

VARIJABILNOST PADALINA U IZABRANIM POSTAJAMA NA JADRANSKOJ OBALI

PRECIPITATION VARIABILITY AT SELECTED STATIONS ALONG THE ADRIATIC COAST

MLADEN MARADIN, ANITA FILIPČIĆ, DANIJEL OREŠIĆ

Izvod

U radu je analizirana varijabilnost padalina za osam odabranih meteoroloških postaja na jadranskoj obali u razdoblju od 1950. do 2007. godine. Cilj rada je istražiti prostorne razlike u varijabilnosti padalina te razlike u godišnjem hodu varijabilnosti padalina u istraživanom prostoru. Kao mjera varijabilnosti, korištena je srednja apsolutna varijabilnost, odnosno srednja relativna varijabilnost. Rezultati rada pokazuju da postoje razlike u varijabilnosti padalina između sjevernog, srednjeg i južnog Jadrana. Također, pokazalo se da je veza između promjene godišnje količine padalina i varijabilnosti u istraživanom razdoblju mala.

Gljučne riječi: varijabilnost padalina, godišnje količine padalina, jadranska obala

Abstract

This paper analyses the precipitation variability at eight selected meteorological stations along the Adriatic coast in the period from 1950 to 2007. The objective of this study was to investigate the spatial differences in the precipitation variability in the study area. The mean absolute variability or mean relative variability was used as the measure of variability. The results indicate that there are differences in the variability of precipitation between the northern, central and southern Adriatic regions. Also, it was determined that the correlations between the changes in annual precipitation levels and variability in the study period were small.

Key words: precipitation variability, annual precipitation amount, Adriatic coast

UVOD

Bitno obilježje padalina je njihova velika vremenska i prostorna promjenljivost. Varijabilnost padalina ima veliko značenje za život ljudi, pogotovo ako se razdoblje godine s minimalnim količinama padalina podudara s povećanim zahtjevima stanovništva za vodom. U Hrvatskoj je to najčešće u primorskim dijelovima, gdje je sušno razdoblje u ljetnom dijelu godine. Cilj ovog rada je analizirati varijabilnost padalina na hrvatskom dijelu jadranske obale te pronaći prostorne pravilnosti u godišnjem hodu varijabilnosti padalina.

Za razumijevanje varijabilnosti padalina potrebno je poznavati obilježja padalina u istraživanom prostoru. Za ovaj rad bitni su radovi koji se bave obilježjima padalina na Jadranu, bilo samostalno ili u okviru šire klimatske analize navedenog prostora. Najznačajniji od tih radova su Makjanić i Volarić (1979), Milković (1998), Trošić i Munitić (1998), Hodžić i Šore (1999), Penzar i Penzar (1979-81), Penzar, B. i dr. (2001).

Margetić (1942), Penzar (1959), Makjanić i Volarić (1979), Juras (1995), Milković (1998) i Maradin (2008)

INTRODUCTION

A significant property of precipitation is its large temporal and spatial variability. Precipitation variability is of great importance for human survival, particularly if the time of year with minimum precipitation levels corresponds to periods with increased population demands for water. In Croatia, this is primarily the case in the coastal areas, where the dry period is during the summer months. The objective of this paper was to analyse the precipitation variability along the Croatian coast of the Adriatic Sea, and to ascertain the spatial patterns in the annual course of precipitation variability.

In order to understand the precipitation variability, it is necessary to know the precipitation characteristics of the study area. To this extent, the literature addressing the precipitation characteristics in the Adriatic region, either independently or as part of broader climatic analysis of the area was considered. The most significant studies are Makjanić & Volarić (1979), Milković (1998), Trošić & Munitić (1998), Hodžić & Šore (1999), Penzar & Penzar (1979-81), and Penzar et al. (2001).

bave se istraživanjem varijabilnosti na prostoru Hrvatske, obali ili pojedinim postajama u istraživanom prostoru. Juras (1995), koristeći koeficijent varijacije, analizira varijabilnost padalina u Hrvatskoj te dobiva rezultate koji pokazuju da prostorna raspodjela godišnjih koeficijenata varijacije ne pokazuje neku sličnost s raspodjelom srednjih količina padalina. Postaje s većom godišnjom količinom padalina imaju manje vrijednosti varijacije, no ne mora uvijek biti tako, vrijednosti mogu biti prilično različite. Za prostor obale i otoka varijabilnost padalina istraživala je i Milković (1998).

Rezultati navedenih istraživanja odnose se na podatke o padalinama u različitim vremenskim razdobljima. Tako Penzar (1959) analizira šesnaestogodišnje razdoblje, a Juras (1995) i Milković (1998) tridesetogodišnje razdoblje. Prema nekim autorima, tridesetogodišnja ili kraća razdoblja ne daju pouzdane normalne vrijednosti te preporučuju upotrebu dužih vremenskih razdoblja. Tako Juras (1985) proučavajući klimu Zagreba preporučuje korištenje pedesetogodišnjih ili šezdesetogodišnjih srednjih vrijednosti. Šegota (1969), koji daje metode određivanja fluktuacija padalina, također upotrebljava šezdesetogodišnje srednjake padalina zbog nepouzdanosti srednjaka kraćih vremenskih razdoblja. Biel (1944) smatra da bi na Sredozemlju za upoznavanje režima padalina bili potrebni nizovi od 80 godina mjerenja. Zbog navedenih razloga varijabilnost padalina u radu je analizirana za razdoblje od 1950. do 2007. godine (58 godina).

