

Klimatska obilježja Hrvatske: 1971.-2000. i 1991.-2020.

Metličić, Nikola

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Science / Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:166:915825>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-22**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Science](#)



Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno – matematički fakultet

**KLIMATSKA OBILJEŽJA HRVATSKE:
1971.-2000. i 1991.-2020.**

Završni rad

Nikola Metličić

Split, rujan 2022.

Temeljna dokumentacijska kartica

Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno – matematički fakultet
Odjel za fiziku
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Hrvatska

Završni rad

Klimatska obilježja Hrvatske: 1971.-2000. i 1991.-2020.

Nikola Metličić

Sveučilišni preddiplomski studij Fizika

Sažetak:

Klima, kao jedna od najbitnijih odrednica Zemljinog okoliša, opisuje uvjete atmosfere, ekstreme i varijacije atmosferskih varijabli tijekom vremenskog perioda od barem trideset godina. „National Centers for Environmental Information“ sadrži bazu podataka, prikupljenih tijekom dugog niza godina, koja nam može pružiti informacije o srednjoj klimi Republike Hrvatske te o njenim promjenama. Isti podaci mogu poslužiti pri klasifikaciji klime Hrvatske. Za Republiku Hrvatsku odabrano je osam reprezentativnih meteoroloških postaja, a atmosferske varijable koje su obrađene su srednja mjesečna temperatura, mjesečni srednjaci maksimalnih i minimalnih dnevnih temperatura, mjesečni broj vrućih i hladnih dana te ukupna količina mjesečne oborine. Rezultati su pokazali da temperatura na većini postaja ima pozitivan trend, broj vrućih dana zamjetno raste, a hladnih opada, dok je oborina jedina varijabla koja je ostala gotovo nepromijenjena. Rezultati također potvrđuju Köppenovu klasifikaciju klime, kojom je klima Republike Hrvatske podijeljena na četiri klimatska tipa.

- Ključne riječi:** klima, Köppenova klasifikacija klime, temperatura, vrući i hladni dani, oborina
- Rad sadrži:** 25 stranica, 18 slika, 3 tablice, 9 literaturnih navoda. Izvornik je na hrvatskom jeziku
- Mentor:** izv. prof. dr. sc. Jadranka Šepić
- Ocjenjivači:** izv. prof. dr. sc. Jadranka Šepić
doc. dr. sc. Ivana Weber
Krešimir Ruić, mag. phys.
- Rad prihvaćen:** 21. rujna 2022.

Rad je pohranjen u knjižnici Prirodoslovno – matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu.

Basic documentation card

University of Split
Faculty of Science
Department of Physics
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Croatia

Bachelor thesis

Climate features of Croatia: 1971.-2000. and 1991.-2020.

Nikola Metličić

University undergraduate study programme Physics

Abstract:

Climate, as one of the most important determinants of the Earth's environment, describes atmospheric conditions, extremes and variations of atmospheric variables during a time period of at least thirty years. "National Centers for Environmental Information" contains a database, collected over a long series of years, which can provide information about the average climate of the Republic of Croatia and its changes. The same data can be used to classify the climate of Croatia. Eight representative meteorological stations were selected for the Republic of Croatia, and the atmospheric variables that were processed are the mean monthly temperature, the monthly means of maximum and minimum daily temperatures, the monthly number of hot and cold days and the total amount of monthly precipitation. The results showed that the temperature at most stations has a positive trend, and the number of hot days is increasing considerably. The number of cold days is decreasing, while precipitation is the only variable that has remained almost unchanged. The results also confirm the Köppen climate classification, which divides the climate of the Republic of Croatia into four climate types.

Keywords: climate, Köppen climate classification, temperature, hot and cold days, precipitation

Thesis consists of: 25 pages, 18 figures, 3 tables, 9 references. Original language: Croatian

Supervisor: Asoc. Prof. Dr. Jadranka Šepić

Reviewers: Asoc. Prof. Dr. Jadranka Šepić
Assist. Prof. Dr. Ivana Weber
Krešimir Ruić mag. phys.

Thesis accepted: September 21, 2022.

Thesis is deposited in the library of the Faculty of Science, University of Split.

Sadržaj

1	Uvod	1
2	Materijali i metode	4
3	Rezultati.....	7
3.1	Temperatura zraka	7
3.2	Vrući i hladni dani	15
3.3	Oborina.....	19
4	Zaključak	22
5	Literatura.....	25

1 Uvod

Klima predstavlja atmosferske uvjete na nekom području tijekom dugog perioda. Klima daje pregled atmosferskih varijabli, njihovih varijacija i ekstrema, koje u kraćim vremenskim periodima čine vrijeme. Dakle, klimu ne čini samo prosječno vrijeme nekog područja. Treba obuhvatiti i ekstremne raspone, varijabilnost i učestalost varijabli [1]. Svjetska meteorološka organizacija (WMO) definirala je razdoblje od trideset godina kao dovoljno dug period za određivanje klime nekog područja [2]. Na klimu, kao jednu od najbitnijih odrednica Zemljinog okoliša, utječu brojni elementi, kao što su Sunčevo zračenje, sastav atmosfere, zračne i oceanske struje, raspodjela mora i kopna, nadmorska visina pa i sam čovjek [3]. Sustavne promjene atmosferskih varijabli, kao što su temperatura, oborina, tlak ili vjetar, u dugoročnim statistikama nazivaju se klimatskim promjenama. Klimatske promjene mogu biti uzrokovane prirodnim vanjskim utjecajima, kao što su promjene u Sunčevoj emisiji ili Zemljinoj orbiti, ili djelovanjem čovjeka na prirodu (npr. pojačan efekt staklenika¹) [2].

Klima Hrvatske određena je njenim geografskim položajem u sjevernim umjerenim širinama (od 42° do 46° sjeverne geografske širine), odnosom kopna i mora, reljefom (Dinaridi sa svojom nadmorskom visinom i Panonska nizina), brojem sunčanih sati te raznolikim biljnim pokrovom [3]. Na području Hrvatske osjeća se utjecaj Atlantika sa sjeverozapada, kao velikog izvora topline i vodene pare, Sredozemnog i Jadranskog mora s juga, kao ublaživača suhog i vrućeg utjecaja Afrike, te strujanja hladnog i suhog zraka iz sjeverne Europe [4]. Klima kontinentalne Hrvatske čitave je godine pod utjecajem cirkulacijskog pojasa umjerenih širina, karakterističnog po raznolikim vremenskim situacijama s čestim i intenzivnim promjenama. Maritimni modifikator klime kontinentalne Hrvatske jest Sredozemno more, koje ima sve slabiji utjecaj sjeverno od Save i prema istoku. Orografija kontinentalne Hrvatske dovodi do pojačavanja jakih kratkotrajnih oborina. Na najvišim dijelovima Dinarida karakteristična je planinska klima koja se ističe po niskim temperaturama i snježnom režimu [3]. Reljef u gorskoj Hrvatskoj značajnije utječe na snižavanje temperature, dok ovaj modifikator u primorskoj Hrvatskoj značajnije utječe na povećanje oborine [4]. Primorska je Hrvatska u većem dijelu godine također pod utjecajem cirkulacijskog pojasa umjerenih širina sa snažnim i učestalim promjenama vremenskih prilika. U toplijem, ljetnom dijelu godine pada pod utjecaj suprotropskog pojasa. Glavni modifikator klime primorske Hrvatske jest more [3].

¹ Efekt staklenika predstavlja zagrijavanje površine Zemlje i troposfere uzrokovano emisijom stakleničkih plinova, kao što su vodena para, ugljikov dioksid ili metan [5].

Wladimir Köppen napravio je podjelu svih klima svijeta na pet klimatskih razreda, s oznakama A, B, C, D i E. Klimatske razrede A, C, D i E zovemo šumskim klimama, a klime koje spadaju u razred B suhim, za koje je karakterističan nedostatak vlage za razvoj biljnog svijeta. Glavne karakteristike pojedinog razreda su [4]:

- A – tropske kišne klime sa srednjom temperaturom najhladnijeg mjeseca višom od 18 °C,
- B – suhe klime u kojima temperaturne granice ovise o kombinaciji temperature zraka i oborine,
- C – umjereno tople kišne klime sa srednjom temperaturom najhladnijeg mjeseca višom od -3 °C i barem jednim mjesecom sa srednjom temperaturom višom od 10 °C,
- D – snježno-šumske (borealne) klime sa srednjom temperaturom najhladnijeg mjeseca nižom od -3 °C, a srednjom temperaturom najtoplijeg mjeseca višom od 10 °C te
- E – snježne klime sa srednjom temperaturom najtoplijeg mjeseca nižom od 10 °C.

Dodavanjem slova f (svi mjeseci vlažni), s (ljetno razdoblje suho) i w (zimsko razdoblje suho), dobijemo nižu klimatsku kategoriju [4]:

- Af – prašumska klima,
- Aw – savanska klima,
- BW – pustinjska klima,
- BS – stepska klima,
- Cf – umjereno topla vlažna klima,
- Cs – sredozemna klima,
- Cw – kineska (sinijska) klima,
- Df – vlažna snježno-šumska klima,
- Dw – suha snježno-šumska klima,
- ET – klima tundre,
- EF – klima vječnog mraza.

Po Köppenovoj definiciji kontinentalnosti, srednja siječanjska temperatura od -3 °C predstavlja granicu između umjereno toplih kišnih klima (oznaka C) i snježno-šumskih klima (oznaka D). Godišnja oborina često je dobar pokazatelj kontinentalnosti ili maritimnosti. U maritimnim područjima većina oborine bilježi se u hladnijoj polovici godine, dok se u kontinentalnim isto bilježi u toplijoj polovici. Za maritima područja karakteristične su manje godišnje temperaturne amplitude u odnosu na kontinentalna [4].

Primorska i gorska Hrvatska imaju maritimni godišnji hod oborine (većina oborine u hladnijoj polovici godine), dok u nizinskoj Hrvatskoj većina oborine pada u toplijoj polovici godine. Panonska se dolina, između Alpa, Dinarida i Karpata, ljeti brzo zagrijava što rezultira snažnom konvekcijom, zbog koje dolazi do veće količine oborine u toplijem dijelu godine [4].

U razdoblju 1961.-1990. u Hrvatskoj prevladava klima razreda C, odnosno umjereno topla kišna klima. Za dio Hrvatske iznad 1200 metara nadmorske visine karakteristična je vlažna snježno-šumska klima, oznake Df. Köppen uveo je uže oznake za klimatski razred C [4]:

- a – vruće ljetno uz srednju temperaturu najtoplijeg mjeseca veću od 22 °C i
- b – toplo ljetno uz srednju temperaturu najtoplijeg mjeseca manju od 22 °C.

Najviši dijelovi Brača i Hvara imaju tip klime Csb, no uzimajući u obzir zanemarivu površinu tog područja, u Hrvatskoj prepoznajemo četiri tipa klime [4]:

- sredozemna klima s vrućim ljetom (Csa): srednja i južna Dalmacija s otocima,
- umjereno topla vlažna klima s vrućim ljetom (Cfa): nizinski dio unutrašnjosti Dalmacije te priobalje sjevernog Jadrana,
- umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom (Cfb): unutrašnjost Istre, nizinski dio Like i Gorskog kotara te nizinska Hrvatska i
- vlažna snježno-šumska klima (Df): planinski dio Like, Gorskog kotara i unutrašnjosti Dalmacije.

