



# PRIKAZI br. 32

## REVIEWS N° 32

PRAĆENJE I OCJENA KLIME U 2020. GODINI  
CLIMATE MONITORING AND ASSESSMENT FOR 2020



DRŽAVNI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD  
CROATIAN METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL SERVICE

[www.meteo.hr](http://www.meteo.hr)

**Fotografiju na naslovnici snimila Natalija Vojnović**  
Front cover photo by Natalija Vojnović

UDK 551.582  
HS 97-0331

ISSN 1331-775X

# PRIKAZI br. 32 REVIEWS N° 32

PRAĆENJE I OCJENA KLIME U 2020. GODINI

CLIMATE MONITORING AND ASSESSMENT FOR 2020

Zagreb, listopad 2021.  
Zagreb, October 2021

Izdavač  
Državni hidrometeorološki zavod Publisher  
Meteorological and Hydrological Service

Za izdavača	For the Publisher
dr. sc. Branka Ivančan-Picek	Branka Ivančan-Picek, PhD
Urednici	Editors
dr. sc. Krešo Pandžić	Krešo Pandžić, PhD
dr. sc. Tanja Likso	Tanja Likso, PhD
Grafičko-tehnički urednik	Graphic and technical editor
Ivan Lukac, graf. ing.	Ivan Lukac, bacc. ing. tech. graph.
Suradnici	Collaborators
Krunoslav Mikec, dipl. inž.	Krunoslav Mikec, BSc
Marija Mokorić, dipl. inž.	Marija Mokorić, BSc
mr. sc. Melita Perčec Tadić	Melita Perčec Tadić, MSc
Dunja Plačko-Vršnak, dipl. inž.	Dunja Plačko-Vršnak, BSc
dr. sc. Tanja Trošić Lesar	Tanja Trošić Lesar, PhD

## PREDGOVOR

Globalna srednja prizemna temperatura zraka na Zemlji za 2020. godinu bila je  $1.2^{\circ}\text{C}$  iznad prosjeka za predindustrijsko referentno razdoblje 1850. – 1900. godina (WMO, 2021). Time je 2020. godina svrstana među 3 najtoplje godine od kada postoje mjerena od sredine 19. stoljeća. Do sada najtoplja 2016. godina u razdoblju od kada postoje mjerena bila je pod utjecajem jakog El Niña (ekvatorijalno područje pozitivnih anomalija površinske temperature Tihog oceana). Nasuprot tome 2020. godine El Niño je bio slabo izražen uz pojavu La Niña od rujna 2020. godine. Zadnjih 6 godina (2015. – 2020.) je najtoplje 6-godišnje razdoblje na Zemlji od početka mjerena dok je zadnje 10-godišnje razdoblje (2011. – 2020.) najtoplje 10-godišnje razdoblje od početka mjerena. U Europi je 2020. godina također bila najtoplja od početka mjerena. Područja zapadne Kanade, dijela Brazila, sjeverne Indije i jugoistoče Australije imala su vrijednosti površinske temperature ispod prosjeka za razdoblje 1981. – 2010.

Godišnje količine oborine u područjima pod utjecajem monsuna bile su znatno iznad prosjeka (1951. – 2010.) u 2020. godini u: Sjevernoj Americi, Africi, sjeverozapadnoj i jugoistočnoj Aziji. Afrički se monsun, suprotno uobičajenom, protegao dalje na sjever prema Sahelu. Indijski monsun je bio nešto jači od prosjeka. U istočnoj su Aziji pale izuzetno velike količine oborine.

Površinska temperatura na Arktiku rasla je barem dva puta brže od globalnog prosjeka od 1980-tih godina do danas uz istovremeno smanjivanje ledene površine Grenlanda, dok je temperatura područja stalnog leda rasla. Navedeno je imalo utjecaj ne samo na arktičke ekosustave nego i na globalne klimatske promjene preko različitih mehanizama povratne sprege. Temperaturne anomalije za 2020. godinu bile su najviše od svih u dijelu Arktika. Jaka Arktička oscilacija za vrijeme zime 2019./2020. uzrokovala je temperature više od prosjeka u Europi i Aziji, a znatno ispod prosjeka na Aljasci što se odrazilo na cjelogodišnje anomalije koje su na Aljasci negativne.

Godina 2020. bila je ekstremno topla na 25% teritorija Republike Hrvatske, vrlo topla na 65% teritorija, dok je 10% teritorija svrstano u kategoriju toplo. Oborinske prilike su bile normalne na 84% teritorija, dok je na 6% teritorija bilo sušno, na 9% kišno, a na 1% vrlo kišno.

Ekstremne vremenske prilike na području Hrvatske obilježile su također 2020. godinu. Uslijed jakog, na udare olujnog i orkanskog vjetra diljem Hrvatske 5. veljače 2020. godine u mnogim mjestima padala su stabla i električni stupovi, oštećeni su mnogi krovovi te je dolazilo do prekida u opskrbi električnom energijom. Olujni vjetar puhalo je u Lici i Slavoniji, gdje je dizao krovove kuća, čupao voćke iz zemlje, lomio grane i stabla. Na Jadranu je orkanska bura izazvala prekid u prometu, rušila je stabla i električne stupove. Na cestama u Dalmaciji bilo je prevrtanja automobila i teretnih vozila (Meteorološki i hidrološki bilten 2, 2020). Pojava jakog mraza 2. i 3. travnja 2020. prouzročila je velike štete u poljoprivredi. Znatno su stradali voćnjaci, vinogradi, povrtnе kulture i nasadi jagoda. Proglašeno je stanje elementarne nepogode za velik dio kopnene Hrvatske (Meteorološki i hidrološki bilten 4, 2020). Dana 24. srpnja 2020. dijelove Hrvatske zahvatilo je jako grmljavinsko nevrijeme uključujući i područje Zagreba. U svega par sati na području

## PREFACE

Global mean surface temperature on Earth for the year 2020 was  $1.2^{\circ}\text{C}$  above the 1850 – 1900 baseline average used as approximation of preindustrial level and as a reference level (WMO, 2021). Consequently, 2020 is among the three warmest years on record since the beginning of systematic weather observations. The warmest year since then 2016, was under the influence of strong El Niño, while 2020 started with a weak El Niño and finished with La Niña starting from September. The last six years (2015 – 2020) where the six warmest on record, as well as the last 5 and 10 years (2011 – 2020), respectively. The European territory in 2020 was the warmest on record. The territory of Western Canada, a part of Brazil, Northern India and South-eastern Australia had a below average (1981 – 2010) surface temperature.

Annual precipitation amounts in 2020, in the areas affected by monsoons, were significantly above average (1951 – 2010) in: Northern America, Africa, North-western and South-eastern Asia. African monsoon prolonged further to the north to Sahel than usually. Indian monsoon was stronger than average. In Eastern Asia a huge amount of precipitation was recorded.

Since the mid-1980s, Arctic surface temperature has increased at least twice as fast as the global average, while the Greenland ice sheet has declined, and permafrost temperature has increased. This had huge implications not only for Arctic ecosystems, but also for the global climate through various feedbacks. In 2020, the Arctic appeared as the region with the large temperature deviations from the long-term average. A strong Arctic Oscillation for 2019/2020 winter, set higher than average temperature in Europe and Asia and well-below-average temperature in Alaska.

The year 2020 was extremely warm in 25% of the territory of the Republic of Croatia, very warm in 65% of the territory, while 10% of the territory was classified as warm. Precipitation conditions were normal in 84% of the territory, while in 6% of the territory they were dry, in 9% wet and in 1% very wet.

Extreme weather was also characteristic of the year 2020. Due to strong and severe wind throughout Croatia on the 5<sup>th</sup> February 2020, in many places, trees and electric poles fell, roofs were damaged or blown off and there was a power outage. There was strong wind also in the regions of Lika and Slavonia, where it blew off the roofs of houses, uprooted fruit trees from the ground and broke branches and trees. In the Adriatic, a severe Bora wind caused traffic interruptions, destroying trees and electric poles. There were several cases of overturning cars and trucks on the roads in Dalmatia (Meteorološki i hidrološki bilten 2, 2020). The appearance of severe frost both on the 2<sup>nd</sup> and on the 3<sup>rd</sup> April 2020, caused serious damage to agriculture. Orchards, vineyards, vegetable crops and strawberry plantations were considerably damaged. Natural disaster was declared for a large part of the continental Croatia (Meteorološki i hidrološki bilten 4, 2020). On the 24<sup>th</sup> July 2020, parts of Croatia were hit by a severe thunderstorm, including the area of the city of Zagreb. After only a few hours, between 50 and 80 litres of rain per square meter fell in the city area. A large amount of rain, locally recorded for 24 hours more than the average monthly precipitation amount for July, in a short time caused an urban flood in the Zagreb area, which resulted in serious material dam-

grada palo je između 50 i 80 litara kiše po četvornom metru. Velika količina kiše, lokalno u 24 h i više od prosječne mjesecne količine oborine za srpanj, u kratko vrijeme prouzročila je urbanu poplavu na području Zagreba, što je imalo za posljedicu veliku materijalnu štetu, a nažalost izgubljen je i jedan ljudski život ([https://meteo.hr/objave\\_najave\\_natjecaji.php?section=onn&param=objave&el=priopcenja&daj=pr29072020](https://meteo.hr/objave_najave_natjecaji.php?section=onn&param=objave&el=priopcenja&daj=pr29072020)). Dana 18. kolovoza 2020. godine obilne oborine zahvatile su Požešku kotlinu što je izazvalo bujičnu poplavu. Poplavljena su dvorišta, prizemlja i podrumi kuća. Intervenirale su vatrogasne postrojbe pri ispumpavanju poplavljenih prostora, pranju cesta i dvorišta. Olujni vjetar pogodio je mjesto Čaglin i prouzročio veliku materijalnu štetu. Zabilježena je i pojавa tuče. Stradali su usjevi kako zbog tuče tako i zbog jake kiše. Za pogodena područja proglašeno je stanje elementarne nepogode.

