

ЦРНОГОРСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЈЕТНОСТИ
ГЛАСНИК ОДЈЕЉЕЊА ПРИРОДНИХ НАУКА, 20, 2014.

ЧЕРНОГОРСКАЈА АКАДЕМИЈА НАУК И ИСКУССТВ
ГЛАСНИК ОДДЕЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК, 20, 2014

THE MONTENEGRIN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS
GLASNIK OF THE SECTION OF NATURAL SCIENCES, 20, 2014.

UDK 551.524(497.16)“19/20”

*Dragan Burić**, *Vladan Ducić***,
*Jelena Luković***, *Miroslav Doderović****

TREND TEMPERATURNIH EKSTREMA NA CRNOGORSKOM PRIMORJU

Sažetak

Na većem dijelu teritorije Crne Gore godišnje vrijednosti temperature vazduha pokazuju statistički značajan trend porasta u drugoj polovini XX i početkom XXI vijeka. Na području Crnogorskog primorja, u periodu od 1951. do 2010. godine, prosječna vrijednost trenda srednje godišnje temperature iznosi 0,14°C po dekadi. Cilj ovoga rada je da se, na osnovu analize toplih i hladnih indeksa, utvrdi šta u pomenutom periodu uslovljava, u matematičkom smislu, porast srednje godišnje temperature na Crnogorskom primorju. Dobijeni rezultati ukazuju da je uočena tendencija otopljavanja u ovoj regiji posljedica, prije svega, češćeg javljanja maksimalnih i minimalnih dnevnih temperatura koje imaju „toplije” vrijednosti.

Ključne riječi: temperatura vazduha, indeksi, trend, Crnogorsko primorje

* Hidrometeorološki zavod Crne Gore, Podgorica; Univerzitet Crne Gore, Filozofski fakultet, Nikšić

** Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Beograd, Srbija

*** Univerzitet Crne Gore, Filozofski fakultet, Nikšić

TREND OF TEMPERATURE EXTREMES IN COASTAL REGION OF MONTENEGRO

Abstract

Temperature in most of the area of Montenegro shows statistically significant positive trend in the second half of the XX and beginning of XXI century. In the coastal part of the country, in the period from 1951 until 2010 the average temperature trend was 0.14°C per decade. The aim of this study is analysis of temperature extreme indices. Results indicate that the observed positive trend in this region may be result of frequent maximum and minimum daily temperatures that are „warmer”.

Key words: temperature, indices, trend, Montenegrin coast

1. UVOD

Crnogorsko primorje je najmanja geografska regija Crne Gore, klimatski i reljefno, ali i po drugim karakteristikama, dobro izdvojen dio. Ovo je tipična regija Mediterana uz obalu Južnog Jadrana. Klima je sredozemna – ljeta su veoma topla, sunčana i suva, a zime blage i kišovite. To je uzani primorski pojas površine oko 1500 km^2 , dug oko 90 km, a širok svega nekoliko kilometara, u čijem se neposrednom zaleđu uzdužno izdižu planinski vijenci Orjena (1895 m), Lovćena (1749 m), Sutormana (1180 m) i Rumije (1595 m).

Ova regija registruje trend porasta srednje godišnje temperature vazduha u periodu od 1951. do 2010. godine. U izvještajima Svjetske meteorološke organizacije (WMO), Međuvladinog panela za klimatske promene (IPCC) i pojedinim stručnim radovima ističe se da bi u uslovi- ma otopljanja trebalo očekivati povećanje intenziteta i učestalosti temperaturnih, padavinskih i drugih ekstremnih vremenskih događaja. Iz tog razloga je Ekspertski tim za detekciju i praćenje klimatskih promjena Svjetske meteorološke organizacije (Komisija za klimatologiju – WMO-CCL) i Svjetskog klimatskog istraživačkog programa (CLIVAR), predložio niz indeksa meteoroloških parametara (Peterson et al., 2001; World Meteorological Organization, 2004; Groisman et al., 2005; Gajić-Čapka, 2009). Predloženi indeksi klimatskih promjena odnose se na dane u kojima temperatura ili količina padavina prelaze određene pragove definisane po normama WMO-CCL i CLIVAR. U ovom radu se, dakle, pošlo od

pretpostavke da je na području Crnogorskog primorja, u periodu 1951–2010. godine, do statistički značajnog otopljanja došlo usljed promjena u učestalosti karakterističnih dana sa temperaturom vazduha iznad, odnosno ispod definisanih pragova.

2. BAZA PODATAKA I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Za analizu promjena temperaturnih ekstrema korišćeni su podaci sa četiri meteorološke stanice, tri glavne (Ulcinj, Bar i Herceg Novi) i jedne klimatološke (Budva), uslovno homogeno raspoređene. Indeksi ekstremnih vrijednosti temperature vazduha računati su na osnovu dnevnih podataka za period 1951–2010. godine. Temperaturni ekstremi analizirani su na osnovu šest indeksa – tri topla i tri hladna temperaturna indeksa. Četiri indeksa su definisana pomoću percentila (10-og i 90-og percentila maksimalnih (T_x) odnosno minimalnih (T_n) vrijednosti dnevne temperature vazduha standardnog klimatskog perioda 1961–1990), a dva se odnose na broj mraznih i ljetnjih dana (indeksi definisani pomoću fiksnih pragova – dnevna $T_n < 0^\circ\text{C}$ i $T_x > 25^\circ\text{C}$). Skraćenice i definicije korišćenih indeksa date su u Tabeli 1.

