

Luka MITROVIĆ\*, Danijela ŠOŠKIĆ\*, Branko MICEV\*

## KLIMA I KLIMATSKE PROMJENE U BASENU SKADARSKOG JEZERA

**Sažetak:** U ovom radu predstavljene su osnovne klimatske karakteristike oblasti Skadarskog jezera. Poseban osvrt je dat na režim padavina, budući da se radi o hidrosistemu koji je veoma osjetljiv na velike količine padavina u njegovom slivnom području. Ovo je oblast sa dugotrajnim kišnim serijama. U slivnom području nalaze se planinski masivi sa kojih, u proljećnim mjesecima, a ponekad i tokom zime, za vrijeme toplih talasa, sa juga, dolazi do naglog topljenja snijega, što je istovremeno praćeno obilnim padavinama. U takvim meteorološkim situacijama, stanje na terenu postaje alarmantno, nivo jezera dostiže ekstremno visoke vrijednosti sa poplavnim karakterom na velikim prostranstvima.

S obzirom na to da su u ovom regionu identifikovane značajne klimatske anomalije u pogledu promjene režima padavina i otopljenja u ljetnjem periodu, izvršeno je testiranje homogenosti padavina. Na osnovu izvršenog testiranja utvrđeno je da postoje značajne promjene kod parametara koji opisuju zakon distribucije padavina, ali ipak na osnovu testa homogenosti, može se reći da *nije* došlo do narušavanje režima padavina do te mjere da se može reći da je došlo do zamjene jednog režima padavina novim režimom. To znači da su klimatske anomalije jako prisutne, ali da se sve to dešava u okviru postojećeg klimata.

U ovom radu smo uspjeli da identifikujemo klimatske karakteristike i promjene u režimu padavina, jer kod velikih padavina dolazi do poplava. Budući da postoji visok stepen korelacije između padavina i plavljenja od strane jezera, možemo reći da identifikacijom promjene kod režima padavina na indirektan način smo odredili i promjene u režimu plavljenja.

**Ključne riječi:** *Skadarsko jezero, klimatske karakteristike, klimatske promjene, režim padavina, poplave i slivno područje*

**Abstract:** In this work are presented the basic climatic characteristics of area of Scadar lake. Special reference is given to the precipitation regime, as this is a hydro-system which is very sensitive on large precipitation quantity in its catchments area. This is the area with long-lasting precipitation series. In catchment area are present mountain ranges, from which in spring months, and sometimes during the winter, due to warm waves from south, comes to rapid snow melting, what is in the same time followed by heavy precipitations.

---

\* Luka Mitrović, Danijela Šoškić, Branko Micev, Hidrometeorološki zavod Crne Gore, Podgorica

In that meteorological situations, state on the terrain becomes alarming, lake level reaches extremely high values with flooding characteristics on large areas.

In regards that in this area have been identified significant climate anomalies considering change of precipitation regime and snow melting in summer period, it has been done testing of precipitation homogeneity. Based on this testing it has been determined significant changes of parameters which describe law on precipitation distribution, but nevertheless based on homogeneity test it can be concluded that there *was no* disruption of precipitation regime to the extent that can be said that there was a substitution of a precipitation regime with the new regime. Therefore, climate anomalies are strongly present, but all is happening in frame of the existing climate.

In this paper we manage to identify climate characteristics and changes in precipitation regime, because heavy precipitations lead to floods. Since that exist a huge level of correlation between precipitation and flooding from the lake, we can say that by identification of changes of precipitation regime, we have indirectly determined changes in flooding regime.

**Key words:** *Scadar lake, climate characteristics, climate changes, precipitation regime, flood and catchment area*

## UVOD

Za basen Skadarskog jezera može se reći da ima originalnu klimu njemu svojstvena. Klima ove oblasti prvenstveno je determinisana njegovim položajem, vrlo heterogenim okruženjem i velika frekvencija značajnih meteoroloških sistema. Položaj i okruženost čine da osnovni taj mediteranski tip klime bude u značajnoj mjeri modifikovan određenim suptipovima klime koji u pojedinim djelovima godine preuzimaju primat u determinisanju klimatske slike ove oblasti. Od meteoroloških sistema koji su redovna pojava i koji prevashodno određuju klimatsku sliku su cikloni, u prvom redu denovski ciklon koga prate obilne padavine, od anticiklona je dominantan greben azorskog anticiklona a prate ga veliki deficit padavina i dugotrajne suše, zatim kontinentalni srednjoevropski anticiklon, koji uslovljava velike suše i ekstremne temperature u ljetnjem periodu i sibirski anticiklon koji je karakteristika za zimski period i povezan je sa realizacijom ekstremno niskih temperatura, naročito tokom noći.

