

UDK 551.524 (497.5 Palagruža) "1961-1990"  
551.578 (497.5 Palagruža) "1961-1990"

## PROMJENE TEMPERATURE ZRAKA I OBORINE NA OTOKU PALAGRUŽI (1961.-1990.)

DRAŽEN JAŠIĆ, ŽIVKO TROŠIĆ i JOSIP KASUM

### **Izvadak:**

Palagruža je idealna otočna postaja za proučavanje klimatskih obilježja otvorenog dijela Jadranskog mora, jer se nalazi gotovo na njegovoj sredini.

U uvodnom dijelu dat je kratak pregled dosadašnjih istraživanja klimatskih obilježja Palagruže.

Za prikaz vremenskih promjena temperature zraka i oborine na otoku Palagruži korišteni su klimatski podaci s istoimene postaje za standardno klimatsko razdoblje 1961-1990. godina.

Analiza u ovom radu primarno je usmjerena na ispitivanje godišnjih anomalija srednjih ekstremnih temperatura zraka, njihovog raspona i količine oborine u odnosu na njihov 30-godišnji srednjak.

Izračunati su i grafički prikazani linearni trendovi anomalija srednjih ekstremnih temperatura zraka, njihovog raspona i količine oborine, a za filtriranje kratkoperiodičnih fluktuacija upotrijebljen je 11-godišnji binomni klizni srednjak.

Rezultati analize, pored ostalog, pokazuju trend pada godišnjih srednjih ekstremnih temperatura zraka, njihovog raspona i količine oborine. Trend smanjenja godišnje srednje maksimalne temperature zraka je za 1,23 °C/100 godina, srednje minimalne za 0,14 °C/100 godina, a njihovog raspona za 1,1 °C/100 godina. Trend smanjenja godišnje srednje maksimalne temperature zraka je veći od pada srednje minimalne temperature zraka, pa njihov raspon pada. Linearni trend godišnje količine oborine pokazuje opadanje za 205, 51 mm/100 godina. Spearmanova statistika pokazuje da niti jedan od navedenih trendova nije statistički značajan na nivou 95 % pouzdanosti.

### **Ključne riječi:**

*anomalija, klima, Palagruža, Jadransko more*

## CHANGES OF THE AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION ON THE ISLAND OF PALAGRUŽA (1961-1990)

### *Abstract:*

*Palgruža, the island located in the middle of the Adriatic, is an ideal island weather station for a study of climatic characteristics of the open part of the Adriatic.*

*In the introduction part, the author gives a short review of the past researches of Palagruža climatic characteristics. Climatic data observed at the Palagruža station, for the standard climatic period 1961.–1990, were used for the presentation of the time changes of the air temperature and precipitation.*

*In this paper, the analysis is primarily directed to a study of the annual anomalies of the mean daily air temperatures, their range, and precipitation quantity regarding their 30-year mean value.*

*Linear trends of the anomalies of the mean daily air temperatures, their range, and precipitation quantity, are figured out and represented graphically. The 11-year binomial sliding mean value is used for the filtration of the short-period fluctuations.*

*Analysis results show, among other things, a decreasing trend of mean daily air temperatures, their range and annual precipitation quantity. Decreasing trend of the annual mean maximum air temperature is 1.23 °C/100- year period, of mean minimum ones 0.14 °C/100- year period, and of their range is 1.1 °C/100- year period. Decreasing trend of the annual mean maximum air temperature is higher than decreasing trend of mean minimum air temperatures, causing their range to decrease. Linear trend of the annual precipitation quantity shows a decrease of 205.51mm/100-year-period. Spearman's statistic shows that neither of the trends noted above is statistically significant to the reliability level of 95%.*

### *Key words:*

*anomaly, climate, Palagruža, Adriatic Sea*

## UVOD

Vrijeme i klima su uvijek djelovali na čovjeka i na njegove pojedine djelatnosti, osobito one na otvorenom prostoru. Kopno i more imaju veliki i višestruki utjecaj na formiranje klime. Klima na Jadranskom moru uvjetovana je samim položajem Jadrana na Sredozemlju, odnosom mora prema kopnenom zaleđu, geografskom širinom te konfiguracijom obala i kopnenog zaleđa.