Tabela 1. Indeksi temperaturnih ekstrema – skraćenice i definicije date po standardizaciji WMO-CCL/CLIVAR
Radne grupe za utvrđivanje klimatskih promjena*

Indeks	Jedinica	Definicija
Hladni temperaturni indeksi		
FD	br. dana	Broj mraznih dana u jedinici vremena (dnevna $T_n < 0^\circ\text{C}$)
$T_x 10\%$	br. dana	Broj hladnih dana (dnevna $T_x < 10$ -og percentila referentnog perioda)
$T_n 10\%$	br. dana	Broj hladnih noći (dnevna $T_n < 10$ -og percentila referentnog perioda)
Topli temperaturni indeksi		
SU	br. dana	Broj ljetnjih dana u jedinici vremena (dnevna $T_x > 25^\circ\text{C}$)
$T_x 90\%$	br. dana	Broj toplih dana (dnevna $T_x > 90$ -og percentila referentnog perioda)
$T_n 90\%$	br. dana	Broj toplih noći (dnevna $T_n > 90$ -og percentila referentnog perioda)

<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/>

Temperaturni i drugi indeksi, koji se od nedavno koriste u istraživanju klimatskih promjena, odnosno u istraživanju promjena ekstrema nastalih usljed klimatskih promjena, predstavljaju u stvari karakteristične dane.

Proračunavanje tendencije apsolutnih ekstrema temperature ne praktikuje se pri analizi klimatskih varijacija, posebno ne na godišnjem nivou, jer se radi o rijetkim događajima (D. Burić, 2011). Značaj klimatskih indeksa koji su određeni pomoću percentilnih pragova je u tome što oni omogućuju prostornu komparaciju, jer su definisani prema istoj empirijskoj raspodjeli i što uzimaju u obzir nešto umjerenije ekstreme: 10-ti i 90-ti percentil (Klein Tank & Konnen, 2003; World Meteorological Organization, 2004; Lucie et al., 2005; Gajić-Čapka, 2009).

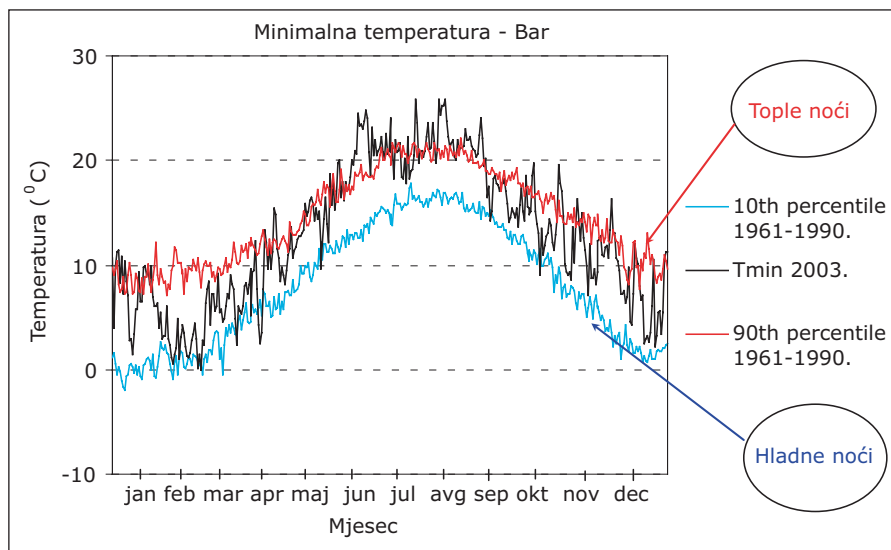
U radu su korišćeni uobičajeni matematičko-statistički metodi: trend komponenta, metod percentila, klizni srednjaci, itd. Trend je proračunat metodom najmanjih kvadrata, a statistička značajnost određena na osnovu ukupnog broja elemenata niza umanjenog za 2 ($n-2$ stepeni slobode) i koeficijenta determinacije (R^2), odnosno pomoću Studentovog testa. Ovo su standardni metodi koje koristi WMO, IPCC i najrazvijenije nacionalne meteorološke službe.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Na svim analiziranim primorskim stanicama je, u periodu 1951–2010. godine, uočena tendencija rasta toplih, odnosno pada hladnih temperaturnih indeksa. Najizrazitiji pozitivan trend dobijen je za tople noći ($T_n90\%$), čiji se broj povećavao po stopi od 2,9 u Ulcinju do 7,6 dana po deceniji u Budvi. Nešto manji rast po liniji trenda pokazuju topli dani ($T_x90\%$), od 2,2 u Herceg Novom do 6,8 dana po dekadi u Baru. U posmatranom periodu se i broj ljetnjih dana (SU) povećavao, od 1,7 u Herceg Novom do 4,6 dana po dekadi u Baru. Važno je istaći da su uočene promjene (rast) po liniji trenda statistički značajne za sve kategorije broja toplih dana.