Posljednjih godina na ovom području identifikovane su značajne klimatske anomalije koje se ogledaju u neprekidnom trendu porasta temperature vazduha, promjene u režimu padavina i sl. Ovdje će biti prikazani neki dosadašnji istraživački rezultati koje se tiču identifikacije klimatskih anomalija u ovom basenu. S obzirom na intenzitet ovih anomalija i njihovo trajanje, može se reći da su one poprimile alarmantni karakter u ovom basenu.

### A) *Klimatske karakteristike*

Temperaturni režim, režim padavina, snijeg, vlažnost, insolacija i vjetar su glavni parametri koji određuju klimu neke oblasti. S obzirom na ovu činjenicu, ovdje će biti prikazani ovi parametri.

### Temperatura vazduha

Srednja godišnja temperatura vazduha iznosi oko 15 °C.

Srednja temperatura vazduha za decembar kreće se od 6 do 8 °C.

Srednja maksimalna temperatura za jul oko 32–33 °C.

Srednja temperatura vazduha za period april-septembar za sjeverni dio kreće se oko 22–23 °C dok za zapadni i južni dio srednja temperatura se kreće oko 21–22 °C.

Srednja godišnja amplituda temperature vazduha iznosi oko 21 °C.

Srednji datum kraja perioda sa srednjom dnevnom temperaturom >15 °C je oko 21. oktobar.

Srednji godišnji broj ljetnjih dana ( $T_{max} \geq 25$  °C) iznosi oko 120–130 dana godišnje.

Sume aktivnih temperatura (temperature >10 °C) iznose oko 4500 °C.

### Padavine

Ovaj basen maksimum padavina ima u hladnom dijelu godine i minimumom tokom ljeti. Samo u hladnom dijelu godine (septembar-mart) padne 73% (Sl. 1) od ukupne godišnje količine, dok u preostalim 6 mjeseci padne svega 27%. Znači da hladni dio godine u ukupnoj godišnjoj količini participira sa oko 2 puta više. Po režimu padavina možemo konstatovati da se radi o klasičnom maritimnom tipu padavina, sa jednim naglašenim maksimumom i jednim naglašenim minimumom u ljetnjem periodu. Srednja godišnja količina padavina kreće se oko 2000 mm do 2500 mm. Sjeverna obala jezera od granice do ušća Morače ima do 2000 mm. Zapadni i južni dio imaju oko 2000–2500 mm godišnje.

Srednja količina padavina za period april-septembar iznosi od 400 do 500 mm. Sjeverni dio od granice do Rijeke Crnojevića ima od 400 do 500 mm, dok zapadni i južni djelovi imaju oko 500 mm.



Sl. 1. Profil sezonskih količina padavina kao učešće u ukupnoj godišnjoj količini u %.

Srednji godišnji broj dana sa padavinama >10 mm na području Skadarskog jezera kreće se oko 50 do 70 dana. Sjeverni dio ima oko 50 do 55 dana, dok zapadni i južni dio imaju oko 60 do 70 dana godišnje. U Tabeli 1 dat je pregled prosječnih godišnjih količina padavina za lokacije na kojima se mjeri 24 h količina padavina.

Srednji godišnji broj dana sa dnevnom količinom padavina >20 mm kreće se od 35 dana do 45 dana godišnje. Sjeverni dio od granice do ušća rijeke Morače ima oko 30 dana, od ušća Morače do Rijeke Crnojevića taj broj iznosi oko 40 dana i od Rijeke Crnojevića do Virpazara broj dana iznosi oko 40–45 godišnje.