PODACI I METODE RADA

U radu su korišteni podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda u Zagrebu o mjesečnim i godišnjim količinama padalina za meteorološke, odnosno klimatološke postaje Rijeka, Pula, Senj, Šibenik, Zadar, Split Marjan, Lastovo i Dubrovnik. Podaci za Dubrovnik, u razdoblju od 1950. do 1960., i Pulu, u razdoblju od 1950. do 1962. godine, izračunati su korištenjem podataka iz publikacije "Meteorološki godišnjak II – Padavine". U tako dobivenim nizovima podataka nedostajale su količine padalina za travanj 1978. godine za postaju Dubrovnik i za prosinac 1959. godine za postaju Pula, koji su interpolirani metodom linearne interpolacije, koja je u ovom slučaju dovoljna s obzirom na mali broj nedostajućih podataka.

U klimatološko-statističkoj analizi, kao mjera disperzije često se uzima srednja apsolutna varijabilnost (Conrad, Pollak, 1950). Ona se izračunava pomoću formule:

Margetić (1942), Penzar (1959), Makjanić & Volarić (1979), Juras (1995), Milković (1998) and Maradin (2008) investigated the variability within the Croatian territory, along the coast or at individual stations in the study area. Juras (1995) used the coefficient of variation to analyse the variability of precipitation in Croatia, and the results obtained indicated that the spatial distribution of the annual variation coefficients do not correspond with the distribution of mean precipitation levels. Stations with higher annual precipitation levels have smaller values of variation, though this is not always the case and values can vary substantially. Milković (1998) investigated the precipitation variability for the coastal area and the islands.

The results of these studies pertain to data on precipitation in different time periods. Penzar (1959) analyses a 16-yr period, while Juras (1995) and Milković (1998) each examined a 30-year period. According to some authors, investigations of periods of 30 years or less do not give reliable normal values, and the use of longer time periods is recommended. In his study on the climate of Zagreb, Juras (1985) recommends the use of 50- or 60-year mean values. Šegota (1969), who provided a method for determining precipitation fluctuations, also used 60-year precipitation means due to the lack of reliability of mean values for shorter time periods. Biel (1944) claims that in order to adequately examine precipitation regimes in the Mediterranean, 80-year data series are required. For the above reasons, the precipitation variations examined in this paper are based on analyses of data from the period from 1950 to 2007 (58 years).

DATA AND WORK METHODS

This paper examined the data of the Croatian Hydrometeorological Institute in Zagreb on the monthly and annual precipitation levels for the meteorological (climatological) stations Rijeka, Pula, Senj, Šibenik, Zadar, Split Marjan, Lastovo and Dubrovnik. The data for Dubrovnik (in the period 1950–1960) and Pula (in the period 1950–1962) were calculated using the data in the publication "Meteorological Yearbook II – Precipitation". In the obtained data series, precipitation levels were missing for April 1978 for the Dubrovnik station and December 1959 for the Pula station, which were interpolated using the linear interpolation method. In this case, this was sufficient due to the small number of missing data.

In the climatological statistical analysis, the mean absolute variability is often used as a measure of dispersion (Conrad & Pollak, 1950). This is calculated using the formula:

$$\overline{V}_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - \overline{P}_g|$$

gdje je P_i vrijednost padalina u i -toj godini promatranog razdoblja, a \overline{P}_g srednja vrijednost padalina. Ovako dobiveni podaci nisu usporedivi za dvije ili više različitih postaja, kao i za različite vremenske nizove dobivene za istu postaju. Stoga se, kao mjera za prosječno postotno odstupanje od srednjaka, upotrebljava srednja relativna varijabilnost, koja se izračunava pomoću izraza:

$$\overline{V}_r = \frac{100\overline{V}_a}{\overline{P}_g} \%$$

GODIŠNJI HOD PADALINA

Istraživani prostor ima veliki raspon ukupne godišnje količine padalina. Najmanju godišnju količinu padalina ima Lastovo, a najveću Rijeka (tab. 1). U istraživanom prostoru količina padalina se smanjuje prema jugu, pri čemu se ne smije zanemariti utjecaj lokalnih faktora. Tako zbog utjecaja reljefa Dubrovnik ima sličnu količinu padalina kao i Rijeka. S obzirom na raspodjelu padalina u toplom i hladnom dijelu godine, sve analizirane postaje imaju maritimni tip godišnjeg hoda padalina, što proizlazi i iz njihovog geografskog smještaja.

$$\overline{V}_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - \overline{P}_g|$$

Where P_i is the value of precipitation in the i^{th} year of the investigated period, and \overline{P}_g is the mean value of precipitation. Data obtained in this manner are not comparable for two or more different stations, or for different time series obtained for the same station. Therefore, as a measure of the mean percent variation from the mean, the mean relative variability is used, which is calculated using the equation:

$$\overline{V}_r = \frac{100\overline{V}_a}{\overline{P}_g} \%$$

ANNUAL COURSE OF PRECIPITATION

The study area has a wide range of total annual precipitation levels. The lowest annual precipitation levels are found on the Island of Lastovo, and the highest in Rijeka (Tab. 1). In the study area, precipitation levels decline from north to south, and the influence of local factors can also not be ignored. Due to the influence of the terrain, Dubrovnik has a similar level of precipitation as Rijeka. Considering the distribution of precipitation in the warmer and colder parts of the year, all the analysed stations have a maritime type of annual course of precipitation, stemming from the geographic position.

