

Klimatske promjene u Splitu u razdoblju između 2000. i 2018. godine

Mikuličić, Lara

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:226:918172>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-15**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University Department of Marine Studies](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA
DIPLOMSKI STUDIJ MORSKO RIBARSTVO

Lara Mikuličić

KLIMATSKE PROMJENE U SPLITU U RAZDOBLJU
IZMEĐU 2000. i 2018. GODINE

Diplomski rad

Split, rujan 2020.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA
DIPLOMSKI STUDIJ MORSKO RIBARSTVO

KLIMATSKE PROMJENE U SPLITU U RAZDOBLJU
IZMEĐU 2000. i 2018. GODINE

Diplomski rad

Predmet: Osnove meteorologije

Mentor:

Doc. dr. sc. Frano Matić

Student:

Lara Mikuličić

Split, rujan 2020.

Sveučilište u Splitu
Sveučilišni odjel za studije mora
Diplomski studij Morsko ribarstvo

Diplomski rad

**KLIMATSKE PROMJENE U SPLITU U RAZDOBLJU IZMEĐU 2000. I 2018.
GODINE**

Lara Mikuličić

Sažetak

U ovom radu analizirane su srednje dnevne i srednje mjesečne temperature zraka i oborine izmjerene na području grada Splita. Uz pomoć statističkih formula izračunata je standardna devijacija za mjesečne i dnevne vrijednosti, zatim su podatci svrstani u percentilne razrede. Srednje mjesečne vrijednosti temperature prikazane su tablično, dok su srednje dnevne vrijednosti temperature i oborine prikazane grafički. Grupirajući podatke, recentno razdoblje komparirano je s klimatološkim razdobljem 1961.-1990. kako bi se uvidjele promjene u temperaturnim ekstremima, količinama oborina te kako bi se odgovorilo na pitanje porasta li temperatura. Promatrano je vrijeme potrebno da se gradu Splitu, sa sredozemnom klimom tipa Csa, promijeni Koppenov klasifikacijski razred klime te je tako utvrđen utjecaj parametara na promjenu klime.

(30 stranica, 8 slika, 5 tablica, 12 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: Klimatske promjene, Köpenova klasifikacija, Split, Croatia

Mentor: Doc. dr. sc. Frano Matić

Ocjenjivači: 1. Doc. dr. sc. Maja Krželj
2. Doc. dr. sc. Frano Matić
3. Dr. sc. Tomislav Džoić, znanstveni suradnik

CLIMATE CHANGES IN SPLIT IN THE PERIOD BETWEEN 2000 AND 2018

Lara Mikuličić

Abstract

In this paper, the mean daily and mean monthly air temperatures and precipitation measured in the area of the city of Split were analyzed. With the help of statistical formulas, the standard deviation for monthly and daily values was calculated and then the data were classified into percentile classes. The mean monthly values of temperature was presented in a table, while the mean daily values of temperature and precipitation were shown graphically. Grouping the data, the recent period is compared with the climatological period 1961-1990 to see the changes in temperature extremes, the amount of precipitation and answer the question if the temperature rises. The observed time is required for city of Split, with a Mediterranean climate type Csa, to change temperature and Köppen's classification class. Thus the influence of parameters on climate change was determined.

(30 pages, 8 figures, 5 tables, 12 references, original in: Croatian)

Keywords: Climate change, Köpen classification, Split, Croatia

Supervisor: Frano Matic, PhD / Assistant Professor

Reviewers:

1. Maja Krželj, PhD / Assistant Professor
2. Frano Matic, PhD / Assistant Professor
3. Tomislav Džoić, PhD / Research Associate

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
1.1. Dosadašnja istraživanja	4
1.2. Svrha i ciljevi rada.....	6
2. MATERIJALI I METODE	8
2.1. Materijali	8
2.1.1. Metode	10
2.2. Koppenova klasifikacija klime	12
3. REZULTATI I RASPRAVA	18
3.1. Srednje mjesečne vrijednosti.....	18
3.2. Srednje dnevne vrijednosti.....	23
4. ZAKLJUČCI	27
5. LITERATURA.....	28

1. UVOD

Grad Split je najveći grad u Dalmaciji, a drugi po veličini grad u Hrvatskoj. Prema posljednjem popisu stanovništva, provedenom 2011. Godine, grad broji 180 tisuća stanovnika. Druga je po veličini teretna luka, ali i jedna od vodećih putničkih luka na Mediteranu. Upravno je središte Splitsko-dalmatinske županije te se, sa svojim povoljnim smještajem na jadranskoj obali, nalazi u srednjoj Dalmaciji na Marjanskom poluotoku (Anonimus, 2008). Premda je s tri strane okružen morem, obilježen je i okolnim planinama, Mosorom na sjeveroistoku, Kozjakom na sjeverozapadu te brdom Marjan na zapadnom dijelu poluotoka. S mora ga okružuju otoci Brač, Hvar, Šolta i Čiovo. Upravo taj položaj utječe na definiranje klime koju posjeduje.

Prema Köppenovoj klasifikaciji klime, koja uvažava bitne odlike srednjeg godišnjeg hoda temperature zraka i količine oborina, te po navodima Zaninović i sur. (2008) u Klimatskom atlasu Hrvatske, Split ima sredozemnu klimu koju karakteriziraju suha i vruća ljeta te pro hladne ali umjerene i vlažne zime. Prosječna temperatura najtoplijeg mjeseca viša je od 22 °C, a najhladnijeg mjeseca viša od 4 °C. Zahvaljujući mediteranskoj klimi zime u Splitu su blage s trajanjem od prosinca do ožujka, ali se tek u veljači može osjetiti stvarni doživljaj zime. Proljeće u Splitu traje od ožujka do lipnja, a prosječna temperatura iznosi 20°C te obiluje s mnogo sunčanih razdoblja. Ljeto se proteže od lipnja do rujna, a obilježavaju ga visoke temperature čak i preko 35 °C.

Obzirom na to da je Split urbano područje treba uzeti u obzir da urbani razvoj ovisi i o porastu globalne temperature. Porast globalne temperature može značajno promijeniti klimatska obilježja urbanih sredina i utjecati na zdravlje, infrastrukturu, energetske opskrbe i slično (Anonimus, 2010). Urbana područja su osjetljiva na klimatske promjene te imaju potencijal za prilagodbu i adaptaciju klimatskim promjenama te pružaju mogućnost održivog razvoja. Na već spomenutoj mrežnoj lokaciji Prirodoslovno matematičkog fakulteta u Zagrebu https://www.pmf.unizg.hr/geof/znanost/klimatologija/ccgg/o_projektu se navodi i kako se zbog takvih prilagodbi stvaraju toplinski otoci: „Pri tom dolazi do značajnih promjena u ravnoteži zračenja, preraspodjeli topline i vode te se generiraju posebni klimatski uvjeti u urbanim sredinama tzv. urbana klima“. Nastali toplinski otok može posjedovati sasvim drugačiju klimu od njegove okolice.

Razvoj grada uz mnoge pogodnosti nosi i nepovoljne ekološke, socijalne i ekonomske posljedice. Interakcije između urbane mikro-klime i klimatske promjenjivosti velike skale, kao što su primjerice toplinski valovi, Sjeverno-atlantska oscilacija i El Nino-Južna oscilacija, mogu intenzivirati efekt urbanog toplinskog otoka.



Slika 1. Grad Split (izvor: Boris Kačan, 6. studenog 2018.).

Najvažniji utjecaji na klimu Splita su Jadransko i Sredozemno more, Dinaridi sa svojim oblikom, nadmorskom visinom i položajem prema prisutnom strujanju te raznolikost biljnog pokrova. Primorska Hrvatska nalazi se veći dio godine u cirkulacijskom području umjerenih širina, s čestim i intenzivnim promjenama vremena (Zaninović i sur., 2008). Ljeti azorska anticiklona sprječava prodore hladnog zraka u Jadran pa područje dolazi pod suptropski utjecaj. Takvu klimu možemo nazvati i primorskom zbog toga što je jedan od najvažnijih utjecaja upravo more.

U Klimatskom atlasu Hrvatske navodi se kako sjeverni Jadran ciklogenički djeluje na klimu, a uz njega je izdvojen razvijen reljef dinarskog planinskog lanca. Za vrijeme ljetnog razdoblja na Jadranu je izjednačen tlak oko 1015 hPa kojim prevladava dugotrajno vedro vrijeme. Na pučini struji sjeverozapadnjak (SZ) s obzirom na opći tlak zraka na Sredozemlju i položaj Jadranskog mora. Na sjevernom Jadranu puše slab, a pri sredini

Jadrana umjeren SZ vjetar. Približavanjem Otrantskim vratima učestaliji je povremeno jak SZ vjetar. Istovremeno se, zbog nejednake brzine grijanja i hlađenja kopna i mora uzduž obalnog pojasa razvijaju lokalne dnevne periodične cirkulacije zraka. Stoga je česta pojava dnevnog vjetra koji puše s mora na kopno i noćnog vjetra s kopna niz obronak prema moru. Time se smanjuju ekstremi te se previranjem zračnih svojstava uspostavlja homogena prostorna raspodjela meteoroloških parametara.

