki Brijeg and Imotski. Under specific atmospheric conditions, this becomes prominent, and result in relative inhomogeneity between the temperatures recorded at Vitina and those at the institutional stations.

Relative homogeneity of the mean daily temperatures

Considering that the analysis of relative homogeneity for the reading times at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. showed that there is a statistically significant deviation, the available data are used to calculate the mean daily temperature values, to determine whether the daily values have a higher level of similarity in comparison to the hourly values. The mean monthly temperatures in the 1992 – 2011 period at Vitina and Imotski are relatively homogenous in all months (Table 7). During this period, the mean monthly temperatures at Vitina and Široki Brijeg are not homogenous in January, February, March and August. In those months, the mean daily temperatures in Vitina are higher than the mean daily temperatures at Široki Brijeg. The data series for Imotski and Široki Brijeg are relatively homogenous in all months except July and August, indicating that the course of the mean daily temperatures does not show the same level of deviation as the course for the reading times at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. for those two stations.

The relative homogeneity of the mean daily temperatures at Vitina and Imotski indicate that the values at Vitina could be sufficiently reliable to assess the climatic features of that area. However, the relative inhomogeneity in rela-

Tab. 7. Rezultati Spearmanovog rang testa za dnevne srednjake mjesečnih nizova podataka za postaje u Vitini i Širokom Brijegu, Vitini i Imotskom te Imotskom i Širokom Brijegu

Table 7. Results of the Spearman rank test for average daily values of monthly data series for the stations at Vitina and Široki Brijeg, Vitina and Imotski, and Imotski and Široki Brijeg

	Vitina/Š. Brijeg	Vitina/Imotski	Imotski/Š. Brijeg
I	-2,2540*	0,3046	-1,9237
II	-2,9010*	1,5361	-1,8186
III	-2,6470*	-0,2493	-1,3013
IV	-1,4046	-1,7132	1,1431
V	0,9000	0,6519	-1,0447
VI	1,4195	-1,9185	1,6576
VII	1,8269	-0,4621	2,3384*
VIII	2,7317*	1,6734	0,4167
IX	1,8434	1,1644	-0,4102
X	-0,7918	0,9892	-2,1716*
XI	-1,9439	-0,3135	0,2300
XII	-1,2649	-0,1852	0,0638

*nizovi nisu relativno homogeni uz razinu povjerenja $\alpha = 0,05$ (data series are not relatively homogeneous at the confidence level $\alpha = 0.05$)

lja se pitanje relativne nehomogenosti s podacima u Širokom Brijegu, koja je veća i u slučaju temperatura u 7 i 21, a pogotovo u 14 sati (Tab 5.). To može biti posljedica lokalnih utjecaja na temperaturu izmjerenu u postaji Široki Brijeg. Pri tome je zanimljivo spomenuti da je postaja u Vitini bliža Širokom Brijegu (oko 18 km), nego Imotskom (oko 30 km). Također, potrebno je spomenuti bitno više temperature koje se u toplim dijelovima godine i dana javljaju u Vitini i odnosu na Imotski i Široki Brijeg o čemu će više riječi biti u sljedećem poglavlju.

Na pojavu relativne nehomogenosti u nizovima podataka između analiziranih postaja može utjecati nehomogenost nizova podataka za bilo koju postaju. Međutim, to se odnosi samo na jedan slučaj – relativnu nehomogenost u hodu temperature travnja u 21 sat u Vitini i Imotskom, što se može objasniti nehomogenošću niza podataka u Imotskom za isti termin mjerenja.

Ovdje valja napomenuti da je stupanj pouzdanosti $\alpha = 0,05$ relativno visok. U većini statistički značajnih odstupanja vrijednosti standardnog jediničnog odstupanja (U_0) su relativno blizu graničnih vrijednosti relativne homogenosti (Tab. 4., 5., 6. i 7.). To pokazuje da, premda postoje statistički značajna odstupanja u relativnoj homogenosti, ona nisu tolika da bi vrijednosti temperature izmjerene u Vitini bile, uz određenu zadržku, u potpunosti neprihvatljive za ocjenu klime tog područja.

tion to the Široki Brijeg station data series that are high for the 7:00 a.m. and 9:00 p.m. readings, and especially for the 2:00 p.m. reading, must be taken into account (Table 5). This may be the effect of the local impacts on temperature measured at the Široki Brijeg station. It is interesting to note that the Vitina station is closer to Široki Brijeg (about 18 km), than to Imotski (about 30 km). Furthermore, the significantly higher temperatures measured in the warm parts of the year in Vitina in comparison to Imotski and Široki Brijeg deserve special attention, and will be addressed in the next chapter.