Na Jadranu se isprepliću kopneni i morski utjecaji. Klima Palagruže se može promatrati u dva razdoblja, u predinstrumentalnom i u instrumentalnom razdoblju.

Indirektni klimatski pokazatelj u predinstrumentalnom razdoblju može biti i ulov ribe. **Dobar ulov ribe** (srdele) bio je vezan za **razdoblja hladnih zima**, a slabiji uz razdoblja toplih zima (Pandžić i Sijerković, 1996).

Prvi poznati opis klime otoka Palagruže obznanio je Groller (1896).

U instrumentalnom razdoblju Hann je 1898. godine prvi objelodanio prve obrađene podatke klimatskih motrenja na uspostavljenoj postaji Palagruža koja je radila svega 4 godine, a već 1899. godine podaci su naznačeni u austrijskom vodiču kroz Dalmaciju. Marki (1924), u cjelovitom prikazu klime Dalmacije, navodi da je Palagruža područje s najmanjim godišnjim kolebanjem temperature u Dalmaciji, i da je u hladnom dijelu godine oko Palagruže "relativna barička depresija s najnižim tlakom". Gavazzi (1925, 1929) objavljuje prve poznate klimatske podatke o oborini. Prvi cjeloviti prikaz klime Palagruže dao je Rubić (1929). Škreb i suradnici (1942) prvi analiziraju niz podataka temperature zraka i vjetera, a Golubić (1958) daje Walterov klima -dijagram za Palagružu.

Klimatske karakteristike Palagruže bile su predmet istraživanja brojnih domaćih autora, a najveći doprinos multidisciplinarnom istraživanju područja Palagruže dao je stručnoznanstveni skup koji se održao u Splitu 28.-30.06.1995. godine, a rezultati su objavljeni u Zborniku radova simpozija Palagruža - jadranski dragulj (1996).

Analiza u ovom radu primarno je usmjerena na ispitivanje vremenskih promjena temperature zraka i oborine na primjeru godišnjih anomalija srednjih ekstremnih temperatura zraka, njihovog raspona i količine oborine, glavnih varijabli za procjenu klimatskih promjena. Međutim, u radu su analizirani i drugi pokazatelji temperature zraka i oborine.

## PODACI I METODE

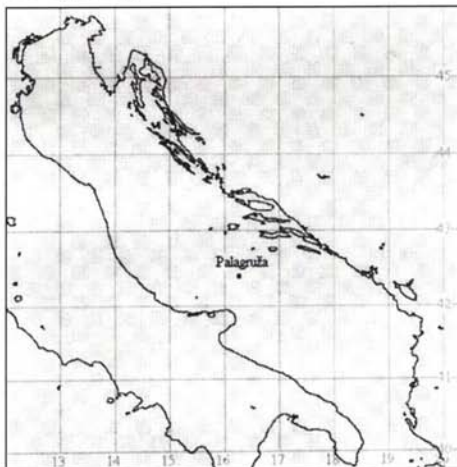
Otočje Palagruža, koje čini pet otoka i otočića (Velika Palagruža, Mala Palagruža, Kamik od tramuntane, Kamik od oštra i Galijula) i preko 20 školja i hridi, nalazi se na najvažnijim plovidbenim putovima (uzdužnim i poprečnim) na Jadranskom moru. Ukupna površina otočja je 0.40 km<sup>2</sup>, a najveći otok je

Velika Palagruža s površinom 0.29 km<sup>2</sup> (BOGNAR, 1996).

Na Velikoj Palagruži nalazi se svjetionik još od 1875. godine, a meteorološka postaja od 1894. godine koja je mijenjala svoju poziciju, a sada se nalazi na  $\phi=42^{\circ}24'N$  i  $\lambda=16^{\circ}16'E$ ,  $\eta=98$  m. Iako meteorološka mjerenja na postaji traju 104 godine, zbog promjene država u čijem je sastavu je bila Palagruža, službeni podaci u Republici Hrvatskoj su raspoloživi samo za razdoblje od 1894-1910. godine (austrijski godišnjaci) i od 1949. godine do danas.