dr. sc. Branka Ivančan-Picek

age and unfortunately one human life was lost ([https://meteo.hr/objave\\_najave\\_natjecaji.php?section=onn&param=objave&el=priopcenja&daj=pr29072020](https://meteo.hr/objave_najave_natjecaji.php?section=onn&param=objave&el=priopcenja&daj=pr29072020)). On the 18<sup>th</sup> August 2020 heavy rain affected Požega Valley caused the flash flood. Many yards, ground floors and basements were flooded. Fire brigades intervened by pumping out flooded areas, washing roads and yards. Strong wind hit the settlement of Čaglin causing considerable material damage. Hail was also recorded, so crops were damaged, both by hail and heavy rain. A state of natural disaster has been declared for the affected areas.

Branka Ivančan-Picek, PhD

# SADRŽAJ

# TABLE OF CONTENTS

1. Praćenje klime u Hrvatskoj .....	9	1. Climate monitoring in Croatia .....	9
1.1 Kartografski prikaz mjesecnih, sezonskih i godišnjih klasa anomalija temperature zraka i količine oborine za 2020. godinu .....	11	1.1 Maps of monthly, seasonal and annual anomaly classes of air temperature and precipitation amounts in 2020 .....	11
1.2 Ocjena toplinskih i oborinskih prilika za 2020. godinu .....	29	1.2 Assessment of climate anomalies in 2020 .....	29
1.3 Ekstremna klimatska razdoblja u 2020. godini .....	39	1.3 Extreme climate periods in 2020 .....	39
2. Analiza srednjeg mjesecnog visinskog strujanja za Hrvatsku u 2020. godini .....	40	2. Analysis of mean monthly upper-level flow regimes in Croatia in 2020 .....	40
3. Analiza rangova i trendova srednjih godišnjih temperatura zraka i godišnjih količina oborine za postaju Zagreb-Maksimir .....	46	3. Analysis of ranks and trends of mean annual air temperature and annual precipitation amounts for Zagreb-Maksimir station .....	46
4. Analiza dnevnih anomalija temperature zraka i količine oborine za postaju Split-Marjan u 2020. godini .....	48	4. Analysis of daily air tempetarure anomalies and precipitation for Split-Marjan station in 2020 .....	48
5. Izvanredni meteorološki događaji u Hrvatskoj .....	50	5. Extraordinary meteorological events in Croatia .....	50
5.1 Olujni i orkanski vjetar u Hrvatskoj 5. veljače 2020. godine .....	50	5.1 Strong and severe wind in Croatia on the 5 <sup>th</sup> February 2020 .....	50
5.2 Mraz, 1. – 3. travnja 2020. godine .....	54	5.2 Frost, 1 <sup>st</sup> – 3 <sup>rd</sup> April 2020 .....	54
6. Ocjena klime na globalnoj ljestvici za 2020. godinu .....	58	6. Climate assessment for the year 2020 on global scale .....	58
6.1 Površinska temperatura .....	58	6.1 Surface temperature .....	58
6.2 Oborina .....	59	6.2 Precipitation .....	59
6.3 Koncentracije stakleničkih plinova .....	59	6.3 Greenhouse gases concentrations .....	59
6.4 Pohrana topline u oceane i porast morske razine .....	60	6.4 Ocean heat content and sea level rise .....	60
6.5 Artik u 2020. godini .....	61	6.5 The Arctic in 2020 .....	61
7. Literatura .....	65	7. References .....	62

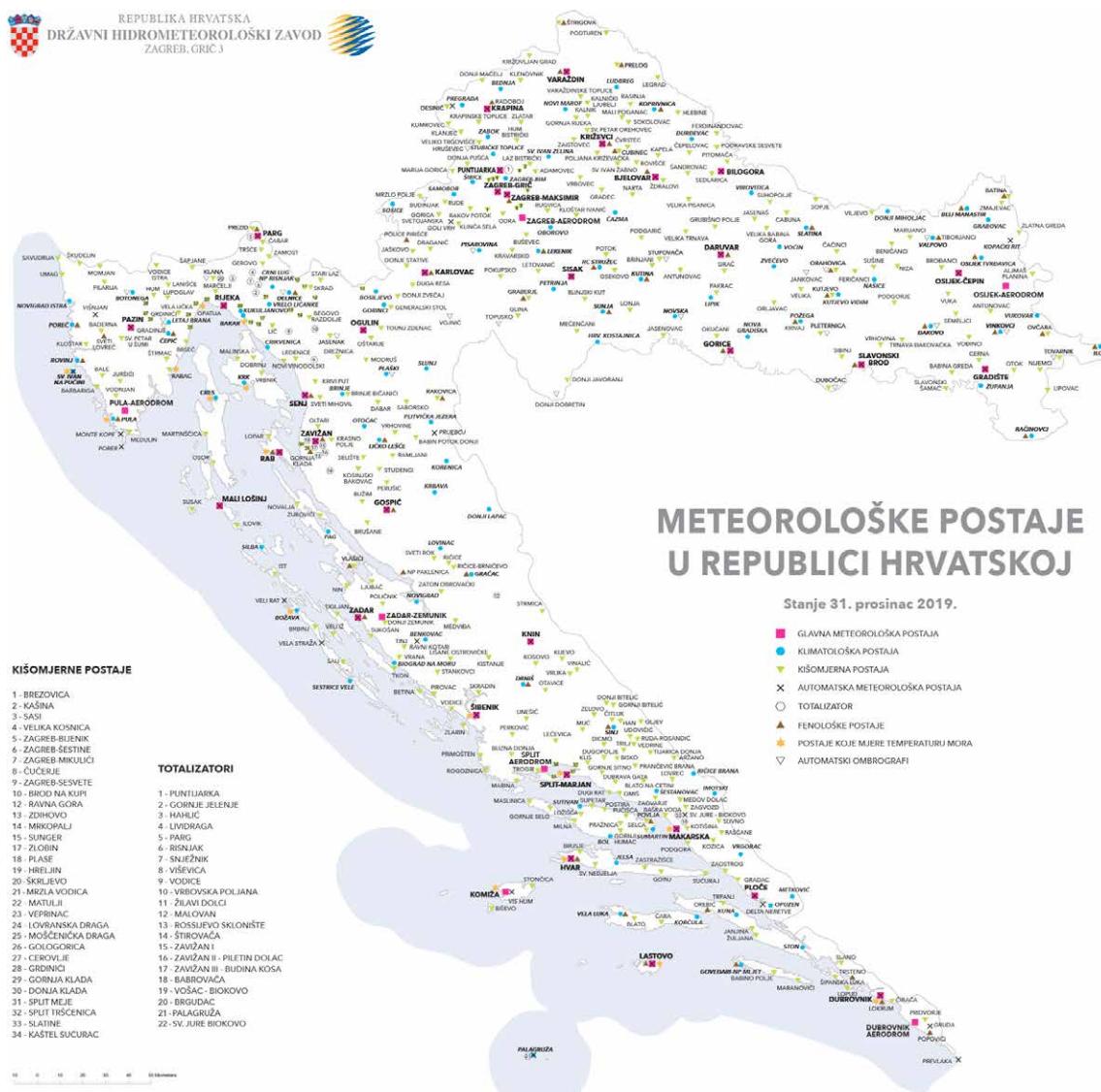


## 1. PRAĆENJE KLIME U HRVATSKOJ

U okviru mreže meteoroloških postaja u Hrvatskoj djeluje sustav za praćenje klime temeljen na svakodnevnom prikupljanju klimatoloških podataka (termini 7, 14 i 21 sat) s 30 glavnih meteoroloških postaja (slika 1.1).