Inhomogeneity of the data series in any of the stations could result in the appearance of relative inhomogeneity in the data series between the analysed stations. However, this is found only in one case – the relative inhomogeneity in the temperature course for the 9:00 p.m. reading in April at Vitina and Imotski, which can be explained by the inhomogeneity of the data series in Imotski for the same reading time.

It should be noted that the confidence level of $\alpha = 0.05$ is relatively high. In most statistically significant deviations, the values of the standard unit of deviation (U_0) are relatively close to the limit values of relative homogeneity (Tables 4, 5, 6 and 7). This indicates that though there are statistically significant deviations in relative homogeneity, they are not so high that the temperature values measured at Vitina would be completely unacceptable, with a certain amount of reserve, for assessing the climate of that region.

Zbog dobivenih vrijednosti relativne homogenosti koji pokazuju veću sličnost nizova podataka u Vitini i Imotskom nedostajući podaci u Vitini interpolirani su pomoću nizova podataka u Imotskom (za koju je već utvrđena veća korelacija s Vitinom). Interpolirani su nedostajući podaci za vrijednosti temperature u 7, 14 i 21 sat. Nedostajući mjesečni srednjak Y_i za postaju u Vitini nadomješten je prema izrazu:

$$Y_i = X_i + \frac{1}{n} \sum (Y_j - X_j),$$

gdje je X_i mjesečni srednjak postaje u Imotskom, a $Y_j - X_j$ su razlike vrijednosti svih raspoloživih parova s obje postaje.

Relativna homogenost srednjih godišnjih temperatura u 7, 14, i 21 sat te srednjih dnevnih godišnjih temperatura

Interpolacijom nedostajućih podataka dobiveni su nizovi podataka te su izračunate srednje godišnje temperature za 7, 14 i 21 sat i srednje dnevne godišnje vrijednosti temperature za razdoblje od 1992. do 2011. godine za sve tri postaje. Analiza relativne homogenosti ovih podataka pokazala je da su nizovi podataka za Vitinu u odnosu na Široki Brijeg i Imotski relativno homogeni (Tab 8.). Ipak, godišnji niz podataka za srednju godišnju temperaturu u Imotskom i Širokom Brijegu u 14 sati je relativno nehomogen, što znači da su se razlike koje se javljaju u mjesečnim nizovima podataka za temperaturu tih postaja u 14 sati odrazile i na godišnji niz podataka u tom terminu. Ove razlike mogu se objasniti bitno različitim položajem tih dviju postaja. Postaja Široki Brijeg se nalazi u kotlini na 270 metara, dok se Imotski nalazi na brijegu na 535 metara nadmorske visine (Tab. 1.).

Since the obtained values of relative homogeneity show a greater similarity of the data series in Vitina and Imotski, the missing data for Vitina are interpolated using the data series from Imotski weather station (for which a higher correlation with Vitina is established). The missing data for the temperatures values for 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. readings are interpolated. The missing monthly mean Y_i for the Vitina station is therefore substituted according to the following equation:

$$Y_i = X_i + \frac{1}{n} \sum (Y_j - X_j),$$

where X_i is the monthly mean of the station at Imotski, and $Y_j - X_j$ the differences of values of all available pairs from both stations.

Relative homogeneity of mean annual temperatures at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m., and the mean daily annual temperatures

By interpolating the missing data, data series were obtained and the mean annual temperatures for the 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. readings, and the mean daily annual temperature values are calculated for the 1992 – 2011 period for all three stations. The analysis of relative homogeneity of these data indicate that the data series for Vitina in comparison to Široki Brijeg and Imotski are relatively homogenous (Table 8). However, the annual data series for the mean temperatures at Imotski and Široki Brijeg for the 2:00 p.m. reading are relatively inhomogeneous, indicating that the differences occurring in the monthly data series for temperature readings at 2:00 p.m. reflect on the annual data series for that reading. These differences can be explained by the different positions of these two stations. The station at Široki Brijeg is located in an inter-montane basin at an elevation of 270 m, while the Imotski station is located on a hill at an elevation of 535 m (Table 1).