Po broju toplih dana i noći posebno se ističe 2003. godina. Primjera radi, u Baru je te godine bilo 88 toplih noći iliti 88 dana sa minimalnom temperaturom višom od $18,6^{\circ}\text{C}$, a 75 tropskih noći ($T_n > 20^{\circ}\text{C}$) ili 20,5% od ukupnog broja dana u godini (Slika 1). Burić D. i dr. (2007) ističu da će u Podgorici ljeto 2003. biti zapamćeno po rekordnom kontinuiranom broju tropskih dana, jer je u kontinuitetu trajao period od 100 dana sa dnevnim maksimumima temperature vazduha $\geq 30^{\circ}\text{C}$.

Nema sumnje da je ljeto 2003. po temperaturnim karakteristikama bilo ekstremno. Ipak, Chase et al. (2006) konstatuju da je te godine svega 2% planete zabilježilo temperaturne anomalije veće od 2 standardne devijacije, tako da nikako nije bilo globalna pojava. S druge strane, pri-

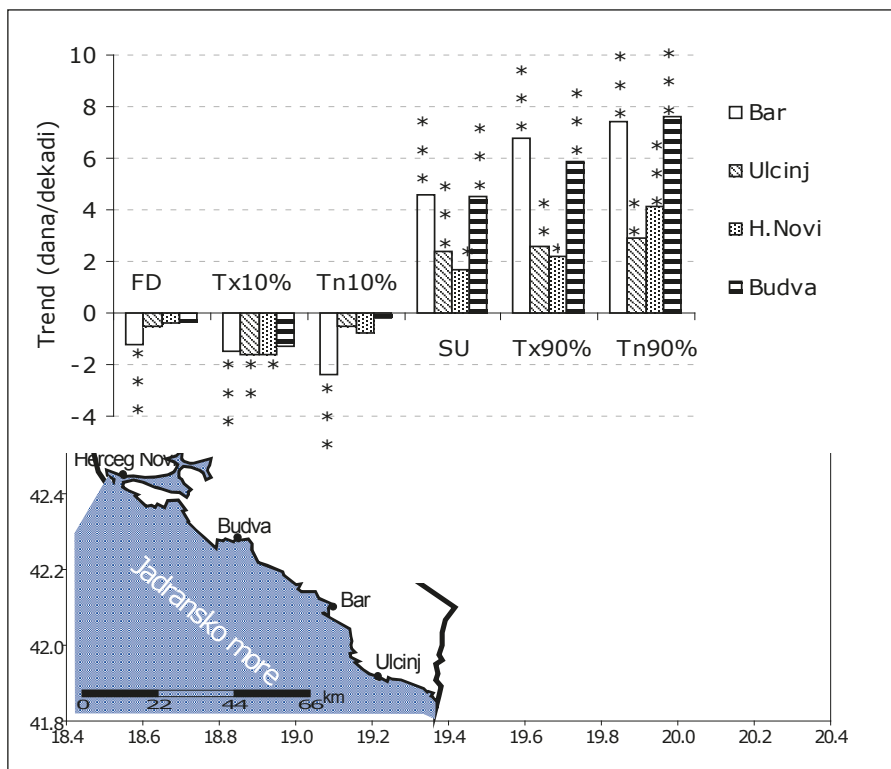


Slika 1. Hladne i tople noći tokom ekstremne 2003. godine

likom pojave El Ninja 1998. skoro 30% planete je zabilježilo anomalije veće od 2 standardne devijacije. Čak i da je toplo ljeto 2003. posljedica „globalnog” otopljanja, očigledno je da prirodni faktori imaju znatno veću magnitudu.

Na području Crnogorskog primorja, statistički značajan negativan trend pokazuju sva tri hladna indeksa u Baru, dok je na ostalim stanicama smanjenje ovih karakterističnih dana uglavnom nesignifikantno. Najmanje i statistički beznačajne promjene hladnih indeksa po liniji trenda, u posmatranom 60-godišnjem periodu, dobijene su za Budvu: $Tn10\% = -0,2$ dana/dekadi, $FD = -0,3$ dana/dekadi i $Tx10\% = -1,3$ dana/dekadi (Slika 2). U Ulcinju i Herceg Novom je značajan samo pad hladnih dana ($Tx10\% = -1,6$ dana/dekadi).

Najjednostavnije rečeno, na području Crnogorskog primorja se sve češće javljaju maksimalne i minimalne dnevne temperature koje imaju „toplije” vrijednosti. Drugim riječima, analiza je potvrdila radnu pretpostavku da je otopljenje uočeno u srednjim temperaturama na godišnjem nivou, posljedica povećanja učestalosti dnevnih temperaturnih ekstrema u pozitivnom smislu. Promjene u trendu toplih temperaturnih indeksa nekoliko su puta veće od promjena hladnih indeksa, što je u skladu sa činjenicom većeg povećanja toplih od smanjenja hladnih dana.