Operativni sustav praćenja klime u Hrvatskoj ima sljedeće komponente:

- meteorološka motrenja (opazanje i mjerjenja) na 30 glavnih meteoroloških postaja;
- dostava klimatoloških podataka pomoću HR-KLIMA izvješća svaki dan do 9 sati za klimatološke termine prethodnog dana;
- kontrola podataka u DHMZ-u;
- pohranjivanje podataka na računalnom sustavu DHMZ-a u obliku privremenih mjesecnih izvješća;
- mjesecne analize klimatoloških podataka s izradom ocjene za svaki mjesec usporedbom klimatoloških podataka dotičnog mjeseca s više-



Slika 1.1 Mreža meteoroloških postaja u Hrvatskoj

Figure 1.1 Meteorological Station Network in Croatia

## 1. CLIMATE MONITORING IN CROATIA

A climate monitoring system based on daily collection of climate data (observation times 7 am, 2 pm and 9 pm local time) from 30 main meteorological stations (Figure 1.1) is operational within the Meteorological Station Network of Croatia.

These are the components of the operational climate monitoring system in Croatia:

- meteorological observations at 30 main meteorological stations;
- climate data delivery via HR-KLIMA reports by 9 a.m. every day for climate observation hours or terms from the previous day;
- data quality control at the Meteorological and Hydrological Service of Croatia;
- data archiving in the computer system of the Meteorological and Hydrological Service of Croatia in the form of temporary monthly reports;

- godišnjim prosjekom za razdoblje 1981. – 2010. godina;
- ocjene klimatskih anomalija na razini godišnjih doba i godine kao cjeline;
  - redovito mjesечно, sezonsko i godišnje izvješćivanje javnosti, korisnika i stručnih krugova o ocjeni klime putem javnih glasila i stručnih biltena te internetske stranice DHMZ-a (<http://meteo.hr/klima.php>) i na službenom twitter profilu (@DHMZ\_HR).

Za klimatsku ocjenu koristi se klasifikacijska skala s granicama određenim prema vrijednostima 2., 9., 25., 75., 91. i 98. percentila dobivenih iz teorijskih razdioba koje na najbolji mogući način aproksimiraju osnovna obilježja svih podataka referentnog razdoblja (tablica 1.1).

Za ocjenu temperaturnih prilika korištena je aproksimacija podataka temperature normalnom razdiobom, a za ocjenu oborinskih prilika korištena je normalna razdioba drugim korijenom (Cindrić et al. 2019). Na osnovi tako dobivenih razdioba moguće je svakoj izmjerenoj vrijednosti pridružiti odgovarajuću teorijsku kumulativnu čestinu ili percentil koji možemo interpretirati kao rang (ili redni broj mesta) koji bi ta vrijednost imala u hipotetskom nizu od sto vrijednosti skupa koje ta razdioba opisuje. Rang koji promatrana vrijednost ima u skupu svih višegodišnjih vrijednosti mjerena omogućuje uvid u to da li je ta vrijednost uobičajena ili predstavlja rijedak događaj. Pomoću percentila P može se procijeniti povrtni period T (izražen u godinama) iz relacije:

$$T = 100/P \quad \text{ako je } P < 50$$

$$T = 100/(100 - P) \quad \text{ako je } P > 50$$

- monthly analysis of climate data with the evaluation of each month based on a comparison of climate data for the month in question with the multiannual average for the period 1981 – 2010;
- climate anomalies assessment on seasonal or annual basis;
- regular monthly, seasonal and annual reporting for the public, external users and the scientific community on climate assessment using media and professional newsletters as well as the website of the Meteorological and Hydrological Service (<http://meteo.hr/klima.php>) and official twitter account (@DHMZ\_HR).

A classification scale is used for climate assessment with the limits determined according to the following percentile values: 2<sup>nd</sup>, 9<sup>th</sup>, 25<sup>th</sup>, 75<sup>th</sup>, 91<sup>st</sup> and 98<sup>th</sup> (Table 1.1).

They are obtained from theoretical distributions which best fit the reference period data: normal distribution for temperature and square-root-normal distribution for precipitation (Cindrić et al. 2019). For each measured value, the theoretical cumulative frequency and percentiles can be estimated. Percentile can be interpreted as a rank value in a hypothetical sequence of 100 data. It allows us to estimate whether the measured value is a common or a rare event. According to percentile P, the return period (expressed in years) can be estimated from the expression:

$$T = 100/P \quad \text{if } P < 50$$

$$T = 100/(100 - P) \quad \text{if } P > 50$$

For example, 98 percentile is the value which is exceeded by 2% of the values and it is associated with a 50-year return value.

In addition to displaying percentiles at meteorological station locations, it is important to estimate values throughout the territory, even at locations where there are

Tablica 1.1 Klasifikacija klimatskih anomalija u razrede (kase) prema razdiobi percentila.

Table 1.1 Climate anomaly classification according to percentile ranks and classification ratings.

Klase anomalija temperature zraka	Anomaly classes of air temperature	Percentili	Percentiles
ekstremno hladno	extremely cold	< 2	
vrlo hladno	very cold	2 – 9	
hladno	cold	9 – 25	
normalno	normal	25 – 75	
toplo	warm	75 – 91	
vrlo toplo	very warm	91 – 98	
ekstremno toplo	extremely warm	> 98	

Klase anomalija količine oborine	Anomaly classes of precipitation amount	Percentili	Percentiles
ekstremno sušno	extremely dry	< 2	
vrlo sušno	very dry	2 – 9	
sušno	dry	9 – 25	
normalno	normal	25 – 75	
kišno	wet	75 – 91	
vrlo kišno	very wet	91 – 98	
ekstremno kišno	extremely wet	> 98	

Primjerice, 98. percentil ukazuje na onu vrijednost koja je u višegodišnjem razdoblju premašena u 2% slučajeva i može se očekivati prosječno jednom u 50 godina.

Pored prikaza percentila na lokacijama meteoroloških postaja važno je procijeniti vrijednosti na cijelom teritoriju, pa i na lokacijama na kojima nema mjerjenja. Procjena percentila na lokaciji na kojoj nema mjerjenja računa se kao otežani srednjak percentila okolnih postaja. Utjecaj percentila pojedine postaje definiran je težinskim faktorima, koji su u pravilu slabiji što je veća udaljenost mjerjenja od lokacije za koju se radi procjena. Kao i kod svake druge statističke metode, procjene mogu biti izvan raspona vrijednosti mjerjenja, što se ponекad opaža na kartama, posebno kada je na pojedinoj postaji percentil vrlo blizu granične vrijednosti pojedine klase, a procjena može biti neznatno niža/viša čime ulazi u nižu/višu klasu. Karte su izrađene kao rasteri prostorne rezolucije 1 km. Nadopunjene su granicama županija (Državna geodetska uprava) i mjerilom. Računska metoda interpolacije zamijenila je u svibnju 2020. do tada korištenu subjektivnu metodu procjene klasa anomalija na lokacijama na kojima nema mjerjenja.

Na kartama anomalija postaje su označene simbolom u boji klase anomalije kojoj pripada određena temperatura ili količina oborine. Pored simbola nalazi se ime postaje i dvije brojčane vrijednosti.

Gornji broj označava odstupanje meteorološkog elementa od višegodišnjeg prosjeka: za temperaturu zraka izraženo u Celzijevim stupnjevima ( $^{\circ}\text{C}$ ) te za količinu oborine u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka. Na primjer, unutar klase normalno mogu se pojaviti pozitivna ( $>0^{\circ}\text{C}$ ) ili negativna ( $<0^{\circ}\text{C}$ ) odstupanja temperature zraka od prosjeka ili odstupanja količine oborine iznad prosjeka ( $> 100\%$ ) ili ispod prosjeka ( $< 100\%$ ). Donji broj uz postaju na kartama označava percentil prema kojem se postaja svrstava u odgovarajuću klasu.

## 1.1 Kartografski prikaz mjesecnih, sezonskih i godišnjih klasa anomalija temperature zraka i količine oborine za 2020. godinu

Mjesečne, sezonske i godišnje karte sadrže brojčane vrijednosti anomalija i percentila na meteorološkim postajama, dok su simboli na lokacijama meteoroloških postaja u boji koja odgovara klasi anomalije kojoj pripada izmjerena temperatura ili količina oborine. Anomalije temperature izražene su u  $^{\circ}\text{C}$ , a anomalije količine oborine u postotcima višegodišnjeg prosjeka za odabranu referentno razdoblje 1981. — 2010. Na karti su bojama prikazane klase anomalija interpolirane prema vrijednostima klasa na meteorološkim postajama.

no measurements. Those values are calculated as a weighted average of the percentiles from the surrounding stations. The influence of the percentile of an individual station is defined by weight factors, which are generally weaker the greater the measurement distance is from the location for which the assessment is being made. As with any other statistical method, estimates can be outside the range of measured values, which is sometimes observed on maps, especially when at one station the percentile is very close to the limit value of a particular class, and the estimate is slightly lower/higher so it enters a lower/higher class. The maps were made as rasters with a spatial resolution of 1 km. They are supplemented by county borders (State Geodetic Administration) and a scale bar. The calculation method replaced in May 2020 the previously used subjective method of estimating anomaly classes at locations where there are no measurements.