Tab. 8. Rezultati Spearmanovog rang testa za godišnje nizova podataka u 7, 14 i 21 sat te godišnje vrijednosti za postaje u Vitini i Širokom Brijegu, Vitini i Imotskom te Imotskom i Širokom Brijegu

Table 8. Results of the Spearman rank test for average annual data series at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. for the average daily values for the stations at Vitina and Široki Brijeg, Vitina and Imotski, and Imotski and Široki Brijeg

	Vitina/Š. Brijeg	Vitina/Imotski	Imotski/Š. Brijeg
7 sati	0,2685	0,5468	-1,2360
14 sati	-0,0702	1,6893	-2,6679*
21 sat	0,9754	-0,4038	0,9205
Dnevna / daily	0,6917	-0,0319	-0,3586

*nizovi nisu relativno homogeni uz razinu povjerenja $\alpha = 0,05$ (data series are not relatively homogeneous at the confidence level $\alpha = 0,05$)

RAZLIKE U TEMPERATURI IZMEĐU VITINE, ŠIROKOG BRIJEGA I IMOTSKOG

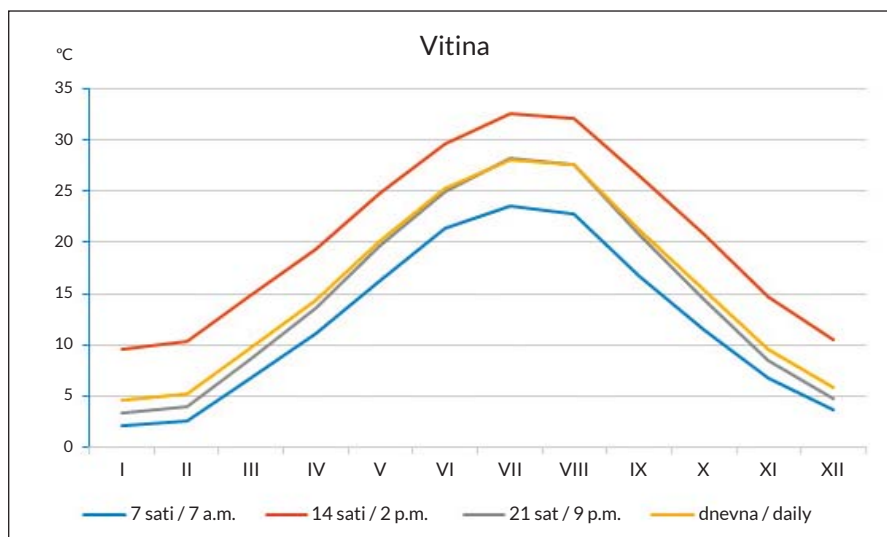
Interpolacijom nedostajućih podataka dobiven je niz podataka koji omogućuje izračunavanje srednjih mjesečnih temperatura za 7, 14 i 21 sat te srednjih mjesečnih temperatura u Vitini (Sl. 5.). Godišnji hod temperature za razdoblje od 1992. do 2011. godine u Vitini je pravilan – maksimum se javlja u srpnju, a minimum u siječnju. Srednja godišnja temperatura iznosi 15,6 °C. Srednja godišnja temperatura u 7 sati 12,1 °C, u 14 sati 20,5 °C, a u 21 sat 14,9 °C. Srednje mjesečne vrijednosti za sve termine motrenja su očekivane (Tab. 2.).

Kako bi se ocijenila pouzdanost dobivenog godišnjeg hoda temperatura u 7, 14 i 21 sat te srednjih mjesečnih temperatura za Vitinu, one su uspoređene s godišnjim hodom u ostale dvije analizirane postaje. Srednja godišnja temperatura u Vitini je viša od srednje godišnje temperature u Imotskom za 1,5 °C i Širokom Brijegu za 2,2 °C. U godišnjem hodu većina je mjeseci u Vitini toplija od istih mjeseci u ostale dvije postaje (Sl. 6.). Posebno to do izražaja dolazi u toplom dijelu godine – od ožujka do rujna temperatura u Vitini su više nego u Imotskom i Širokom Brijegu, što je najviše naglašeno za temperature u 21 sat. U doba najveće zagrijanosti, u 14 sati, temperature izmjerene u Vitini u svim su mjesecima više od temperatura u Imotskom i Širokom Brijegu. Zimi je (od studenog do veljače) Imotski topliji od Vitine, a slično vrijedi i za temperature u 7 i 21 sat.