Tabela 1.

stanica	prosječna godišnja količina padavina u mm
Ckla	2295.8
Đuravci	1998.2
Karuč	1963.0
Ostros	2351.2
Virpazar	2403.0

Srednja količina padavina za januar kreće se oko 200 mm do 300 mm. Srednja količina padavina u najsušnijem periodu iznosi oko 40–60 mm.

U Tabeli 2 dat je pregled prosječnih mjesečnih količina padavina za lokacije na kojima se mjere 24 h količine.

Tabela 2. Mjesečne količine padavina za određene lokalitete na kojima se mjere 24 h količine padavina

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ckla	260.7	242.5	215.4	192.9	116.1	64.6	27.1	62.5	214.3	278.3	320.6	300.8
Đuravci	212.3	228.2	193.4	168.1	107.0	59.9	30.9	61.1	136.5	222.1	278.0	300.6
Karuč	167.4	187.1	154.3	164.0	141.2	64.9	38.0	66.1	165.9	212.0	338.2	263.8
Ostros	237.9	230.1	232.4	238.9	127.7	79.8	49.0	64.3	188.3	262.0	311.7	329.3
Virpazar	293.3	282.4	234.4	208.9	111.5	72.3	38.8	71.8	168.0	230.5	333.1	358.0

### Relativna vlažnost

Srednja relativna vlažnost za jul mjerena u 14 h iznosi od 45 do 55%. Srednja relativna vlažnost vazduha za januar se kreće u intervalu od 70 do 75%, srednja godišnja relativna vlažnost vazduha se nalazi u intervalu od 60 do 70%.

### Snijeg

Srednja maksimalna visina sniježnog pokrivača kreće se od 0 do 20 cm za sjevernu oblast, dok za zapadni i južni dio maksimalna visina sniježnog pokrivača iznosi od 20 do 40 cm.

## Insolacija

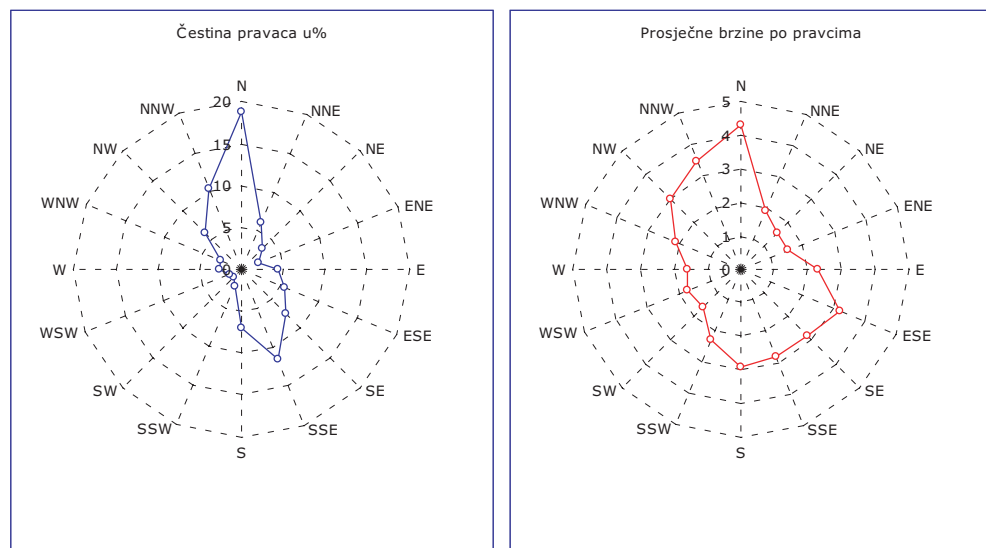
Srednje trajanje sisanja sunca svedeno na idealni horizont za oblast Skadarskog jezera za decembar, januar, jul i avgust. U Tabeli 3 dat je pregled osunčavanja, tj. broj časova sisanja sunca za različite periode godine. Uglavnom za hladne zimske i tople ljetnje mjesece i prosječna godišnja količina sisanja sunca u časovima.