Također, Zaninović i sur. (2008) navode: „U hladnom dijelu godine kao i noću za mirna vremena turbulencija je mala pa su lokalni uvjeti dominantni, zbog čega su razlike u vrijednostima, hodovima i prostornoj raspodjeli meteoroloških parametara međusobno bližih postaja velike“. U tom razdoblju, posebno zimi, tipičan je vjetar sjevernog Jadrana bura, koja puše iz sjeveroistočnog kvadranta i poznata je po svojem puhanju na udare, velikim brzinama i trajanju. Bura ne nastaje samo za vrijeme zimske kopnene anticiklone već i kad se hladniji zrak nad kopnom sruči niz planine u toplije područje iznad mora. Naj snažnija je kad opći gradijent tlaka potiče zračno strujanje preko planinskog lanca. Bura je vjetar koji udara o morsku površinu te na taj način raspršuje vrhove površinskih valova koji dopiru daleko od obale. Prosječna brzina bure iznosi više desetaka kilometara na sat, a brzina pojedinih udara mnogo je veća; najveća izmjerena bila je 69 m/s, odnosno 248 km/h. Zaninović i sur. (2008) detaljno iznose opis vjetra bure: „Ona je prevladavajući vjetar, najjači u podvelebitskom području, slabi s udaljavanjem od obale, dominira i na istarskom priobalnom području, ali je slabija i rijetka u unutrašnjosti Istre“. Na srednjem i južnom Jadranu obično je manje intenzivna i rjeđa nego na sjevernom Jadranu, a poznata je jaka bura u Kliškim vratima, Vrulji, Makarskom primorju i Rijeci dubrovačkoj. Ondje su intenzitet i učestalosti vjetra bure veći. „Jugo je postojan i snažan jugoistočnjak koji puše ravnomjerno brzinom sličnoj prosječnoj brzini bure“ kako u Klimatskom atlasu Hrvatske navode Zaninović i sur. (2008). Spominje se i značaj ciklonalne aktivnosti tipične za zimu, rano proljeće i kasnu jesen koja je jednako važna i za oblačni i oborinski režim obale i zaleđa. U najhladnijem razdoblju ciklone ona uglavnom ne prelazi s Jadrana na kopno.

Zabilježene oborine posljedica su prolaska ciklona i atmosferskih fronti u sklopu opće cirkulacije atmosfere. O vlažnosti zračne mase te jačini i smjeru zračne struje ovisi hoće li na određenom mjestu pasti oborina i u kojoj količini, također ovisi i o vertikalnoj komponenti njezina gibanja. Lokalni utjecaji mogu uvelike izmijeniti zračnu struju. Lokalni čimbenici koji mogu pojačati ili oslabiti procese razvoja oblaka i stvaranja oborine posebno su prisutni kada se govori o području grada Splita. Zaninović i sur. (2008) navode: “To su odnos kopna i

mora, odnosno udaljenost pojedinih lokacija od mora, zatim vrlo razvijena orografija Dinarida, koja je prepreka za maritimne zračne mase pri prijelazu sa Sredozemnog mora odnosno Jadrana na kopno i isto tako za kontinentalne zračne mase prema Sredozemlju“. Do kondenzacije i pojačavanja oborina dolazi zbog pritiska planina i manjih brda na zračne mase pri čemu se one uzdižu. Promjenom količina oborina s nadmorskom visinom dobivaju se različiti vertikalni gradijenti oborina na manjim horizontalnim udaljenostima. Na otocima i obali sjeverne i srednje Dalmacije te na zapadnoj obali Istre za očekivati je oko 800 do 900 mm oborine na godinu. Približavanjem obali količina oborine se povećava, posebno uz obronke planina jer se zračne mase prisilno uzdižu. „Usporedbom srednje godišnje količine oborine u razdoblju 1961-1990 s prethodnim klimatološkim razdobljem 1931-1960 utvrđeno je smanjenje oborina od 10 do 20% na dijelu postaja u istočnoj Slavoniji te sjevernoj i srednjoj Dalmaciji. Povećanje od 10 do 20% uočeno je na dijelu postaja u Istri i sjeverozapadnoj Hrvatskoj“ objašnjavaju Zaninović i sur. (2008).

1.1. Dosadašnja istraživanja

Marko Vučetić u svom znanstvenom radu „Vrijeme i klima Jadrana u antičkih pisaca“ navodi koliko je bilo značajno od antike poznavati vremenske prilike i neprilike, kako zbog plovidbe pomoraca i održavanja trgovine na važnim morskim prometnim putevima, tako i za usjeve i kultivaciju biljaka, voća i povrća od kojih su se prehranjivali. Već se tada spoznala važnost klime, a o tome govore brojni mitovi i narodna vjerovanja koje su ljudi prepričavali, a o kojima piše Vučetić.

Susretanje i međusobno prožimanje različitih klimatskih zona (sredozemne, kontinentalne, a u nekim dijelovima i planinske) na području Velebita uz njegovu konfiguraciju i visinu daje učinak u obliku vjetra znanog pod imenom bura (Vučetić, 2011). U svom radu Vučetić navodi kako je postojao narod zvan Hiperbolejci koje je spominjao Herodot koji je živio davne 484. do 424. pr.Kr. On opisuje prenošenje zavjetnih darova sve do Jadranskog mora, odatle su ih slali prema jugu Grcima Dodonjanima. Sjeverne narode naziva se narodima „daha bure“ dok su Hiperbolejci bili ljudi „od preko, iznad bure“. Naši preci su tada vjerovali da trake spravljene od kože morske medvjedice (foke) i hijene, koje su služile za podvezivanje brodskog jedra, štite od groma, ali to se vjerovanje, kao i mnoga druga, nije se zadržalo do danas. No, zadržalo se vjerovanje čiji korijeni sežu na kraj 19.

stoljeća kada se na dalmatinskim otocima moglo vidjeti da se pri gradnji kuće u zidove dimnjaka ugrađuju vršci strelica te kameno oruđe i oružje pronađeni u pretpovijesnim grobovima ili gomilama. Vjerovalo se da štite dimnjak odnosno kuću od udara groma. Tako su Iliri uočili da se stanje bonace na moru, koje danas poznajemo kao mirno more za plovidbu, rijetko viđa zimi. Oni su je, kada bi se takva rijetkost i dogodila, prepisivali volji bogova. S tim je povezana iskustvena činjenica o zimskom maestralu (Vučetić, 2011). Takvo vrijeme zimi traje kratko, narod kaže tri dana, a slično kao kod Engleza, predznak je jačeg pogoršanja vremena. Danas se zna da nije riječ o maestralu već o vjetru zmorcu. Iako imaju jednak sjeverozapadni smjer vjetra, maestral predstavlja superpoziciju zmorca i etezije, a za etezijsko strujanje zimi ne postoje uvjeti. Zato zmorac na kratko vrijeme zimi ima ulogu maestrala. Obzirom da je zmorac vjetar koji se nalazi unutar obalne cirkulacije od mora prema kopnu koji nastaje za vrijeme stabilnog vremena, usred zime ne može potrajati i dobra je najava skorog juga.

Isto tako, na Mediteranu bi najveće vrućine stari Rimljani vezivali uz zvijezdu koju se tada moglo vidjeti na nebu u ranim jutarnjim satima u drugoj polovici srpnja. Zvijezda se zvala Sirius ili pasja zvijezda pa je poznati naziv pasje vrućine zadržan još do danas. Spomenuto se razdoblje nazivalo Kanikul, a trajalo je od 23. srpnja do 24. kolovoza. Za sigurnu plovidbu iznimno je važno bilo poznavati ponašanje vremena, što je razlog zašto se u Grčkoj rodila meteorologija. Filozof Aristotel (384-322. god. pr. Kr.) je u svom spisu „Meteorologica” (četiri knjige), koji je napisao oko 350. i 340. god. pr. Kr., prvi upotrijebio riječ meteorologija (pod tim pojmom je podrazumijevao sve što lebdi iznad zemlje, pada kroz atmosferu ili je uzdržano u zraku) koja se do danas zadržala kao naziv za znanost o fizici atmosfere.

Još jedan antički pisac, Pseudo Skimno, opisuje klimu na Jadranu, koju je usporedio s crnomorskom. Tada se vjerovalo da su Jadransko i Crno more odvojeni tankom prevlakom te da se s jednog brda može vidjeti i jedno i drugo more. Pseudo je u svojim spisima još 110. godine pr. Kr. opisao kako je klima Jadrana snjegovita, ali ne i previše hladna te vlažna, no kako se i prevrtljivo mijenja, ponajviše ljeti kada udaraju gromovi i bijesne vihori, iz čega se može zaključiti da je govorio o blagim i vlažnim zimama na Jadranu, ali i o čestim i iznenadnim ljetnim neverama. Hipokrat s druge strane klimu povezuje s pojavama raznih oboljenja, imao je stanovito ružno mišljenje o južnom vjetru. Kada je harala kuga previdio je njezino širenje smijerom puhanja vjetra. Zanimljivo je tumačenje imena Jadran koje je naziv dobilo po tome što je za vrijeme Diomedovog putovanja po nevremenu uslijedila

izmjena, razvedravanje i lijepo vedro vrijeme, stoga Etrija a kasnije Adria označava vedro. Spominje se još i današnji rt Ploča kao toponim razdjelnica između bure i juga. Nazivana je i Diomedov rt, pri čemu je taj rt najopasnija točka istočne obale Jadrana gdje se susreću jugo s južnog i bura sa sjevernog Jadrana. Za plovidbu je, već od davnina, područje otoka Palagruže proglašeno najopasnijim mjestom na cijelome Jadranu. Uz Palagružu se ni ljeti nije ugodno zateći po sjeverozapadnjaku, ponekad je to ubitačni sjeverozapadnjak koji uzburka more do nepodnošljivosti, a nastaje nakon prolaznog pogoršanja vremena zvanog nevera na sjevernom Jadranu, a ponekad je riječ o eteziji, također sjeverozapadnog smjera (Vučetić, 2011). No, po navodima Vučetića, Palagruža je bila pogibeljna, ali i izuzetno važan oslonac na transjadranskom putu. Svi ovi zapisi ukazuju na tipična vremenska stanja na Jadranu od kojih je najupečatljivija bura. S jugom je, može se zaključiti, bilo jednako teško jer je svakako priječilo nesmetani izlazak iz Jadrana što je antičkom pomorcima sigurno bila teška kušnja. Ljetne nepogode (nevere) mora ostavile su jak dojam na pomorce, zato se i povezuju sa samim imenom mora. Svjetlosne pojave u atmosferi nad Jadranom kao duga, halo, vijenac, sijevanje uz grmljavinu i dr. bile su dojmive te su povezivane s božanskim silama (Vučetić, 2011).

Nažalost, malo je opsežnijih meteoroloških istraživanja daleke povijesti koji se tiču hrvatskog dijela Jadrana. Opsežno istraživanje o ovoj temi sadržano je, između ostalog, u Okeu (1974, 1979), Garstangu i sur. (1975) i Landsbergu (1981) koji ispituju strukture toplinskih otoka koji ovise o veličini i brzini rasta grada, no takvo istraživanje do sada nikad nije provedeno za grad Split. U navedenom radu proučena je veza između temperature zraka i solarnog ciklusa. Currie (1974, 1981) je analizirao dugi vremenski niz podataka temperature zraka i solarnog ciklusa koji se odnose na sjevernoameričke gradove. Otkrio je ciklus od 10,6 godina povezan solarnim ciklusom čime se u vezu dovode temperatura i solarna aktivnost.