Za ispitivanje vremenskih promjena temperature zraka i količine oborine na otoku Palagruži korišteni su klimatski podaci mjerenja i motrenja iz standardnog klimatskog razdoblja 1961-1990. godina. Zbog prekida u radu nedostaju brojni podaci motrenja i mjerenja, posebno oborine. Nedostajući podaci mjesečnih vrijednosti srednjih ekstremnih temperatura zraka i količine oborine svedeni su na osnovi podataka susjedne postaje Lastovo. Položaj otočja Palagruža na Jadranskom moru najbolje prikazuje slika 1.

Izračunate su i tablično prikazane sezonske i godišnje standardne klimatske normale



Sl. 1. - Položaj otočja Palagruža na Jadranskom moru  
Fig. 1. - Location of the islands of Palagruža in the Adriatic

temperature zraka, količine oborine, broja dana s oborinom i kišom.

Vremenske promjene temperature zraka i količine oborine grafički su prikazane u obliku anomalija: srednjih ekstremnih temperatura zraka, njihovog raspona i količine oborine (u odnosu na njihov srednjak iz razdoblja 1961-1990. godina), te filtriranog niza i linearnog trenda. Za filtriranje kratkoperiodičnih fluktuacija upotrijebljen je 11-godišnji binomni klizni srednjak, a za analizu značajnosti trenda Spearmanova statistika ranga (MITCHELL et al., 1966).

## REZULTATI

### 1. Temperature zraka

Temperatura zraka i količina oborina su osnovni klimatski pokazatelji određenog područja. Sezonske i godišnje vrijednosti standardnih klimatskih normala temperature zraka prikazuje tab.1.

Srednja sezonska temperatura zraka na Palagruži kreće se u rasponu od 10,1 °C (zimi) do 23,1 °C (ljeti), srednja maksimalna od 12,1 °C do 26,5 °C, a srednja minimalna od

8,3 °C do 20,4 °C. Godišnji raspon između srednje maksimalne i srednje minimalne temperature zraka je 4,8 °C, a srednja godišnja temperatura zraka 16,2 °C.

Anomalije srednjih ekstremnih temperatura zraka i njihovog raspona u odnosu na njihov srednjak iz razdoblja 1961-1990. godina, 11-godišnje binomne klizne srednjake i linearne trendove prikazuju slike 2 - 4.

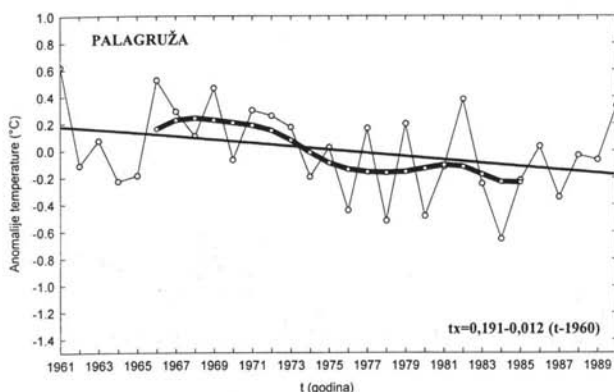
Analiza anomalija godišnjih srednjih maksimalnih temperatura zraka (tx) pokazuje pad od sredine 1970-tih godina do kraja 1980-tih (slika 2.), a srednjih godišnjih minimalnih temperatura (ts) veliki pad u razdoblju od početka 1970-tih do sredine 1980-tih. (slika 3.). Od sredine 1980-ih pada srednja maksimalna a raste srednja minimalna temperatura zraka. Anomalije raspona srednjih ekstremnih temperatura zraka (R) pokazuju oblik sinusne funkcije u razdoblju od sredine 1970-tih do kraja 1980-tih, s maksimumom 1980., a minimumom 1987. godine (slika 4.).