Tabela 3.

	januar	decembar	jul	avgust	za godinu
časovi sisanja sunca	110–120	90–100	350–360	340–350	2500–2600

## Vjetar

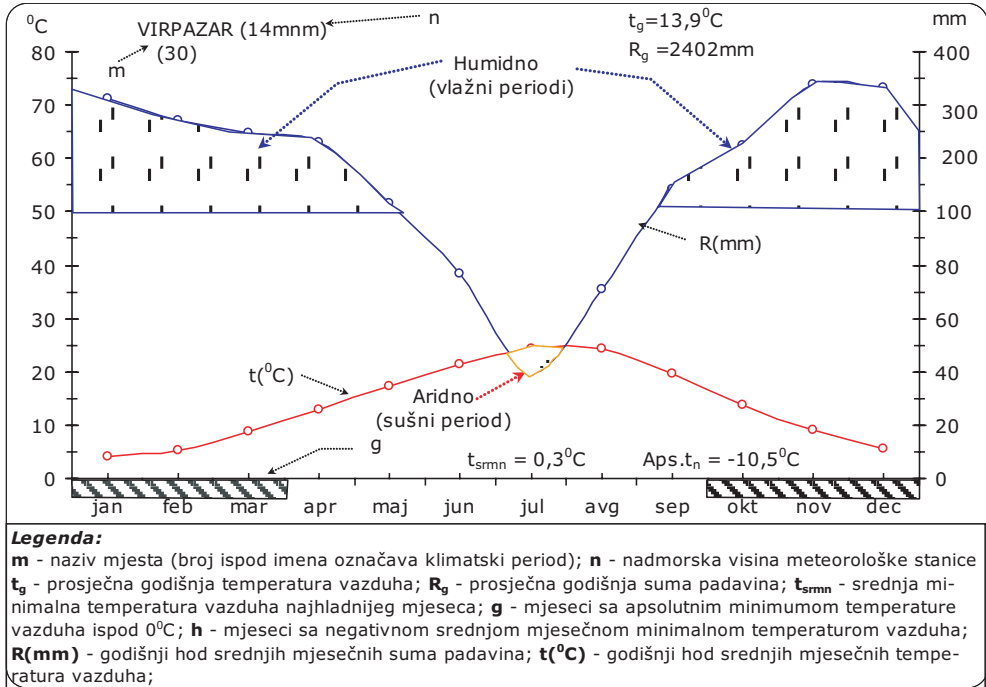
Dominantni vjetrovi su sjeverni i južni, a istočni i zapadni vjetrovi su veoma malo zastupljeni. Najveću prosječnu brzinu imaju sjeverni vjetrovi, zatim vjetrovi južnih i jugoistočnih smjerova. U određenim situacijama južni vjetrovi duvaju velikom brzinom, a kratkotrajni udari vjetra dostižu olujnu jačinu. Na Sl. 2 prikazane su klimatološke ruže vjetрова, koje se odnose na klimatološku meteorološku stanicu Virpazar, za čestinu pravaca (lijevo) i prosječnih brzina po pravcima (desno).



Sl. 2. Ruže vjetрова

## Klimadijagram po Walter-u

Klimadijagram po Walter-u, kao „lična karta” klimata ovog basena, pokazuje prisutnost najrazličitijih uticaja. U hladnom dijelu godine imamo dugotrajni vlažan klimat dok u ljetnjem priodu na kratko čak i aridni period. Prilično dugo trajanje perioda sa apsolutno minimalnim temperaturma ispod nule, od oktobra do