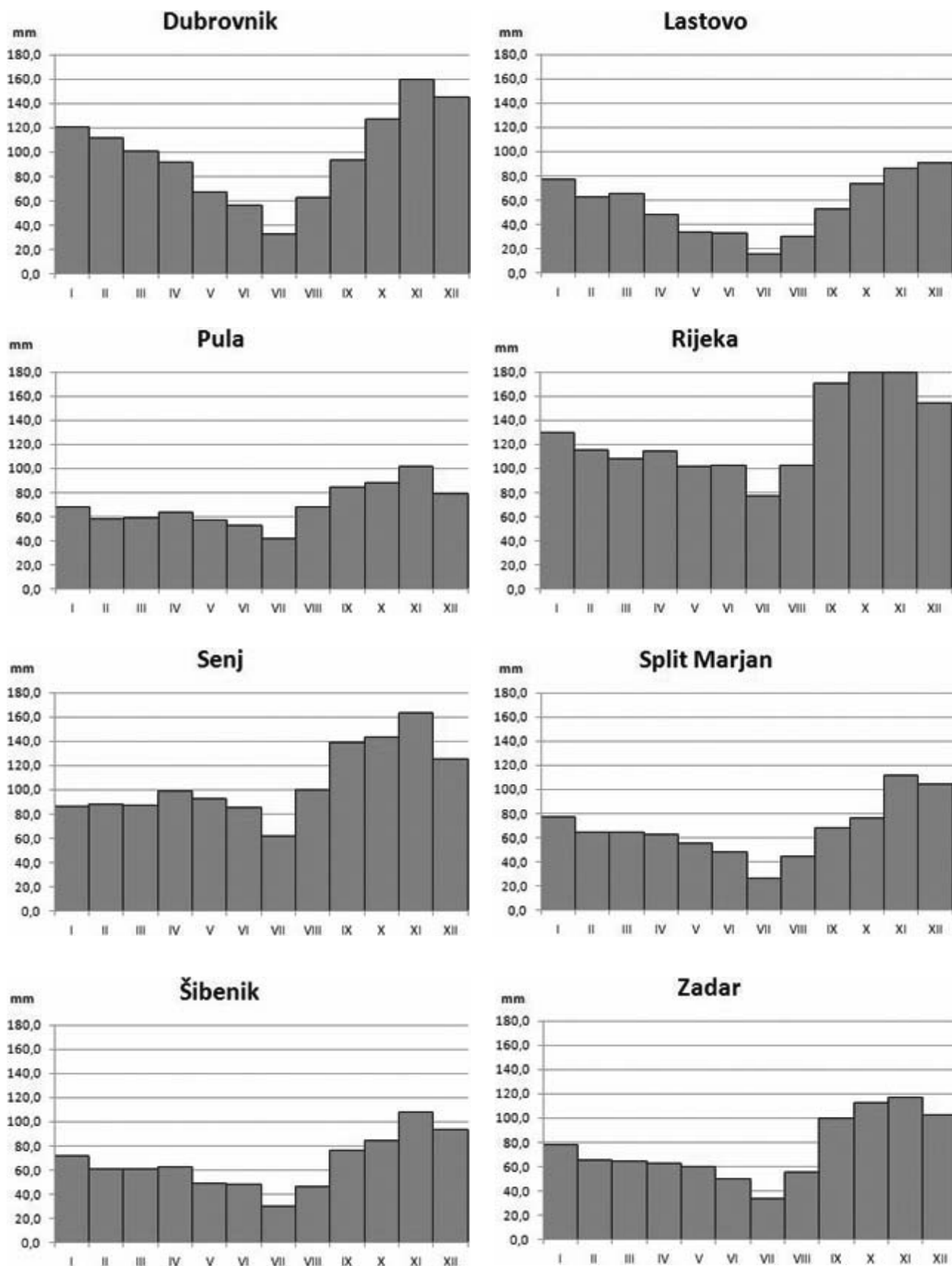
Tab. 1: Srednja godišnja količina padalina (mm) u razdoblju 1950. – 2007.

Tab. 1: Average annual amount of precipitation (mm) for period 1950 – 2007

| Postaja/Station | Padaline/Precipitation |
|-----------------|------------------------|
| Rijeka | 1536,4 |
| Senj | 1270,7 |
| Pula | 819,9 |
| Zadar | 900,6 |
| Šibenik | 792,6 |
| Split Marjan | 804,6 |
| Lastovo | 668,4 |
| Dubrovnik | 1168,3 |

Većina postaja na srednjem i južnom Jadranu ima maksimum padalina u studenom ili prosincu, a minimum padalina u srpnju (sl. 1). Prema sjeveru počinje se javljati sporedni maksimum padalina u travnju i sporedni minimum padalina u ožujku, što odražava utjecaj kontinentskog režima padalina. Uz postaje Pulu, Rijeku i Senj, maksimum padalina u travnju javlja se i u Šibeniku.

The majority of stations in the central and southern Adriatic experience maximum precipitation in November and December, and minimum in July (Fig. 1). Towards the north, a secondary precipitation maximum begins to appear in April and a secondary minimum in March, which reflects the influence of the continental precipitation regime. Maximum precipitation levels in April are seen at the stations Pula, Rijeka, Senj and Šibenik.



Sl. 1: Godišnji hod padalina za istraživane postaje u razdoblju 1950. – 2007.

Fig. 1: Annual course of precipitation at the investigated stations for the period 1950 – 2007

GODIŠNJI HOD VARIJABILNOSTI PADALINA

Dobivene vrijednosti godišnje relativne varijabilnosti padalina (tab. 2.) pokazuju da je najmanja varijabilnost zabilježena u Rijeci, raste prema jugu, a najveća je u Dubrovniku i Lastovu. To povećanje vrijednosti relativne varijabilnosti padalina prema jugu može se objasniti utjecajem subtropskih anticiklona, zbog čega je ljeto sušno, što povećava varijabilnost padalina u tom godišnjem dobu (Penzar, 1959). Osim toga, veća varijabilnost padalina u tim postajama može se objasniti i činjenicom da veći dio godišnje količine padalina padne u jesen i prvom dijelu zime, i to u relativno malom broju dana. Juras (1995) napominje da izostanak sezonskih padalina, kao i ljeta s velikom količinom padalina u istraživanom prostoru nisu rijetka pojava, što pridonosi povećanoj varijabilnosti padalina.