Climate anomaly maps show locations of the stations where symbols are coloured according to anomaly category of the temperature or precipitation. Next to the symbol there is the name of the station and two numeric values.

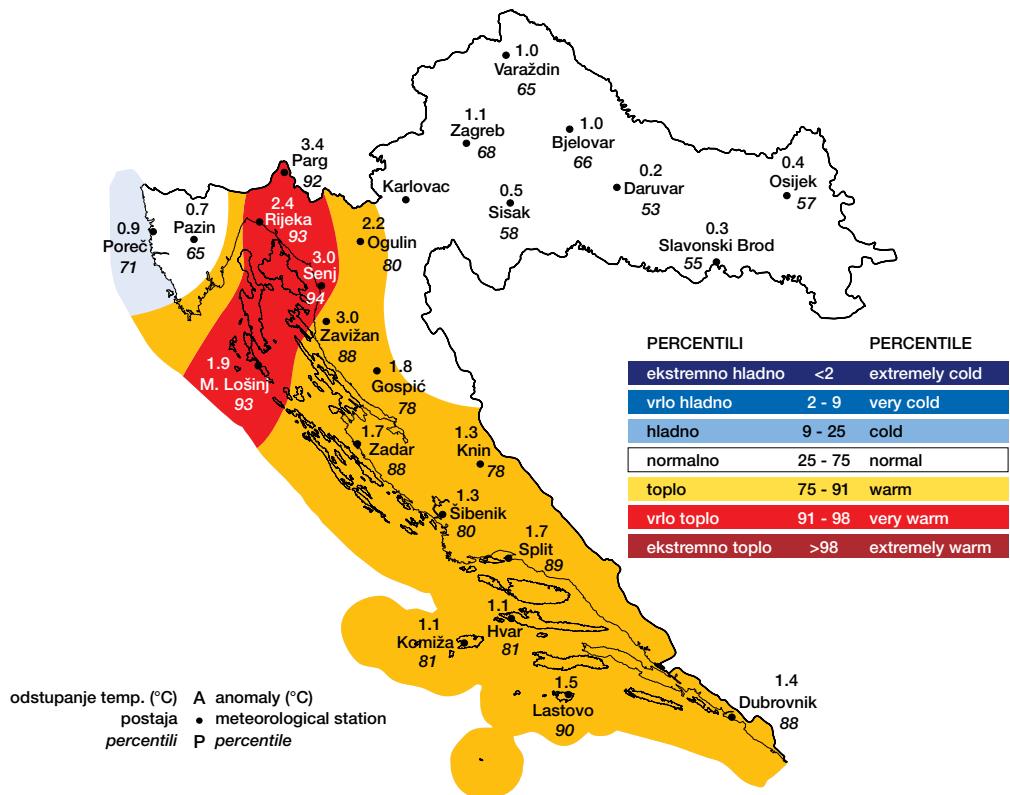
The upper number describes the anomaly (deviation of the meteorological element from multiannual average), expressed in  $^{\circ}\text{C}$  for temperature and in percentages (%) of the multiannual average for precipitation amount. For example, the temperature anomalies belonging to normal category can be positive ( $>0^{\circ}\text{C}$ ) or negative ( $<0^{\circ}\text{C}$ ) and the precipitation amount anomalies can be above the long-term average ( $>100\%$ ) or below the average ( $<100\%$ ). The lower number in the maps for every station indicates the corresponding percentile.

### 1.1 Maps of monthly, seasonal and annual anomaly classes of air temperature and precipitation amounts in 2020

The monthly, seasonal and annual maps show numerical values of the anomalies and percentiles at the stations, while the symbols at the locations are coloured according to the anomaly category of the measured temperature or precipitation. Temperature anomalies are in  $^{\circ}\text{C}$  and precipitation amount anomalies are in percentage of the long-term average for the reference period 1981 — 2010. Colours on the maps show the interpolated anomaly categories according to the categories at the meteorological stations.

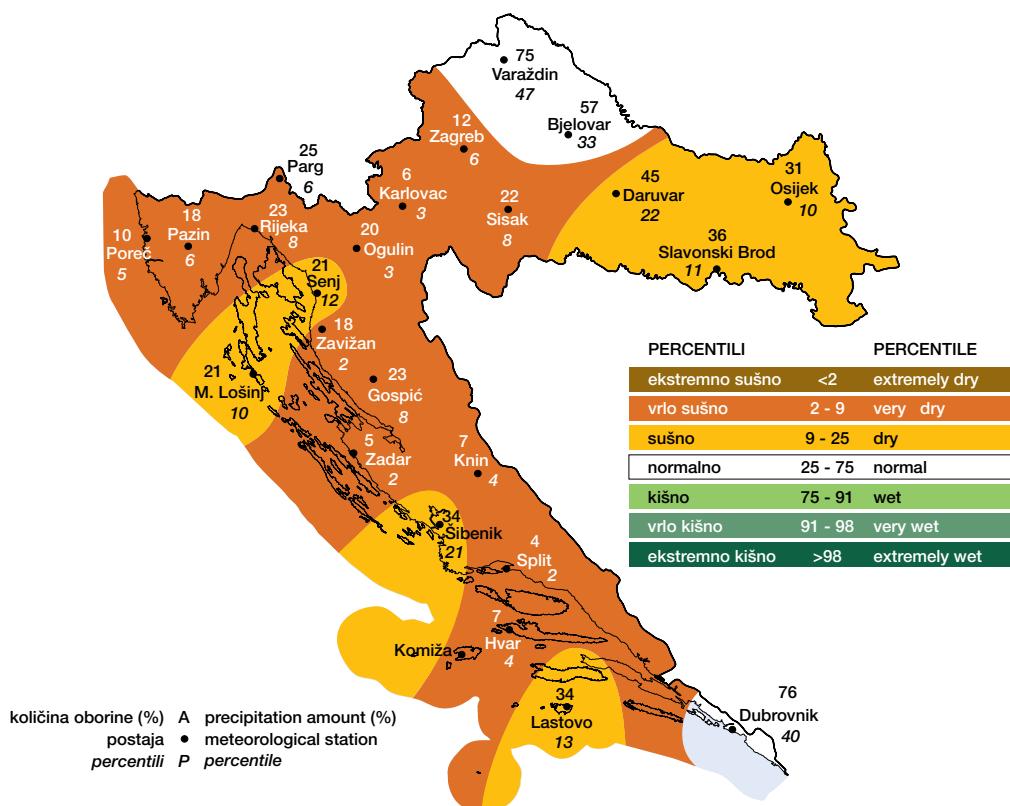
Odstupanje srednje mjeseca temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za SIJEČANJ 2020. godine

Monthly air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in JANUARY 2020



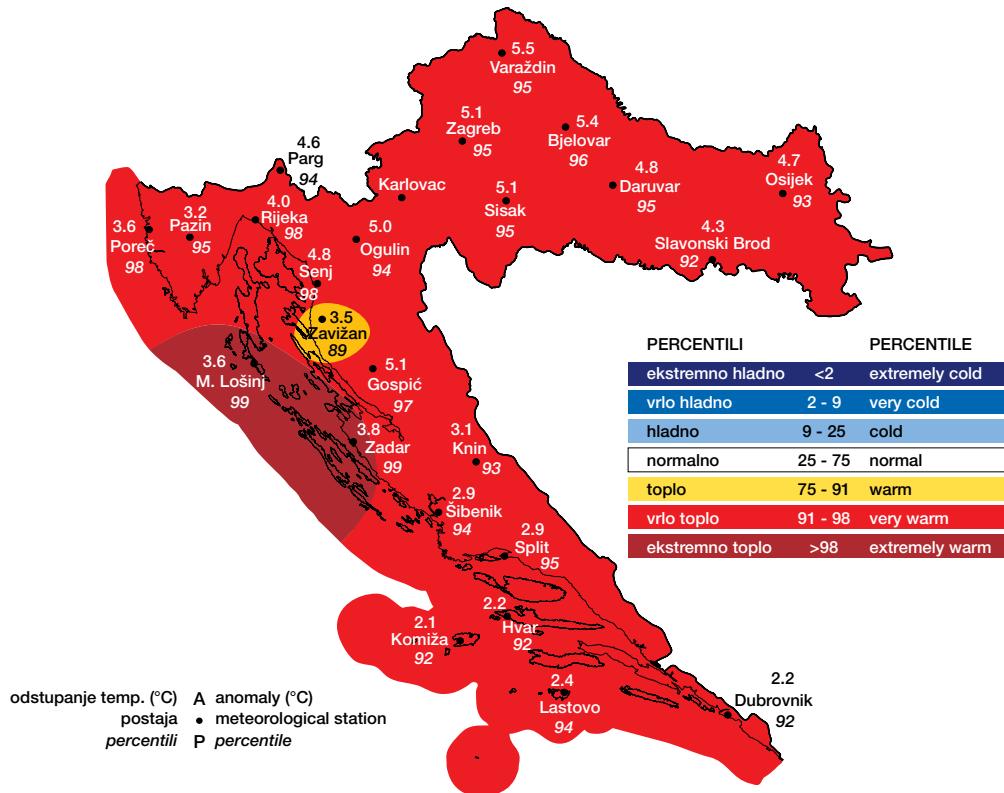
Mjesečne količine oborina, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za SIJEČANJ 2020. godine