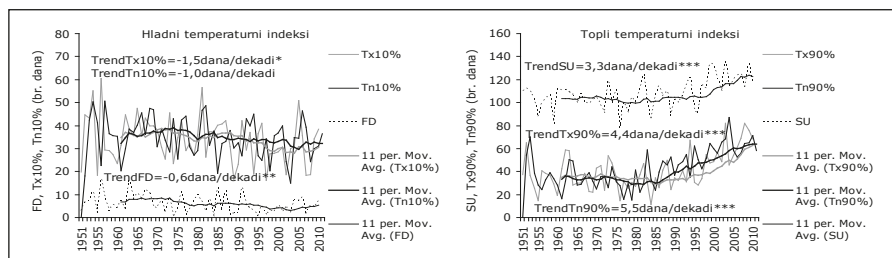
Slika 2. Trend toplih i hladnih temperaturnih indeksa na stanicama Crnogorskog primorja u periodu 1951–2010. godine (signifikantno: *** $\alpha = 0.01$, ** $\alpha = 0.05$, * $\alpha = 0.10$)

Velika je vjerovatnoća da se uočeno otoplavanje na Crnogorskom primorju, u posmatranom 60-godišnjem periodu, ne može pripisati isključivo eventualnom antropogenom efektu staklene bašte ili nekom drugom globalnom i/ili regionalnom faktoru. Naime, u posljednje dvije decenije u ovoj regiji došlo je do intenzivne urbanizacije i povećanja čestine požara na primorskim planinama tokom ljetnjih mjeseci, i ove uticaje treba uzeti u obzir, ali to zahtijeva dalja istraživanja. Da vjerovatno postoji uticaj urbanog ostrva toplote, pokazuju rezultati dobijeni za Ulcinj i djelimično Herceg Novi. Meteorološke stanice u ovim mjestima nijesu u gradskom jezgru – ulcinjska stanica se nalazi u polju, daleko od grada, te su promjene razmatranih pokazatelja najmanje, generalno. Jedan od razloga manjih promjena temperaturnih indeksa u Ulcinju u odnosu na ostala primorska mjesta, može biti upravo taj što se stanica nalazi izvan urbanog prostora,

odnosno na njoj nije došlo da značajnijeg lokalnog antropogenog uticaja na temperaturu vazduha.

Promjene razmatranih temperaturnih pokazatelja su sinhrona (koeficijent korelacije 0,98) i prilično ujednačene na sve četiri stanice. To je bilo za očekivati s obzirom na to da mjesta pripadaju istom klimatskom području (relativno mali prostor na kojem vladaju uglavnom isti sinoptički uslovi) i da je visinska razlika između stanica zanemarljiva. Ove činjenice daju za pravo proračunavanje temperaturnih indeksa za Primorje kao cjelinu.

Posmatrajući regiju na ovaj način, kao jedinstveni grid segment, topli temperaturni indeksi imaju pozitivne, a hladni negativne vrijednosti, što je u skladu sa rezultatima dobijenim na staničnom, pojedinačnom, nivou. U srednjoj vrijednosti, u posmatranom 60-godišnjem periodu došlo je do statistički veoma značajnog porasta toplih temperaturnih indeksa ($Tn90\% = 5,5$ dana/dekadi; $Tx90\% = 4,4$ dana/dekadi; $SU = 3,3$ dana/dekadi), jer se radi o pouzdanošću ispravnosti hipoteze od 99% (Slika 3 desno). Hladni indeksi pokazuju tendenciju pada ($Tx10\% = -1,5$ dana/dekadi; $Tn10\% = -1,0$ dana/dekadi; $FD = -0,6$ dana/dekadi), statistički značajan za broj hladnih dana i noći, dok su promjene mraznih dana (FD) beznačajne, Slika 3 lijevo.



Slika 3. Trend toplih i hladnih temperaturnih indeksa na Crnogorskom primorju i odgovarajući 11-godišnji klizni srednjaci u periodu 1951–2010. godina (signifikantno: *** $\alpha = 0.01$, * $\alpha = 0.10$)

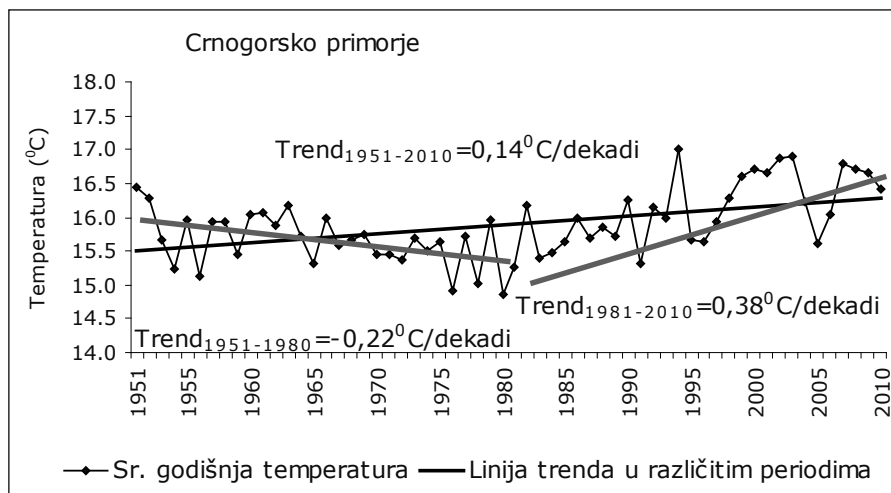
U izveštaju Međuvladinog panela za klimatske promjene, pod nazivom „Summary for Policymakers” (namijenjen onima koji kreiraju politiku), kaže se, između ostalog, da su u XX vijeku „osmatranja pokazala veliki stepen varijabilnosti... veći dio otopljanja odvijao se u toku dva perioda: 1910–1945. i 1976–2000. godine... a da se u periodu