ANNUAL COURSE OF PRECIPITATION VARIABILITY

The obtained values of annual relative precipitation variability (Tab. 2) show that the least variability was recorded in Rijeka, that variability increased towards the south and were highest in Dubrovnik and Lastovo. This increase in the values of relative precipitation variability from north to south can be explained by the influence of the subtropical anticyclone, which causes dry summers and increases the variability of precipitation in that season (Penzar, 1959). Furthermore, the greater precipitation variability at those stations can be explained by the fact that the majority of the annual precipitation falls in the autumn and early winter, usually in a relatively small number of days. Juras (1995) noted that the lack of seasonal precipitation and the summers with high levels of precipitation in the study area are not rare occurrences, which contributes to the increased precipitation variability.

Tab. 2: Godišnja srednja relativna varijabilnost padalina (%)
Tab. 2: Annual average relative precipitation variability (%)

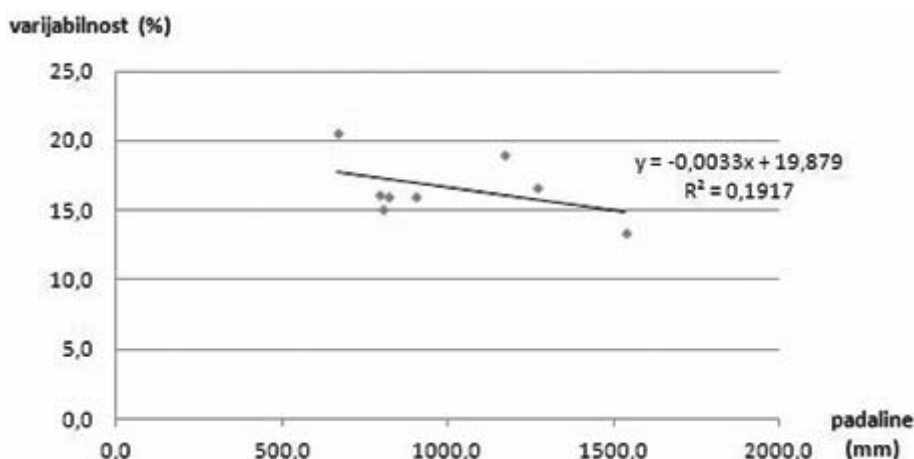
| Postaja/Station | Varijabilnost/Variability |
|-----------------|---------------------------|
| Dubrovnik | 19,0 |
| Lastovo | 20,6 |
| Pula | 16,0 |
| Rijeka | 13,4 |
| Senj | 16,7 |
| Split Marjan | 15,0 |
| Šibenik | 16,2 |
| Zadar | 16,0 |

Između količine padalina i varijabilnosti padalina postoji određena veza (Juras, 1995). Načelno se može tvrditi da prostori koji imaju veću količinu padalina, imaju manju varijabilnost od prostora s manjom količinom padalina. Ipak, u istraživanim postajama ta je veza slaba (koeficijent korelacije iznosi 0,44) (sl. 2.), što znači da na varijabilnost padalina, osim količine padalina, veći utjecaj imaju drugi faktori.

Mjesečne vrijednosti relativne varijabilnosti ukazuju na prostorne razlike u varijabilnosti padalina (sl. 2.). Maksimum varijabilnosti padalina na sjevernom Jadranu je u listopadu, dok je u postajama srednjeg i sjevernog Jadrana u srpnju ili kolovozu, tj. u godišnjem dobu s najvećom varijabilnosti. Postaje Dubrovnik i Lastovo također imaju povećanu vrijednost varijabilnosti padalina u listopadu. Na vrijednosti varijabilnosti padalina u listopadu ima utjecaj činjenica da u tom mjesecu 1965. godine, praktički nije ni bilo padalina, dok su u listopadu prethodne, 1964. godine, vrijednosti padalina

There is a certain correlation between the quantity of precipitation and the precipitation variability (Juras, 1995). In principle, it can be stated that areas with a greater quantity of precipitation have lower variability than areas with lesser quantities of precipitation. However, this correlation was weak in the investigated stations (correlation coefficient 0.44) (Fig. 2), indicating that other factors, in addition to the amount of precipitation, also influence precipitation variability.

The monthly values of relative variability indicate the spatial differences in precipitation variability (Fig. 2). The maximum precipitation variability in the northern Adriatic is in October, as opposed to July or August for the stations in the central and southern Adriatic, i.e. in the season with the highest variability. The stations Dubrovnik and Lastovo also have increased values of precipitation variability in October. The values of precipitation variability in October are due to the fact that there was virtually no precipitation in October 1965, while in the same



Sl. 2: Odnos godišnje količine padalina i srednje relativne varijabilnosti

Fig. 2: Relationship between annual precipitation amount and mean relative variability

bile u nekim postajama čak i više nego tri puta veće od višegodišnjeg prosjeka. Tako je listopadu 1964. godine u Rijeci palo 460,9 mm padalina, a u Senju 459,6 mm, dok su u listopadu 1965. godine u obje postaje padaline u potpunosti izostale. Trend smanjenja padalina u listopadu, koji je naglašen od sredine dvadesetog stoljeća (Penzar i dr., 1967; Juras, 1985), također objašnjava povećanu varijabilnosti padalina u tom mjesecu.

Ljetni maksimum varijabilnosti padalina u srpnju ili kolovozu u srednjem i južnom Jadranu podudara se s minimumom padalina u ljetnim mjesecima, što je posljedica utjecaja subtropskih anticiklona.