TEMPERATURE DIFFERENCES BETWEEN VITINA, ŠIROKI BRIJEG AND IMOTSKI

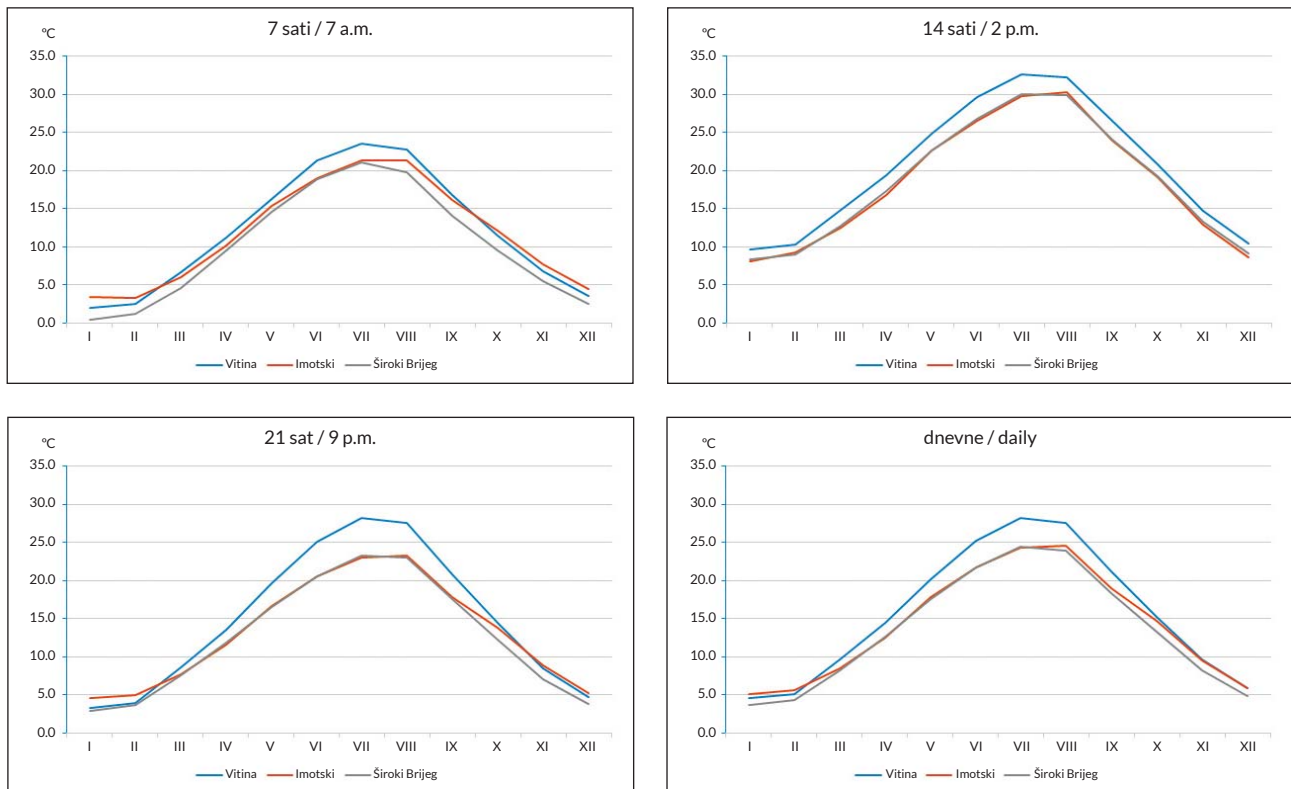
Interpolation of missing data resulted in a data series that enable the calculation of the mean monthly temperatures for the 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. readings, and the mean monthly temperatures for Vitina (Fig. 5). The annual course of temperature for the 1992 – 2011 period in Vitina is standard for mid-latitudes, with the maximum occurring in July and the minimum in January. The mean annual temperature is 15.6 °C. The mean annual temperature for reading times is: 12.1 °C at 7:00 a.m., 20.5 °C at 2:00 p.m., and 14.9 °C at 9:00 p.m. The mean monthly values for all time readings are as expected (Table 2).

In order to assess the reliability of the obtain annual temperature course for the readings at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. and the mean monthly temperatures for Vitina, these are compared with the annual course at the two other analysed stations. The mean annual temperature at Vitina is higher than the mean temperature at Imotski by 1.5 °C and at Široki Brijeg by 2.2 °C. In the annual course, most months in Vitina are warmer than the same months at the two other stations (Fig. 6). This is even more evident in the warm part of the year – from March to September, when the temperatures are higher at Vitina than at Imotski and Široki Brijeg, which is most pronounced for the 9:00 p.m. reading. At the warmest reading time, at 2:00 p.m., the temperatures measured at Vitina are higher than those at Imotski and Široki Brijeg for all months. In winter (from November to February), Imotski is warmer than Vitina, and this is also the case for the 7:00 a.m. and 9:00 p.m. readings.