Svi trendovi temperaturnih parametara su u standardnom razdoblju 1961-1990. godina negativni. Trend smanjenja godišnje srednje maksimalne temperature zraka (tx) je za 1,23 °C/100 godina, srednje minimalne (tn)

Tab. 1. - Sezonske i godišnje klimatske normale temperature zraka i oborine, Palagruža, 1961. - 1990.

Tab. 1. - Season and annual climatic normals of air temperature and precipitation, Palagruža, 1961 - 1990

ZIMA	PROLJEĆE	LJETO	JESEN	GODINA
Srednja sezonska i godišnja temperatura zraka, °C				
10,1	14,0	23,1	17,6	16,2
Srednja sezonska i godišnja maksimalna temperatura zraka, °C				
12,1	16,8	26,5	20,0	18,9
Srednja sezonska i godišnja minimalna temperatura zraka, °C				
8,3	11,8	20,4	15,7	14,0
Srednja sezonska i godišnja količina oborine, mm				
101,7	78,6	44,1	85,4	309,7
Srednji sezonski i godišnji broj dana s količinom oborine 0,1 i više mm				
22,4	16,9	9,4	16,2	64,9
Srednji sezonska i godišnji broj dana s kišom, (količina oborine 0,1 i više mm)				
22,3	16,9	9,4	16,2	64,8



Sl. 2. - Anomalije srednje maksimalne temperature zraka (tx), 11-godišnji binomni klizni srednjak i linearni trend u razdoblju 1961-1990.  
Fig. 2. - Anomalies of the mean maximum temperature (tx), 11-year binomial moving average series and linear trend during the period 1961-1990

za 0,14 °C/100 godina, a njihovog raspona (r) za 1,1 °C/100 godina. Iz podataka i slika je vidljivo da je trend smanjenja godišnje srednje maksimalne temperature zraka veći od pada srednje minimalne temperature zraka. Međutim, analiza Spearmanove statistike pokazuje da niti jedan linearni trend temperaturnih parametara nije statistički značajan na nivou 95% pouzdanosti.

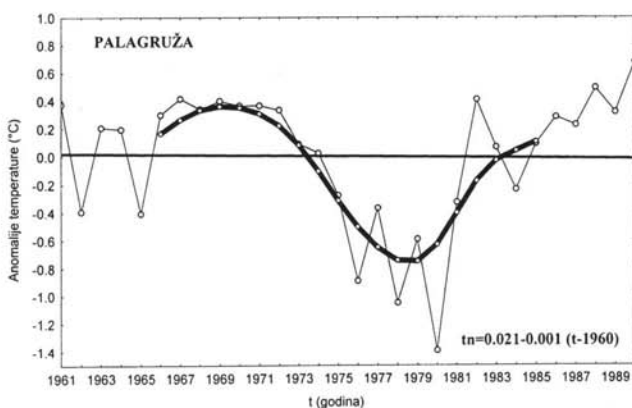
Man-Kendalova analiza godišnjih srednjih vrijednosti ekstremnih temperatura i njihovog raspona na postaji Crikvenica (1901-1992.), također je pokazala da njihovi godišnji linearni trendovi nisu statistički značajni (ZANINOVIĆ i GAJIĆ-ČAPKA, 1995).

Za usporedbu, globalni značajan sekularni trend godišnje srednje maksimalne temperature zraka svih postaja iznosi 0,88 (neurbanih 0,82) °C/100 godina; minimalne 1,86 (1,79)°C/100 godina; a njihovog raspona

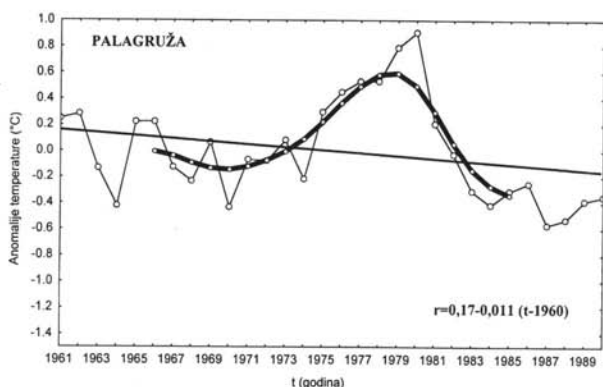
-0,84 (-0,79)°C/100 godina (EASTERLING et al. 1997). Međutim, trendovi godišnje srednje maksimalne temperature zraka u Čileu i Argentini od 0,99 °C/100 godina, te Južnoj Aziji iznosi 0,43 °C/100 godina nisu značajni.