Minimum varijabilnosti padalina u postajama sjevernog i južnog Jadrana je u travnju, dok je u postajama srednjeg Jadrana (Zadar, Šibenik i Split Marjan) u studenom. To se može objasniti većom čestinom dana s padalinama u ta dva mjeseca (Juras, 1995), kao i činjenicom da je u travnju sekundarni maksimum padalina, koji je naglašen u sjevernom dijelu istraživanog prostora.

Osim glavnih maksimuma i minimuma varijabilnosti, u svim se postajama javljaju i sporedni maksimumi i minimumi. Sporedni maksimum varijabilnosti u svim je postajama u veljači ili ožujku, tj. u proljeće. U postajama sjevernog Jadrana prevladava sporedni maksimum varijabilnosti u veljači, koji prema jugu prelazi u ožujak. Sporedni maksimum varijabilnosti padalina koji se javlja u veljači i ožujku posljedica je malog broja dana s padalinama i minimuma u godišnjem hođu padalina, kao i manjeg broja dana u veljači (Juras, 1995). Varijabilnost padalina u ožujku velika je i zbog velikih količina padalina u ožujku 1964. godine.

Sporedni minimum varijabilnosti javlja se u travnju ili studenom, ovisno o položaju glavnog minimuma. U postajama u kojima je glavni minimum varijabilnosti u travnju sporedni je u studenom, i obratno.

month one year prior, in 1964, the amount of precipitation was more than three times the multi-year average for that month at some stations. In October 1964, 460.9 mm fell in Rijeka and 459.6 mm in Senj, while in October 1965 there was absolutely no precipitation at either station. The trend of declining precipitation in October, which has been pronounced since the mid 20th century (Penzar et al., 1967; Juras, 1985), also explains the increased precipitation variability in that month.

The summer maximum precipitation variability in July or August in the central and southern Adriatic corresponds to the minimum precipitation in the summer months, which is a consequence of the influence of the subtropical anticyclone.

The minimum precipitation variability is in April in the stations of the northern and southern Adriatic, as opposed to November in the stations of the central Adriatic (Zadar, Šibenik and Split Marjan). This can be explained by a greater frequency of days with precipitation in those two months (Juras, 1995), and the fact that the secondary maximum of precipitation is in April, which is more pronounced in the northern part of the investigated area.

In addition to the main maximum and minimum variability, all stations also experience a secondary maximum and minimum. The secondary maximum variability at all stations occurs in spring, i.e. in February or March. In the stations of the northern Adriatic, the secondary maximum variability is in February, and moves into March towards the south. The secondary maximum precipitation variability that appears in February and March is the consequence of a fewer number of days with precipitation and a minimum in the annual course of precipitation, and the smaller number of days in February (Juras, 1995). The variability of precipitation is high in March due to the large quantity of precipitation that fell in March 1964.

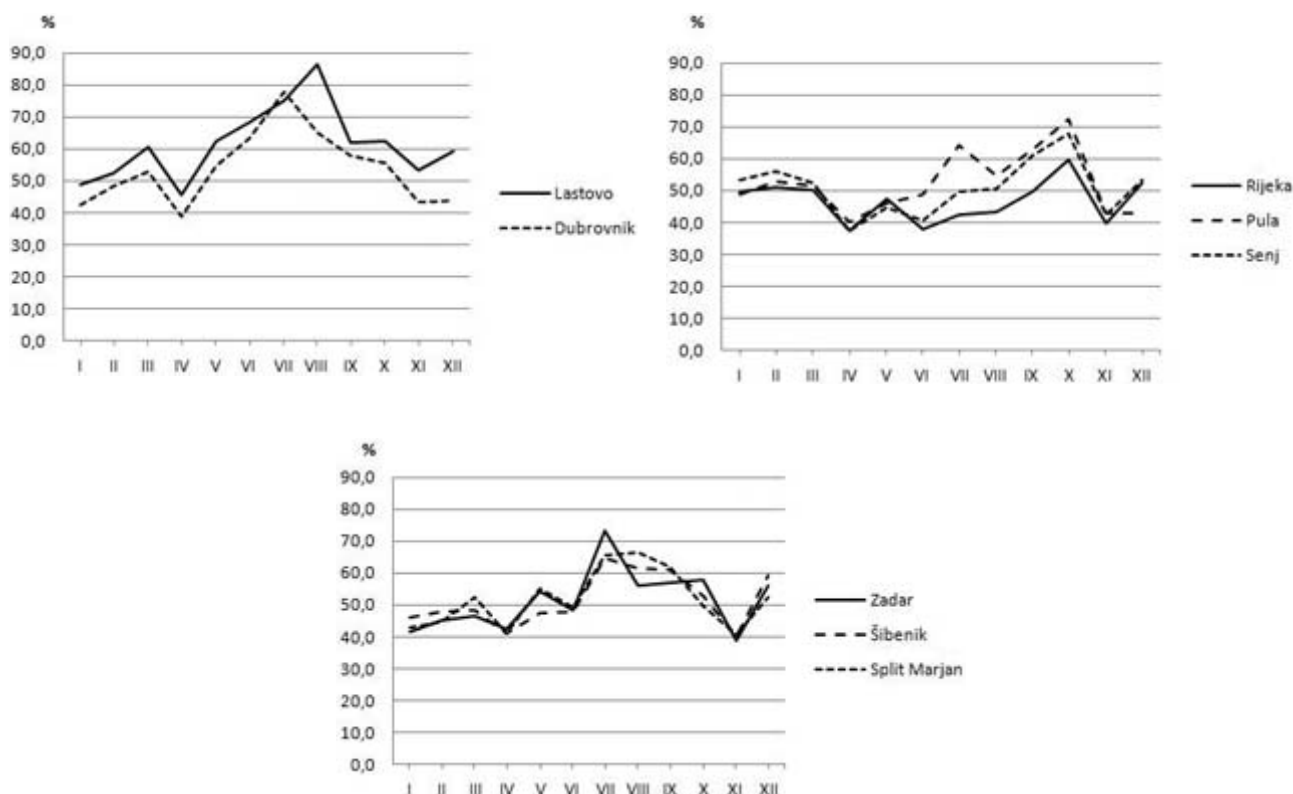
Zanimljivo je spomenuti da je u postajama Rijeka, Senj, Šibenik, Zadar i Split Marjan povećana varijabilnost padalina u svibnju, na što utjecaj ima smanjenje količine padalina u tom mjesecu nakon maksimuma u travnju, odnosno uspostavljanje maritimnog režima padalina.