Sl. 5. Godišnji hod srednjih mjesečnih temperatura za 7, 14 i 21 sat te srednjih mjesečnih temperatura u Vitini za razdoblje od 1992. do 2011. godine (izvor: podaci neinstitucionalnog mjerenja u Vitini; podaci DHMZ za Imotski i FHMZ BiH za Široki Brijeg)

Fig. 5. Annual course of average monthly temperatures for 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m., and the average monthly temperatures in Vitina for the 1992–2011 period (source: Data from non-institutional measurements in Vitina; data of the CHMS for Imotski, and FHMI BiH for Široki Brijeg)



Sl. 6. Godišnji hod temperature za 7, 14 i 21 sat te za srednje mjesečne vrijednosti u Vitini, Širokom Brijegu i Imotskom u razdoblju od 1992. do 2011. godine (izvor: podaci neinstitucionalnog mjerenja u Vitini; podaci DHMZ za Imotski i FHMZ BiH za Široki Brijeg)
 Fig. 6. Annual course of temperatures at 7:00 p.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. and of the average monthly temperatures at Vitina, Široki Brijeg and Imotski for the 1992–2011 period (source: Data from non-institutional measurements in Vitina; data of the CHMS for Imotski, and FHMI BiH for Široki Brijeg)

U fazi najveće zagrijanosti u ljetnim mjesecima srednje mjesečne temperature slične su u Imotskom i Širokom Brijegu, dok su više u Vitini. Razlog tome je kotlinski položaj Vitine te značajno niža nadmorska visina u odnosu na ostale dvije postaje (Tab 1.), pa je ljetno zagrijavanje izraženije. Pri tome treba napomenuti da Imotski koji se nalazi na višoj nadmorskoj visini od Širokog Brijega ima višu temperaturu od njega. Razlog tome je kotlinski smještaj meteorološke postaje Široki Brijeg, pa su jutarnje i večernje temperature u toj postaji niže nego u Imotskom, što posebno dolazi do izražaja u zimskim mjesecima. Za vrijeme najjače zagrijanosti u 14 sati srednje mjesečne temperature su u Imotskom i Širokom Brijegu vrlo slične, dok je Vitina toplija u svim mjesecima. Niska nadmorska visina i kotlinski položaj jesu razlog tako visoke temperature u Vitini.

S obzirom na nadmorsku visinu u ljetnim bi mjesecima temperatura u Širokom Brijegu trebala biti nešto niža od temperature u Imotskom. Zbog većeg utjecaja kotlinskog efekta i izraženijeg utjecaja kontinentalnosti temperatura je u tom godišnjem dobu podjednaka. U razdoblju

In the warmest period in the summer months, the mean monthly temperatures are similar in Imotski and Široki Brijeg, while they are higher in Vitina. The reason is the position of Vitina in inter-montane basin, and the significantly lower elevation of this station in comparison to the two others (Table 1), and therefore, summer heating is more pronounced. It should also be noted that Imotski which is at a higher elevation than Široki Brijeg have higher temperatures. The reason for this is the basin position of the weather station at Široki Brijeg, so the temperatures in the morning and evening of that station are lower than at Imotski, which is particularly pronounced in the winter months. During the warmest time of day, at 2:00 p.m., the mean monthly temperatures are very similar at Imotski and Široki Brijeg, while Vitina is warmer in all months. The lower elevation and basin position are the reason for the high temperatures in Vitina.

With regard to its elevation, the summer temperatures at Široki Brijeg should be somewhat lower than at Imotski. Due to the greater influence of the inter-montane basin position and the more pronounced continentality, temperature in that season is similar in both stations. During cold peri-

ohladaivanja, u drugoj polovici godine, Široki Brijeg je hladniji od Imotskog, što opet ukazuje na kontinentski položaj te postaje. To je vidljivo posebno u 7 sati, manje u 21 sat, a uopće se ne zapaža u 14 sati, zbog jakog zagrijavanja tog prostora sunčevom radijacijom.

Vitina je najtoplija od analiziranih postaja. U godišnjem hodu to je slučaj u svim godišnjim dobima osim zimi (Sl. 6.). U zimskim je mjesecima Vitina hladnija od Imotskog, a toplija od Širokog Brijega. Uzrok tome je u većem utjecaju kontinentalnosti te kotlinskom efektu. To potvrđuju i slični odnosi temperature u dnevnom hodu za 21, a pogotovo 7 sati. Srednje mjesečne temperature u Vitini su u svim ljetnim mjesecima više od ostale dvije postaje, što znači da je u najtoplijem dijelu dana glavni modifikator nadmorska visina, a utjecaj je kotlinskog položaja manji.