Sl. 3. Klimadijagram po Walter-u

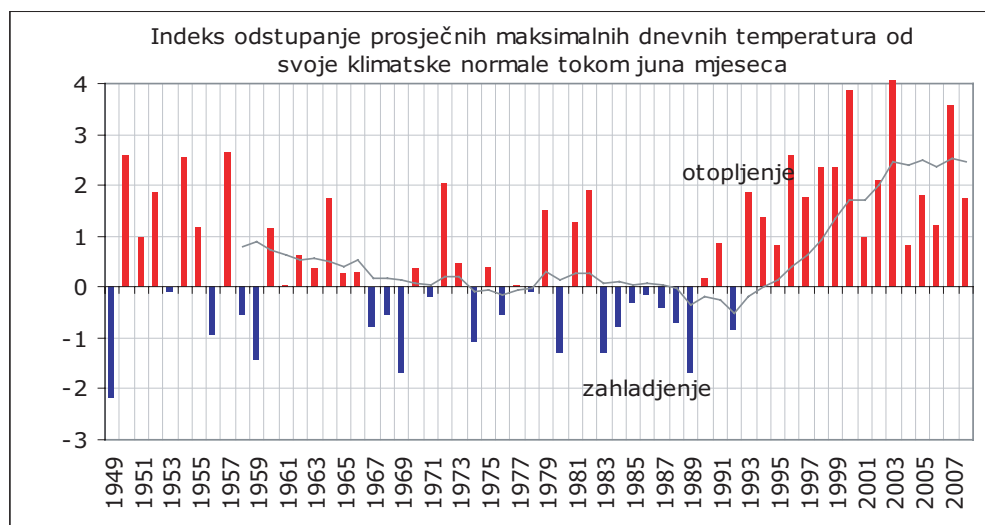
marta. Tokom godine ne postoji mjesec sa srednjom mjesečnom temperaturom ispod nule. Na Sl. 3 prikazan je klimadijagram po Walter-u, koji se odnosi na klimatološku meteorološku stanicu Virpazar. Virpazar je jedina lokacija na Skadarskom jezeru na kojoj se vrše meteorološka mjerenja osnovnih meteoroloških parametara iz kojih se može praviti klimadijagram.

### B) Klimatske promjene

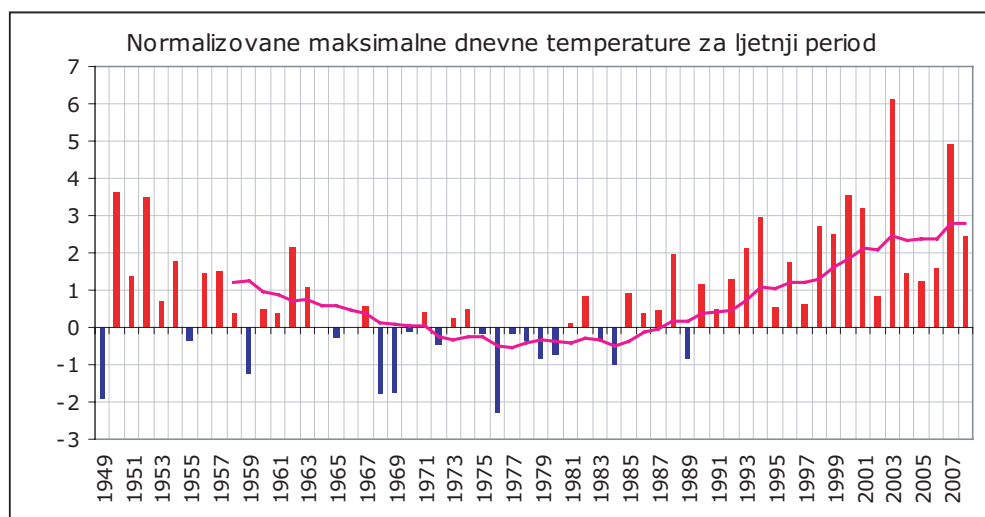
Promjene-porast temperature vazduha, naročito u ljetnjem periodu, ima zabrinjavajući karakter. Na Sl. 4 prikazan je trend otopljenja tokom juna u posljednjih 17 godina. Na Sl. 5 prikazan je trend otopljenja koji nastaje tokom ljetnjeg perioda-tromjesečje jun-jul-avgust. Kroz indeks odstupanja maksimalnih dnevnih temperatura od svoje klimatske normale, metodom normalizovanih temperatura koristeći pri tom zakon normalne distribucije gdje su određeni parametri distribucije na osnovu kojih je vršena normalizacija temperatura.

Ovakav trend trajanja otopljenja može se veoma opasno odraziti na stanje base-na Skadarskog jezera. Ove temperature u velikoj mjeri pospješuju proces isparavanja i to u periodu najvećeg deficita padavina i minimalnog nivoa jezera.