S obzirom na navedeno mogu se izdvojiti tri dijela jadranske obale sa sličnim obilježjima varijabilnosti padalina (sl 3.). Na prostoru sjevernog Jadrana (postaje Rijeka, Pula, Senj) glavni maksimum varijabilnosti padalina je listopadu, a sporedni u veljači. Glavni minimum varijabilnosti je u travnju, a sporedni u studenom. Na prostoru srednjeg Jadrana (postaje Zadar, Šibenik i Split Marjan) glavni je maksimum varijabilnosti u srpnju ili kolovozu, sporedni je u ožujku. Glavni minimum varijabilnosti je u studenom, a sporedni u travnju. Prostor južnog Jadrana obilježava glavni maksimum varijabilnosti padalina u srpnju ili kolovozu te sporedni u ožujku. Glavni minimum varijabilnosti je u travnju, a sporedni je u studenom.

The secondary minimum variability appears in April or November, depending on the position of the main minimum. In stations in which the main minimum variability is in April, the secondary minimum appears in November, and vice versa.

It is interesting to note that at the stations Rijeka, Senj, Šibenik, Zadar and Split Marjan there is an increased precipitation variability in May, caused by the declining amount of precipitation falling in that month after the maximum in April, i.e. after the establishment of a maritime precipitation regime.

With regard to the above, it is possible to separate out the three sections of the Adriatic coast with similar precipitation variability properties (Fig. 3). In the northern Adriatic (stations Rijeka, Pula, Senj) the main maximum precipitation variability is in October, and the secondary maximum in February. The main variability minimum is in April, and the secondary in November. In the central Adriatic (stations Zadar, Šibenik and Split Marjan), the main maximum variability is in July or August, and the secondary in March. The main minimum variability is in November and the secondary in April. In the area of the southern Adriatic, the main precipitation variability maximum is in July or August and the secondary in March. The main minimum variability is in April, and the secondary in November.



Sl. 3: Godišnji hod varijabilnosti padalina u istraživanim postajama
Fig. 3: Annual course of precipitation variability at the researched stations

UTJECAJ PROMJENE KOLIČINE PADALINA NA VARIJABILNOST PADALINA

Kako bi se pokazalo utječe li promjena godišnje količine padalina na promjenu varijabilnosti padalina, izračunati su petogodišnji klizni srednjaci godišnjih količina padalina i relativne varijabilnosti. Za tako dobivene nizove određen je koeficijent korelacije, kako bi se utvrdilo koliko je značajna statistička veza među njima (tab. 3.). Osim u Rijeci, u svim postajama u razdoblju od 1950. do 2007. godine linearni trend upućuje na smanjenje količine padalina. Najveće smanjenje zabilježeno je u Dubrovniku. Linearni trendovi pokazuju da se varijabilnost smanjila u postajama Rijeka, Senj, Zadar i Dubrovnik, dok se u ostalim postajama povećala. Moglo bi se očekivati da će se povećanjem količine padalina varijabilnost smanjiti, međutim, to se ovdje nije pokazalo. Statistička veza između promatranih pojava je slaba, osim u slučaju Pule, gdje je utvrđena umjerena negativna veza. Prema tome, veza između promjene količine padalina i promjene varijabilnosti u istraživanom razdoblju nije jednostavna te je potrebno uzeti u obzir one faktore koji utječu na postanak padalina, kao i učestalost padalina.

INFLUENCE OF CHANGES IN PRECIPITATION LEVELS ON PRECIPITATION VARIABILITY

In order to show whether the change in the annual amounts of precipitation influence the changes in precipitation variability, five-year moving averages of the annual precipitation amounts and the relative variability were calculated. The correlation coefficient was determined for the obtained data series in order to determine how significant the statistical correlation is among them (Tab. 3). With the exception of Rijeka, all stations in the period from 1950–2007 displayed a linear trend, indicating a decline in precipitation amounts. The largest decline was recorded for Dubrovnik. The linear trends indicate that the variability declined at the stations Rijeka, Senj, Zadar and Dubrovnik, while it increased at the remaining stations. It could be expected that within increasing quantities of precipitation that the variability would be decreased, though this was not the case. The statistical relationship between the observed phenomena is weak, with the exception of the station Pula, where a moderately negative correlation was determined. As such, the relationship between changes in the amount of precipitation and the changes in variability in the study period is not simple, and it is necessary to consider those factors that influence the origin of precipitation, and the frequency of precipitation.