1.2. Svrha i ciljevi rada

Ovo istraživanje provodi se sa svrhom razvoja modela za predviđanje klimatskog razvoja grada i otkrivanja bilo kakvih modifikacija koje su u njega uvele ljudske aktivnosti. Analizom dugog vremenskog niza meteoroloških podataka dobit će se važne informacije korisne za povezivanje ovih ciljeva.

Dosada su razmatrani svi klimatski parametri, no naglasak će posebice biti stavljen na parametar temperature zraka, budući da se varijacije u ovom parametru smatraju indikativnijim za bilo kakve klimatske varijacije. Proučavat će se temperaturna odstupanja s zavisnošću od vremena, na način da će se uspoređivati podatci ranijih godina s kasnijim. S obzirom da se podatci odnose na urbano okruženje, u pokušaju pronalaska obrazaca i u svrhu otkrivanja utjecaja ljudske aktivnosti na promjenu temperature, analizirane su srednje mjesečne i srednje dnevne vrijednosti temperatura, ali i oborina.

S ciljem lakšeg razumijevanja veće skupine podataka, mjesečne i godišnje promjene temperature i oborina prikazane su pojednostavljeno tablično i u obliku raznih grafova. Jasno su vidljiva sva odstupanja i anomalije u usporedbi s vremenskim nizom za prethodne godine. Izvršeni su izračuni te su podatci svrstani u percentilne razrede. Analiza izmjerenih podataka vrši se, ne samo u svrhu rekonstruiranja povijesti, već u svrhu što preciznijeg predviđanja budućnosti u vidu klime i temperature. Identificiraju se trendovi koje onda možemo usporediti s ostalim europskim i hrvatskim gradovima. Nakon kratkog opisa korištenog skupa podataka, analizirani podatci pokazuju postoje li razlozi za zabrinutost i mijenja li se u skorije vrijeme klima grada.

Obzirom na to da analizirane promjene temperature direktno utječu na povišenje razine mora od iznimne je važnosti znati s koliko vremena se raspolaže za donošenje detaljnog i valjanog plana poboljšane infrastrukture prilagođene novonastalim uvjetima.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Materijali

U ovom radu korišteni su vremenski nizovi podataka temperature, minimalne i maksimalne temperature te oborine izmjerenih od strane Državnog hidrometeorološkog zavoda, a preuzete su sa web stranice <https://www.ecad.eu>, Daily Global Historical Climatology Network (Klein et al., 2002; Manne et al., 2012). Pomoću srednjih dnevnih vrijednosti za pripadajući mjesec izračunata je srednja mjesečna vrijednost. Vremenski niz podijeljen je na dva dijela, prvi dio koji uključuje period od 1961. do 1990. godine predstavlja klimatološko razdoblje. Drugi dio vremenskog niza, od 2000. do 2018. godine predstavlja recentno razdoblje.

Tablica 1. Korišteni vremenski nizovi podataka izmjereni na postaji Split-Marjan.

Grad	Razdoblje mjerjenja	Klimatološko razdoblje	Recentno razdoblje	Parametri
Split	1948.-2018.	1961.-1990.	2000.-2018.	Maksimalna temperatura
				Minimalna temperatura
				Temperatura zraka
				Oborina

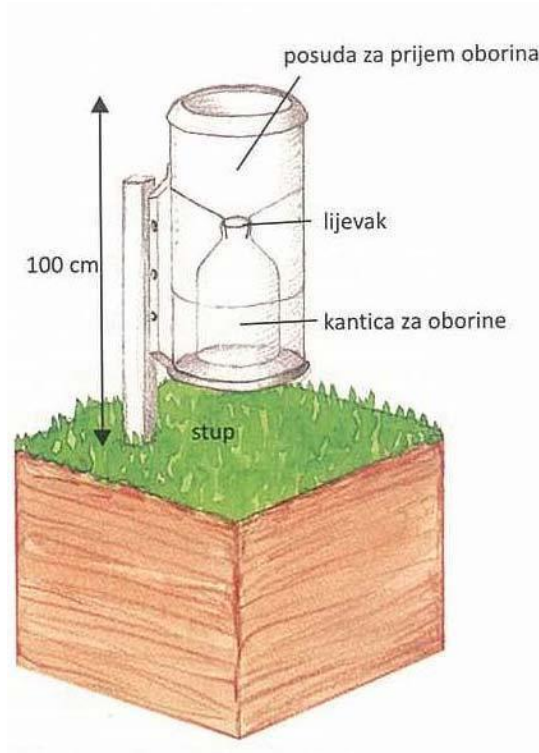
Preko izmjerenih podataka uspoređene su klimatske prilike. Podatci su prikupljeni na glavnoj meteorološkoj postaji Split-Marjan (43°30'31"N 16°25'06"E) (Slika 2). Glavna meteorološka postaja predstavlja samostalan objekt s dva do pet profesionalnih meteoroloških motritelja, ograđenim motrilištem i radnim prostorom. Motrenja i bilježenja svih meteoroloških elemenata vrše se tijekom 24 sata te se meteorološkim porukama prosljeđuju u globalni telekomunikacijski sustav WMO i pohranjuju u Hrvatskom hidrometeorološkom zavodu.



Slika 2. Položaj meteorološke postaje Split-Marjan, postaje Državnog hidrometeorološkog zavoda na vrhu brda Marjan.

Oborine su mjerene pomoću kišomjera. Kišomjerne postaje meteorološke su postaje na kojima motritelji obavljaju mjerenje količine oborina bez obzira na oblik oborine koji je došao do tla kao i visine snježnog pokrivača. Motritelj uz mjerenje količine oborina određuje i zapisuje u kojem se obliku oborina javila, kojim intenzitetom (slaba, umjerena, jaka) i koliko je vremenski oborina trajala od prve pojave do potpunog prestanka. Količina oborine mjeri se u milimetrima ($\text{mm} = \text{l/m}^2$).

Kod mjerenja količine oborine posebno treba paziti na položaj mjerne lokacije s obzirom na topografiju šireg područja (Čačić, 2008) Osim toga, bilježe se i druge vrlo značajne pojave poput magle, grmljavine, olujnog vjetra ili snježnog pokrivača. Količina se mjeri svakodnevno u 7 h po službenom srednjoeuropskom vremenu. Taj podatak predstavlja ukupnu količinu u protekla 24 sata, odnosno od 7 h jučer do 7 h danas (DHMZ, 2018). Za mjerenje količine oborine korišten je Hellmannov kišomjer (prikazan na slici 3). Uz tekuće oborine kišomjerom se mjeri i kruta oborina (snijeg, tuča, ledena zrna i slično) na način da se cijeli kišomjer unese u zatvorenu prostoriju u kojoj se kruta oborina otopi i potom izmjeri menzutom (Čačić, 2008). Svi podatci na kraju se obrađuju, kontroliraju i arhiviraju tako da se zna odakle su pribavljeni za potrebe istraživanja.



Slika 3. Hellmanov kišomjer

2.2. Metode

Prikupljeni podatci uneseni su u Microsoft Excel program za proračunske tablice iz paketa Microsoft Office. Potom su prikazani tablično i grafički. Koristeći funkciju „Average“ izračunata je srednja vrijednost (aritmetička sredina) koja predstavlja sumu svih podataka podijelenu ukupnim brojem podataka. Srednja vrijednost definirana je matematičkom notacijom:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

u kojoj je x predstavlja član, a N broj članova. Aritmetička sredina izravnavaju apsolutne razlike podataka promatranog niza. Ona ima sve potrebne osobine koje karakteriziraju mjere centralne tendencije, kao i dodatne osobine koje su značajne za njenu primjenu. Najčešće je korištena mjera centralne tendencije u praksi. Popularno se naziva prosjek ili srednjak. Aritmetička sredina ima osobinu da je veća od najmanje i manja od najveće vrijednosti obilježja. Drugačije rečeno, ako su vrijednosti obilježja poredane po veličini: $x^1 < x^2 < x^n$, može se lako pokazati da je: $x^1 < \mu < x^n$.

Standardna devijacija određena je funkcijom „Standev“. Označava prosječno srednje kvadratno odstupanje numeričkih varijabli neke veličine x_1, x_2, \dots, x_n od njihove aritmetičke sredine μ te se smije računati samo uz aritmetičku sredinu. Definirana je, radi lakše prosudbe stupnja varijabilnosti obilježja, kao pozitivni drugi korijen iz varijance, a računa se po pojednostavljenoj formuli:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Koristi se kao standard za mjerenje varijabilnosti niza. Ako je standardna devijacija mala, srednja vrijednost će dobro predstavljati rezultate.

Percentili dijele distribuciju rezultata na 100 dijelova, odnosno svaki dio sadrži 1% rezultata distribucije. Mogu biti bilo koji cijeli brojevi od 1 do 100. Određeni percentil odgovara točki na distribuciji koja daje odgovarajući postotak rezultata do te točke, uključujući i taj rezultat.

Formula za izračun pozicije i -tog percentila:

$$i = \frac{P}{100 * n} \quad (3)$$

gdje je „ i “ pozicija traženog percentila u distribuciji, „ P “ traženi percentil i „ n “ ukupan broj rezultata u distribuciji.

Prvo je potrebno rezultate poredati od manjeg prema većem. Zatim se traženi percentil podijeli sa sto i taj količnik pomnoži sa ukupnim brojem rezultata u distribuciji. Ako je dobiveni rezultat cijeli broj, onda je pozicija traženog percentila u sredini između dobivenog rezultata i prvog većeg rezultata. Ako dobiveni rezultat nije cijeli broj, tada se on zaokružuje na prvi veći cijeli broj i predstavlja ordinalnu poziciju traženog percentila. S obzirom da je medijan središnji rezultat u distribuciji, jednak je 50. percentilu.