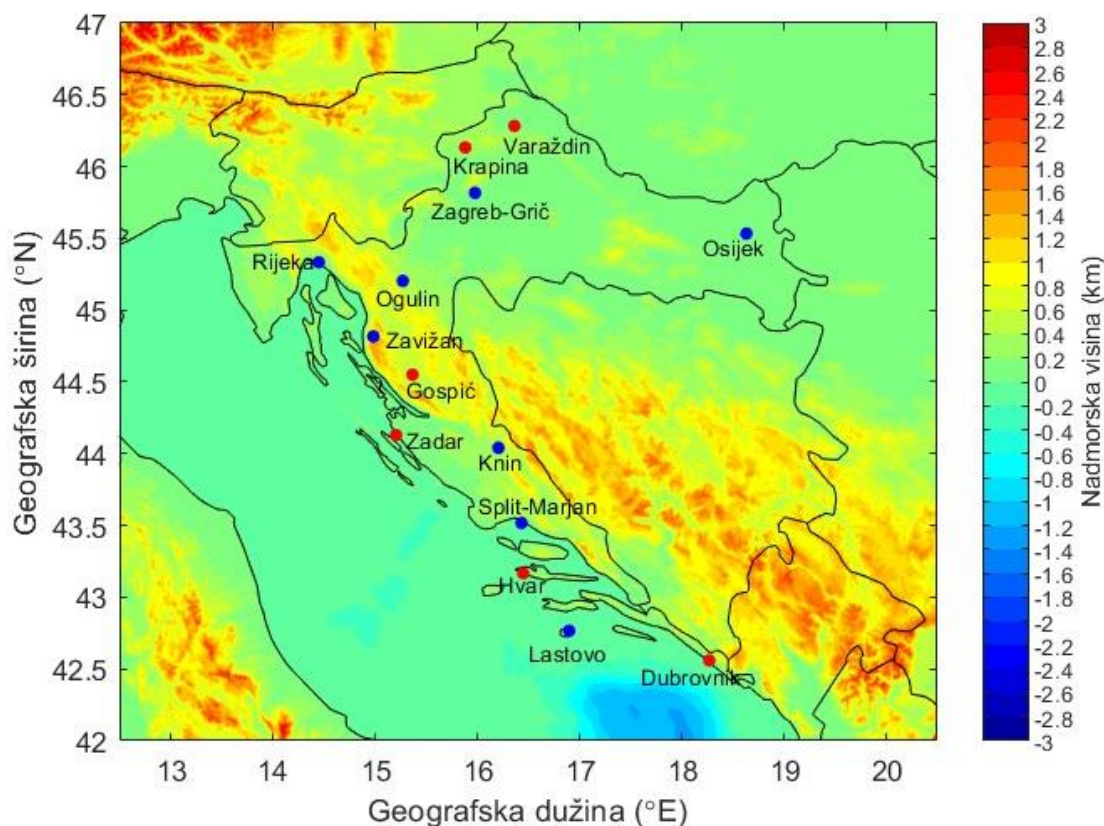
2 Materijali i metode

„National Centers for Environmental information“ (NCEI) omogućava pristup velikoj arhivi atmosferskih, oceanskih i geofizičkih podataka. Ova baza podataka sadrži niz informacija o okolišu koje su prikupljane tijekom dugačkih vremenskih razdoblja na geografskim lokacijama diljem Zemlje. Podaci se redovito nadopunjuju. Podaci se prikupljaju iz različitih izvora, uključujući pojedinačne istraživače, druge vladine organizacije i istraživačke institucije iz cijelog svijeta. Ovi podaci uključuju satna, dnevna, mjesečna, sezonska te godišnja mjerenja [6].

Skup podataka „Global Summary of the Month“ (GSOM) sadrži mjesečne nizove atmosferskih varijabli, za razdoblje od (najranije) 1763. godine do danas. Glavne atmosferske varijable koje obuhvaća GSOM su mjesečni srednjaci maksimalnih i minimalnih dnevnih temperatura te srednja mjesečna temperatura, ukupna količina oborine i visina snijega, odstupanje od srednje mjesečne temperature i srednje mjesečne oborine, stupanj grijanja i hlađenja, broj dana kada su temperatura i oborina ispod ili iznad određenih pragova, ekstremne dnevne temperature i ekstremne dnevne količine oborine, broj dana s maglom i broj dana s grmljavinskim nevremenom, sve na mjesečnoj razini [6].

Atmosferske varijable proučavane u ovom radu jesu mjesečna srednja temperatura, mjesečni srednjaci maksimalnih i minimalnih dnevnih temperatura, mjesečni broj vrućih (temperatura viša od 32 °C) i hladnih (temperatura niža od 0 °C) dana te ukupna količina mjesečne oborine.

Lokacije na kojima se mjere meteorološke varijable te vrše meteorološka motrenja zovu se meteorološke postaje [7]. Kako bi se skinuli potrebni podaci, na internetskoj stranici NCEI [8] klikom na „Find Location Using Map“, potrebno je kvadratom obuhvatiti područje Hrvatske – što rezultira učitavanjem osnovnih informacija o svim dostupnim meteorološkim postajama na području Republike Hrvatske. Podaci prikupljeni tijekom dugog niza godina mogu nam pružiti informacije o srednjoj klimi Republike Hrvatske te o njenim promjenama. Za Republiku Hrvatsku dostupno je četrnaest meteoroloških postaja (Slika 1). Odabrano ih je osam, na način da je za svako karakteristično klimatsko područje izabrana bar jedna postaja. Za predstavnike nizinske Hrvatske odabrani su Zagreb-Grič (središnja Hrvatska) i Osijek (Slavonija), gorske Hrvatske Ogulin (Lika i Gorski kotar) i Zavižan (planine), primorske Hrvatske Rijeka (sjeverni Jadran), Split-Marjan (južni Jadran), Lastovo (otoci) te Knin (Dalmatinska zagora). Na Slici 1 prikazano je svih četrnaest meteoroloških postaja.



Slika 1. Orografska karta Republike Hrvatske s meteorološkim postajama. Plavom bojom označene su odabrane postaje, a crvenom ostale postaje dostupne u NCEI bazi podataka.

Za odabrane atmosferske varijable izračunati su trendovi, godišnji hod, srednjak i standardne devijacije za dva razdoblja koja se dijelom preklapaju: (1) 1971.-2000., i (2) 1991.-2020. Za obradu podataka, odnosno grafičke prikaze i računanje srednjih vrijednosti koristio sam alate Microsoft Excel i Gnuplot.

Trendovi srednje mjesečne temperature te mjesečnih srednjaka maksimalnih i minimalnih dnevnih temperatura izračunati su za sve odabrane postaje metodom najmanjih kvadrata. Trendovi temperature govore nam za koliko se ona promijeni u određenom razdoblju. Na primjer, ako trend niza prosječne temperature iznosi $0.6 \text{ }^\circ\text{C}/10$ godina, to znači da se svakih deset godina prosječna temperatura poveća za $0.6 \text{ }^\circ\text{C}$. Kako bismo izračunali trend, pretpostavimo ovisnost promjene varijable o vremenu:

$$y = a \cdot x, \quad (2.1)$$

gdje y predstavlja atmosfersku varijablu, x mjesec u godini (odnosno vrijeme), a a trend, odnosno koeficijent smjera pravca koji se računa kao:

$$a = \frac{\overline{x \cdot y}}{\overline{x^2}}. \quad (2.2)$$

Srednja vrijednost atmosferske varijable \bar{x} u određenom vremenskom periodu računa se kao:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (2.3)$$

gdje je x_i iznos te varijable i -tom mjesecu ili godini, a N ukupni broj mjeseci ili godina tijekom kojih se varijabla mjeri.

Standardna devijacija srednje vrijednosti atmosferske varijable σ računa se prema formuli:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}. \quad (2.4)$$

Godišnji hod čine mjesečni srednjaci odabrane varijable. Računa se prema formuli:

$$X_i = \frac{1}{N} \sum_j^N x_j, \quad (2.5)$$

gdje je X_i srednjak varijable za mjesec i , N broj mjeseci za koje imamo podatke te x_j vrijednost varijable u svakom od tih N mjeseci.

3 Rezultati

3.1 Temperatura zraka

Jedna od najbitnijih atmosferskih varijabli jest temperatura zraka, koja znatno utječe na svakodnevni život i prirodu. Temperatura zraka prvenstveno je određena geografskim položajem, nadmorskom visinom, godišnjim dobima te raspodjelom mora i kopna, no velik utjecaj ima i efekt staklenika zbog kojeg se globalna temperatura posljednjih desetljeća konstantno povećava. S porastom nadmorske visine temperatura zraka, u pravilu, opada [3].

Trendovi promjene srednje mjesečne temperature, mjesečnih srednjaka dnevnih maksimalnih i minimalnih temperatura izračunati metodom najmanjih kvadrata prikazani su u Tablici 1. Na svim postajama bilježi se pozitivan trend za sve tri varijable, za oba proučavana razdoblja. U pravilu su trendovi srednje mjesečne temperature te mjesečnih srednjaka maksimalnih i minimalnih dnevnih temperatura viši u razdoblju 1991.-2020., nego u razdoblju 1971.-2000. Najveće relativno povećanje trenda srednje mjesečne temperature zabilježeno je na postaji Knin gdje je trend u drugom razdoblju dvostruko veći od trenda u prvom razdoblju. Jedina postaja na kojoj nije zabilježena promjena trenda srednje mjesečne temperature u drugom u odnosu na prvo razdoblje je postaja Zagreb-Grič. Trendovi srednje mjesečne maksimalne temperature su, na gotovo svim postajama, veći od trendova srednje mjesečne temperature: izuzetak su postaje Split-Marjan u prvom te Osijek i Zavižan u drugom razdoblju. Najveće relativno povećanje trenda srednje mjesečne maksimalne temperature zabilježeno je u Rijeci i Kninu, dok postaje Zagreb-Grič, Lastovo i Zavižan bilježe smanjenje trenda (no treba primijetiti da je trend i dalje pozitivan). Trendovi srednje mjesečne minimalne temperature su, na gotovo svim postajama, manji od trendova srednje mjesečne i srednje mjesečne maksimalne temperature: izuzetak su postaje Split-Marjan u prvom te Osijek i Zavižan u drugom razdoblju. Na postaji Knin zabilježeno je najveće relativno povećanje trenda srednje mjesečne minimalne temperature gdje je trend u drugom razdoblju 2.6 puta veći od trenda u prvom razdoblju. Postaja Lastovo bilježi jednak trend za sve tri varijable u drugom razdoblju.

Tablica 2 prikazuje srednje mjesečne siječanjske temperature iz kojih se vidi da je, prema Köppenovoj klasifikaciji klime, za Zavižan karakteristična snježno-šumska klima, a za Zagreb, Osijek i Ogulin umjereno topla kišna klima. Umjereno topla kišna klima karakteristična je i za postaje Knin, Rijeka, Split-Marjan i Lastovo.

Tablica 1. Trend srednje mjesečne temperature (T_{avg}), mjesečnih srednjaka dnevnih maksimalnih (T_{max}) i minimalnih (T_{min}) temperatura za osam odabranih meteoroloških postaja.

Postaja	\bar{T}_{avg} [°C/10 godina]		\bar{T}_{max} [°C/10 godina]		\bar{T}_{min} [°C/10 godina]	
	1971.-2000.	1991.-2020.	1971.-2000.	1991.-2020.	1971.-2000.	1991.-2020.
Zagreb-Grič	0.59	0.59	0.78	0.62	0.41	0.55
Osijek	0.32	0.51	0.35	0.48	0.29	0.55
Ogulin	0.49	0.64	0.60	0.70	0.39	0.58
Zavižan	0.43	0.52	0.52	0.51	0.35	0.54
Knin	0.27	0.54	0.41	0.74	0.13	0.34
Rijeka	0.35	0.61	0.40	0.73	0.31	0.52
Split-Marjan	0.37	0.57	0.35	0.59	0.39	0.55
Lastovo	0.49	0.50	0.59	0.50	0.40	0.50

Tablica 2. Srednja mjesečna siječanjska temperatura \bar{T}_{avg} za postaje nizinske i gorske Hrvatske u razdoblju 1971.-2000.