Monthly precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in JANUARY 2020



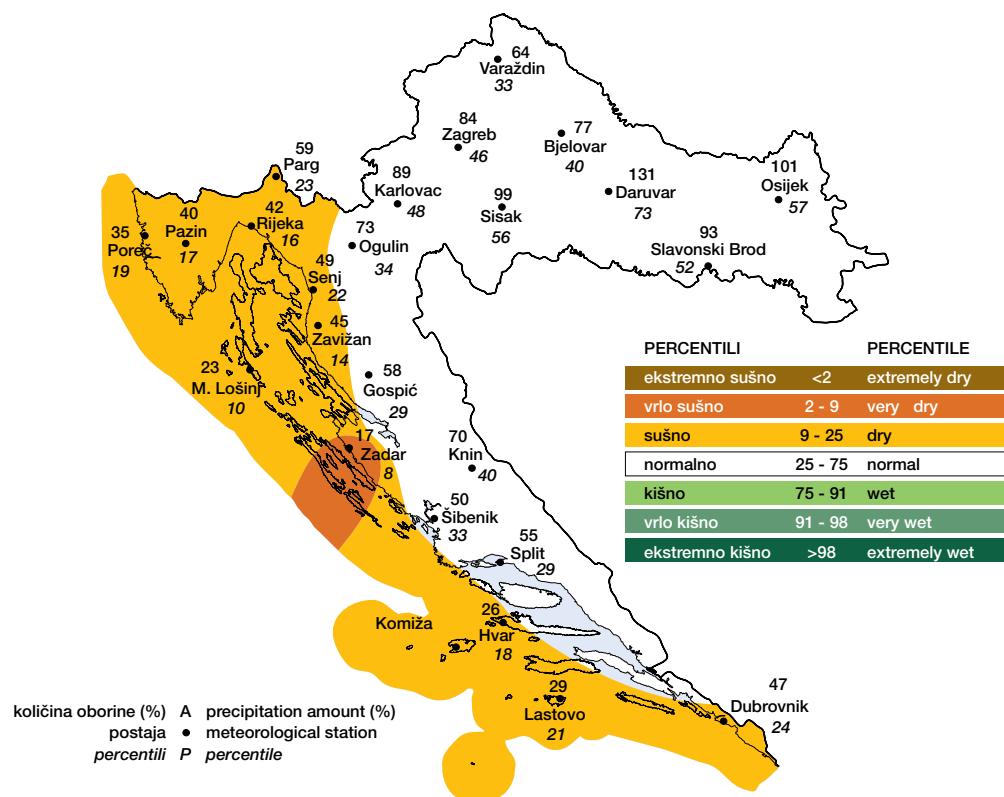
Odstupanje srednje mjesecne temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za VELJAČU 2020. godine

Monthly air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in FEBRUARY 2020



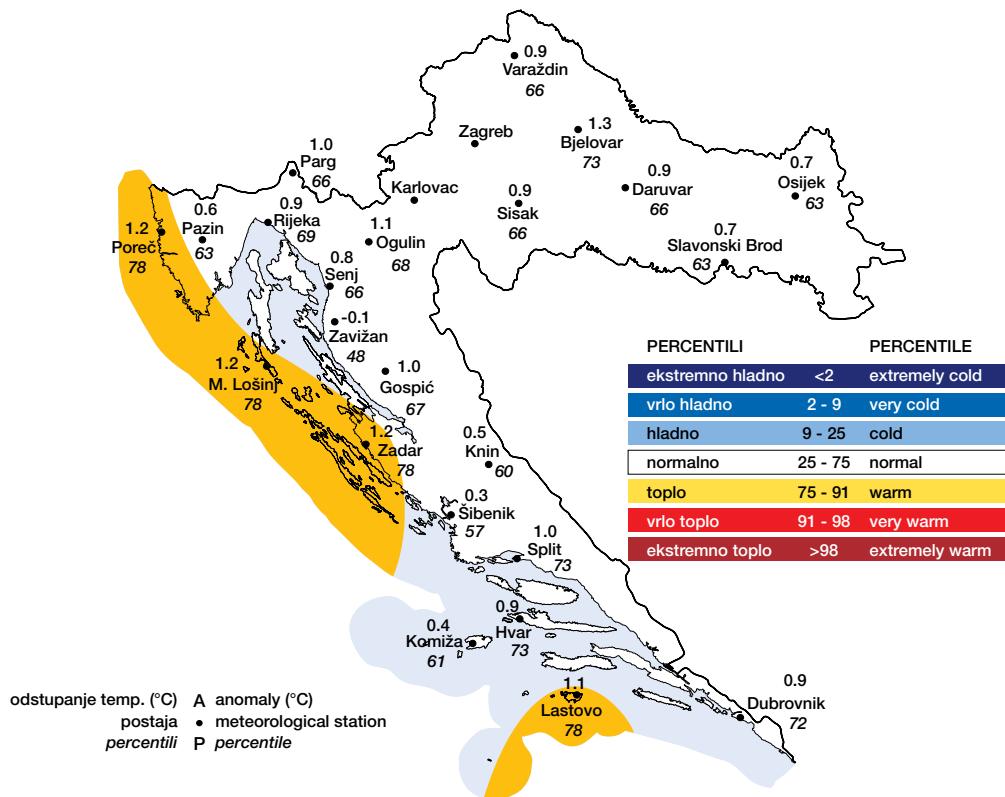
Mjesečne količine oborina, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za VELJAČU 2020. godine

Monthly precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in FEBRUARY 2020



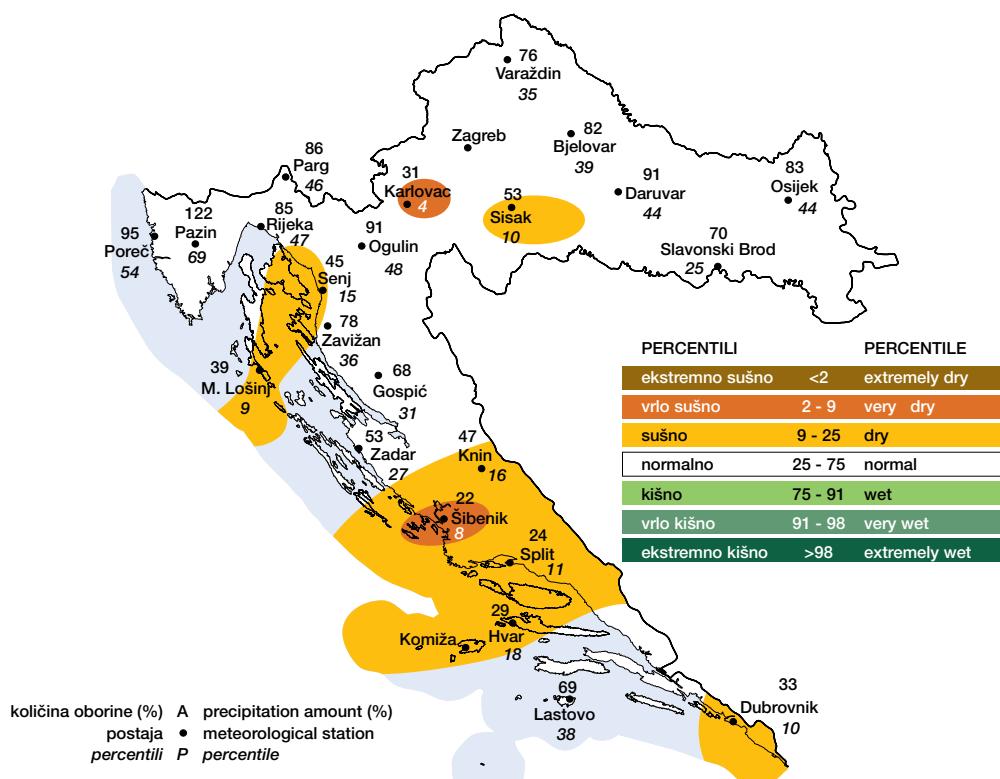
Odstupanje srednje mjesecne temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za OŽUJAK 2020. godine