Tab. 3: Linearni trendovi petogodišnjih kliznih srednjaka padalina i varijabilnosti, te koeficijent korelacije

Tab. 3: Linear trends of 5-year moving averages of precipitation and precipitation variability, and correlation coefficients

| Postaja/ Station | Padaline/ Precipitation | Varijabilnost padalina/ Precipitation variability | Koeficijent korelacije/ Correlation coefficient |
|---------------------|----------------------------|--|--|
| Rijeka | $y = 1525,2 + 0,46 x$ | $y = 14,4 - 0,09 x$ | -0,19 |
| Senj | $y = 1301,2 - 1,34 x$ | $y = 18,2 - 0,11 x$ | 0,17 |
| Pula | $y = 868,4 - 1,64 x$ | $y = 9,4 + 0,18 x$ | -0,54 |
| Zadar | $y = 959,3 - 2,03 x$ | $y = 15,0 - 0,04 x$ | 0,03 |
| Šibenik | $y = 852,4 - 2,15 x$ | $y = 11,9 + 0,06 x$ | 0,03 |
| Split Marjan | $y = 855,4 - 1,69 x$ | $y = 7,6 + 0,18 x$ | -0,24 |
| Lastovo | $y = 746,4 - 2,59 x$ | $y = 17,4 + 0,06 x$ | -0,25 |
| Dubrovnik | $y = 1370,6 - 7,44 x$ | $y = 16,3 - 0,06 x$ | -0,01 |

ZAKLJUČAK

Na jadranskoj se obali količina padalina smanjuje, a varijabilnost padalina povećava prema jugu. Ipak, veza između količine padalina i varijabilnosti nije tako jednostavna te u obzir treba uzeti i druge elemente. To su faktori koji utječu na postanak padalina te učestalost

CONCLUSION

Along the Adriatic coast, the amount of precipitation declines towards the south and the precipitation variability increases. However, the correlation between the amount of precipitation and its variability is not simple and other elements must also be taken into consideration,

broja dana s padalinama. U istraživanom prostoru mogu se izdvojiti tri prostora s različitim tipom godišnjeg hoda varijabilnosti padalina. Na prostoru sjevernog jadrana osjeća se utjecaj kontinentskog tipa godišnjeg hoda padalina te je maksimum varijabilnosti padalina u listopadu, a minimum u travnju. Na prostoru srednjeg Jadrana maksimum varijabilnosti je u srpnju ili kolovozu, a minimum u studenom. Prostor južnog Jadrana obilježava maksimum varijabilnosti padalina u srpnju ili kolovozu i minimum u travnju. Korelacijska analiza pokazala je da ne postoji jasna veza između promjene količine padalina i varijabilnosti na jadranskoj obali.

Prikazani rezultati proizašli su iz znanstvenih projekata „Utjecaj klimatskih promjena na socijalno-geografske elemente u Hrvatskoj“ i „Promjene okoliša i kulturni pejzaž kao razvojni resurs“ provedenih uz potporu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske.

such as factors that influence the origin of precipitation and the frequency of days with precipitation. In the study area, three areas can be distinguished with regard to the different types of the annual course of precipitation. In the northern Adriatic, the influence of the continental type of annual course of precipitation is felt and the maximum precipitation variability is seen in October and the minimum in April. In the central Adriatic, the maximum variability is in July or August and the minimum in November. In the southern Adriatic, the maximum precipitation variability is in July or August and the minimum in April. The correlation analysis indicates that there is no clear correlation between the changes in the amount of precipitation and its variability along the Adriatic coast.

The results were obtained as part of the scientific projects “The influence of climate change on socio-geographic elements in Croatia” and “The changing environment and cultural landscape as a developmental resources” supported by the Ministry of Science, Education and Sport of the Republic of Croatia.

LITERATURA LITERATURE

- Biel, E. (1944.): Climatology of the Mediterranean Area, Institute of Meteorology, University of Chicago, Miscellaneous Reports 13, Chicago, III, 180 p.
- Conrad, V., Pollak, L. W. (1950.): Methods in Climatology, Harvard University Press, Cambridge, 1950, 459 p.
- Hodžić, M., Šore, Ž. (1999.): Prostorno-vremenske razdjelnice oborina na Jadranu, Zbornik radova 2. hrvatske konferencije o vodama, Dubrovnik, 79-89.
- Juras, J. (1985.): Neke karakteristike promjene klime Zagreba u posljednjem tridesetljeću. Geofizika, Vol. 2, 93-102.
- Juras, J. (1995.): Metode za procjenu vremenske promjenljivosti količina oborina: doktorska disertacija, Zagreb, 160 str. (Prirodoslovno-matematički fakultet)
- Makjanić, B., Volarić, B. (1979.): Prilog poznavanju klime otoka Hvara. Rad JAZU 383, 273-344.
- Maradin, M. (2008.): Varijabilnost padalina u Hvaru i Crikvenici. Geoadria, Vol. 13, No. 2, 133-154.
- Margetić, F. (1942.): Oborina, u: Škreb i dr.: Klima Hrvatske, Geofizički zavod u Zagrebu, 104-123.
- Milković, J. (1998.): Oborina na otocima i obali, Voda na hrvatskim otocima, Zbornik radova, Hrvatsko hidrološko društvo, Hvar, 83-98.
- Penzar, B. (1959.): Razdioba Schulzeovih koeficijena godišnjeg hoda padavina u FNRJ. Vesnik hidrometeorološke službe FNRJ, Beograd, 8, 1-2, 32-38.
- Penzar, B., Volarić, B., Penzar I. (1967.): Prilog poznavanju sekularnih kolebanja temperature i oborina u Jugoslaviji, Zbornik radova povodom proslave 20. godina rada Hidrometeorološke službe, SHMZ, Beograd, 63-89.
- Penzar, B., Penzar, I. (1979.-81.): O položaju i uzrocima ekstrema u godišnjem hodu oborine u Hrvatskoj. Dio I i II. Geografski glasnik, 41-42, 27-48; 43, 27-49.
- Penzar, B., Penzar, I., Orlić M. (2001.): Vrijeme i klima Hrvatskog Jadrana, Nakladna kuća Dr. Feletar, Zagreb, 258 str.
- Šegota, T. (1969.): Sekularne fluktuacije padaline u Zagrebu. Geografski glasnik 31, 5-55.
- Trošić, Ž., Munitić, A. (1998.): Prostorne i vremenske promjene oborine na otocima srednje Dalmacije. Voda na hrvatskim otocima, Zbornik radova, Hrvatsko hidrološko društvo, Hvar, 99-108.