## 2. Oborina

Poznato je da se količina oborine povećava od otvorenog dijela Jadranskog mora prema obali. Iako je prisutna relativno visoka relativna vlažnost zraka tijekom cijele godine, godišnja količina oborina na Palagruži je vrlo mala (309,7 mm) i sva padne tijekom 64,9 dana, u najvećem broju slučajeva radi se o kiši (tablica 1.). Nedostatak oborine na Palagruži je njena pučinska lokacija iznad koje oblaci prolaze (54,8 oblačnih dana godišnje), ali nema visokih prepreka koje bi uvjetovale oborinu na danom području.



Sl. 3. - Anomalije srednje minimalne temperature zraka (tn), 11-godišnji binomni klizni srednjak i linearni trend u razdoblju 1961-1990.  
Fig. 3. - Anomalies of the mean minimum temperature (tn), 11-year binomial moving average series and linear trend during the period 1961-1990



Sl. 4. - Anomalije raspona srednjih ekstremnih temperature zraka (r), 11-godišnji binomni klizni srednjak i linearni trend u razdoblju 1961-1990.

Fig. 4. - Anomalies of the mean daily temperature range (r), 11-year binomial moving average series and linear trend during the period 1961-1990.

Anomalije količine oborine (O) [mm], 11-godišnji binomni klizni srednjak i linearni trend prikazuje slika 5.

Analiza godišnje količine oborine (O) pokazuje rast oborine od početka 1970-tih do sredine 1980-tih (slika 5.), a od sredine 1980-tih opet pad.

Međutim, linearni trend godišnje količine oborine za standardno klimatsko razdoblje 1961-1990. godina pokazuje opadanje oborine (O) za 205,51 mm/100 godina. Ovaj trend opadanja je toliko velik da je nemoguć, a to potvrđuju i rezultati analize Spearmanove statistike koji pokazuje da linearni trend nije statistički značajan na nivou 95% pouzdanosti.

Globalni sekularni trend godišnjih količina oborine pokazuje povećanje oborine za oko 1,6 %, a povećanje srednje godišnje temperature zraka 0,5 °C (HULME, 1995). Međutim, trendovi godišnjih količina oborine

su različiti na pojedinim hemisferama, a posebno je izražena razlika na sjevernoj hemisferi (porast u polarnim, a pad u tropskim područjima).

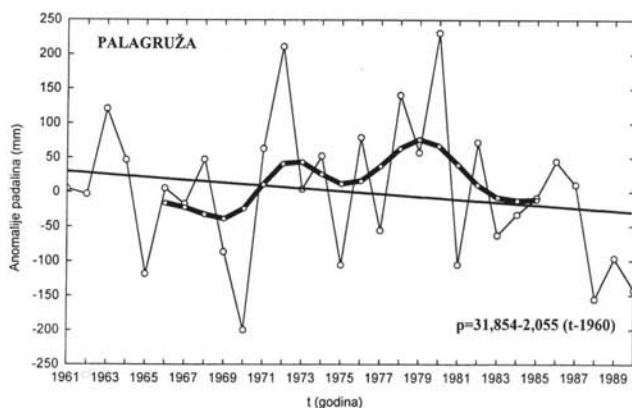
## ZALJUČAK

Temperatura zraka i količina oborina su osnovni klimatski pokazatelji određenog područja.

Srednja sezonska temperatura zraka na Palagruži u standardnom klimatskom razdoblju 1961-1990. godina kreće se u rasponu od 10,1 °C do 23,1 °C,

srednja maksimalna od 12,1 °C do 26,5 °C, a srednja minimalna od 8,3 °C do 20,4 °C. Godišnji raspon između srednje maksimalne i srednje minimalne temperature zraka je 4,9 °C, a srednja godišnja temperatura zraka je 16,2 °C.