Monthly air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in MARCH 2020



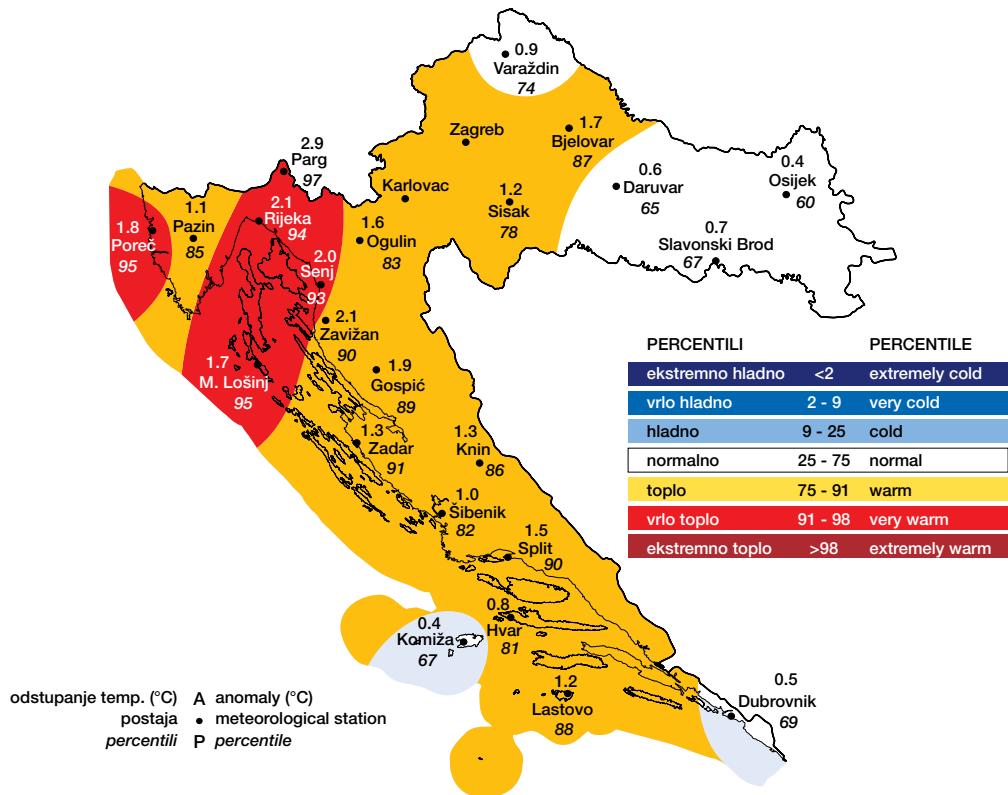
Mjesečne količine oborina, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za OŽUJAK 2020. godine

Monthly precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in MARCH 2020



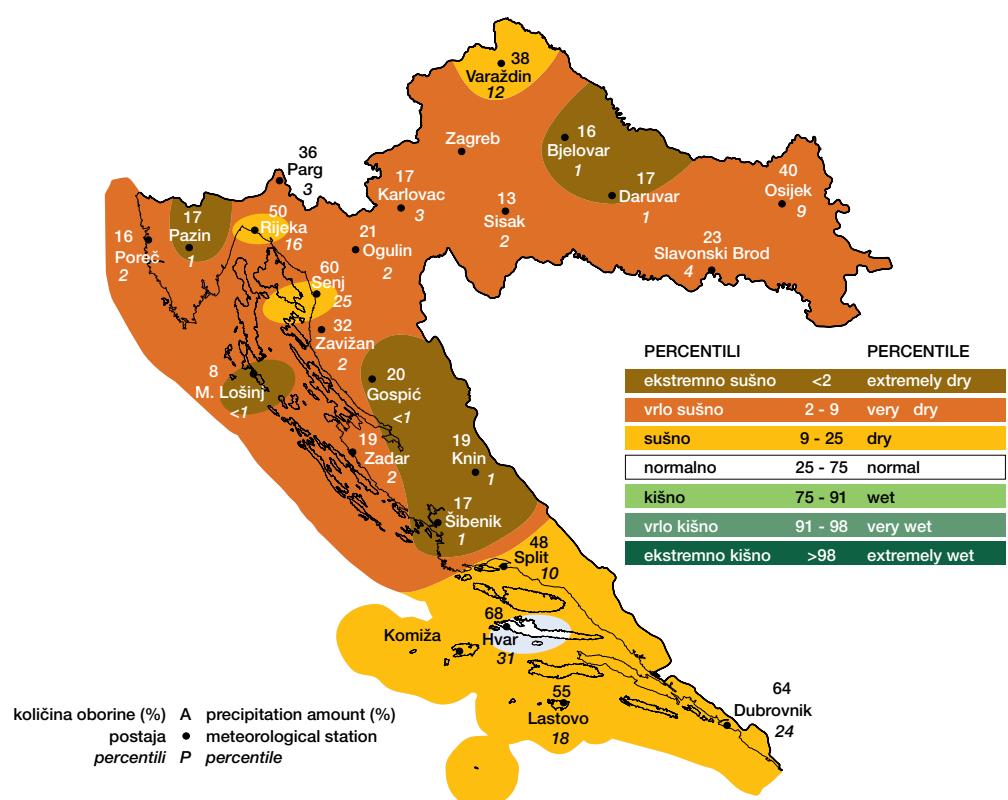
Odstupanje srednje mješevne temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za TRAVANJ 2020. godine

Monthly air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in APRIL 2020



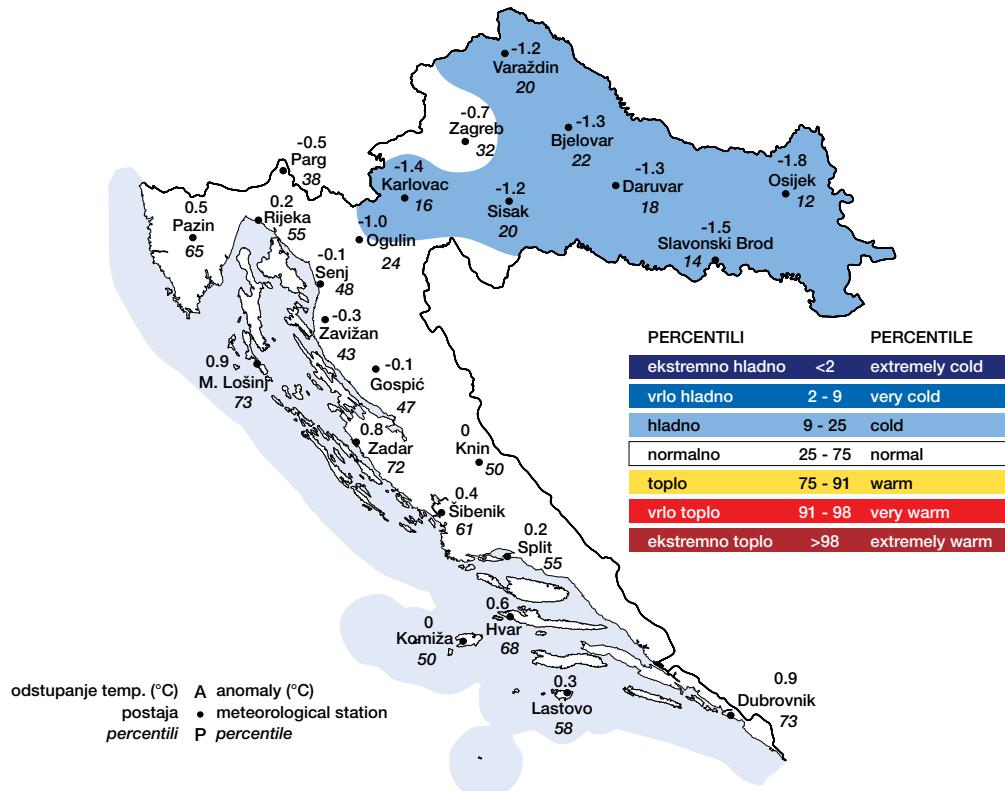
Mjesečne količine oborina, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za TRAVANJ 2020. godine