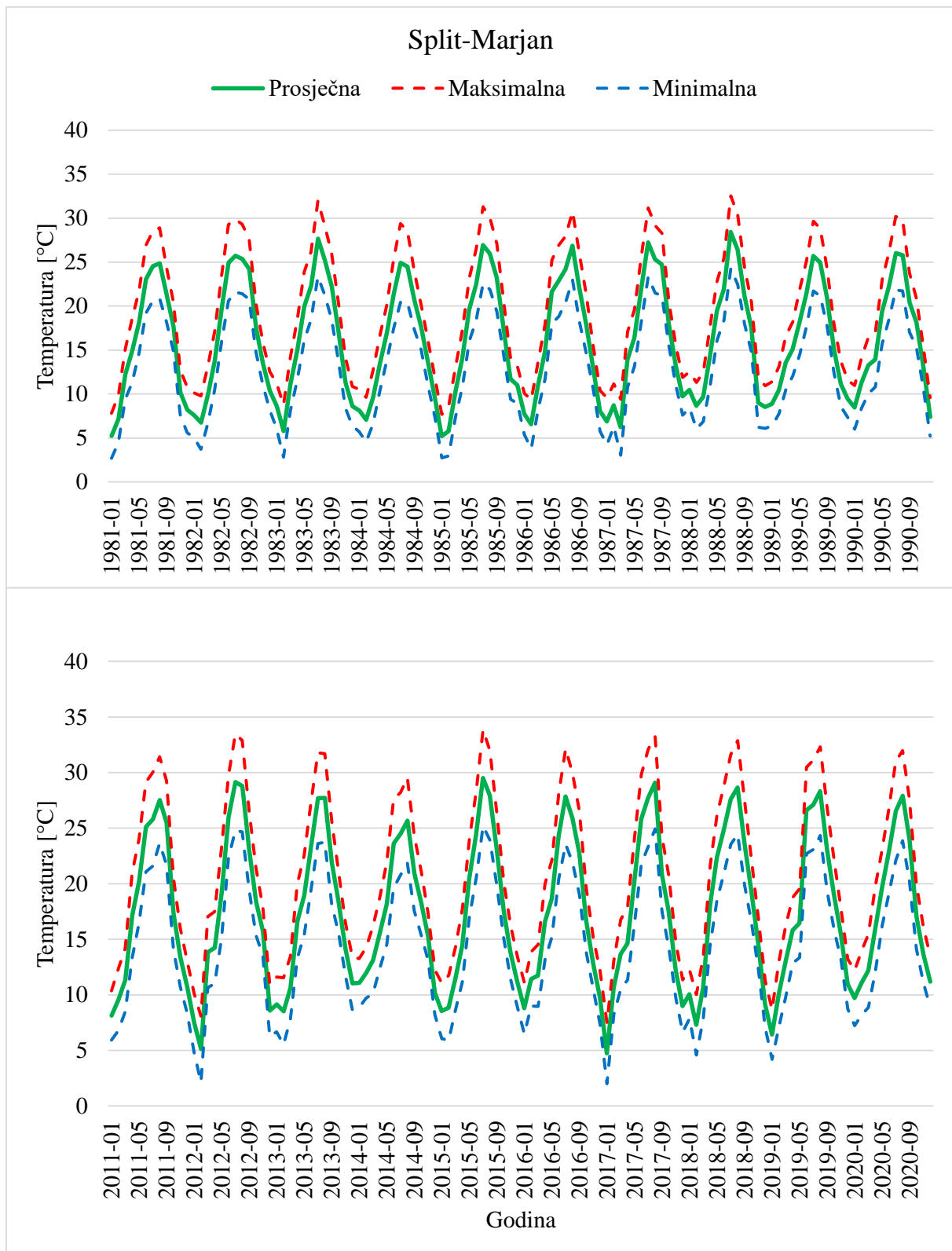
\bar{T}_{avg} [°C]			
Zagreb-Grič	Osijek	Ogulin	Zavižan
1.5	0	0.6	-3.4

Tablica 3 prikazuje srednje temperature najtoplijeg mjeseca u godini za svih osam odabranih postaja. Prema Köppenovoj klasifikaciji klime, postaje Zagreb-Grič, Osijek i Ogulin pripadaju podtipu „b“ klimatskog razreda C, dok postaje Knin, Rijeka, Split-Marjan i Lastovo pripadaju podtipu „a“.

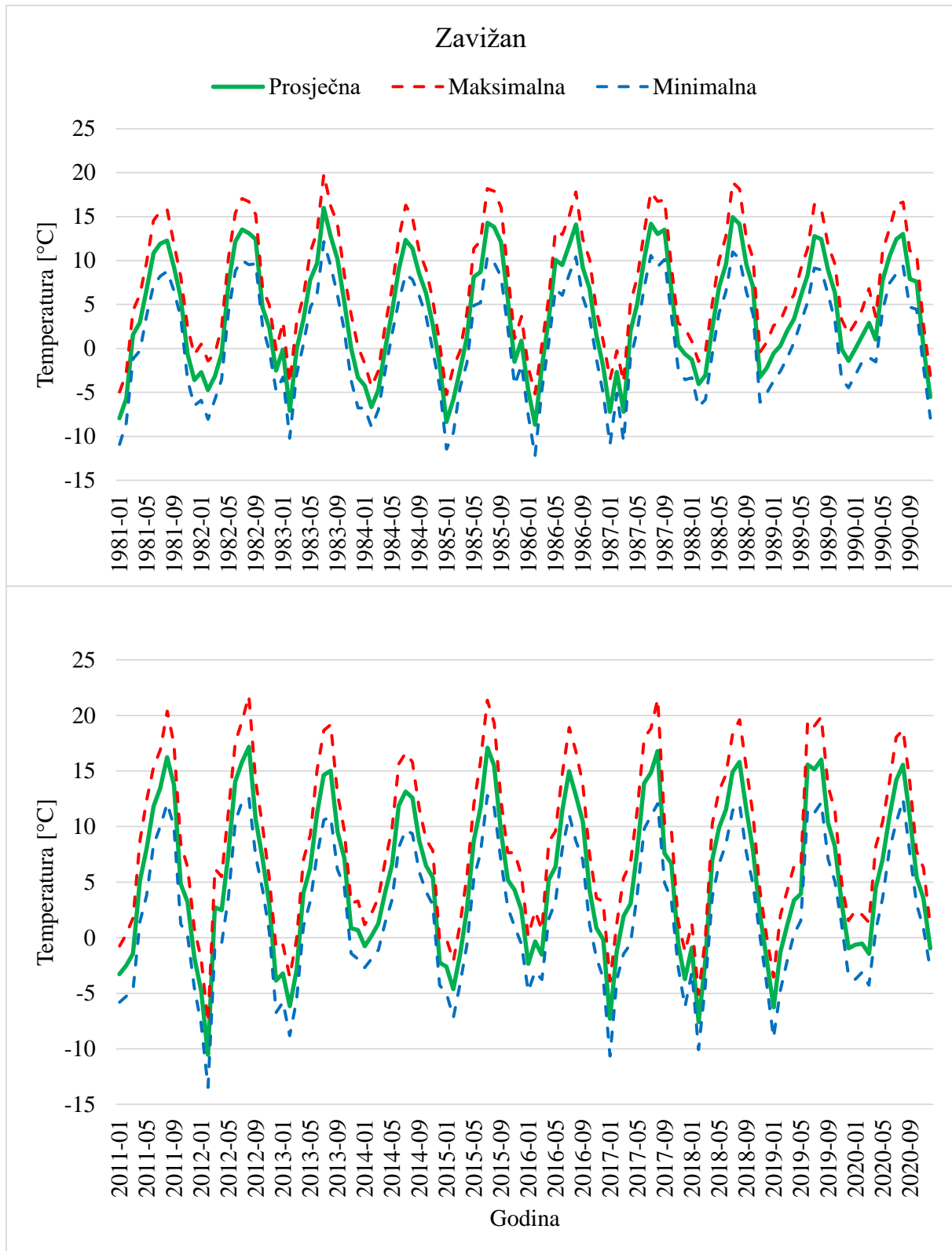
Tablica 3. Srednja temperatura najtoplijeg mjeseca u godini \bar{T}_{avg} za svih osam odabranih postaja u razdoblju 1971.-2000.

\bar{T}_{avg} [°C]							
Zagreb-Grič	Osijek	Ogulin	Zavižan	Knin	Rijeka	Split-Marjan	Lastovo
21.9	21.2	19.5	13.2	23.2	23.3	25.8	28.8

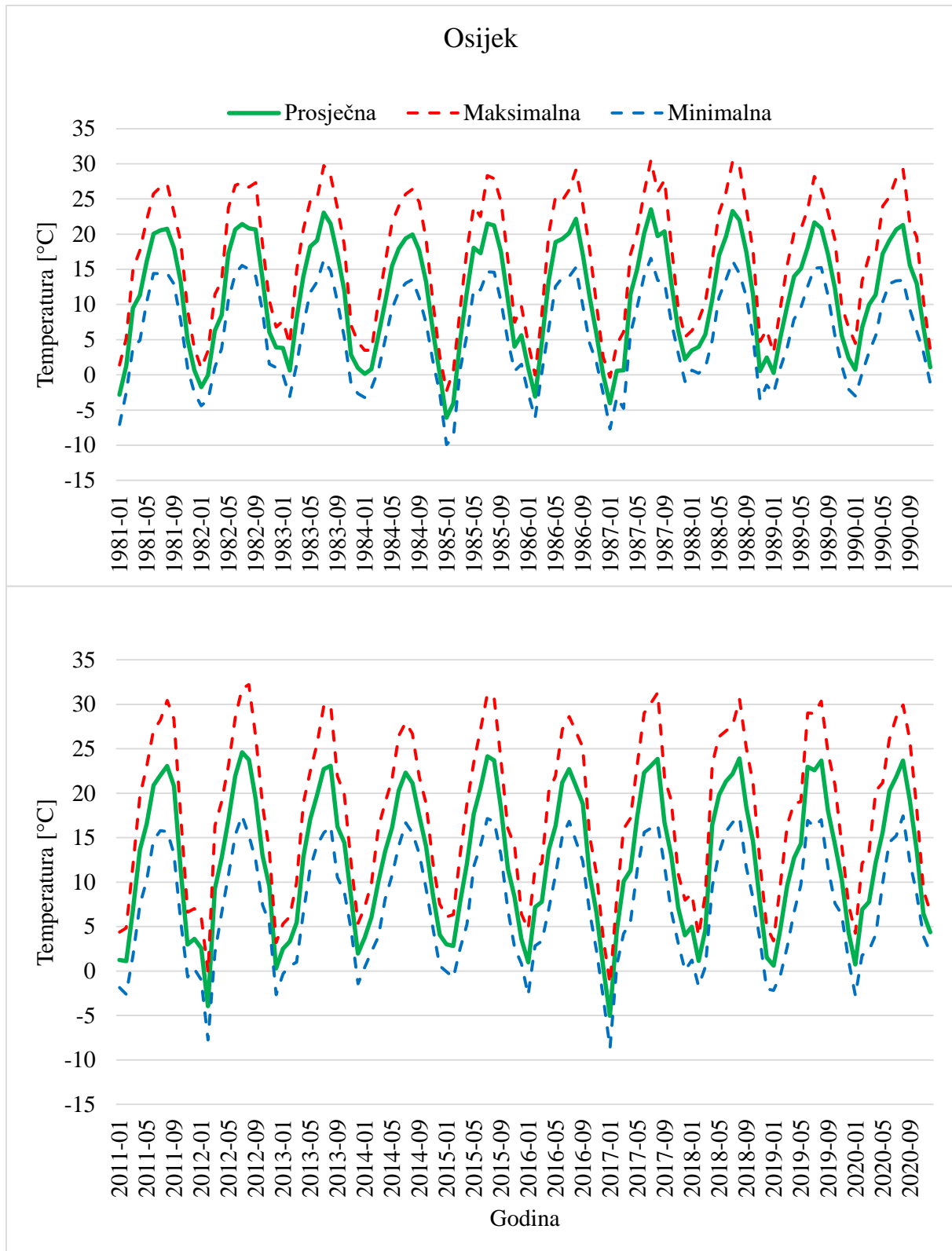
Vremenski hod srednje mjesečne temperature, te mjesečnog srednjaka maksimalnih i minimalnih dnevnih temperatura grafički prikazan je na Slikama 2, 3 i 4 za, redom, postaje Split-Marjan, Zavižan i Osijek. Za usporedbu su prikazana dva desetogodišnja razdoblja, i to od 1981. do 1990. te od 2011. do 2020. godine.