Anomalije srednjih godišnjih maksimalnih temperatura pokazuju pad od sredinom 1970-tih godina do kraja 1980-tih, a



Sl. 5. - Anomalije količine oborine (O), 11-godišnji binomni klizni srednjak i linearni trend u razdoblju 1961-1990.

Fig. 5. - Anomalies of the precipitation (O), 11-year binomial moving average series and linear trend during the period 1961-1990.

srednjih godišnjih minimalnih temperatura veliki pad u razdoblju od početka 1970-tih do sredine 1980-tih. Od sredine 1980-ih pada srednja maksimalna a raste srednja minimalna temperatura zraka. Anomalije raspona srednjih ekstremnih temperatura zraka pokazuju oblik sinusne funkcije u razdoblju od sredine 1970-tih do kraja 1980-tih, s maksimumom 1980., a minimumom 1987. godine.

Svi trendovi temperaturnih parametara su u standardnom razdoblju 1961-1990. godina negativni. Trend smanjenja godišnje srednje maksimalne temperature zraka je za  $1,23\text{ }^{\circ}\text{C}/100$  godina, srednje minimalne za  $0,14\text{ }^{\circ}\text{C}/100$  godina, a njihovog raspona za  $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}/100$  godina. Međutim, analiza Spearmanove statistike pokazuje da niti jedan trend temperaturnih parametara nije statistički značajan na nivou 95% pouzdanosti.

Iako je prisutna relativno visoka relativna vlažnost zraka tijekom cijele godine

godišnja količina oborina na Palagruži je vrlo mala i iznosi svega 309,7 mm, a sva padne tijekom 64,9 dana u najvećem broju slučajeva kao kiša. Nedostatak oborine na Palagruži je njena pučinska lokacija iznad koje oblaci prolaze, ali nema prepreka koje bi uvjetovale oborinu. Prema dosadašnjim mjerenjima Palagruža se ubraja u postaju s najmanjom godišnjom količinom oborine u Hrvatskoj.

Godišnje količine oborine pokazuje rast oborine od početka 1970-tih do sredine 1980-tih, a nakon toga opet pad.

Linearni trend godišnje količine oborine za standardno razdoblje 1961-1990. godina pokazuje pad oborine za  $205,51\text{ mm}/100$  godina. Ovaj trend opadanja je nemoguć. Rezultati analize Spearmanove statistike pokazuju da ovaj trend godišnje količine oborine nije statistički značajan na nivou 95% pouzdanosti.

## LITERATURA

- Bognar, A. (1996): Geomorfološke značajke arhipelaga Palagruže. Zbornik radova simpozija Palagruža - jadranski dragulj, Split, 28.-30.06.1995., 1
- Easterling, D. R. et al. (1997): Maximum and Minimum Temperature. Trends for the Globe. Science, July 18; 277: 364-367.
- Gavazzi, A. (1925): Geografski raspored najveće in najmanje povprečne mesečne množine padavina na Balkanskom poluotoku. Geografski vestnik, 1, Ljubljana, 1-7.
- Gavazzi, A. (1929): Horizontalni raspored najvećih i najmanih prosječnih mjesečnih množina padalina na Balkanskom poluotoku. Hrvatski geografski glasnik, 20, Ljubljana, 14-22.
- Groller, M. (1896): Die Inselgruppe Palagosa im Adriatischen Meere. Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik. Leipzig, 159-171.
- Hann, J. (1898): Meteorologische Beobachtungen auf Pelagosa. Meteorologische Zeitschrift
- Hann, J. (1911): Handbuch der Klimatologie. Stuttgart
- Hulme, M. (1995): Estimating Global Change in Precipitation, Weather, Vol. 50, No 2, February, 34-42.
- Jašić, D. (1997): Geografske i oceanografske značajke Palagruškog praga. Magistarski rad, Zagreb
- Makjanić, B. (1978): Bura, jugo, etezija. Prilozi poznavanja vremena i klime. SHMZ, Beograd
- Marki, E. (1924): Klimatske prilike Dalmacije. Splitska društvena tiskara, Split, 24.
- Milosavljević, M. (1980.): Klimatologija. Naučna knjiga, Beograd, 204-209, 238-239.
- Mitchell, J. M. Jr. et al. (1966): Climatic Change, WMO, Tech. Note 79, Geneva, pp 79.
- Pandžić, K., M. Sijerković (1996): Dosadašnja istraživanja klime Palagruže. Zbornik radova simpozija Palagruža - jadranski dragulj, Split, 299-306.
- Penzar, B.; I. Penzar (1982/83): Prikaz godišnjeg hoda oborine u Hrvatskoj pomoću Köppenove sheme. Geografski glasnik, 41, 28-48.
- Rubić, I. (1929): Palagruža, Hrvatski stražar, Split, 1-8.
- Škreb, S. i dr. (1942): Klima Hrvatske. Geofizički zavod, Zagreb
- Zaninović, K., M. Gajić-Čapka (1995): Extreme temperature change in this century in Croatia, Hrvatski meteorološki časopis, Vol. 30, 21-26.