Monthly precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in APRIL 2020



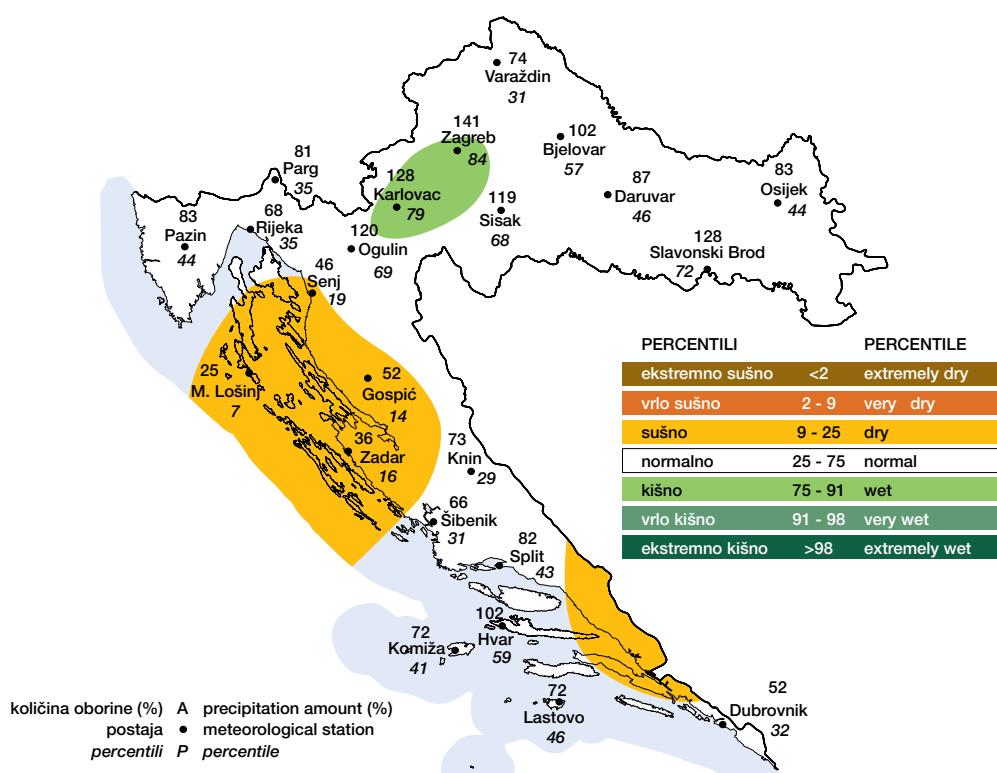
**Odstupanje srednje mjeseca temperature zraka (°C) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za SVIBANJ 2020. godine**

Monthly air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in MAY 2020



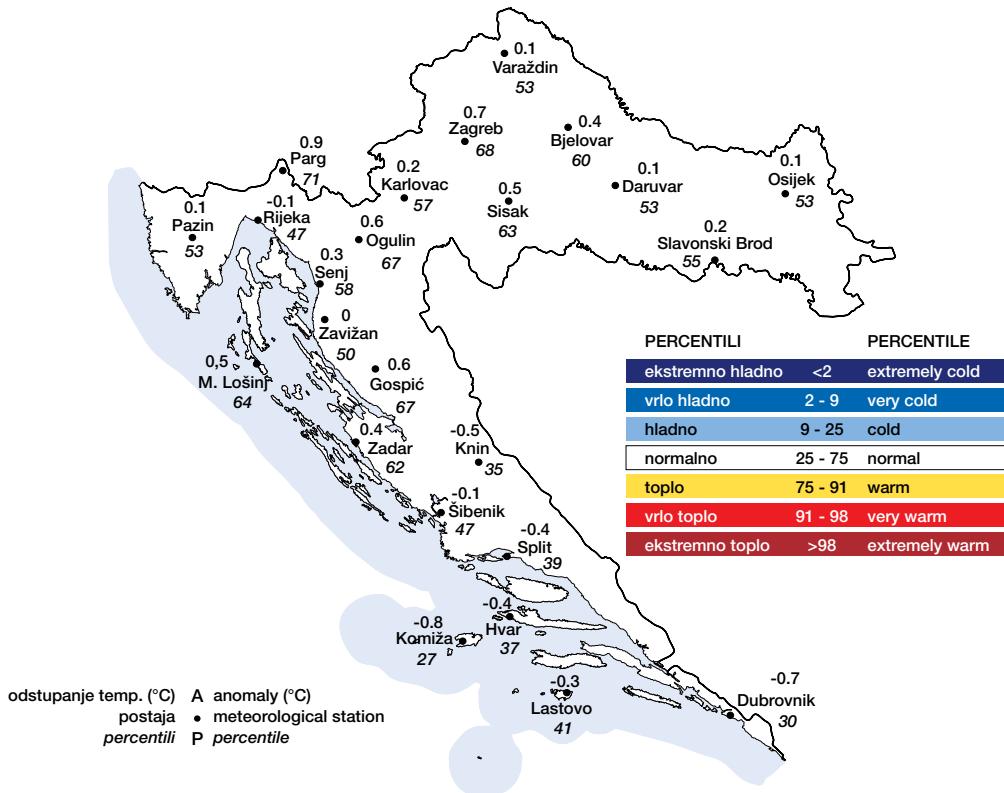
**Mjesečne količine oborina, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za SVIBANJ 2020. godine**

Monthly precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in MAY 2020



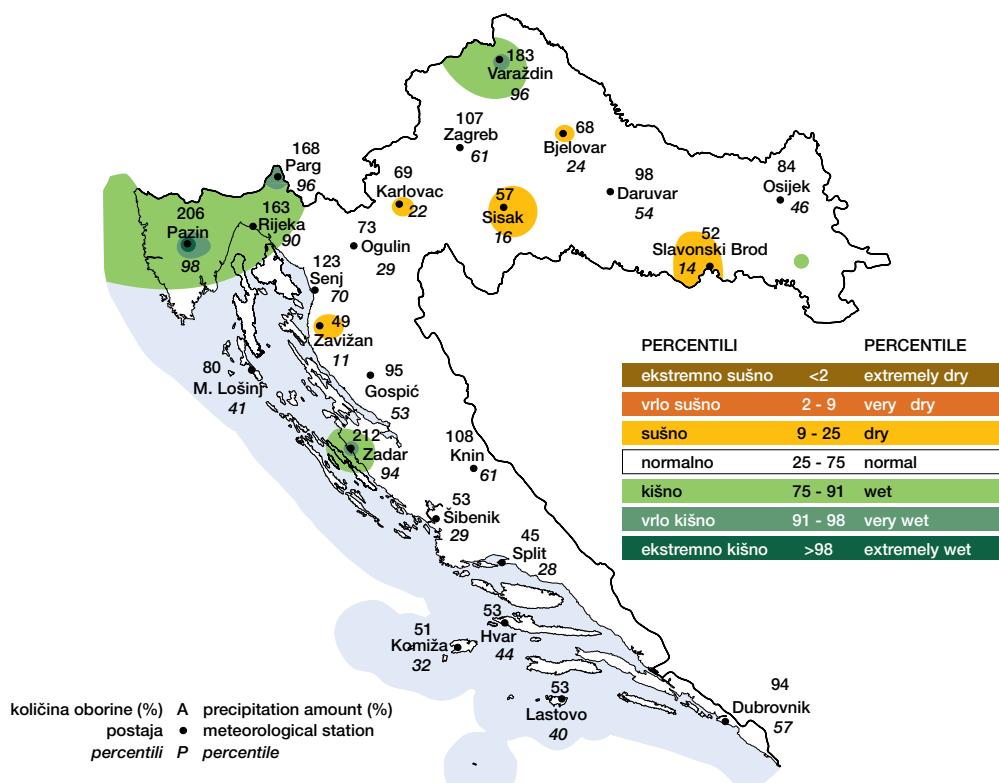
Odstupanje srednje mjesecne temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za LIPANJ 2020. godine

Monthly air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in JUNE 2020



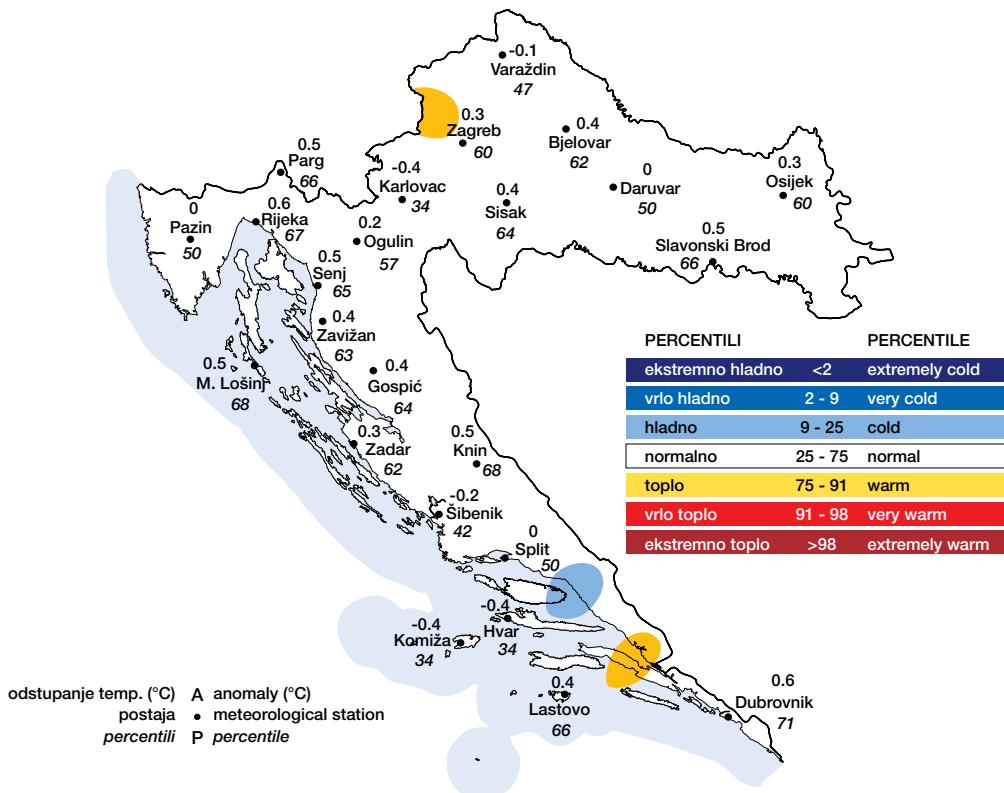
Mjesečne količine oborina, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za LIPANJ 2020. godine