Slika 2. Vremenski hod srednje mjesečne temperature, te mjesečnog srednjaka maksimalnih i minimalnih temperatura zraka za postaju Split-Marjan.



Slika 3. Vremenski hod srednje mjesečne temperature, te mjesečnog srednjaka maksimalnih i minimalnih temperatura zraka za postaju Zavižan.



Slika 4. Vremenski hod srednje mjesečne temperature, te mjesečnog srednjaka maksimalnih i minimalnih temperatura zraka za postaju Osijek.

Pozitivni trendovi triju temperaturnih varijabli mogu se iščitati i iz prikazanih vremenskih nizova. Na postaji Split-Marjan od 1981. do 1987. mjesečni srednjak minimalnih dnevnih temperatura redovito je padao ispod 5 °C. U kasnijim godinama, isto se sve rjeđe bilježi. Najviši mjesečni srednjak minimalnih dnevnih temperatura zabilježen je 2014. godine kad je iznosio gotovo 9 °C (Slika 2). Mjesečni srednjaci maksimalnih dnevnih temperatura u prvom prikazanom desetogodišnjem razdoblju ljeti su iznosili do ~30.5 °C, a u drugom razdoblju i preko 32 °C. Srednja mjesečna temperatura u prvom prikazanom razdoblju iznosila je oko 16 °C, a u drugom oko 17.5 °C.

Na postaji Zavižan u razdoblju 1981.-1990. mjesečni srednjak maksimalnih dnevnih temperatura nijednom nije prešao 20 °C, a u razdoblju 2011.-2020. je isto zabilježeno četiri puta. Najhladnija godina bila je 2012. kada je u veljači zabilježen mjesečni srednjak minimalnih dnevnih temperatura od -13.5 °C. No, i za Zavižan, sve tri temperaturne varijable imaju izražen pozitivan trend (Tablica 1). U drugom prikazanom razdoblju, u odnosu na prvo, bilježe se primjerice tri godine tijekom kojih mjesečni srednjak minimalnih dnevnih temperatura nijednom nije pao ispod -5 °C, dok je u prvom promatranom razdoblju samo jedna takva godina.

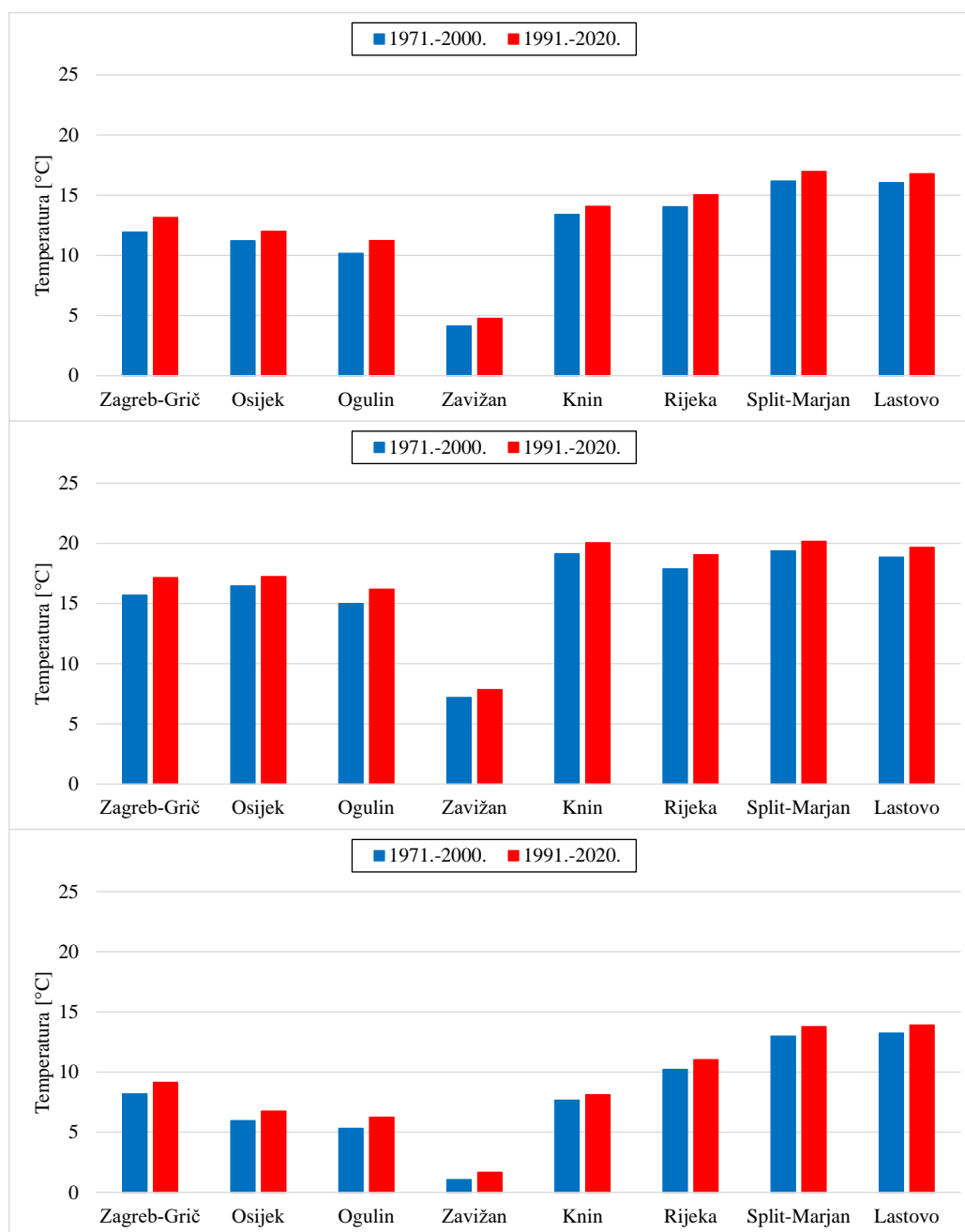
Na postaji Osijek mjesečni srednjaci minimalnih dnevnih temperatura u drugom prikazanom razdoblju većinom se kreću od -1 do -3 °C, dok se u prvom kreću od -3 do -6 °C. Najhladnija godina bila je 1985., kada je, za siječanj, određen mjesečni srednjak minimalnih dnevnih temperatura od -10 °C. U drugom prikazanom razdoblju mjesečni srednjaci maksimalnih dnevnih temperatura redovito prelaze 30 °C, dok se u prvom razdoblju isto bilježilo mnogo rjeđe.

Na Slici 5 prikazani su godišnji srednjaci dnevnih temperatura, te godišnji srednjaci maksimalnih i minimalnih dnevnih temperatura za osam odabranih postaja, odvojeno za dva proučavana razdoblja.

U kontinentalnom dijelu Hrvatske godišnji srednjaci temperature zraka kreću se oko 11-12 °C. Temperature su nešto veće u Osijeku i Zagrebu nego u Ogulinu zbog utjecaja toplinskog otoka grada². U primorskoj Hrvatskoj (Rijeka) srednja godišnja temperatura zraka iznosi oko 14-15 °C na sjeveru Jadrana, dok se na jugu (Split-Marjan i Lastovo) podiže i do 17 °C zbog neposrednog utjecaja mora i geografskog položaja. U Dalmatinskoj zagori (Knin) još uvijek se osjeća utjecaj mora te se srednje godišnje temperature kreću između 13 °C i 14 °C. Predstavnici

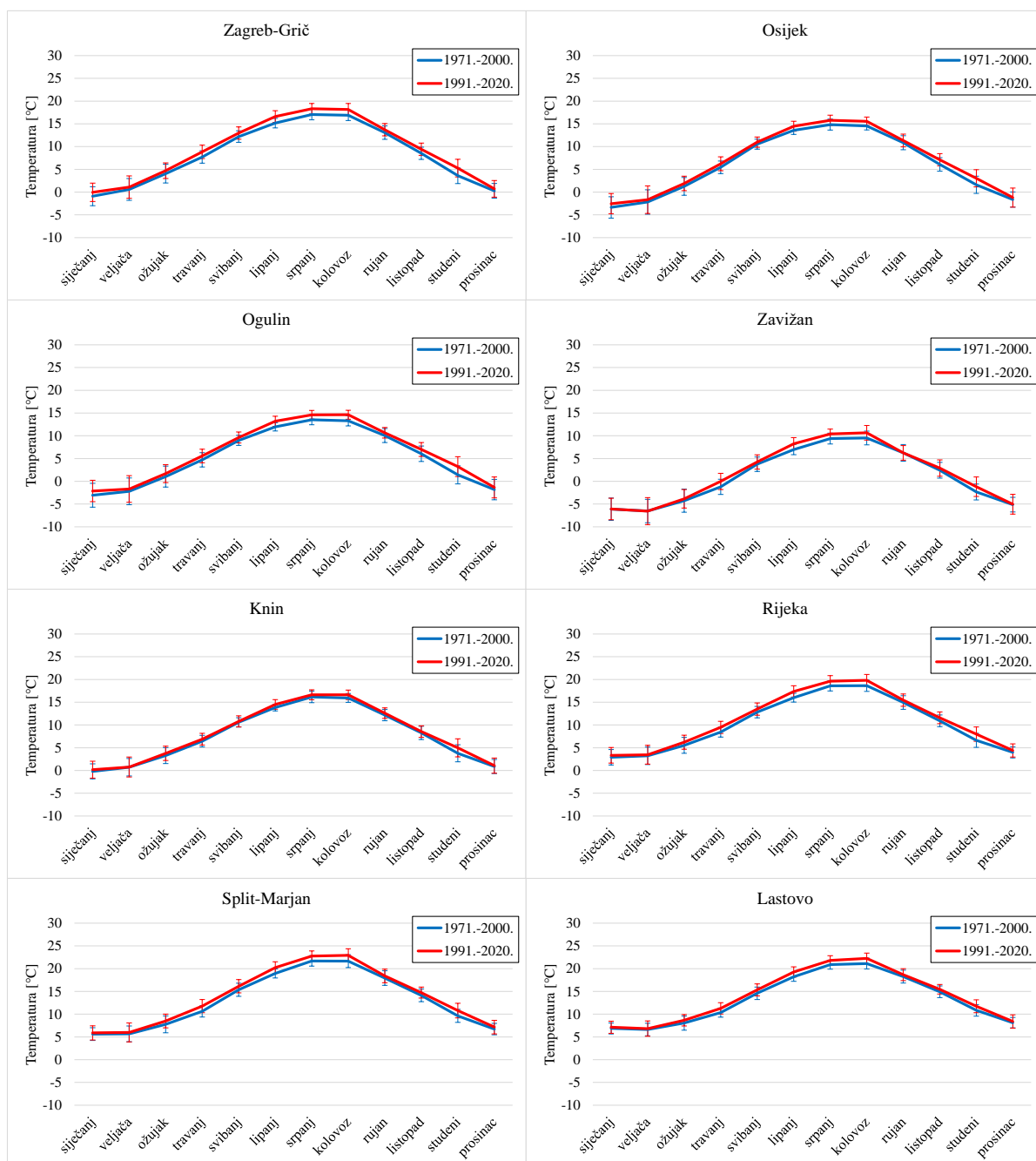
² Toplinski otok grada javlja se u gusto naseljenim mjestima s manje zelenih i više betonskih površina. Takva su mjesta građena od materijala koji nemaju veliku sposobnost refleksije Sunčeva zračenja, zbog čega je u njima temperatura i do nekoliko stupnjeva viša nego u okolnim, rjeđe naseljenim mjestima [9].

gorske Hrvatske, Ogulin i Zavižan, imaju najveći temperaturni raspon zbog iznimne orografske razvedenosti tog područja. Značajne promjene nadmorske visine na području Like i Gorskog kotara uzrok su velikih prostornih promjena temperature. Godišnji srednjaci temperature kreću se od ~4 °C na Zavižanu do ~11 °C u Ogulinu [3]. Kad je riječ o godišnjem srednjaku maksimalnih dnevnih temperatura, na svim postajama zabilježen je porast temperature u drugom razdoblju u odnosu na prvo, od oko 1-2 °C. S druge strane, može se uočiti kako se godišnji srednjak minimalnih dnevnih temperatura više povećao u gorskoj Hrvatskoj, posebice na Zavižanu koji bilježi najveći rast, i u nizinskoj Hrvatskoj, nego u primorskoj Hrvatskoj.