Klimatske anomalije u ovom basenu počinju još od osamdesetih godina. U cilju identifikacije samog početka nastupa anomalija u režimu padavina, u istraživačke svrhe, uzet je period 1951–1990. kao osnovni period (OP) i period 1991–1999. kao



Sl. 4. Indeks otopljenja za juni

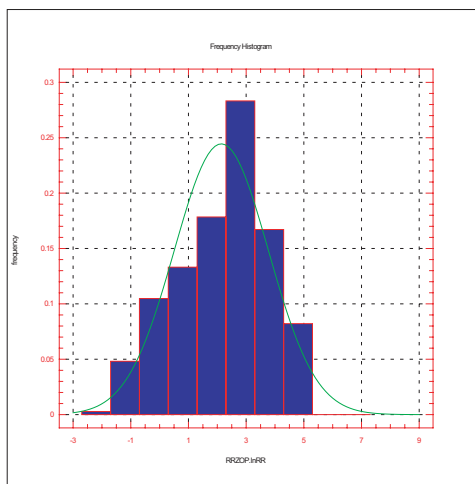


Sl. 5. Indeks otopljenja za ljetnji period

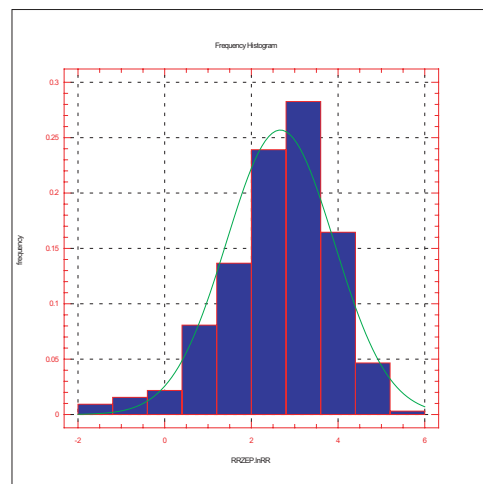
eksperimentalni period (EP). Količina padavina sep.-dec. u OP je imala učešće od 44% od godišnje količine, dok u EP sep.-dec. ima učešće od nevjerovatnih 53%! Da bi se egzaktno detektovala-utvrdila ova promjena koja je nastupila u EP oba perioda su podvrgnuta strogim matematičko-statističkim ispitivanjima koja će biti prezentirana u nastavku. Grafički prikazi pokazuju značajne promjene u režimu padavina.

S obzirom na to da su oba perioda (OP i EP) prema histogramima su pokazivali tendenciju za lognormalnom raspodjelom, izvršena je matematička transformaci-

ja dnevnih količina. Transformacija je urađena tako što su dnevne količine (RR) logaritmovane ( $\ln$ ) i dobijen je novi transformisani parametar X. Parametar je u sljedećoj matematičkoj vezi sa dnevnim količinama (RR):  $X = \ln(RR)$ . Novi parametar X nama sada implicitno govori šta se dešava sa padavinama. Na Sl. 6 i Sl. 7 prikazani su histogrami normalne distribucije padavina za bazni i eksperimentalni period. Novi parametar X pokorava se Gausovom zakonu raspodjele. Poznavajući zakon raspodjele egzaktno možemo utvrditi sa kojom će se vjerovatnoćom realizovati određene količine padavina. Npr. sa vjerovatnoćom od 50% realizovaće se dnevna količina padavina  $RR = e^{2.14}$  mm (8.50 mm) u osnovnom periodu i  $RR = e^{2.67}$  mm (14.44 mm) u eksperimentalnom periodu.



Sl. 6. Histogram frekvencije padavina – osnovni period  
parametri:  $m=2.14$  i  $\sigma=1.63$



Sl. 7. Histogram frekvencije padavina – eksperimentalni period  
parametri:  $m=2.67$  i  $\sigma=1.24$

### Percentili dnevnih količina padavina

Percentil predstavlja granica do koje se nalazi određen procenat količina padavina. U Tabeli 4 dati su percentili dnevnih količina padavina, kako bi se utvrdila granica preko koje se nalaze velike količine padavina.