1946–1975. ne zapaža bitnija promjena temperature” (IPCC, 2001). Dakle, Međuvladin panel za klimatske promjene, ali i Svjetska meteorološka organizacija i mnogi naučnici smatraju da je do intenzivnijeg otopljanja došlo u posljednjoj četvrtini XX i početkom XXI vijeka. Rezultati istraživanja za područje Crne Gore u skladu su sa prethodno iznijetim, jer je u pomenutom periodu prisutan, u matematičkom smislu, statistički značajan trend porasta srednje godišnje temperature vazduha (D. Burić i dr., 2011).

Kada je u pitanju uzrok porasta temperature u posljednje vrijeme, naučni konsenzus ne postoji, odnosno definitivnog odgovora još uvijek nema. U naučnoj i stručnoj javnosti, kao i kod običnih građana, prevladava uvjerenje da je dominantan uzrok porasta globalne temperature vazduha u tom periodu, antropogeni faktor, odnosno porast atmosferske koncentracije CO₂ i drugih stakleničkih gasova. Međutim, treba istaći i činjenicu da sve više naučnika iznosi argumente u korist dominacije prirodnih faktora u kolebanju savremenog klimata (Pielke, 1999; Graversen, Christiansen, 2003; Legates, McCabe, 2005; Ducić, Radovanović, 2006; Ducić, 2008; Ducić i dr., 2010-a, b; Lindzen, Rondanelli, 2007; Abdusamatov, 2009; Baldwin, Thompson, 2009; Luković i dr., 2010, Burić i dr., 2011).

Na osnovu prethodno iznijetog, ne ulazeći ovom prilikom u razmatranja da li je trend porasta temperature vazduha uzrokovan prirodnim faktorima ili pak antropogenim globalnim uticajem, naša dalja istraživanja su usmjerena u pravcu utvrđivanja promjena temperaturnih indeksa u periodu 1951–1980. i 1981–2010. godine. Dakle, da bismo utvrdili matematičke uzroke promjene temperature vazduha na prostoru Crnogorskog primorja u cjelini i vidjeli da li su rezultati u skladu sa opštom predstavom o globalnom otopljanju, instrumentalni period 1951–2010. godine razbili smo na dva 30-godišnja segmenta.

U periodu 1951–2010. godine, kada se prostor Crnogorskog primorja posmatra kao jedinstveni grid, trend porasta srednje godišnje temperature iznosi 0,14°C po dekadi, i statistički je značajan na svim nivoima rizika prihvatanja hipoteze (Slika 4). Ako posmatramo dva istodobna perioda, rezultati proračuna pokazuju da je u oba slučaja trend statistički značajan, i to na najnižem nivou vjerovatnoće rizika od 0,01 (rizik 1%, odnosno pouzdanost 99%). Na slici se jasno uočava da je u prvom 30-godišnjem periodu (1951–1980) trend negativan, a u drugom pozitivnan, -0,22°C/dekadi, odnosno 0,38°C/dekadi.



Slika 4. trend godišnje temperature na prostoru Crnogorskog primorja u periodu 1951–2010, prvog i drugog polovini tog perioda

Strogo matematički posmatrano, statistički značajna tendencija smanjenja srednje godišnje temperature u periodu 1951–1980. godine, posljedica je negativnih vrijednosti trenda svih temperaturnih indeksa, naročita broja ljetnjih i toplih dana, odnosno toplih noći. Promjene pet temperaturnih indeksa po liniji trenda u ovom periodu su nesignifikantne, hladnih godovo zanemarljive. Međutim, tendencija smanjenja broja toplih noći je statistički značajna na 98% nivou povjerenja, a to znači da je indeks Tn90%, matematički posmatrano, imao najveći uticaj na trend srednje godišnje temperature u periodu od 1951. do 1981. godine, Tabela 2.

Tabela 2. Trend temperaturnih ekstrema i značajnost promjena na Crnogorskom primorju za period 1951–1980.