2.3. Koppenöva klasifikacija klime

Nijedno mjesto na zemlji nema potpuno jednaku klimu, međutim sličnost klime unutar određenog područja omogućava dijeljenje zemlje u klimatske regije (Ahren, 2003). Köppenova klasifikacija klime podjela je klime prema dva temeljna klimatska elementa, a to su temperatura zraka i oborina. Prednost ove efektivne klasifikacije klime je u tome što se

temelji na točno određenim godišnjim i mjesečnim vrijednostima temperature i oborine. U područjima bliže ekvatoru značajna je srednja temperatura najhladnijeg mjeseca, a u područjima bliže polovima srednja temperatura najtoplijeg mjeseca. Veliku ulogu u klasifikaciji klime ima i vegetacija. Sve klime svijeta Köppen dijeli na pet klimatskih razreda. Oni se označavaju velikim slovima A, B, C, D i E. B klime nazivaju se zajedničkim nazivom suhim klimama jer im u prosjeku nedostaje vlage za uspješniji rast biljaka. Klime A, C i D zajednički se nazivaju šumskim klimama ili klimama drveća. Osnovne su karakteristike pojedinih klimatskih razreda sljedeće:

- A - tropske kišne klime; srednja temperatura zraka najhladnijeg mjeseca iznosi ≥ 18 °C;
- B - suhe klime; temperaturne granice nisu određene nego se izračunavaju kombinacijom temperature zraka i količine padalina;
- C - umjereno tople kišne klime; srednja temperatura najhladnijeg mjeseca nije niža od -3 °C, a najmanje jedan mjesec ima srednju temperaturu višu od 10 °C;
- D - snježno-šumske (borealne) klime; srednja temperatura najhladnijeg mjeseca niža je od -3 °C, a srednja temperatura najtoplijeg mjeseca viša je od 10 °C;
- E - snježne klime; srednja temperatura najtoplijeg mjeseca niža je od 10 °C (Šegota, 2003).

Detaljnija klimatska kategorija dobiva se dodavanjem slova koje označava oborine.

Za klime A, C i D to su:

- f - nema sušnog razdoblja, tj. svi su mjeseci vlažni;
- s - sušno je razdoblje ljeti;
- w - sušno je razdoblje zimi.

Za klimu B vrijedi:

- S – stepске klime; između 250 i 550 mm oborina godišnje;
- W – pustinjske klime; manje od 250 mm oborina godišnje.

Kada se u obzir uzmu i neke druge veličine, kao što je srednja godišnja temperatura dobiva se 11 klimatskih tipova:

- Af - prašumska klima;
- Aw - savanska klima;
- BW - pustinjska klima;
- BS - stepсka klima;
- Cf - umjereno topla vlažna klima;

Cs - sredozemna (mediteranska) klima;
Cw - kineska (sinijska) klima;
Df - vlažna borealna (snježno-šumska) klima;
Dw - suha borealna (snježno-šumska) klima;
ET - klima tundre;
EF - klima vječnog mraza.

Znanstvena klasifikacija Hrvatske izvršena je po Köppenovim kriterijima samo nekoliko godina nakon njezine pojave (Škreb i Letnik, 1942), a u više je radova nadograđena (Seletković i Katušin, 1992) kako nam navodi Šegota (2003).

Prema Šegoti, Hrvatska se svojim povoljnim klimatološkim položajem nalazi u sjevernom umjerenom pojasu. Atlantski ocean sa sjeverozapada pozitivan je utjecaj koji je izvor topline i vodene pare. Sredozemno i Jadransko more ublažuju nepovoljne utjecaje suhe i sjeverne Afrike na jugu. Zime u Hrvatskoj ugodno su tople i vlažne zbog toplog zraka koji dolazi iz Sahare te se prelaskom preko Sredozemnog i Jadranskog mora navlaži. Česta je pojava bure na Jadranu, koju obilježavaju strujanja hladnog, ali i suhog zraka. Takav kopneni utjecaj u kontinentalnoj Hrvatskoj predstavlja vjetar sjeverac. Nije zanemariv ni utjecaj reljefa na klimu Hrvatske. U brdovitoj i planinskoj Hrvatskoj Dinaridi utječu na oborine i temperaturu. Dok se u primorskoj Hrvatskoj utjecajem reljefa povećaju oborine, u gorskoj Hrvatskoj utjecaj reljefa očituje se u sniženju temperature zraka. Panonska zavala u cjelini je jak klimatski modulator. Zimi, kada se područje između Alpa, Dinarida i Karpata u potpunosti ispuni hladnim zrakom, hladni se zrak prelijeva na Jadransko i Sredozemno more. Ljeti se u toplijoj polovici godine povećava koncentracija oborina uslijed brzog i jakog zagrijavanja Panonske zavale što rezultira pojačanom evaporacijom. Premda je ljeti evaporacija pojačana, do pojačane količine oborina dolazi i utjecajem ciklona koje se spuste i na sjeverni Jadran te rezultiraju ljetnim kišama i tučom. Zbog globalne planetarne cirkulacije ciklone na europski kontinent najčešće stižu iz sjevernog Atlantika koje je područje najveće ciklogeneze na planeti. Dolaskom nad europsko kopno ciklone i njihovi frontalni sustavi gibaju se prema kopnenim dijelovima Hrvatske, preko zapadne, sjeverne i istočne Hrvatske. Prolaskom hladnih fronti ciklona dolazi polaran zrak praćen hladnim sjevernim vjetrovima. Zimi polaran zrak pristize i širenjem sibirске anticiklone iz središnje Azije na europski kontinent. Prodori sibirске anticiklone uzrokuju hladne zime praćene orkanskom burom na Jadranu. Zrak iz snijegom prekrivene Skandinavije, sjeverne Rusije i sa Sjevernog ledenog mora oduzima toplinu kopnu. U dugim zimskim noćima pojačano se hladi kao i u Panonskoj zavali.

Približavanjem Jadranskom moru nisu svugdje jako niske temperature, a iz godine u godinu temperaturne razlike sve su više. Po klimatskoj klasifikaciji Hrvatske iz razdoblja 1961.-1990. najveći dio Hrvatske ima klime C razreda ili umjereno tople kišne klime. Snježno-šumske klime zauzimaju zanemariv dio iznad 1200 m nadmorske visine i pripadaju razredu D, točnije vlažnoj borealnoj klimi podtipa Df. Najveći dio Hrvatske ima tip klime Cf ili umjereno toplu vlažnu klimu (Škreb i sur., 1942). Sredozemnu klimu ili Cs klimu ima topliji dio Hrvatske. U Hrvatskoj je stoga vidljivo više podtipova klime C (Slika 3). Klasifikacija za takvu klimu ima i uže oznake:

a - vruće ljeto, srednja temperatura zraka najtoplijeg mjeseca ≥ 22 °C;

b - toplo ljeto, srednja temperatura zraka najtoplijeg mjeseca niža je od 22 °C.

Zato možemo izdvojiti 5 klimatskih tipova unutar Hrvatske:

Csa - sredozemna klima s vrućim ljetom;

Csb - sredozemna klima s toplim ljetom;

Cfa - umjereno topla vlažna klima s vrućim ljetom;

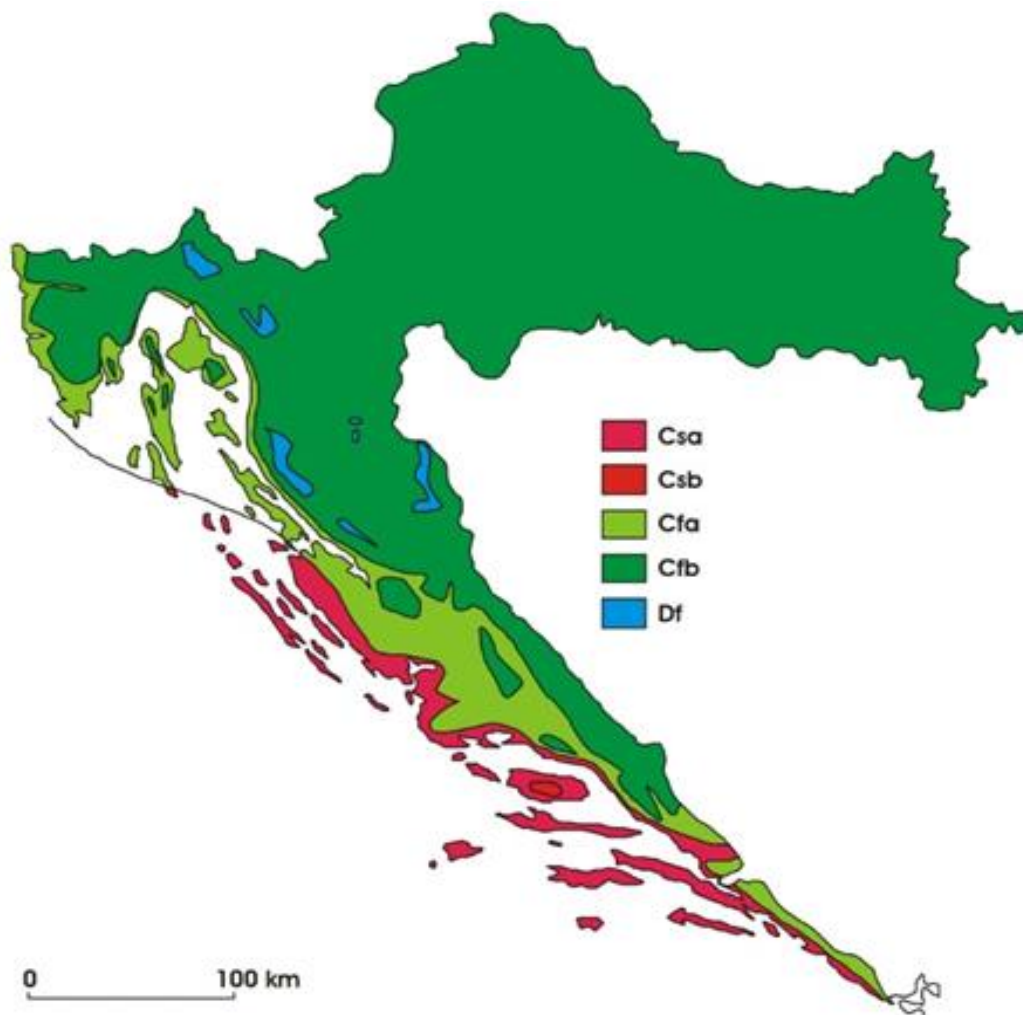
Cfb - umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom;

Df - vlažna borealna klima.