Iako se više temperature u Vitini u odnosu na referentne postaje u Imotskom i Širokom Brijegu mogu barem dijelom pripisati kotlinskom položaju i nadmorskoj visini mjernog mjesta u Vitini, valjda ipak postaviti pitanje pruža li meteorološka kućica u kojoj se nalazi termometar u postaji Vitina dovoljnu izolaciju, odnosno u kojoj je mjeri dodatno zagrijan difuznim zračenjem koje dio njega dopire. To bi, dijelom, moglo objasniti tako visoke vrijednosti temperature koje su zabilježene u Vitini u odnosu na postaje Imotski i Široki Brijeg. Te visoke vrijednosti temperature posljedica su sistematske pogreške koja toliko ne dolazi do izražaja pri testiranju relativne homogenosti, jer su nizovi podataka uglavnom sinkroni u najvećem dijelu godine. Kako bi se utvrdilo u kojoj su mjeri mogli utjecati nesavršeni uvjeti mjerenja potrebno je nastaviti mjerenja na mjernoj postaji u Vitini uz bitno poboljšane uvjete, tj. postavljanjem nove meteorološke kućice s novim instrumentima. Već nakon nekoliko godina vidjelo bi se jesu li potrebne korekcije dosadašnjih podataka o temperaturi zraka na niže i u kojoj su mjeri razmjerno visoke temperature zraka izmjerene u Vitini posljedica kombiniranog utjecaja kotlinskog položaja i nadmorske visine.

ZAKLJUČAK

U radu je ispitana pouzdanost podataka izmjerenih u mjernoj postaji Vitina koja je izvan sustava institucionalnih mjernih postaja državnih hidrometeoroloških tijela, korištenjem podataka s institucionalnih postaja u Imotskom i Širokom Brijegu. Ispitivanje relativne homogenosti svih postaja pokazalo je najveća odstupanja u 14 sati, u razdoblju najveće zagrijanosti. Relativna homogenost mjesečnih vrijednosti u 7, 14 i 21 sat pokazuje je veću sličnost podataka izmjerenih u Vitini s Imotskim nego sa Širokim Brijegom, te su podaci s postaje u Imotskom korišteni za

ods, in the second half of the year, Široki Brijeg is cooler than Imotski, again a feature of the continental position of this station. This is most evident for the 7:00 a.m. reading, less for 9:00 p.m., and not observed for 2:00 p.m., due to the strong solar radiation heating of this area.

Vitina is the warmest of the analysed stations. In the annual course, this is the case for all seasons, except for winter (Fig. 6). In the winter months, Vitina is cooler than Imotski, and warmer than Široki Brijeg. The reason lies in the greater influence of continentality and the position in inter-montane basin. This is confirmed by the similar temperature relations in the daily course for the 9:00 p.m. reading, and particularly at 7:00 a.m. The mean monthly temperatures in Vitina are higher than in the other two stations for all summer months, indicating that the most important modifier in the warm months is elevation, while the influence of the basin position is less pronounced.

Though the higher temperatures in Vitina in comparison to the reference stations in Imotski and Široki Brijeg can partially be attributed to the position in inter-montane basin and elevation of the measuring station in Vitina, it should be discussed whether the measuring shelter in Vitina provides sufficient insulation to a thermometer within, i.e. to what extent it may be additionally warmed by diffuse radiation reaching it. This could, in part, explain the high temperatures measured at Vitina in comparison to the stations at Imotski and Široki Brijeg. These high values are the result of systematic error which is not as evident when testing relative homogeneity, since the data series are mostly synchronous for most of the year. In order to determine to which extent the imperfect measurement conditions may have affected these readings, it is necessary to continue measurements at the Vitina measuring station, with significantly improved conditions, i.e. the installation of a new weather shelter with new instruments. Within several years, it would be evident whether any corrections are necessary to the measured air temperature data, and to what extent these higher air temperatures measured at Vitina are the result of a combined effect of the basin position and elevation.