Indeks	Prag	Trend	Značajnost
Hladni temperaturni indeksi			
FD	tn<0°C	-0,5 dana/10 god.	ne
Tx10%	tx<11,7°C	-1,4 dana/10 god.	ne
Tn10%	tn<3,8°C	0,0 dana/10 god.	ne
Topli temperaturni indeksi			
SU	tx>25°C	-2,6 dana/10 god.	ne
Tx90%	tx>29,0°C	-2,8 dana/10 god.	ne
Tn90%	tn>19,6°C	-5,6 dana/10 god.	da (0.02)

U periodu 1981–2010. godine, u kvalitativnom smislu su rezultati proračuna slični dobijenim za cio period (1951–2010) – hladni indeksi pokazuju trend smanjenja, a topli porasta. Analiza je dalje pokazala da su promjene hladnih indeksa po liniji trenda statistički nesignifikantne. Drugim riječima, iako se smanjuje učešće dana sa maksimalnom i minimalnom temperaturom koja ima „hladnije” (niže) vrijednosti, uticaj hladnih indeksa na srednju godišnju temperaturu je, u periodu 1981–2010. godine, beznačajan. To znači da je tendencija porasta srednje godišnje temperature u ovom periodu, strogo matematički, posljedica izrazitog porasta trenda toplih temperaturnih indeksa, odnosno sve češćeg javljanja ljetnjih dana, toplih noći i naročito toplih dana (Tabela 3).

Interesantni su rezultati do kojih su došli *Klein i Können 2003*. Oni su na više od 100 stanica u Evropi posmatrali tople i hladne ekstreme u periodu 1946–1999. godine. Izrazito otopljanje, u periodu 1976–1999. godine bilo je više praćeno rastom toplih ekstrema nego smanjenjem hladnih. U cjelokupnom periodu 1946–1999. godine nema takve asimetrije. Polazeći od fizičke prirode rasta antropogenog efekta staklene bašte, trebalo bi očekivati da se asimetrija ekstrema u globalnim razmjerama povećava u većoj mjeri u korist smanjenja hladnih, nego povećanja toplih, a dogodilo se suprotno.

Tabela 3. Trend temperaturnih ekstrema i značajnost promjena na Crnogorskom primorju za period 1981–2010. godine

Indeks	Prag	Trend	Značajnost
Hladni temperaturni indeksi			
FD	tn<0°C	-0,2 dana/10 god.	ne
Tx10%	tx<11,7°C	-3,1 dan/10 god.	ne
Tn10%	tn<3,8°C	-0,9 dana/10 god.	ne
Topli temperaturni indeksi			
SU	tx>25°C	+8,1 dana/10 god.	da (0.01)
Tx90%	tx>29,0°C	+14,9 dana/10 god.	da (0.01)
Tn90%	tn>19,6°C	+10,9 dana/10 god.	da (0.01)

Trend porasta godišnje temperature od 1951. do 2010. godine je, u matematičkom smislu, posljedica 2–5 puta veće pozitivne vrijednosti tendencije godišnje temperature, odnosno toplih indeksa u drugoj polovini ovog perioda (1981–2010) u odnosu na smanjenje ovih pokazatelja u prvom dijelu perioda (1951–1980). Stiče se utisak da je, dakle, sve jasnije: u posljednje tri decenije na području Crnogorskog primorja prisu-

tan je trend zagrijavanja, kao posljedica sve češćeg javljanja maksimalne i minimalne dnevne temperature koje imaju „toplije” vrijednosti, a to je, na prvi pogled, u skladu sa opštom predstavom o globalnom otopljanju, odnosno u skladu sa modelima IPCC koji se baziraju na dominaciji antropogenog efekta staklene bašte. Da li je to dovoljan pokazatelj da se porast temperature na Crnogorskom primorju pripíše isključivo antropogenom efektu staklene bašte? Naime, po podacima IPCC, WMO i drugih relevantnih naučnih institucija, u analiziranom periodu (1951–2010) prisutan je konstantan porast atmosfere koncentracije ugljen-dioksida (CO_2). Ako CO_2 ima dominantan uticaj na temperaturne prilike, postavlja se pitanje: Zašto se taj uticaj ne uočava u prvom dijelu posmatranog perioda (1951–1980), u kojem je prisutan trend pada godišnje temperature? Ako postoji neposredna veza, signal antropogenog efekta staklene bašte na temperaturu trebalo bi da se uoči u mnogo kraćem periodu nego što je to posmatrani 30-godišnji. Međutim, i na dekadnom nivou, u prve tri decenije trend godišnje temperature ima negativnu vrijednost. U četvrtoj i petoj dekadi tendencija je pozitivna (1981–1990. i 1991–2000), ali je zato u posljednjoj (2001–2010), iako najtoplijoj u srednjoj vrijednosti u periodu instrumentalnih osmatranja, prisutan blagi trend pada godišnje temperature na Crnogorskom primorju.