C tip klime prostire se uz zapadnu obalu većine kontinenata geografske širine od 40° do 60°. Ahren (2003) opisuje kako ovim regijama dominira vjetar s oceana koji ublažava klimu održavajući zime umjerenijima no što imaju mjesta koja se nalaze na istoj geografskoj širini, ali dublje u unutrašnjosti. Pored toga ljeta su poprilično svježija. Ljeta koja su kratka i svježija karakteriziraju Cfc klimu. Sukladno tome kada su ljeta duža, ali i dalje topla, klima je klasificirana kao zapadno obalna morska klima ili samo morska klima, Cfb.

Nadalje, primjećeno je kako u slučajevima kada su planine paralelne s obalom kao na zapadnoj obali Sjeverne i Južne Amerike utjecaj morske klime ograničen je uskim pojasima visokih planina (Ahren, 2003). Zapadni vjetrovi pumpaju zrak iznad oceana u većini zapadne Europe i osiguravaju ovoj regiji morsku klimu Cfb. Tijekom većeg dijela godine morsku klimu karakteriziraju niski oblaci, magla i lagana kiša.

Utjecaj oceana uzrokuje adekvatne količine oborina tijekom svih mjeseci koje u velikom udjelu dolaze u obliku lagane ili umjerene kiše povezane s morskim polarnim zračnim masama. Snijeg također pada, ali on se često pretvara u bljuzgavicu nakon jednog dana i slično. Na nekim mjestima topografija uvelike povećava količinu oborina primjerice na zapadnoj obali Amerike gdje obalne planine tjeraju zrak prema višim predjelima pojačavajući oborine. Na istoku usporavaju napredak oluje, što znači da pada više oborina na tom području.



Slika 4. Geografska raspodjela klimatskih tipova u Hrvatskoj po W. Koppenu u razdoblju od 1961.-1990. (Šegota, Filipčić, 2003).

Primicanjem ekvatoru utjecaj suptropske klime postaje veći, a ljetno sušno razdoblje izraženije. Klima se postepeno mijenja iz morske u suptropsku klimu sa suhim ljetima koju označavamo Cs, a nazivamo je i mediteranskom klimom koja graniči sa obalnim područjima Sredozemnog mora. Granicu između morske klime i suptropske klime na jugu označava područje duž Sjeverne Amerike i Portland u Oregonu zbog učestalijih suhих ljeta. Ekstremnu ljetnu suhoću mediteranske klime uzrokuje potonuće zraka iz viših suptropskih predjela. Anticiklone skreću ljetne oluje prema sjeveru ili jugu. Tijekom zimskog perioda suptropska klima pomiče se prema ekvatoru stoga su učestalije pojave oluja s oceana na području srednjih geografskih širina koje sa sobom donose iznimno potrebnu kišu. Iz tog razloga mediteransku klimu karakteriziraju blage, vlažne zime i blaga do vruća, suha ljeta. Kada površinski vjetrovi pušu paralelno s obalom uzdiže se hladna voda. Na taj se način more i zrak iznad njega održavaju cijelo ljetno rashlađenima. U takvim obalnim područjima gdje su česti niski oblaci i magla, tip klime je Csb ili obalna mediteranska klima. Ljetni dnevni maksimumi obično dosežu 21 °C, dok se preko noći najniža temperatura spusti na nešto iznad 15 °C. U unutrašnjosti dalje od utjecaja mora ljeta su vruća, a zime malo hladnije od onih u priobalnom području. Ovdje mediteranska klima tipa Csa podrazumijeva penjanje temperatura u ljetnom popodnevju i iznad visokih 34 °C, a povremeno je to i preko 40 °C. Godišnje količine oborina kreću se između 30 i 90 cm. Više oborina imaju okolice obronaka i planina. Zbog ljetne suhoće tlo podržava samo grmoliki tip nisko rastućeg drvenastog bilja i drveća koje se naziva čestar. Mediteranska područja nemaju tako suha ljeta kao područja u Americi, ali su toplija jer izostaje miješanje zračnih masa. Kada je tijekom zime sušno razdoblje klima se klasificira kao Cw klima. Najtopliji dio primorske Hrvatske ima sredozemnu klimu s vrućim ljetom (Csa). Sredozemnu klimu s toplim ljetom (Csb) imaju samo područja u najvišem dijelu Brača i Hvara. U klimatskom atlasu Hrvatske (Zaninović i sur., 2008) jasno je navedeno kako ljeti na Jadranu prevladava dugotrajno vedro vrijeme u polju izjednačenog tlaka oko 1015 hPa pa u skladu s općom raspodjelom tlaka na sjevernom Jadranu puše slab, a pri sredini Jadrana umjeren SZ vjetar. Približavanjem Otranskim vratima učestaliji je povremeno jak SZ vjetar. Generalno, sredozemni dio Hrvatske ima Csa tip klime ili sredozemnu klimu s vrućim ljetom. Takav tip klime izostaje na Krku, Rabu i Pagu dok ga ima najuži dio Lošinja. Topliji uski primorski pojas i kvarnerski otoci imaju klimu Cfa ili umjereno toplu vlažnu klimu s vrućim ljetom. Ona se od Cfb tipa klime, koji se još naziva i umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom, razlikuje po nešto nižim temperaturama zraka, a

poglavito u hladnijem dijelu godine. Unutar takve klime izostaje suho razdoblje. Veći dio Hrvatske je pod Cfb klimom sa nešto svježijim ljetima. Niži dio Gorske Hrvatske, njezin većinski udio, ima identičan tip klime (Cfb) kao i nizinska Hrvatska. Podrobnije, ovi podtipovi C klime mogu biti jako slični te klima vrlo lako može prijeći u drugi podtip.

Grad Split je prema mjerenju izvršenom u razdoblju od 1961.-1991. klasificiran u Cs tip klime, preciznije Csa. Sredozemnu klimu sa suhim i vrućim ljetom karakteriziraju suha ljeta i kasno-jesenski maksimum oborina (Škreb i sur., 1942). Prosječna temperatura zraka najtoplijeg mjeseca viša je od 22 °C, najhladnijeg viša od 4 °C dok je temperatura najhladnijeg mjeseca u rasponu od 3 do 18 °C (Ahren, 2003). Komparirajući mjerenja iz 1961. godine s onima iz 2001.-2010. godine može se uočiti da je došlo do promjene temperature. Temperatura se promijenila za stupanj ili dva, no grad Split i dalje ostaje u jednakom klasifikacijskom razredu. Uzmemo li mjerenja od 2011.-2018. godine uvidjet ćemo kako temperaturnih ekstrema ima sve više, tip klime se stoga polako mijenja, no temperaturna klasifikacija i dalje je ista.

3. REZULTATI I RASPRAVA

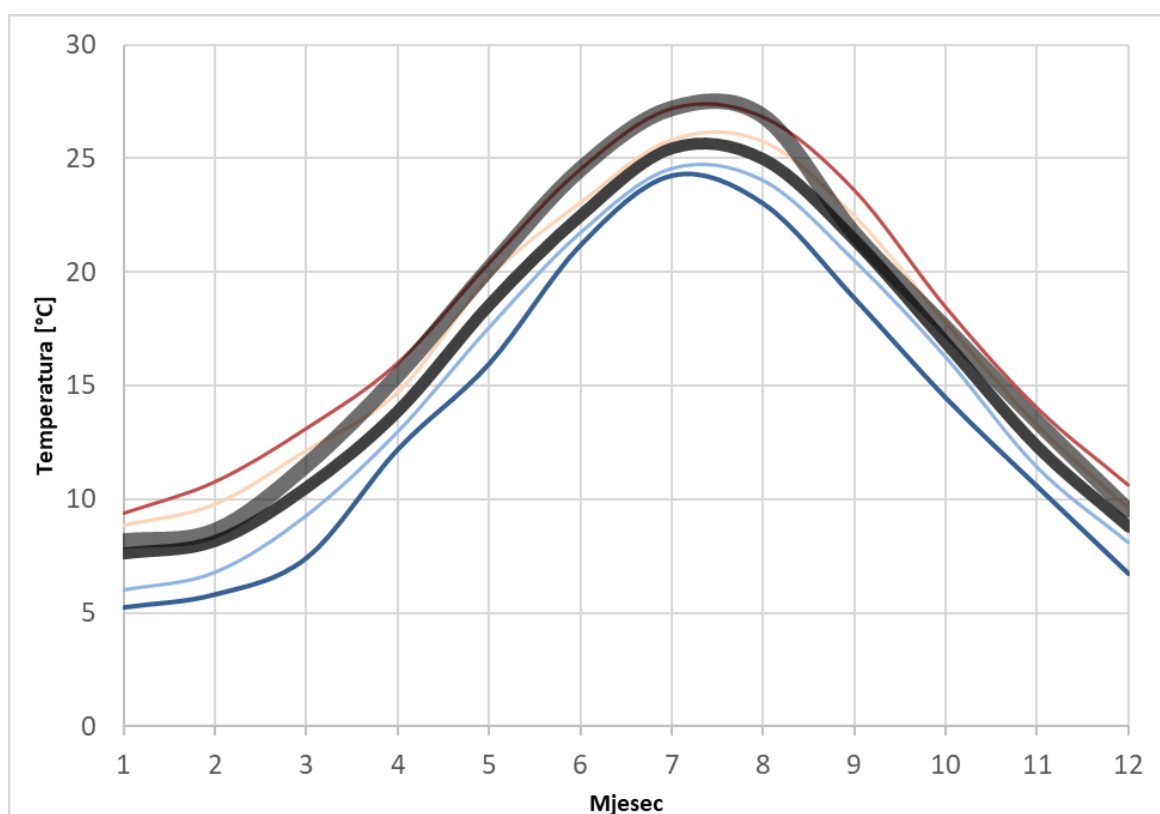
3.1. Srednje mjesečne vrijednosti

Srednje mjesečne vrijednosti izračunate su po jednadžbi (1) iz setova podataka prikazanih u tablici 1. Skupovi podataka grupirani su u dvije skupine. Prva skupina sadrži mjerenja iz vremenskog intervala od 1961.-1990. godine, a drugu skupinu čine mjerenja izvršena u periodu od 2000.-2018. godine. Za izračunavanje srednjih mjesečnih temperatura potrebne su srednje dnevne temperature. Upotrebom jednadžbe (2) izračunata je standardna devijacija kako bi odstupanja bila kvantificirana. Upotrebom matematičke notacije (3) izračunat je 5-i, 10-i, 20-i, 80-i i 95-i percentil koji daje udio koji se nalazi ispod određenog percentila pa se tako 80 % zapaženih vrijednosti nalazi ispod 80-tog percentila. Tablica 2. izračunata je za klimatološko razdoblje od 1961. do 1990. godine. Iz tabličnog prikaza ispod (tablica 2 i 3) vidljivo je da su se vrijednosti za ljeto u razdoblju od 2000.-2018. primaknule maksimalnim vrijednostima klimatološkog razdoblja iz 1961.-1990. godine.