CONCLUSION

This study tested the reliability of data measured at the Vitina measuring station, which is not a part of the institutional network of weather stations of national meteorology institutions, using the data from the institutional stations at Imotski and Široki Brijeg for comparison. Testing of relative homogeneity of all stations showed the highest deviations for 2:00 p.m. readings, in the period of the highest temperatures. Relative homogeneity of the monthly values for the readings at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. showed greater similarity of the data measured in Vitina with Imotski than

interpolaciju nedostajućih vrijednosti u Vitini. Utvrđena su statistički značajna odstupanja u relativnoj homogenosti između Imotskog i Širokog Brijega, pogotovo u temperaturi za 14 sati.

Usporedba godišnjeg hoda temperature za sve tri analizirane postaje pokazala je da su temperature u Vitini bitno više u odnosu na Imotski i Široki Brijeg, pogotovo u toplom dijelu godine, što se može objasniti kotlinskim položajem i nadmorskom visinom Vitine, ali vrlo vjerojatno i pogreškom u mjerenjima zbog konstrukcije meteorološke kućice i njezine okoline. Stoga je, u nedostatku drugih mjerenja, barem srednjake temperature zraka u Vitini moguće uvjetno ocijeniti kao dovoljno reprezentativne za regionalna klimatska istraživanja toga prostora, uz oprez zbog moguće visokih vrijednosti izmjerenih u toplom dijelu godine. Ipak, nužna su daljnja mjerenja u Vitini te postavljanje nove meteorološke kućice, kako bi se ispitao stvarni uzrok viših temperatura izmjerenih na tom mjernom mjestu.

with Široki Brijeg, and therefore the data from the Imotski station were used to interpolate the missing values for the Vitina station. A statistically significant difference in relative homogeneity was obtained for Imotski and Široki Brijeg stations, particularly for temperatures at 2:00 p.m.

A comparison of the annual course of temperature for all three analysed stations showed that temperatures in Vitina are substantially higher than in both Imotski and Široki Brijeg, particularly in the warm part of the year. This can be explained in part by the basin position and elevation of the Vitina station, but also likely to measurement error due to the construction of the shelter and its environment. Therefore, due to the lack of official measurements, at least the mean air temperature in Vitina can be conditionally assessed as sufficiently representative for regional climatic research of this area, with caution due to the possibility of high values measured in warm parts of the year. Further measurements at Vitina are needed, and the installation of a new meteorological station is recommended to test the real cause of the higher temperatures measured at this station.

LITERATURA / LITERATURE

- Alexandersson, H. (1986): A homogeneity test applied to precipitation data, *Journal of Climatology*, 6, 661–675
- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T. C., Wieringa, J. (2003): *Guidelines on climate metadata and homogenization*, Report WMO-TD 1186, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland
- Begert, M., Schlegel, T., Kirchhofer, W. (2005): Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000, *International Journal of Climatology*, 25, 65-80
- Cao, L.-J., Yan, Z.-W. (2012): Progress in research on homogenization of climate data, *Advances in Climate Change Research*, 3 (2), 59-67
- DeGaetano, A. T. (2006): Attributes of several methods for detecting discontinuities in mean temperature series, *Journal of Climate*, 19, 838-853
- Easterling, D. R., Peterson, T. C. (1995): A new method for detecting and adjusting for undocumented discontinuities in climatological time series, *International Journal of Climatology*, 15, 369–377
- Lanzante, J. R. (1996): Resistant, robust and nonparametric techniques for the analysis of climate data: Theory and examples, including applications to historical radiosonde station data, *International Journal of Climatology*, 16, 1197–1226
- Li, Q. X., Liu, X. N., Zhang, H. Z., Peterson, T. C., Easterling D. R. (2004): Detecting and adjusting temporal inhomogeneity in Chinese mean surface air temperature data, *Advances in Atmospheric Sciences*, 21, 260–268
- Likso, T. (2003): Inhomogeneities in temperature time series in Croatia, *Hrvatski meteorološki časopis*, 38, 3-9
- Mamara, A., Argiriou, A. A., Anadranistakis, M. (2013): Homogenization of mean monthly temperature time series of Greece, *International Journal of Climatology*, 33, 2649 – 2666
- Mood, A. M., Graybill, F. A. (1963): *Introduction to the Theory of Statistics*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York
- Pandžić, K. (ur.) (2008): *Naputak za opažanja i mjerenja na glavnim meteorološkim postajama*, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb
- Pandžić, K. i Likso, T. (2010): Homogeneity of average annual air temperature time series for Croatia, *International Journal of Climatology*, 30 (8), 1215-1225
- Penzar, B., Makjanić, B. (1980): *Osnovna statistička obrada podataka u klimatologiji*, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb
- Peterson T. C., Easterling, D. R., Karl, T. R., Groisman, P., Nicholls, N., Plummer, N., Torok, S., Auer, I., Boehm, R., Gullet, D., Vincent, L., Heino, R., Tuomenvirta, H., Mestre, O., Szentimrey, T., Salinger, J., Førland, E. J., Hanssen-Bauer, I., Alexandersson, H., Jones, P., Parker, D. (1998): Homogeneity adjustments of *in situ* atmospheric climate data: A review, *International Journal of Climatology*, 18, 1493-1517
- Reeves, J., Chen, J., Wang, X. L., Lund, R., Lu, Q. (2007): A review and comparison of changepoint detection techniques for climate data, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 46, 900–915
- Rhoades, D. A., Salinger, M. J. (1993): Adjustment of temperature and rainfall records for site changes, *International Journal of Climatology*, 13, 899-913
- Tuomenvirta, H. (2001): Homogeneity adjustments of temperature and precipitation series – Finnish and Nordic data, *International Journal of Climatology*, 21, 495-506
- Šegota, T. (1988): *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, Zagreb
- Vertačnik, G., Dolinar, M., Bertalanič, R., Klančar M., Dvoršek, D., Nadbath, M. (2015): Ensemble homogenization of Slovenian monthly air temperature series, *International Journal of Climatology*, 35 (13), 4015–4026
- Vincent, L. A., Gullett, D.W. (1999): Canadian historical and homogeneous temperature datasets for climate change analyses, *International Journal of Climatology*, 19, 1375–1388
- WMO (1998): *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observations*, Sixth Edition, WMO-No. 8
- Žugaj, R. (2015): *Hidrologija*, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