## SUMMARY

## CHANGES OF THE AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION ON THE ISLAND OF PALAGRUŽA (1961.-1990)

by DRAŽEN JAŠIĆ, ŽIVKO TROŠIĆ and JOSIP KASUM

Air temperature and precipitation quantity are the basic climatic indicators of a certain region, and in the Adriatic, wind is a significant indicator as well.

Mean season air temperature on the island of Palagruža, in the standard climatic period 1961-1990 varies from 10.1°C to 23.1°C, mean maximum from 12.1°C to 26.5°, and mean minimum from 8.3° to 20.4°C. Annual range between mean maximum and mean minimum air temperature is 4.9°C, and mean annual air temperature is 16.2°C.

Anomalies of the mean annual maximum air temperatures show a decrease by the middle of the '70s till the beginning of the '90s, and of annual minimum ones from the beginning of the '70s till the middle of the '80s. From the middle of the '80s mean maximum air temperatures drop, and mean minimum ones rise. Range anomalies of mean daily air temperatures on the island of Palagruža show the form of sine function in period from the middle of the '70s till the end of the '80s, with a maximum in 1980, and minimum in 1987.

All trends of the temperature parameters in the standard period 1961-1990 are negative. Decreasing trend of the mean annual maximum air temperature is 1.23°C/100-year-period, of the mean minimum is 0.14°C/100-

year-period, and of their range 1.1°C/100-year-period. But the analysis of the Spearman's statistic shows that neither of the temperature parameter trends is statistically significant to the reliability level of 95%.

Although the relative humidity is very high all year round, annual precipitation quantity is very small on the island of Palagruža, only 309.7 mm, mostly as rain, falling in 64.9 days.

Palagruža is located in the open sea, with no obstacle to stop the clouds (54.8 cloudy days a year) and to cause condensation and precipitation in the area. Past measurements on the island of Palagruže show that it is a weather station with the smallest annual amount of precipitation in Croatia.

Annual precipitation quantities show an increase of precipitation from the beginning of the '70s to the middle of the '80s, but the trend is followed by a decrease again.

Linear trend of annual precipitation quantity for the standard period 1961-1990 shows a decrease of precipitation quantity for 205.51 mm/100-year period. This trend of decrease is impossible. The analysis results of the Spearman's statistic show that this trend of annual precipitation quantity is not statistically significant to the reliability level of 95%.

mr. sc. Dražen Jašić, Mosečka 56, 21000 Split, Hrvatska

mr. sc. Živko Trošić, Državni Hidrometeorološki zavod,  
Pomorski meteorološki centar, Glagoljaška 11, 21000  
Split, Hrvatska

mr. sc. Josip Kasum, Državni hidrografski institut  
Zrinjsko-Frankopanska 161, 21000 Split, Hrvatska