Tablica 2. Srednje mjesečne vrijednosti, 5-i, 20-i, 80-i i 95-i percentil srednje mjesečne temperature zraka u Splitu izračunate za razdoblje od 1961. do 1990. godine.

Mjesec	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac
Srednja vrijednost	8,29	8,66	11,37	14,82	19,72	23,99	26,77	26,58	21,47	17,35	12,95	9,26
Standardna devijacija	1,54	1,72	1,78	1,18	1,48	1,00	1,00	1,37	1,47	1,31	1,29	1,19
5-i percentil	5,23	5,81	7,42	12,19	15,96	21,18	24,23	23,00	18,82	14,44	10,55	6,71
20-i percentil	5,98	6,76	9,26	12,95	17,54	21,72	24,56	24,04	20,51	16,26	11,41	8,08
80-i percentil	8,87	9,79	12,16	14,70	19,74	23,03	25,81	25,74	22,47	17,79	13,29	9,62
95-i percentil	9,36	10,75	13,09	15,97	20,37	24,51	27,19	26,83	23,61	18,45	14,02	10,61
Maksimum	10,40	11,39	13,27	16,67	21,27	24,80	28,35	28,22	24,35	18,80	15,58	11,05
Minimum	4,29	4,10	5,97	11,31	15,45	20,88	24,12	21,22	18,60	12,84	8,88	6,00

Krivulje prikazuju srednje vrijednosti dva mjerena razdoblja (Slika 5). Siva linija prikazuje razdoblje od 2000.-2018. godine dok crna linija ispod označava razdoblje od 1961.-1990. godine. Iz toga je vidljivo koliko su srednje mjesečne temperature 2000.-2018. godine više od onih 1961.-1990. godine. Dok je srednja mjesečna temperatura razdoblja tablice 2. ispod 95-og percentila, kod razdoblja tablice 3. vidljivo je da se na određenim mjestima krivulja srednjih mjesečnih vrijednosti preklapa sa 95-im percentilom. S donje strane, 20-i percentil, nalazi se bliže krivulji srednjih mjesečnih vrijednosti za 2000.-2018. razdoblje, a za oba seta 5-i percentil također je znatno ispod krivulja. Temperatura u recentnom razdoblju najviše odstupa u toplijem dijelu godine dok na početku klimatološke jeseni (rujan) gotovo da i nema odstupanja.



Slika 5. Krivulja srednjih mjesečnih temperatura za razdoblja od 1961.-1990. godine (crna linija) i 2000.-2018. godine (siva linija). Tanka crvena linija predstavlja 95-i percentil, narančasta 80-i, svijetlo plava 20-i, i plava 5-i percentil anomalija temperature za razdoblje 1961.-1991. godine.

Iz tablice 3 vidljiva je za stupanj viša temperatura u razdoblju 1961.-1990. u odnosu na razdoblje 2000.-2018.

Tablica 3. Srednje mjesečne vrijednosti, 5-i, 20-i, 80-i i 95-i percentil srednje mjesečne temperature zraka u Splitu izračunate za razdoblje od 2000. do 2018. godine.

Mjesec	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac
Srednja vrijednost	8,17	8,63	11,50	15,45	20,14	24,50	27,17	26,85	21,70	17,56	13,44	9,53
Standardna devijacija	1.67	2.08	1.34	1.23	1.41	1.33	1.10	1.58	1.47	1.13	1.36	1.36
5-i percentil	5.91	4.93	9.98	13.97	18.22	22.66	25.58	24.11	19.63	16.01	11.31	7.75
20-i percentil	6.91	7.24	10.51	14.37	18.83	23.49	26.60	25.59	20.58	16.31	12.35	8.53
80-i percentil	9.62	10.56	13.04	16.53	21.25	25.32	27.77	27.94	22.71	18.62	14.45	10.72
95-i percentil	10.58	11.51	13.71	17.44	22.33	26.41	29.17	28.82	23.56	19.14	15.43	11.11
Maksimum	4.61	4.68	9.35	13.70	17.40	22.64	24.63	23.92	19.04	15.89	10.71	5.75
Minimum	11.15	12.01	13.73	17.99	22.69	28.03	29.47	29.24	25.42	19.19	15.75	11.15

Tablica 4. Srednje mjesečne vrijednosti, 5-i, 20-i, 80-i i 95-i percentil srednjih mjesečnih oborina u Splitu izračunatih za razdoblje od 1961. do 1990. godine.

Mjesec	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studen	Prosinac
Srednja vrijednost	78,96	67,95	75,00	65,80	57,23	50,78	27,83	50,33	59,72	79,29	109,88	101,63
Standardna devijacija	45,01	38,86	48,17	30,63	41,34	25,59	25,98	43,81	41,47	54,70	59,95	63,67
5-i percentil	8,31	20,10	25,25	23,00	8,90	17,55	2,00	4,15	0,20	1,65	40,10	12,60
20-i percentil	35,20	29,40	36,00	37,00	28,10	29,60	6,20	16,00	20,30	34,50	56,50	36,00
80-i percentil	113,10	99,98	118,60	97,18	82,06	78,90	50,68	87,16	93,20	121,52	143,52	164,50
95-i percentil	146,43	127,50	163,76	120,81	124,82	95,18	81,65	114,37	133,41	158,91	209,60	195,88
Maksimum	184,70	164,80	188,40	127,00	183,20	104,90	97,70	205,70	141,10	219,80	289,90	234,10
Minimum	0,70	9,30	10,70	17,10	1,50	10,90	0,80	0,10	0,00	0,00	20,10	10,10

Za izračunavanje srednje mjesečne vrijednosti oborina korišteni su prikupljeni srednji dnevni podatci oborina. Oborinski režim karakterizira advekcija toplog i vlažnog zraka koja nastaje pretežno uz ciklonalnu zakrivljenost izobara uz procese dizanja zraka i stvaranje naoblake i oborine. Izmjerene količine izražene su u milimetrima (mm) točnije litrama po četvornom metru (l/m^2). Upotrebom jednakih jednadžbi kao i kod izračuna temperature, jednadžbe (2) i jednadžbe (3) izračunati su 5-i, 10-i, 20-i, 80-i i 95-i percentil. Ovdje tablica 4 prikazuje klimatološko razdoblje od 1961. do 1990. godine s kojim se uspoređuje recentno razdoblje (Tablica 5).

Što se tiče količina oborina, generalno im se smanjila učestalost što se jasno vidi na dvjema tablicama. Uspoređujući tako tablice 4 i 5 vidi se znatna izmjena srednjih vrijednosti oborina za promatrana razdoblja, klimatološko razdoblje (tablica 4) te recentno razdoblje (Tablica 5). Količina oborina vidljivo je porasla u prvom, drugom i trećem mjesecu dok se za proljetno i ljetno razdoblje znatno smanjila. U jesenskom periodu bilježi se ponovni porast količine oborina da bi dolaskom zime količina oborina bila znatno manja u odnosu na klimatološko razdoblje iz tablice 4.

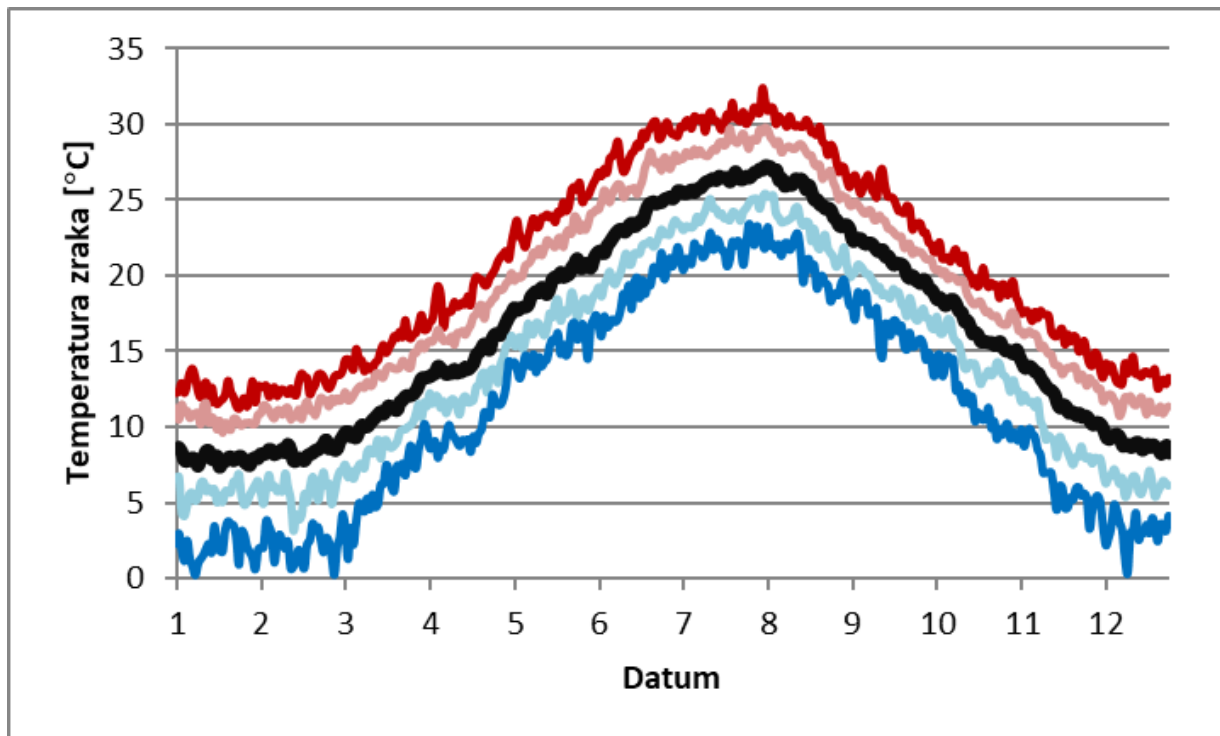
Tablica 5. Srednje mjesečne vrijednosti, 5-i, 20-i, 80-i i 95-i percentil srednjih mjesečnih oborina u Splitu izračunatih za razdoblje od 2000. do 2018. godine.