Dakle, treba istaći činjenicu da je u drugoj polovini XX i u prvoj dekadi XXI vijeka dolazilo do mijenjanja znaka korelacije između godišnje temperature na Crnogorskom primorju i koncentracije CO_2 , što svakako nije u skladu sa dominacijom antropogenog efekta. Drugo, u uslovima rasta antropogenog efekta staklene bašte trebalo bi očekivati veći rast noćnih nego dnevnih temperatura, jer porast koncentracije gasova noću sve više zadržava izračenu toplotu nastalu dnevnim zagrijavanjem od strane Sunca. U tom smislu i dnevna amplituda temperature trebalo bi da se smanjuje. Na području Crnogorskog primorja dešava se suprotno – trend porasta broja toplih dana je veći nego toplih noći u periodu 1981–2010. U posljednjem izveštaju IPCC (2007) konstatuje se da se u periodu 1979–2004. globalna dnevna amplituda nije mijenjala i da su i dnevne i noćne temperature rasle istim tempom. Očigledno je da mnoge stvari u prirodi nijesu u skladu sa teorijom dominacije antropogenog efekta staklene bašte. Ovo ukazuje na to da su potrebna dalja istraživanja na polju utvrđivanja uzroka kolebanja temperature i drugih meteorološko-klimatskih elemenata.

4. ZAKLJUČAK

U radu su istraživani matematički razlozi statistički značajnog porasta srednje godišnje temperature vazduha na području Crnogorskog primorja, u periodu 1951–2010. godine. Dobijeni rezultati pokazuju da je tendencija porasta srednje godišnje temperature, strogo matematički, posljedica prije svega pozitivnih vrijednosti trenda toplih temperaturnih indeksa. Odnosno, u ovom periodu se sve češće javljaju maksimalne i minimalne dnevne temperature koje imaju „toplije” vrijednosti.

Razbijajući period instrumentalnih osmatranja na dva istodobna potperioda, rezultati proračuna pokazuju da je u oba slučaja trend godišnje temperature statistički značajan, i to na najvišem nivou povjerenja od 99%. Međutim, u prvom 30-godišnjem periodu (1951–1980) trend je negativan, a u drugom (1981–2010) pozitivan. Strogo matematički posmatrano, statistički značajna tendencija smanjenja srednje godišnje temperature u periodu 1951–1980. godine, posljedica je negativnih vrijednosti trenda svih temperaturnih indeksa, naročito broja ljetnjih i toplih dana, odnosno toplih noći. Sa druge strane, tendencija porasta srednje godišnje temperature u periodu 1981–2010, strogo matematički, posljedica je izrazitog porasta trenda toplih temperaturnih indeksa, odnosno sve češćeg javljanja ljetnjih dana, toplih noći i naročito toplih dana (dnevna maksimalna temperatura viša od 90-og percentila referentnog perioda 1961–1990).

Na kraju treba istaći dvije činjenice. Prvo, u drugoj polovini XX i u prvoj dekadi XXI vijeka dolazilo je do mijenjanja znaka korelacije između godišnje temperature na Crnogorskom primorju i koncentracije CO₂, što svakako nije u skladu sa dominacijom antropogenog efekta staklene bašte. Ovo ukazuje na to da su potrebna dalja istraživanja na polju utvrđivanja uzroka kolebanja temperature i drugih meteorološko-klimatskih elemenata, što je u ovom radu djelimično i pokazano. Drugo, klimatski uslovi u Crnoj Gori su, i pored određenih negativnosti, veoma povoljni i za život i za razvoj gotovo svih vidova turizma, posebno primorskog. Malo je prostora na Zemlji koji imaju klimatske pogodnosti kao Crna Gora. Glasine koje se čuju u posljednje vrijeme o očekivanom pogoršanju klimatskih uslova u budućnosti na našem prostoru i s tim u vezi ugroženosti privrede, prije svega turizma, koji predstavlja pokretačku snagu naše ekonomije, naučno su neutemeljene. Klima Crne Gore je jedan od najdragocjenijih prirodnih resursa i ogroman potencijal za sveukupni razvoj. U tom pravcu je treba posmatrati, a ne stvarati stereotipe i strah u javnom

mnjenju od klimatskih promjena i na osnovu naučno neutemeljenih stavova svaki vremenski ekstremni događaj pripisivati globalnom zagrijavanju i klimatskim promjenama, odnosno davati katastrofičke varijante.