Slika 5. Godišnji srednjak temperatura, te godišnji srednjak maksimalnih i minimalnih dnevnih temperatura za svih osam odabranih postaja.

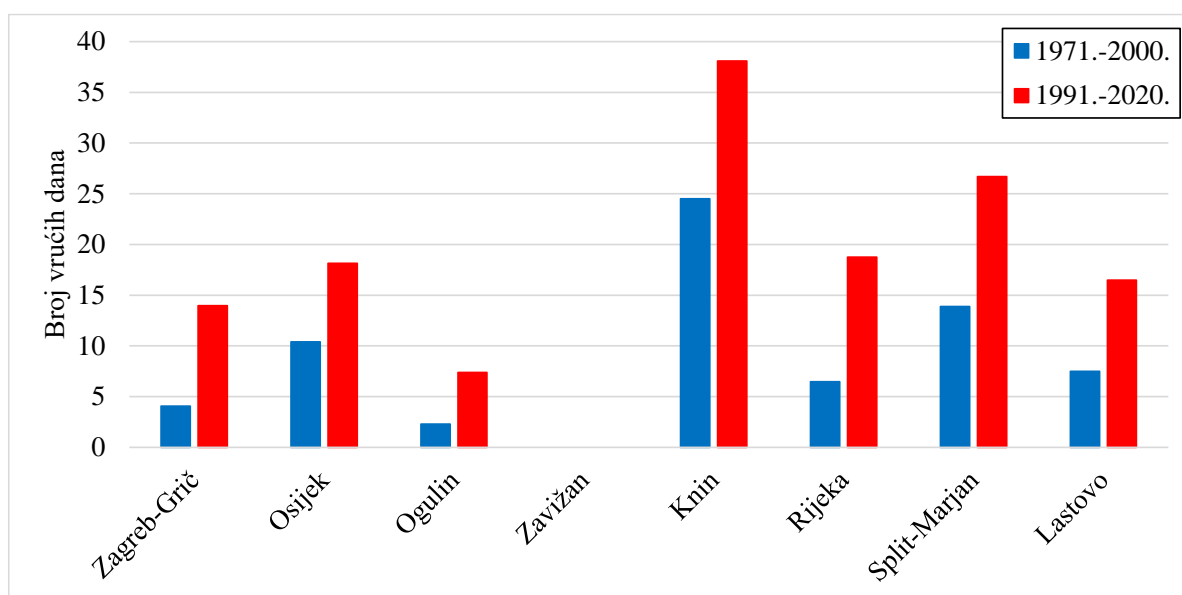
Godišnji hod mjesečnih srednjaka minimalnih dnevnih temperatura, s pripadnim standardnim devijacijama, prikazan je na Slici 6 za dva proučavana razdoblja odvojeno. Godišnji hod ima oblik vala s maksimumom ljeti (srpanj, kolovoz) i minimumom zimi (siječanj, veljača). Jedan od glavnih čimbenika koji utječe na godišnji raspon temperatura jest blizina mora. More je tromije od kopna, odnosno treba mu više vremena da se zagrije ili ohladi, nego kopnu. Stoga, zimi more priobalna područja grije pa je temperaturna razlika između kontinentalne i primorske Hrvatske veća nego ljeti kad more hladi priobalna područja, kada se te temperaturne razlike smanjuju [3].



Slika 6. Godišnji hod mjesečnog srednjaka minimalnih dnevnih temperatura, za dva razdoblja, na svih osam odabranih postaja.

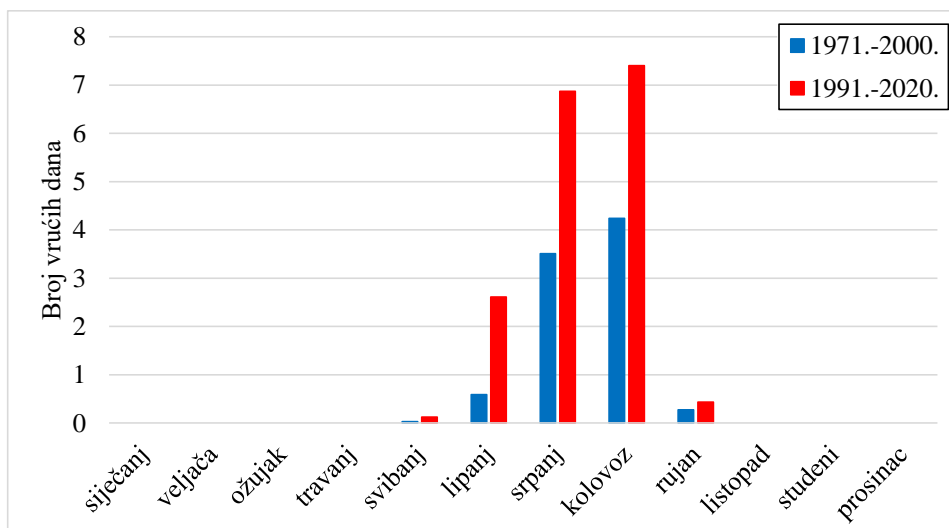
3.2 Vrući i hladni dani

Vrući dani definirani su kao dani u kojima je maksimalna temperatura bila iznad 32 °C. Na Slici 7 prikazan je prosječan broj vrućih dana po godini za osam odabranih postaja. Iz grafa je vidljivo da se broj vrućih dana značajno povećao u drugom razdoblju u odnosu na prvo. Na postajama Zagreb-Grič i Ogulin broj vrućih dana se i više nego utrostručio. Meteorološke postaje na višim nadmorskim visinama broje manje vrućih dana pa tako na Zavižanu ni u jednom od dva razdoblja nije zabilježen dan s temperaturom višom od 32 °C. U primorskoj Hrvatskoj broj vrućih dana mnogo je veći nego u nizinskoj i gorskoj Hrvatskoj, naročito na postajama Knin i Split-Marjan.



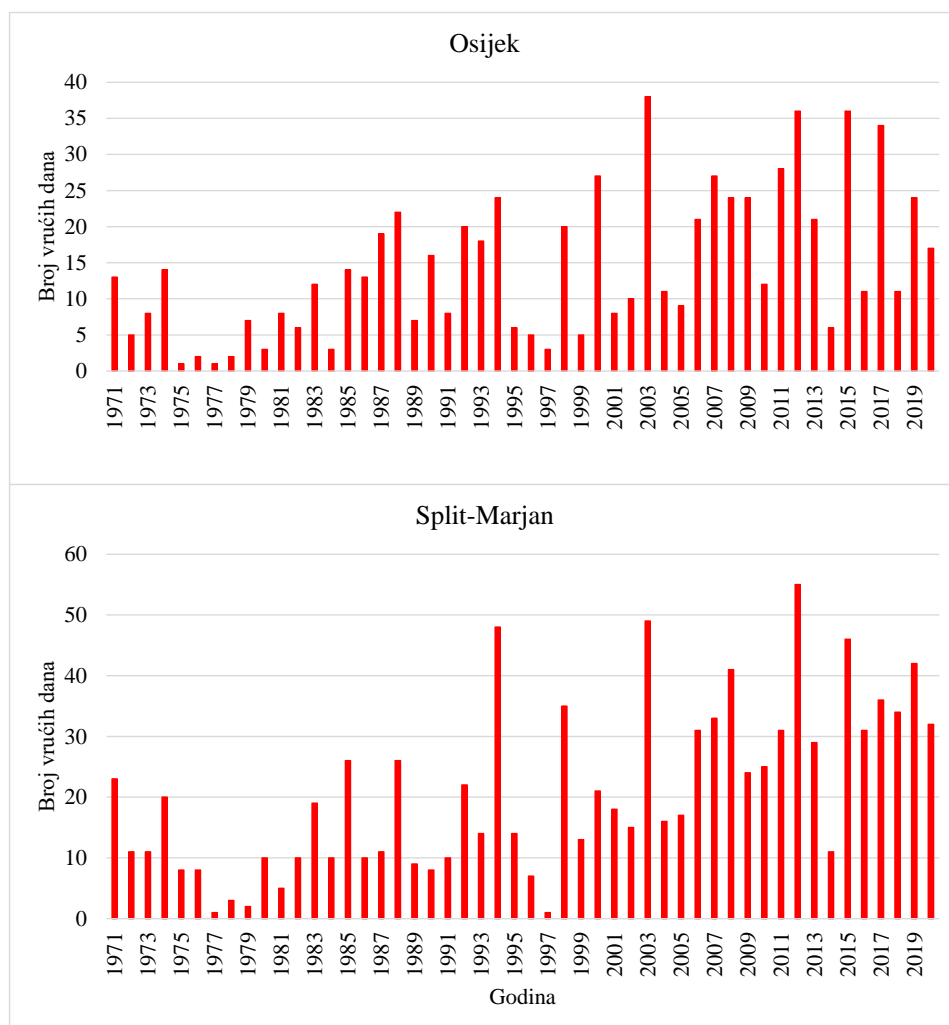
Slika 7. Prosječan broj vrućih dana po godini za svih osam odabranih postaja.

Na Slici 8 prikazan je srednji broj vrućih dana po mjesecu po postaji. Na ovaj se način dobije mjesečni srednji broj vrućih dana na razini Hrvatske. Vrući dani najranije se javljaju u svibnju, no vrlo rijetko. Mjeseci lipanj, srpanj i kolovoz imaju najveći broj vrućih dana, dok je rujan zadnji mjesec u kojem se bilježe maksimalne dnevne temperature iznad 32 °C. Kao i na Slici 7, i ovdje se vidi značajan porast u broju vrućih dana u drugom razdoblju u odnosu na prvo. U lipnju je taj broj skočio za više od četiri puta, dok se u srpnju i kolovozu gotovo udvostručio.