IZVORI

1. Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ), Zagreb, Hrvatska, podaci za temperaturu zraka u Imotskom u 7, 14 i 21 sat za razdoblje od 1992. do 2011. godine
2. Federalni hidrometeorološki zavod Bosne i Hercegovine (FHMZ BIH), Sarajevo, Bosna i Hercegovina, podaci za temperaturu zraka u Širokom Brijegu u 7, 14 i 21 sat za razdoblje od 1992. do 2011. godine
3. Podaci neinstitucionalnog mjerenja temperature zraka na mjernom mjestu u Vitini, Bosna i Hercegovina, u 7, 14 i 21 sat za razdoblje od 1992. do 2011. godine

Mladen Maradin

Geografski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu,
Marulićev trg 19/II, 10000 Zagreb, Hrvatska
mmaradin@geog.pmf.hr

Danijel Orešić

Geografski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu,
Marulićev trg 19/II, 10000 Zagreb, Hrvatska
doresic@geog.pmf.hr

Ivan Madžar

Odjel za geografiju, Fakultet prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti, Sveučilište u Mostaru
Matice Hrvatske b.b., 88000 Mostar, Bosna i Hercegovina
madzar.ivan@gmail.com

Jelena Putica

Odjel za geografiju, Fakultet prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti, Sveučilište u Mostaru
Matice Hrvatske b.b., 88000 Mostar, Bosna i Hercegovina
jputicafpmoz@gmail.com

SOURCES

1. State Hydrological and Meteorological Institute (DHMZ), Zagreb, Croatia, air temperature data for Imotski at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. for the period from 1992 to 2011
2. Federal Hydrological and Meteorological Institute of Bosnia and Herzegovina (FHMZ BIH), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, air temperature data for Široki Brijeg at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. for the period from 1992 to 2011
3. Data of non-institutional measurements of air temperature at the observation station in Vitina, Bosnia and Herzegovina, at 7:00 a.m., 2:00 p.m. and 9:00 p.m. for the period from 1992 to 2011

Mladen Maradin

Department of Geography, Faculty of Science, University of Zagreb
Marulićev trg 19/II, 10000 Zagreb, Croatia
mmaradin@geog.pmf.hr

Danijel Orešić

Department of Geography, Faculty of Science, University of Zagreb
Marulićev trg 19/II, 10000 Zagreb, Croatia
doresic@geog.pmf.hr

Ivan Madžar

Department of Geography, Faculty of Science and Education, University of Mostar
Matice Hrvatske b.b., 88000 Mostar, Bosnia and Herzegovina
madzar.ivan@gmail.com

Jelena Putica

Department of Geography, Faculty of Science and Education, University of Mostar
Matice Hrvatske b.b., 88000 Mostar, Bosnia and Herzegovina
jputicafpmoz@gmail.com