SAŽETAK

U radu je analizirana varijabilnost padalina u razdoblju od 1950. do 2007. godine za meteorološke postaje Rijeka, Pula, Senj, Zadar, Šibenik, Split-Marjan, Lastovo i Dubrovnik. Kao mjera varijabilnosti, u radu je korištena srednja apsolutna varijabilnost, odnosno srednja relativna varijabilnost. Razdoblje istraživanja u trajanju od 58 godina uzeto je jer dio klimatologa smatra da je pri analizi padalina potrebno koristiti duža razdoblja od tridesetogodišnjih. Posebno to dolazi do izražaja u aridnim i semiaridnim krajevima.

U istraživanom prostoru varijabilnost padalina povećava se prema jugu. Najveću varijabilnost padalina ima postaja Lastovo, a najmanju Dubrovnik. S obzirom na položaj glavnih i sporednih maksimuma i minimuma mogu se izdvojiti tri tipa godišnjeg hoda varijabilnosti padalina. Sjeverni Jadran obilježava glavni maksimum varijabilnosti padalina u listopadu, a sporedni u veljači. Glavni minimum varijabilnosti je u travnju, a sporedni u studenom. Srednji Jadran obilježava glavni maksimum varijabilnosti u srpnju ili kolovozu, a sporedni u ožujku. Glavni minimum varijabilnosti tu je u studenom, a sporedni u travnju. Prostor južnog Jadrana ima glavni maksimum varijabilnosti padalina u srpnju ili kolovozu te sporedni u ožujku. Glavni minimum varijabilnosti je u travnju, a sporedni je u studenom.

Maksimum varijabilnosti padalina u listopadu može se objasniti velikom međugodišnjom promjenljivosti padalina u tom mjesecu, kao i smanjenjem količine padalina u istraživanom razdoblju. Ljetni maksimum varijabilnosti padalina na prostoru srednjeg i južnog Jadrana podudara se s minimumom padalina u ljetnim mjesecima, što je posljedica utjecaja subtropskih anticiklona.

Minimum varijabilnosti padalina u postajama sjevernog i južnog Jadrana je u travnju, dok je u postajama srednjeg Jadrana (Zadar, Šibenik i Split Marjan) u studenom. To se može objasniti većom čestinom dana s padalinama u ta dva mjeseca, kao i činjenicom da je u travnju sekundarni maksimum padalina, koji je naglašen u sjevernom dijelu istraživanog prostora.

Izračunati su linearni trendovi promjene količine padalina i varijabilnosti za navedene postaje kako bi se utvrdilo kako se varijabilnost mijenja s promjenom količine padalina. Dobiiveni koeficijenti korelacije ni u jednom slučaju nisu pokazali značajnu statističku vezu između promjene količine padalina i varijabilnosti.

Primljeno: listopad 2011.
Prihvaćeno: travanj 2012.

Dr. sc. **Mladen Maradin**, viši asistent, Geografski odsjek PMF-a, Marulićev trg 19/II, Zagreb
Dr. sc. **Anita Filipčić**, izv. prof., Geografski odsjek PMF-a, Marulićev trg 19/II, Zagreb
Dr. sc. **Danijel Orešić**, izv. prof., Geografski odsjek PMF-a, Marulićev trg 19/II, Zagreb

SUMMARY

This paper analyses the precipitation variability in the period from 1950 to 2007 for the meteorological stations Rijeka, Pula, Senj, Zadar, Šibenik, Split-Marjan, Lastovo and Dubrovnik. The mean absolute variability, or the mean relative variability, was used as the measure of variability. The research period of 57 years was selected as some climatologists consider that a period longer than 30 years is required for precipitation analyses. This is particularly the case in arid and semi-arid areas.

In the study period, the precipitation variability increases towards the south. The greatest precipitation variability was recorded at the station Lastovo, and the least at the station Dubrovnik. With regard to the position of the main and secondary maximums and minimums, three types of annual courses of precipitation variability can be distinguished. The northern Adriatic is characterized by a main maximum of precipitation variability in October, and a secondary maximum in February. The main minimum variability is in April and the secondary minimum in November. The central Adriatic is characterized by a main variability maximum in July or August and a secondary maximum in March. The main minimum variability is in November and the secondary minimum in April. The southern Adriatic has a main maximum precipitation variability in July or August and a secondary maximum in March. The main minimum variability is in April and the secondary minimum in November.

The maximum precipitation variability in October can be explained by the high inter-year variability of precipitation in that month, and the reduced amounts of precipitation in the study period. The summer maximum precipitation variability in the central and southern Adriatic corresponds with the minimum precipitation in the summer months, which is the consequence of the influence of subtropical anticyclones.

The minimum precipitation variability is seen in April at the stations of the northern and southern Adriatic, as opposed to November at the stations of the central Adriatic (Zadar, Šibenik and Split Marjan). This can be explained by the greater frequency of days with precipitation in those two months, and the fact that the secondary precipitation maximum is in April, which is more pronounced in the northern part of the study area.

Linear moving trends of the amount of precipitation and precipitation variability were calculated for these stations in order to establish how variability changes with changing amounts of precipitation. The obtained correlation coefficients did not show a statistically significant correlation between the changes in amounts of precipitation and variability.

Received: October 2011
Accepted: April 2012

Mladen Maradin, PhD, Senior Assistant, Department of Geography, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19/II, Zagreb
Anita Filipčić, PhD, Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19/II, Zagreb
Danijel Orešić, PhD, Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19/II, Zagreb