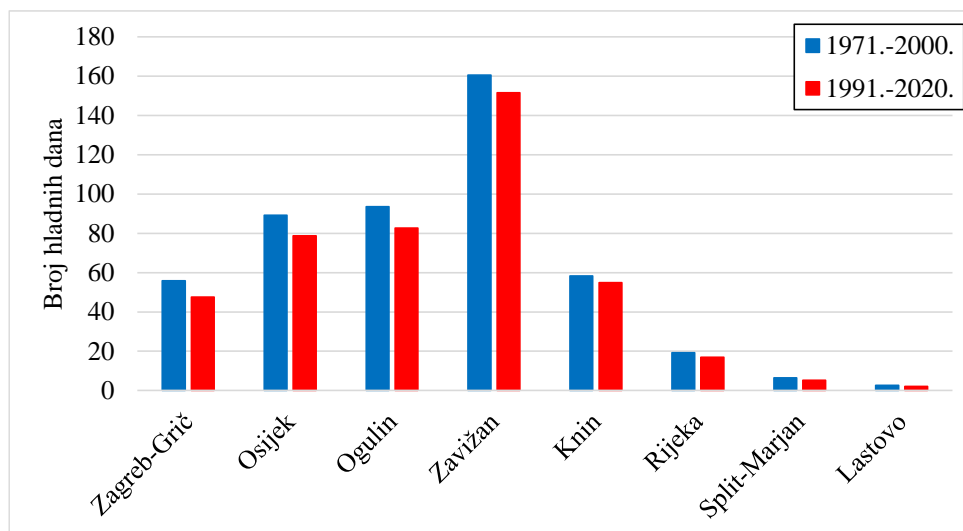
Slika 8. Prosječan mjesečni broj vrućih dana po postaji.

Na Slici 9 prikazan je vremenski niz broja vrućih dana tijekom 50-godišnjeg razdoblja na postajama Osijek i Split-Marjan. Uočljiv je značajan porast broj vrućih dana tijekom godina na obje postaje.



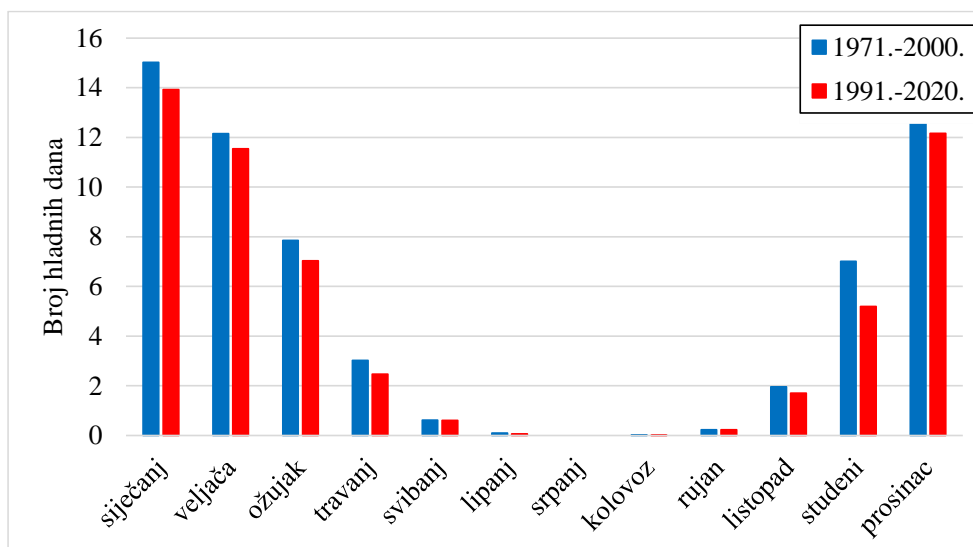
Slika 9. Vremenski hod broja vrućih dana na postajama Osijek i Split-Marjan.

Hladni dani definirani su kao dani s minimalnom temperaturom nižom od 0 °C. Na Slici 10 prikazan je prosječan broj hladnih dana po godini za osam odabranih postaja. Promjena u broju hladnih dana vidno je manja od promjene u broju vrućih dana, odnosno broj hladnih dana opada sporije nego što broj vrućih dana raste. Meteorološke postaje na višim nadmorskim visinama broje više hladnih dana, stoga je najviše hladnih dana zabilježeno na Zavižanu.



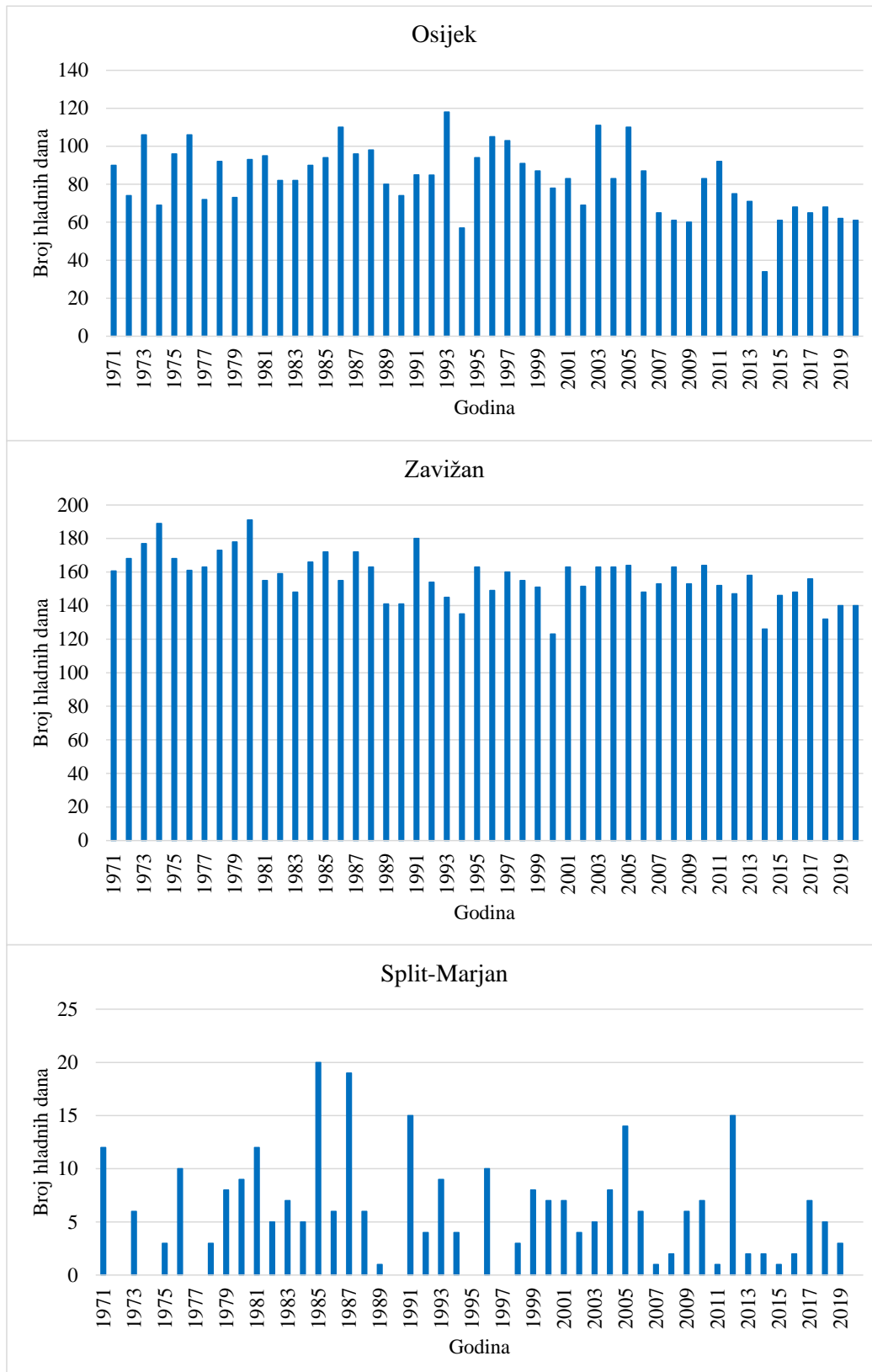
Slika 10. Prosječan broj hladnih dana po godini za svih osam odabranih postaja.

Hladni dani u gorskoj i nizinskoj Hrvatskoj uglavnom se bilježe od listopada do travnja, u gorskoj Hrvatskoj (Zavižan) ponekad i tijekom ljetnih mjeseci (osim u srpnju). U primorskoj Hrvatskoj dani s minimalnom temperaturom ispod 0 °C bilježe se od prosinca do ožujka, no vrlo su rijetki, posebice u Splitu i na Lastovu. Na Slici 11 vidljivo je da je siječanj mjesec u kojem se zabilježi najviše hladnih dana na razini Hrvatske, a studeni je mjesec u kojem je broj hladnih dana u drugom proučavanom razdoblju, u odnosu na prvo, najviše pao.



Slika 11. Prosječan mjesečni broj hladnih dana po postaji.

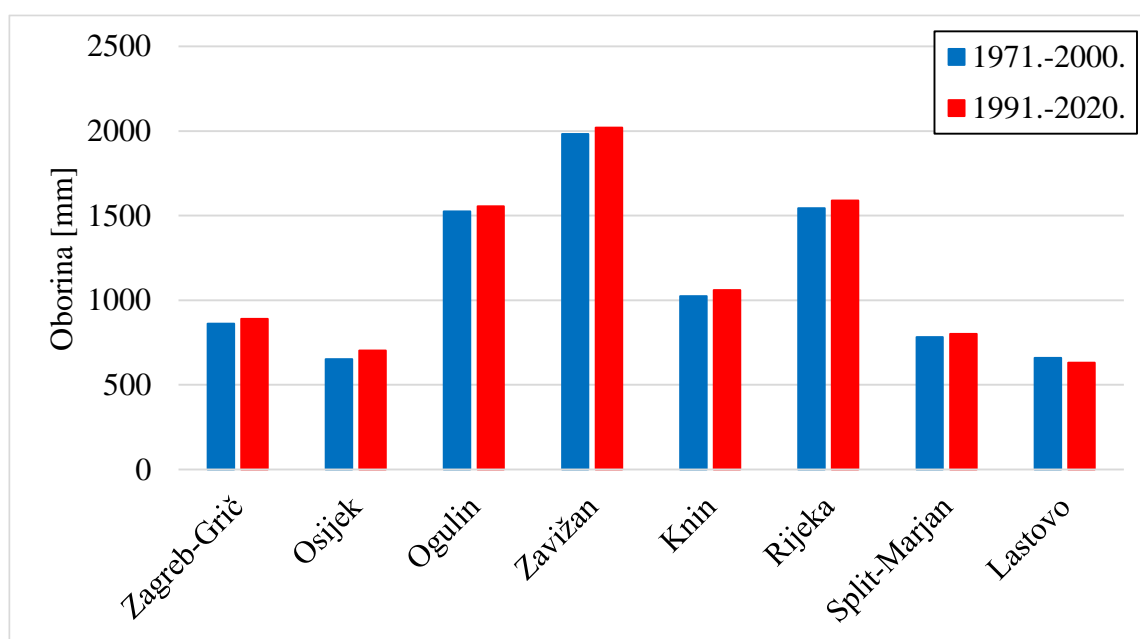
Na Slici 12 prikazan je vremenski hod broja hladnih dana na postajama Osijek, Zavižan i Split-Marjan. Primjetan je pad broja hladnih dana tijekom godina na svim postajama.



Slika 12. Vremenski hod broja hladnih dana na postajama Osijek, Zavižan i Split-Marjan.