Pokazatelj visokih koncentracija dnevnih količina padavina je 95% percentil. Šta to znači? Percentil od 95% je gornja granica količine padavina u mm do koje se nalazi tačno 95% od svih količina padavina polazeći od najmanjih prema većim količinama. Npr. za OP 95% percentil je 93 mm, za EP 95% percentil iznosi 79 mm. Uočava se značajno pomjeranje visokih koncentracija dnevnih padavina. To nikako ne povlači sa sobom da su i ekstremne padavine u EP manje, naprotiv, one mogu biti i veće, ali je zato njihova učestalost eksplicitno smanjena. 50% percentil za OP iznosi 11.6 mm, dok od 1991 godine 50% od svih dnevnih količina daje količinu kiše do 16 mm. Ovo ukazuje na pomjeranje težišta ka većim količinama u eksperimentalnom periodu.



Tabela 4. Percentili dnevnih količina padavina uporedno za oba posmatrana perioda

percentil	granica u mm za OP	granica u mm za EP
95%	93.0	79.0
50%	11.6	16.0

### Testiranje homogenosti skupova za dnevne količine padavina

Parametri eksperimentalnog skupa pokazuju značajna odstupanja u odnosu na parametre osnovnog skupa. U eksperimentalnom skupu došlo je do pomjeranja srednje dnevne količine na više. U EP prosječno dnevno padne oko 26.21 mm, dok u OP prosječno dnevno padne 22.92 mm. Zatim dnevne količine padavina u EP sa standardnim odstupanjem od 28.56 mm pokazuju manje rasturanje oko srednje vrijednosti, tj. dnevne padavine su ujednačenije, dok u OP rasturanje dnevnih količina padavina oko svoje srednje vrijednosti iznosi 31.86 mm što ukazuje na veće razlike između dnevnih količina padavina. U Tabeli 5 dati su rezultati istraživanja homogenosti nizova u cilju detekcije lokalne promjene klime, odnosno da li je nastalo narušavanje homogenosti nizova i da li je jedan klimat zamijenjen nekim novim.

Tabela 5. Rezultati testa homogenosti dnevnih količina padavina između OP i EP

	OP (do 90)	EP (91–99)	svе zajedno
Srednja vrijednost	22.92	26.21	24.49
Varijansa	1014.92	815.84	919.88
standardno odstup.	31.86	28.56	30.33
medijana	11.60	16.00	13.40

Matematički dvostrani model sa nultom hipotezom ( $H_0: \text{Diff}=0$ ) da se srednje vrijednosti ova dva skupa ne razlikuju, sa rizikom  $\alpha=0.05$  daje po t-testu statistiku od  $t=-1.41$ , tj. model za rezultat daje da se HIPOTEZA prihvata! To znači da nije došlo do narušavanja u režimu padavina do te mjere da se za padavine tokom perioda početka klimatskih anomalija (EP) proglasi pripadnost nekoj drugoj populaciji.

Prosječna godišnja količina padavina smanjena je za oko 5.2% u odnosu na klimatsku normalu definisanu za period 1961–1990 godine.

## ZAKLJUČAK

Iz svega ovoga može se nedvosmisleno i na objektivnan način zaključiti da je basen Skadarskog jezera izložen zaista velikim klimatskim anomalijama koje su prvenstveno izražene u režimu temperature i količine padavina. Iako su evidentne klimatske anomalije ne može se reći da je došlo do promjene klime ovog basena. S obzirom na to da su ovo glavni parametri koji determinišu prirodni ambijent ovog basena, za očekivati je da će doći do određenih posljedica po prirodni ambijent, a takođe mogući su uticaji na biodiverzitet.

**LITERATURA**

- [1] Burić, D., Mitrović, L., Ivanovic, R. 2007: *Klima Podgorice*, Hidrometeorološki zavod, Podgorica.
- [2] Dorđević, N., 1980: *Primenjena meteorologija*, Naučna knjiga, Beograd
- [3] Hendersson, A., Robinson, P., 1991: *Contemporary climatology*, Longman Scientific&Technical, New York.
- [4] Plazinić, S., 1985: *Tehnička meteorologija*, naučna knjiga, Beograd.
- [5] Houghton, D., 1985: *Handbook of applied meorology*, Wiley Interscience, New York.
- [6] Mitrović, L., Krivokapić, N. 2005: *Klimatski ekstremi u posljednjem vijeku u Crnoj Gori*, Naučni simpozijum-Srbija i savremene promjene u Evropi i svetu, Beograd.
- [7] Dokumentacija Hidrometeorološkog zavoda Crne Gore, Podgorica.