Mjesec	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac
Srednja vrijednost	79,66	78,30	68,91	63,32	54,76	47,35	26,13	33,43	77,15	85,05	121,35	85,17
Standardna devijacija	50.29	43.06	49.70	32.32	30.42	45.00	34.15	46.24	52.11	57.02	49.27	58.92
5-i percentil	21.47	19.85	3.56	20.11	11.11	6.38	0.48	0.00	17.44	10.58	47.02	0.09
20-i percentil	43.00	37.32	41.10	30.58	30.36	20.02	5.42	3.82	28.92	35.00	73.00	41.50
80-i percentil	105.24	116.28	90.60	83.74	83.34	52.42	30.64	42.42	112.38	117.10	163.18	131.16
95-i percentil	173.33	152.53	166.23	124.85	89.80	148.32	104.39	132.04	181.30	199.33	192.24	164.58
Maksimum	14.00	19.40	1.40	13.90	7.60	4.40	0.30	0.00	10.60	4.10	41.80	0.00
Minimum	207.80	160.90	182.70	126.20	126.70	172.80	132.20	171.10	189.40	207.70	211.50	222.90

3.2. Srednje dnevne vrijednosti

Srednje dnevne vrijednosti predstavljaju izračun dnevnih vrijednosti za vremenske intervale od 1961.-1990. te za 2016., 2017 i 2018 godinu. Za izračun srednje vrijednosti,

potrebno je računanje jednadžbom (1) dnevnih temperatura. Jednadžbom (3) je izračunata vrijednost percentila. Dobivene vrijednosti odnose se na 5-i, 20-i, 50-i, 80-i i 95-i percentil. Na slici 6 vidljivo je kako izračunati percentili zajedno sa srednjim vrijednostima za

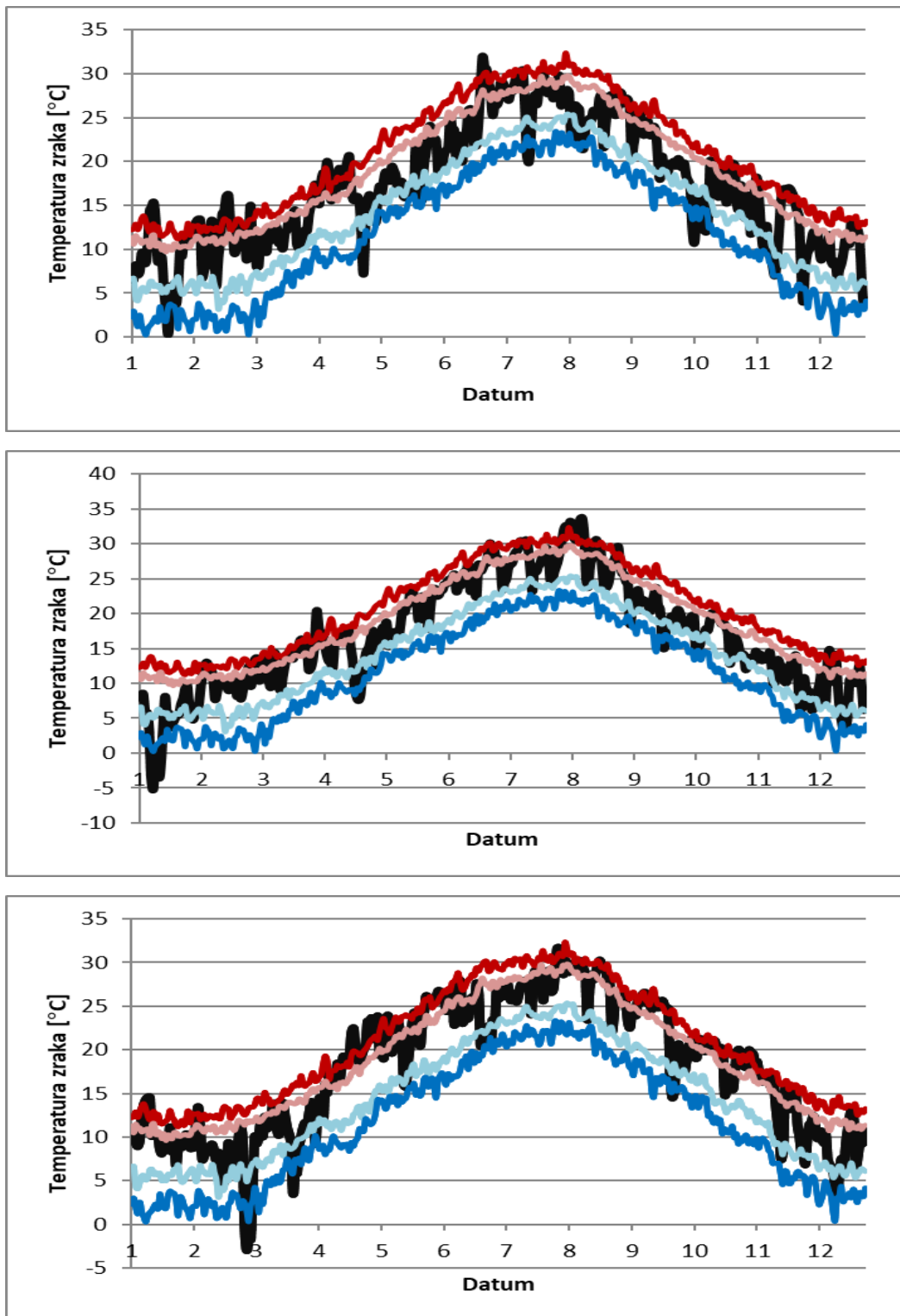


razdoblje 1961.-1990. izgledaju na grafu.

Slika 6. Srednje dnevne temperature (crna linija) izračunate za razdoblje od 1961.-1990. u gradu Splitu, gdje plave linije označavaju peti i deseti percentilni razred a crvene prikazuju 80-ti i 95-ti percentil.

Podrobnije, jasno je vidljivo kako u ovim razdobljima mjerenja nema naglih skokova ni padova temperature. Prateći crnu liniju na grafu koja predstavlja srednje dnevne vrijednosti temperature uočiti ćemo prodor tople fronte u četvrtom, petom, šestom, sedmom i osmom mjesecu. Za navedene toplije dijelove godine takva pojava je i karakteristična, no vidljiv je i značajniji pad temperature unutar tri dana osmog mjeseca. Prodorom toplije fronte ubrzava se početak ljetnih vrućina pa tako kraj lipnja broji 26 °C. Vrhunac ljetnih visokih temperatura je zabilježen 9. kolovoza s izmjerenih 28,66 °C. Suprotno tome, najniža temperatura zabilježena je 13. siječnja s niskih 5,86 °C. Temperatura se gradualno povećava i snižava pa je tako u 4. mjesecu uočen blagi porast u tjedan dana dok značajnije zahlađenje nastupa kroz šest dana u jedanaestom mjesecu.

S druge pak strane, grafovi srednjih dnevnih vrijednosti te percentila za 2016., 2017. i 2018. godinu daju sasvim drugačiju sliku (Slika 7).



Slika 7. Srednja dnevna temperatura izmjerena u Splitu za 2016. (a), 2017. (b), i 2018. godinu (c). Tanka crvena linija predstavlja 95-i percentil, narančasta 80-i, svijetlo plava 20-i, i plava 5-i percentil anomalija temperature za razdoblje 1961.-1991. godine.

U prikazanim grafovima može se primijetiti da godišnji hod odstupa od idealnog koji je dobiven pomoću srednjih mjesečnih vrijednosti (Slika 5).

Drugo što se odmah može primijetiti su pikovi koji odudaraju od krivulje koju vidimo na slici 6.

U 2016. godini takvi nagli prelasci s relativno toplijih temperatura na niske vide se već u prvoj polici prvog mjeseca gdje temperatura pada sa 15,3 °C na niskih 0 °C u samo 12 dana. Zatim je opet uslijedio strelovito brz porast za 13 °C u 5 dana.

U četvrtom mjesecu dogodilo se sasvim neobično snižavanje temperature s obzirom da govorimo o početku prodora toplije fronte i obično, podizanju temperature. Izdvojeno je nekarakterističnih 7,2 °C u drugoj polovici četvrtog mjeseca, točnije 26. travnja. Nakon takvog ekstrema slijede samo porasti temperature.

U šestom mjesecu izmjeren je temperaturni maksimum koji je iznosio 31,9 °C dana 24. lipnja, a potom je opet u sedmom mjesecu uslijedila znatno niža temperatura od 20,06 °C koja je karakterističnija za četvrti mjesec.

U jesenskom periodu, 7. listopada, zabilježena temperatura je već niskih 10,7 °C što je odlika nadolazećih zimskih vrijednosti.

U 2017. godini bilježi se prodor tople fronte krajem trećeg mjeseca gdje se može istaknuti dan 31. ožujka s temperaturom od 20,4 °C, a na sredini četvrtog mjeseca izmjerena temperatura iznosi niskih 8,34 °C.

Temperaturni maksimum dosegnut je 10. kolovoza s 33,5 °C nakon kojeg temperatura kreće opadati.

Najhladniji dan uvjerljivo je 8. siječnja s negativnim temperaturnim predznakom od -5,02 °C, ali zimsko zahlađenje nastupa u 11. mjesecu kao i u mjerenjima iz razdoblja 1961.-1990. godine na slici 6.