LITERATURA

- [1] Abdusamatov, H. I. (2009). *Solnce diktuet klimat Zemli*, SPb.: Izdvo „Logos”, Sankt-Peterburg.
- [2] Baza podataka Hidrometeorološkog zavoda Crne Gore, Podgorica.
- [3] Baldwin, M. P. and Thompson, D. W. J. (2009). A critical comparison of stratosphere-troposphere coupling indices. *Journal of the Royal Meteorological Societ*, 135, 1661–1672.
- [4] Burić, D., Ducić, V., Luković, J. (2011). *Kolebanje klime u Crnoj Gori u drugoj polovini XX i početkom XXI vijeka*. Podgorica: Crnogorska akademija nauka i umjetnosti.
- [5] Burić, D. (2011). Indexes of temperature and precipitation extremes in Podgorica in the period 1951–2008. *Zbornik radova Geografskog instituta "Jovan Cvijić", Srpska akademija nauka i umetnosti*, 61(1), 31–41.
- [6] Burić, D., Ducić, V., Luković, J. (2011). Mogućnosti korišćenja satelitskih merenja temperature vazduha u cilju detekcije globalnog antropogenog uticaja na klimu Crne Gore, *Beogradska škola meteorologije, Sveska četvrta, Biblioteka: Naučna istraživanja, Beograd, str. 371–386*.
- [7] Chase, T. N., K. Wolter, R. A. Pielke Sr., and I. Rasool, 2006. Was the 2003 European summer heat wave unusual in a global context? *Geophysical Research Letters*, 33, L23709, doi:10.1029/2006GL027470.
- [8] Ducić, V., Radovanović, M. (2005). *Klima Srbije*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
- [9] Ducic, V, Milovanovic, B., Lukovic, J. (2007). Connection between ENSO Index, NAO Index and Decadal-scale Variability of precipitation in Serbia. U: *International Conference 'Global Changes and Regional Challenges'*(3). Sofia: St. Kliment Ohridski' University Press, pp. 137–142.
- [10] Ducić, V. (2008). Savremena kolebanja globalne klime – uticaj ljudi ili prirode. *Astronomski magazin br. 34, str. 22–25*.
- [11] Ducić, V., Stanojević, G., (2010). Uticaj Sunčevog vetra na atmosfersku cirkulaciju na primeru Has-Brezovski klasifikacije, *Beogradska škola meteorologije, Sveska treća, Biblioteka: Naučna istraživanja, Beograd, str. 299–314*.
- [12] Ducić, V., Luković, J., Burić, D. (2010). Analiza mogućih uzroka kolebanja klime na severu Crne Gore na osnovu dendrohronoloških istraživanja, *Zbornik radova, Međunarodni simpozijum "Geoekologija – XXI vijek, teorijski i aplikativni zadaci" Žabljak-Nikšić, 21–24 septembar, Filozofski fakultet Nikšić, str. 345–352*.
- [13] Gajić-Čapka M. (2009). Trendovi oborinskih ekstrema u Crikvenici, 1901–2007, *Zbornik radova-Konferencija „Suvremene metode odvodnje oborinskih voda urbanih sredina na obalnim područjima”*. Zagreb: Hrvatsko društvo za zaštitu voda, Rijeka: Građevinski fakultet sveučilišta u Rijeci, str. 166–175.

- [14] Groisman, P. Y., Knight, R. W., Easterling, D. R., Karl, T. R., Hegerl, G. C., & Razuvaev, V. N. (2005). Trends in intense precipitation in the climate record. *Journal of Climate*, 18, 1326–1350.
- [15] Graversen, G. G. and Christiansen, B. (2003). Downward propagation from the stratosphere to the troposphere: A comparison of the two hemispheres. *Journal of Geophysical Research*, vol. 108, no. d24, 480, doi: 10.1029/2003JD004077.
- [16] Peterson T. et al. (2001). Report on the activities of the working group on climate change detection and related rapporteurs. Geneva: World Meteorological Organization, WCDMP – No. 47.
- [17] Pielke, R. A. (1999). Nine fallacies of floods. *Climate Change* 42., pp. 413–438.
- [18] Legates, D., Lins, H., McCabe, G. (2005). Comments on "Evidence for global runoff increase related to climate warming" by Labat et al. *Advances in Water Resources*, vol. 28.
- [19] Lindzen R., and Rondonelli R., (2007). *Climate Sensitivity and Observed Negative Feedbacks*, Program in Atmospheres, Oceans, and Climate, MIT, IPGP, Pariz.
- [20] Lucie A. Vincent and Éva Mekis (2005). Changes in Daily and Extreme Temperature and Precipitation Indices for Canada over the Twentieth Century, Climate Research. Toronto: Division, Science and Technology Branch, Environment Canada 4905 Dufferin Street, ON M3H 5T4.
- [21] Luković, J., Manojlović, P., Mustafić, S. (2010). Promene temperature vazduha u svetu i Srbiji i Severnoatlantska oscilacija (NAO), *Glasnik Srpskog geografskog društva*, str. 123–130.
- [22] Intergovernmental Panel on Climate Change (2001a). *The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [23] Intergovernmental Panel on Climate Change (2001b). *The Science of Climate Change: Summary for Policymakers*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [24] Intergovernmental Panel on Climate Change (2007a). *Climate Change 2007: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [25] Intergovernmental Panel on Climate Change (2007b). *Climate Change: Mitigation. Contribution of Working Group 3 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [26] Klein Tank, A. M. G., & Konnen, G. P. (2003). Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–99. *Journal of Climate*, 16, 3665–3680.
- [27] Vincent, L. A., & Mekis, E. (2005). *Changes in Daily and Extreme Temperature and Precipitation Indices for Canada over the Twentieth Century: Climate Research*. Toronto: Division, Science and Technology Branch, Environment Canada.

-
- [28] World Meteorological Organization (2001). *Report on the activities of the working group on climate change detection and related rapporteurs*. Geneva: World Meteorological Organization.
- [29] World Meteorological Organization (2004). *Report of the CCI/CLIVAR expert team on climate change detection, monitoring and indices (ETCCDMI)*. Geneva: World Meteorological Organization.