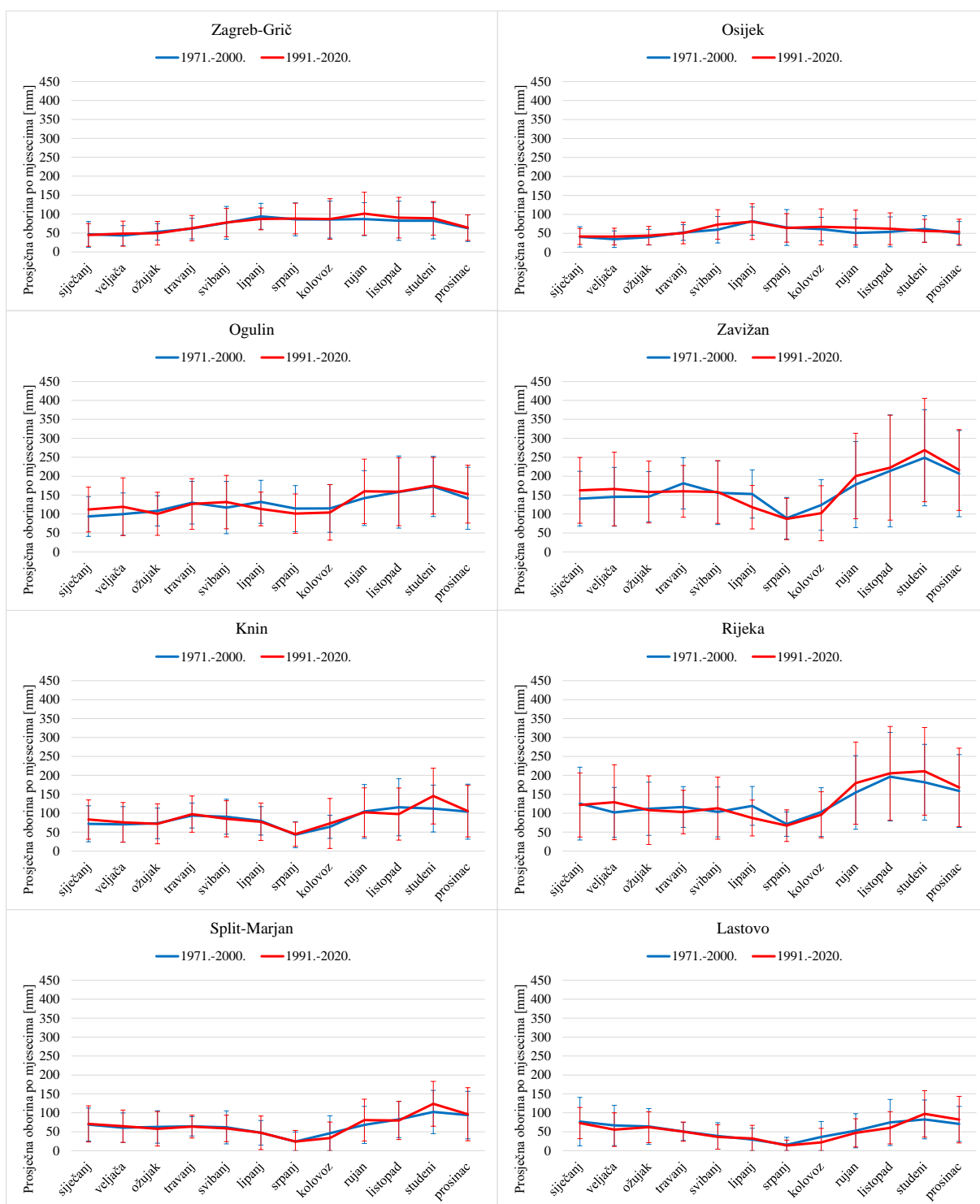
3.3 Oborina

Na Slici 13 prikazana je srednja godišnja količina oborine za svih osam odabranih postaja. Oborina je varijabla koji se najmanje promijenila tijekom dvaju promatranih razdoblja. Srednja godišnja oborina se u Hrvatskoj kreće od oko 600 mm na Lastovu do oko 2000 mm na Zavižanu. Količina oborine na svim postajama blago se povećala, osim na Lastovu, na kojem se bilježi pad količine oborine. U Hrvatskoj se najveće količine oborine bilježe na Zavižanu (~2000 mm) te u Ogulinu i Rijeci (~1500 mm) – Zavižan je planinska postaja, a na klimu Ogulina i Rijeke također bitno utječu obližnji planinski masivi.



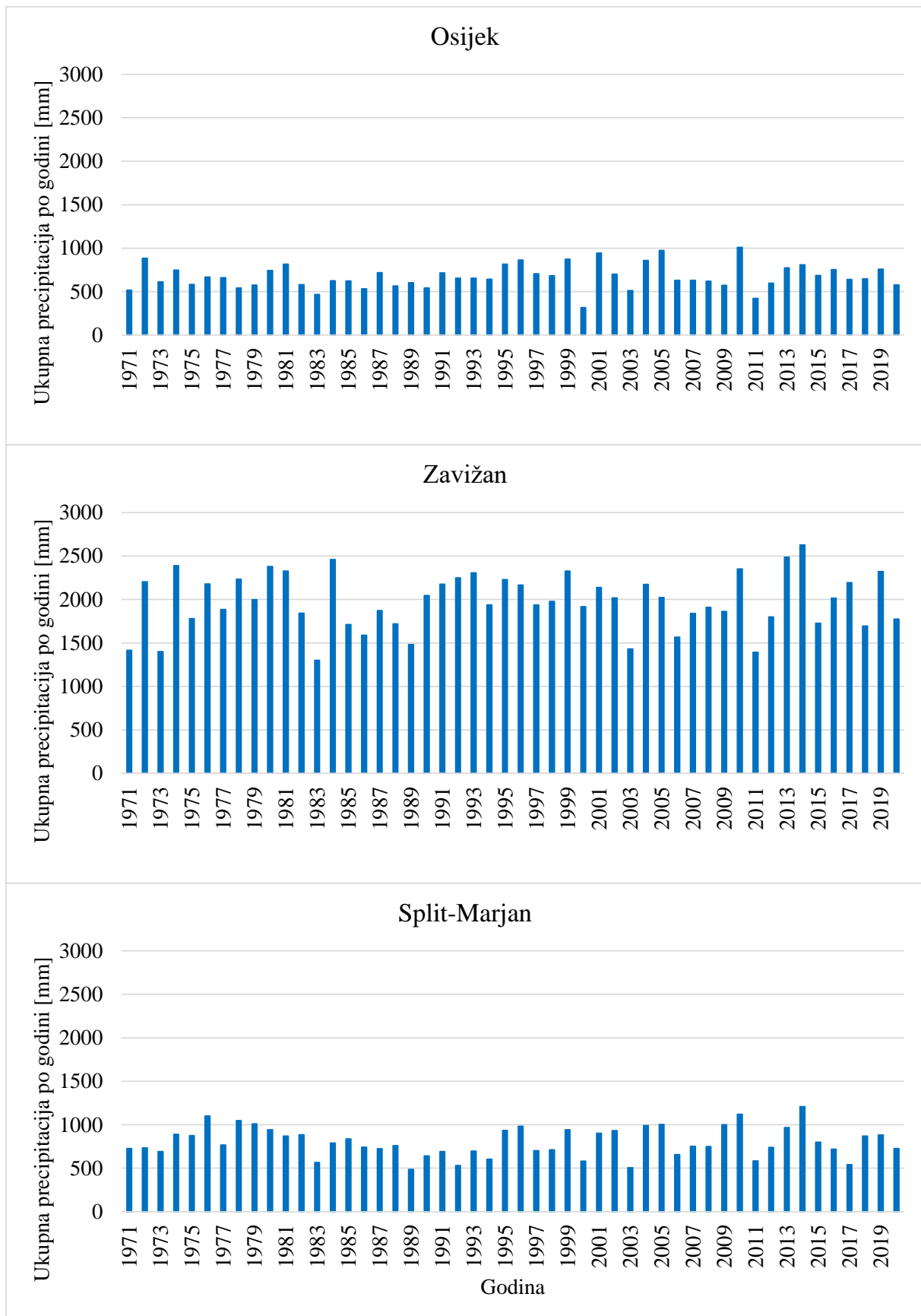
Slika 13. Srednja godišnja količina oborine za osam odabranih postaja.

Godišnji hod mjesečne količine oborine, s pripadnim standardnim devijacijama, prikazan je na Slici 14. Godišnji hod mjesečne količine oborine u Republici Hrvatskoj možemo podijeliti na dva tipa – maritimni i kontinentalni. Iz prikazanog godišnjeg hoda vidljivo je da je za primorsku i gorsku Hrvatsku karakterističan maritimni godišnji hod oborine budući da većina oborine pada u hladnijoj polovici godine. S udaljavanjem od mora maritimni utjecaj sve je slabiji pa tako u nizinskoj Hrvatskoj većina oborine pada u toplijem dijelu godine. Standardne devijacije izračunate su budući da se tijekom godina mogu pojaviti značajna odstupanja od mjesečnih prosjeka. Najveća odstupanja bilježe se na postajama gdje se bilježi i najviše oborine, a to su Zavižan, Rijeka i Ogulin. Najmanja odstupanja od srednjih mjesečnih vrijednosti događaju se na Lastovu i u Osijeku.



Slika 14. Godišnji hod mjesečne precipitacije s pripadnim standardnim devijacijama za osam odabranih postaja.

Na Slici 15 prikazan je vremenski niz godišnje količine oborine na postajama Osijek, Zavižan i Split-Marjan. Vizualno, trend nije uočljiv.



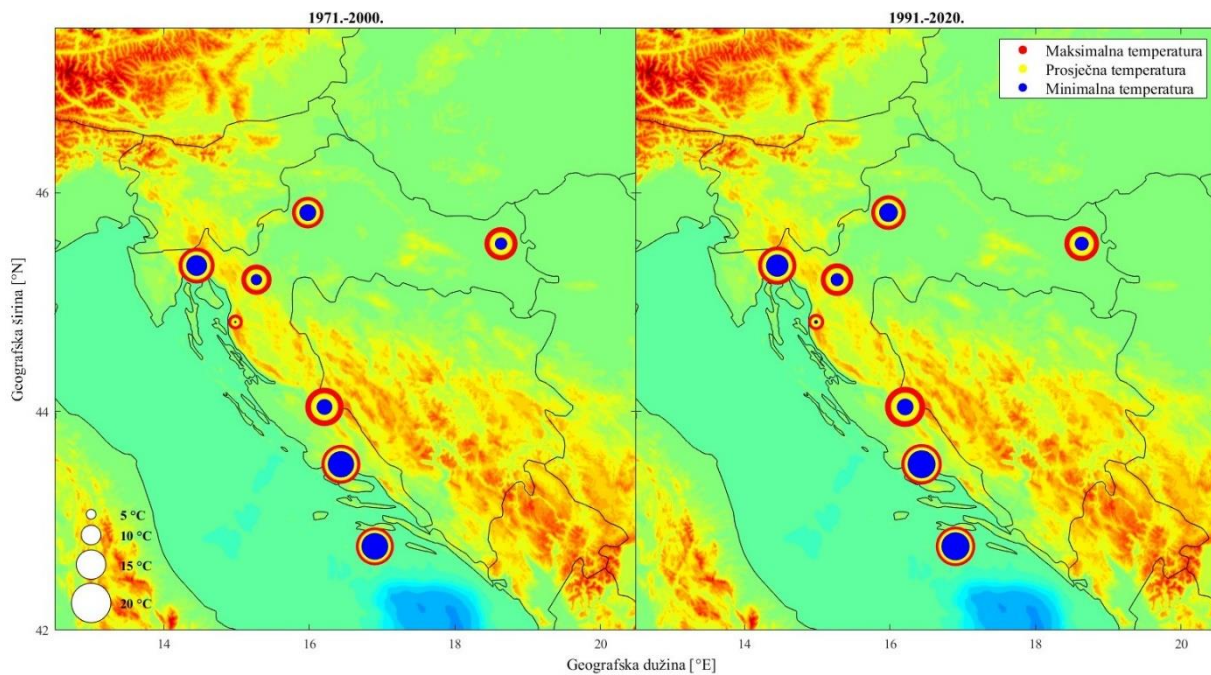
Slika 15. Vremenski hod ukupne godišnje količine oborine za postaje Osijek, Zavižan i Split-Marjan

4 Zaključak

Prosječni atmosferski uvjeti, odnosno varijable te njihove ekstremne vrijednosti i varijacije, što nazivamo klimom, podložni su promjenama tijekom dugih vremenskih perioda. Promjene u klimi moguće su zbog prirodnih ili čovjekovih utjecaja. Uspoređena su dva klimatska razdoblja u Hrvatskoj, 1971.-2000. i 1991.-2020., te analizirane promjene sljedećih atmosferskih varijabli: srednja mjesečna temperatura te mjesečni srednjaci maksimalnih i minimalnih dnevnih temperatura, mjesečni broj vrućih i hladnih dana te mjesečna količina oborine. Od četrnaest dostupnih postaja odabrano ih je osam tako da svaka odabrana postaja klimatski predstavlja reprezentativnu točku određenog područja Hrvatske.