U 2018. godini temperaturni minimum u iznosu od -3°C izmjeren je u drugoj polovici 2. mjeseca, preciznije 27. veljače što se razlikuje od rezultata prikazanog na slici 6.

Izdvojen je i dan 15. ožujka koji također značajnije odskače od linije srednje vrijednosti slike 5. na kojoj je godišnji hod glađi, s temperaturom od 3,5 °C.

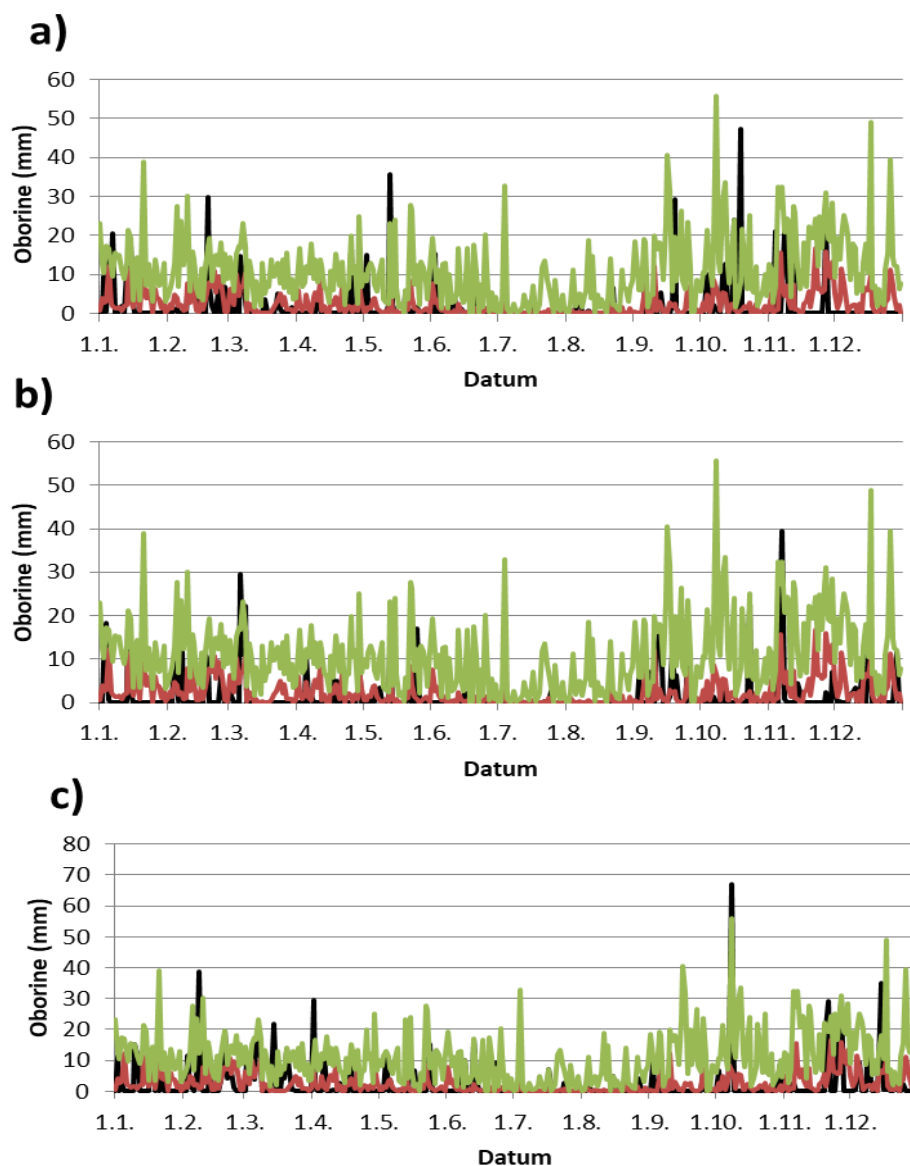
Temperaturni maksimum u ovoj godini dosegnut je 24. srpnja s 31,04 °C.

Promatranjem slike 6. vidljivo je da je linija srednjih vrijednosti unutar vrijednosti percentila, stoga je slika 6. uzeta kao „normalno“ temperaturno razdoblje a slika 7. kao „anomalijsko“ ponašanje temperature.

U 2016. godini temperaturni maksimum znatno je iznad 95-og percentila, kao i 2017. godine dok se u 2018. godini minimalna temperatura nalazi ispod 5-og percentila.

Na slici 8 prikazane su srednje dnevne količine oborina za 2016., 2017. i 2018. godinu. Koliko su srednje vrijednosti spomenutih godina van 95-og percentila najbolje se vidi već na na grafu za 2016. godinu (Slika 8 a). Crna linija označava srednju vrijednost dok je zelena boja 95-i percentil. Srednja vrijednost se tako nalazi iznad 95-og percentila sredinom drugog i petog mjeseca. Dok je sredinom desetog mjeseca krivulja srednje vrijednosti jasno pomaknuta u desno u poredbi s krivuljom 95-og percentila.

U 2016. i 2017. godini oborine su zastupljene u sredini petog mjeseca te u šestom mjesecu (Slika 8 a ,b). Četvrti mjesec 2018. godine obilježili su pljuskovi što nije bio slučaj prethodnih godina (Slika 8 c).



Slika 8. Srednje dnevne količine oborina u Splitu za razdoblja: a) 2016. b) 2017. i c) 2018. godinu. Na slici crna linija označava srednju vrijednost dok je zelena boja 95-i percentil.

4. ZAKLJUČCI

U ovom radu su promatrane vrijednosti srednjih dnevnih i srednjih mjesečnih temperatura i oborina izmjerenih na području grada Splita. Od raspoloživih podataka iz arhive mjerenja prvo je izračunata srednja vrijednost i standardna devijacija za mjesečne i dnevne vrijednosti, i zatim su te iste vrijednosti svrstane u percentilne razrede. Na taj način su grupirani podatci te je uvelike pojednostavljen njihov prikaz, a samim time i razumijevanje.

Može se primijetiti kako se vrijednosti izmjerene u razdoblju od 2000.-2018. godine primiču maksimalnim temperaturama klimatološkog razdoblja od 1961.-1990. godine koji je uzet kao „normalna“ mjera. Stoga se komparirajući mjerenja od 1961. godine sa onima od 2001.-2010. godine može uočiti da je došlo do promjene temperature.

Sve su učestaliji ekstremi, posebice iznimno niske temperature koje možemo nazivati krajnostima, dok u normalnom klimatološkom razdoblju nema tolikih oscilacija.

Klimu se sve manje može predvidjeti te se njena priroda mijenja na način da se grad Split primiče bliže tropskoj klasifikaciji klime.

Grad Split je po mjerenju izvršenom u razdoblju od 1961.-1991. klasificiran u Csa tip klime. Sredozemnu klimu sa suhim i vrućim ljetom karakteriziraju suha ljeta i kasnojesenski maksimum oborina.

Temperatura se promijenila za približno 1 °C, no za sada grad Split i dalje ostaje u jednakom klasifikacijskom razredu s tendencijom rasta temperature. Iz ovoga se zaključuje kako je s obzirom na granicu klimatskih klasifikacija, da promjena od samo jednog ili dva stupnja Celzijeva u temperaturi može biti dovoljna da se grad svrsta u sasvim novi klimatski klasifikacijski razred. Zbog toga je bitno usporediti porast temperature, samim time i promjenu klime, ali i početi raditi na adaptacijama u okolišu koje će neupitno uslijediti zbog klimatskih promjena.

5. LITERATURA

- Anonimus, 2008. Položaj grada Splita. Dostupno sa: <https://visitsplit.com/hr/1232/polozaj> , pristupljeno: veljača, 2020.
- Anonimus, 2011. O projektu . Dostupno sa: https://www.pmf.unizg.hr/geof/znanost/klimatologija/ccgg/o_projektu, pristupljeno: veljača, 2020
- Currie RG. 1974. Solar cycle signal in surface air temperature. *Journal of Geophysical Research* 79, 5657–5660.
- Currie RG. 1981. Solar cycle signal in air temperature in North America: amplitude, gradient, phase and distribution. *Journal of the atmospheric sciences* 38, 808-818.
- DHMZ, 2018. Prizemna meteorološka motrenja - kišomjerne postaje . Dostupno sa: http://www.meteo.hr/infrastruktura.php?section=mreze_postaja¶m=pmm&el=kisomjerne , pristupljeno: svibanj,2020.
- Donald Ahrens C. 2001. *Essentials of meteorology*. Thomson Brooks Cole, Australia, Pacific Grove; Calif, 454.
- Čačić I. 2008. Naputak za opažanja i mjerenja na glavnim meteorološkim postajama. *Hrvatski hidrometeorološki zavod, Zagreb*, 344 str.
- Garstang M, Tyson PD, Emmitt GD. 1975. The structure of heat island. *Rev. Geophys. Space Phys.* 31, 139-165.
- Klein Tank AMG, Wijngaard JB, Konnen GP, Bohm R. 2002. Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *International Journal of Climatology*, 22, 1441-1453.
- Landsberg, HE. 1981. *The urban climate*. Intern. Geophys. Series vol. 28. Academic Press, New York.
- Menne MJ, Durre I, Vose RS, Gleason BE, Houston TG. 2012. An overview of the Global Historical Climatology Network – Daily Databased. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 29: 897 – 910.
- Oke, TR. 1974. *Review of urban climatology (1968-1973)*. WMO Tech. Rep. no. 134, Geneva, Switzerland. Oke, T. R. 1979. *Review of urban climatology*. WMO Tech. Rep. no. 169, Geneva, Switzerland.
- Šegota T, Filipčić A. 1996. *Klimatologija za geografe. Školska knjiga, Zagreb*, 471.

- Šegota T, Filipčić A. 2003. Koppenova podjela klime i hrvatsko nazivlje. *Geoadria*, 8: 17-37.
- Škreb S, Letnik J. 1942. *Klima Hrvatske*. Geofizički zavod u Zagrebu, Zagreb, 138.
- Vučetić M. 2011. Vrijeme i klima Jadrana u antičkih pisaca. *Hrvatski meteorološki časopis*, 46: 55-67.
- Zaninović K, Gajić-Čapka M, Perčec Tadić M, Vučetić M. 2008. *Klimatski atlas Hrvatske*. Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 172.