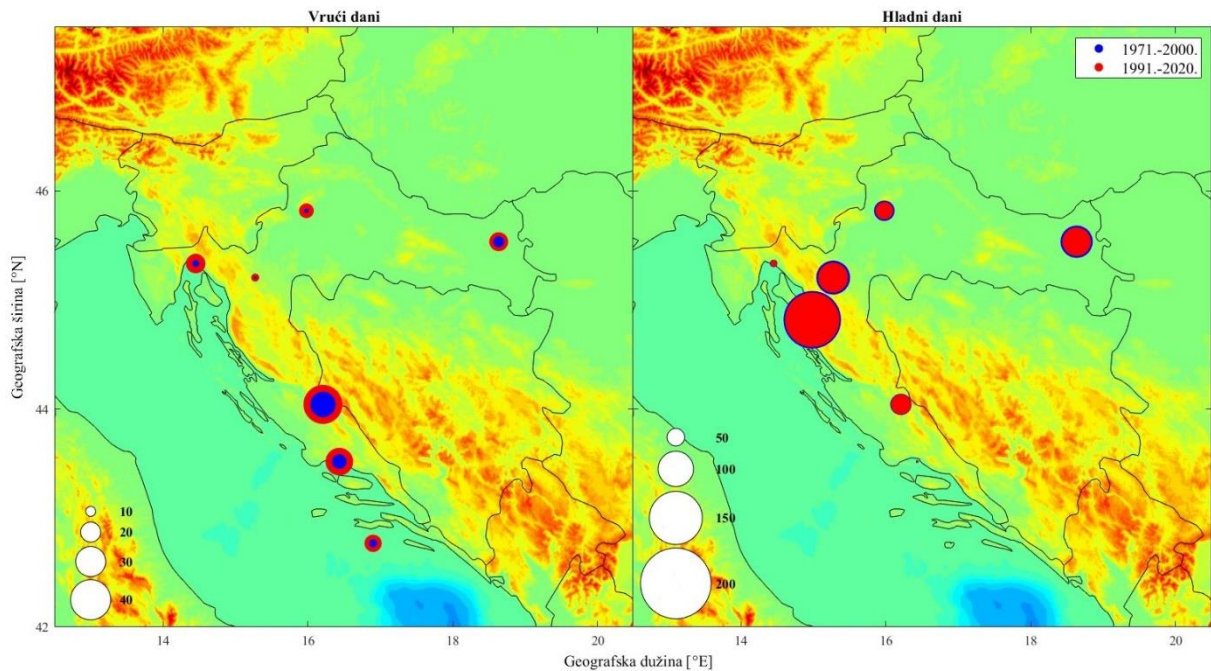
U novijem razdoblju mjesečni broj vrućih dana drastično je porastao u odnosu na starije razdoblje. Najveći porast u broju vrućih dana na razini Hrvatske zabilježen je u lipnju, a što se tiče postaja, najveći porast bilježi se na postajama Zagreb-Grič i Ogulin. Značajno su se povisile srednja temperatura i mjesečni srednjak maksimalne i minimalne dnevne temperature. U oba razdoblja najbrže je rastao mjesečni srednjak maksimalnih dnevnih temperatura, dok je za mjesečni srednjak minimalnih dnevnih temperatura zabilježen najveći porast u odnosu na prethodno razdoblje. Najveće povećanje trenda mjesečne srednje temperature zabilježeno je u Kninu. Porast temperatura u odnosu na prethodno razdoblje uočava se u svim godišnjim dobima, najviše ljeti i u mjesecu studenom. Promjena u mjesečnom broju hladnih dana značajno je manja od promjene u broju vrućih dana. U zimskim se mjesecima na razini Hrvatske najveći pad u broju hladnih dana dogodio u studenom, dok je u prosincu pad neznan. Mjesečna količina oborine nije se bitno promijenila. Ova zapažanja impliciraju da se klimatske promjene ne događaju jednako na različitim područjima, te da se trendovi ekstrema (npr. maksimalne i minimalne temperature) ponašaju drugačije od trendova srednjaka (npr. srednja temperatura).

Na Slici 16 važno je uočiti raspon od mjesečnog srednjaka minimalnih do mjesečnog srednjaka maksimalnih dnevnih temperatura. Veći raspon karakterističan je za kontinentalnu, a manji za maritimnu klimu. Veći rasponi temperatura zabilježeni su u nizinskoj i gorskoj Hrvatskoj te u unutrašnjosti Dalmacije. Na sjevernom i južnom Jadranu bilježe se značajno manji rasponi temperatura. Vidljivo je da po Köppenovoj klasifikaciji klime postaje Split-Marjan, Lastovo, Knin i Rijeka imaju vruća ljeta i podtip „a“, a postaje Ogulin, Zagreb-Grič i Osijek topla ljeta i podtip „b“ klimatskog razreda C.



Slika 16. Raspon od mjesečnog srednjaka minimalnih do maksimalnih dnevnih temperatura za osam odabranih postaja za (lijevo) 1971.-2000., (desno) 1971.-2020..

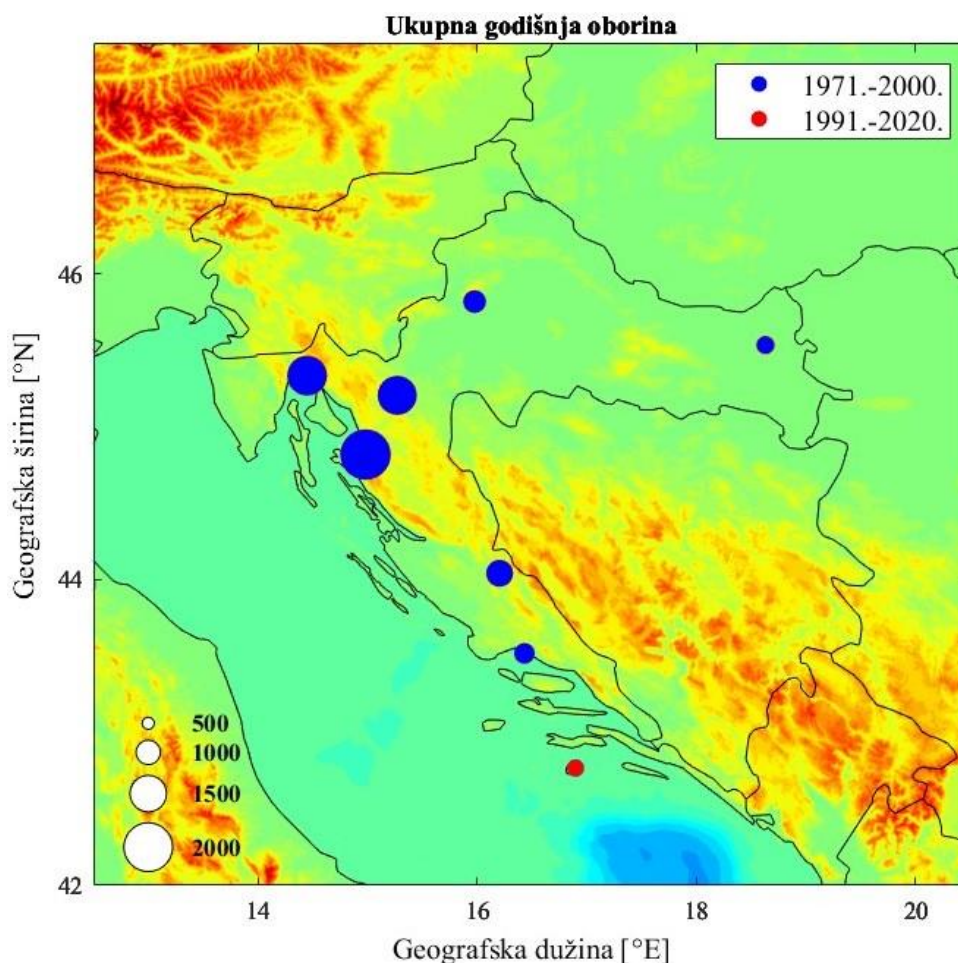
Slika 17 pokazuje omjer broja vrućih i hladnih dana s obzirom na razdoblja od 1971. do 2000. i 1991. do 2020. godine. Broj vrućih dana drastičnije se mijenja od broja hladnih dana.



Slika 17. Omjer ukupnog godišnjeg broja (lijevo) vrućih i (desno) hladnih dana s obzirom na razdoblja 1971.-2000. i 1991.-2020.

Slika 18, osim što pokazuje omjer ukupne godišnje oborine u dvama proučavanim razdobljima, daje dobar uvid u prostornu raspodjelu oborine. Sa slike se jasno vidi da najviše

oborine pada u Lici i Gorskom kotaru te na sjeveru Jadrana, a najmanje na jugu i istoku države. Za klimu se na cijelom području Hrvatske može smatrati da je vlažna, jer ima dovoljno količine oborine i vlage za razvoj bogatog biljnog svijeta.



Slika 18. Prostorna raspodjela ukupne godišnje precipitacije u dvama odabranim razdobljima.

Rezultati obrade podataka ukazuju na sljedeću klasifikaciju klime u Hrvatskoj:

- sredozemna klima s vrućim ljetom (Csa): Split-Marjan i Lastovo,
- umjereno topla vlažna klima s vrućim ljetom (Cfa): Rijeka i Knin,
- umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom (Cfb): Zagreb-Grič, Osijek i Ogulin te
- vlažna snježno-šumska klima (Df): Zavižan.

Klasifikacija klime Hrvatske dobivena iz rezultata istraživanja u potpunosti se poklapa s Köppenovom klasifikacijom poznatom iz literature [4].

Budući da je u obzir uzeto samo šest atmosferskih varijabli i osam meteoroloških postaja, treba imati na umu da rezultati ovog istraživanja ne daju potpunu i preciznu sliku klime Hrvatske, te bi bilo korisno, u budućem radu, proučiti dodatne parametre.

5 Literatura

- [1] Britannica, climate, URL: <https://www.britannica.com/science/climate-meteorology> (18. 9. 2022.).
- [2] climateurope, What is climate? What is climate change?, URL: <https://www.climateurope.eu/what-is-climate-and-climate-change/> (18. 9. 2022.)
- [3] Marjana Gajić-Čapka, Ksenija Zaninović, Zvonimir Katušin, Janja Milković, Ksenija Cindrić, Domagoj Mihajlović, Klimatski atlas Hrvatske, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 2008.
- [4] Tomislav Šegota, Anita Filipčić, Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje, PMF Zagreb, Geografski odsjek, Zagreb, 2003.
- [5] Britannica, greenhouse effect, URL: <https://www.britannica.com/science/greenhouse-effect> (18. 9. 2022.)
- [6] National Centers for Environmental Information, URL: <https://www.ncei.noaa.gov/> (14. 9. 2022.)
- [7] Hrvatska enciklopedija, Meteorološka postaja, URL: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=40415> (14. 9. 2022.)
- [8] National Centers for Environmental Information, Global Summary of the Month (GSOM), Version 1, URL: <https://www.ncei.noaa.gov/access/search/data-search/global-summary-of-the-month> (1. 4. 2022.)
- [9] Amber Pariona, WorldAtlas, What is an Urban Heat Island?, URL: <https://www.worldatlas.com/articles/urban-heat-island-causes-and-consequences.html> (18. 9. 2022.)