Monthly precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in JUNE 2020



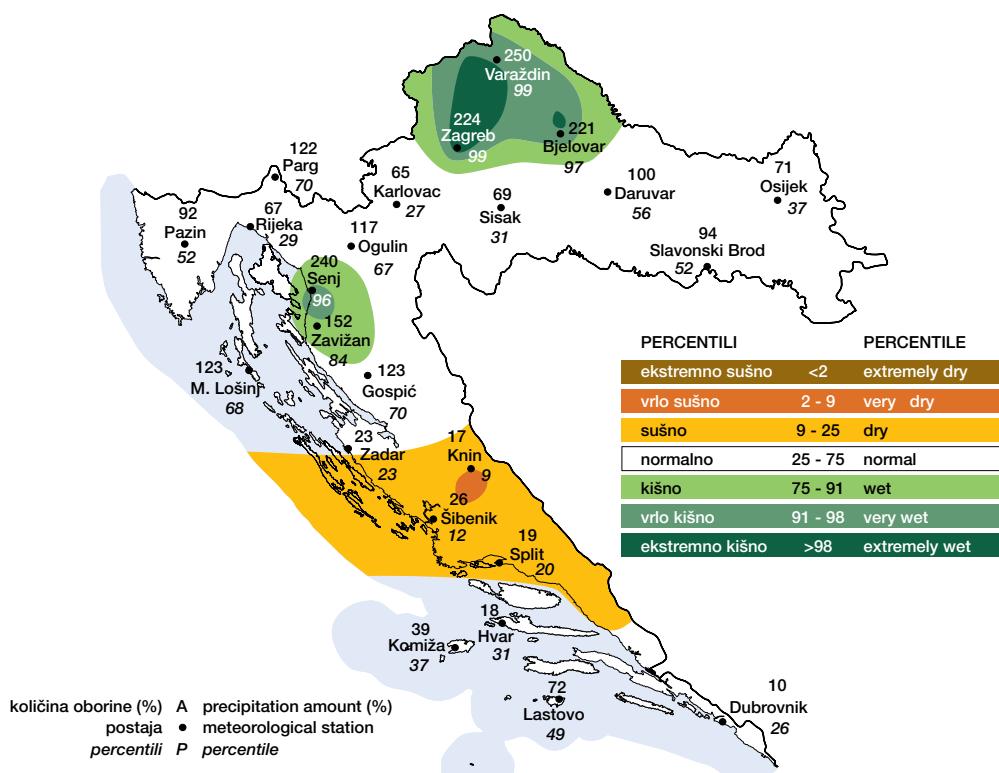
Odstupanje srednje mješevne temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za SRPANJ 2020. godine

Monthly air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in JULY 2020



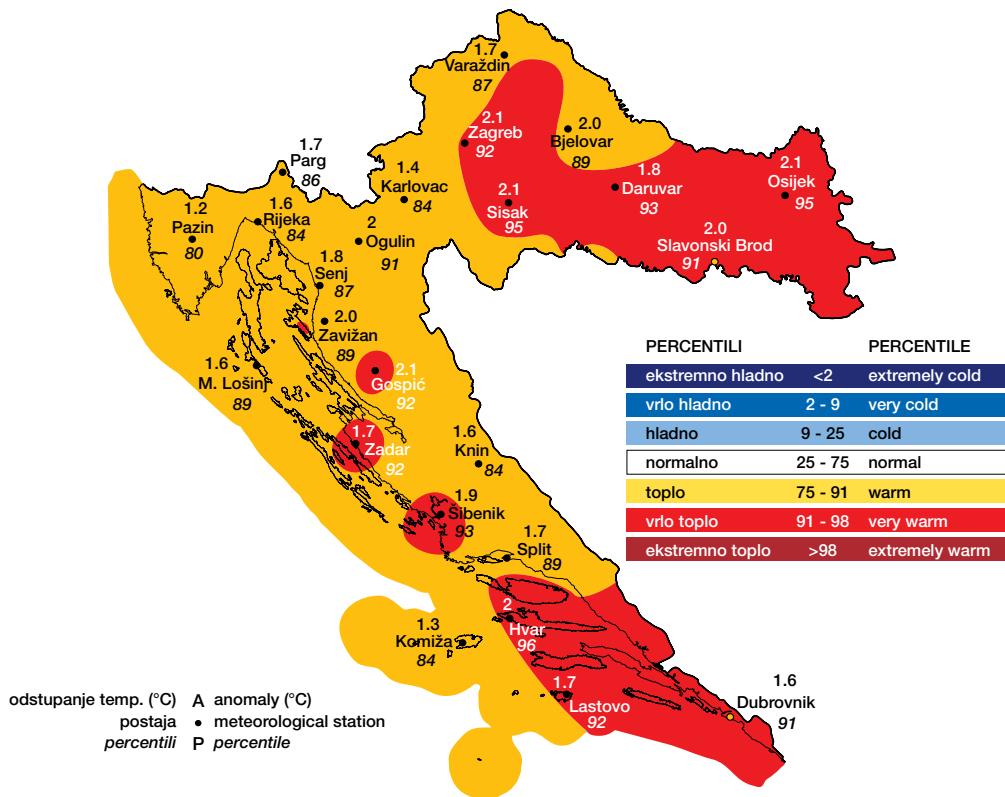
Mjesečne količine oborina, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za SRPANJ 2020. godine

Monthly precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in JULY 2020



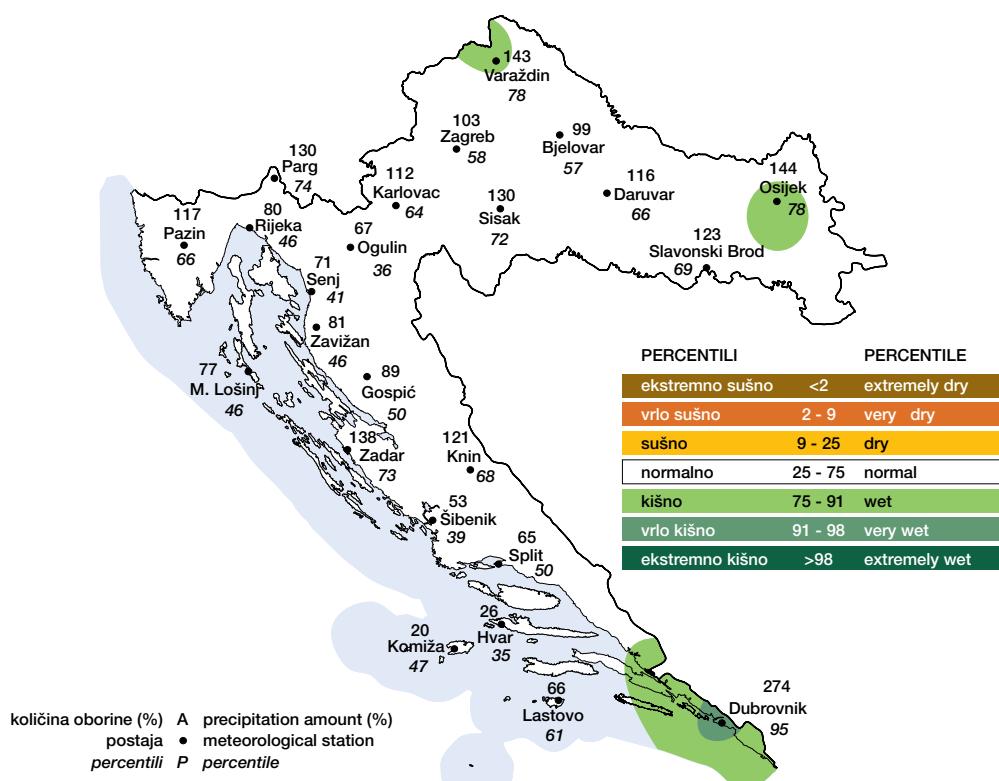
Odstupanje srednje mjeseca temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za KOLOVOZ 2020. godine

Monthly air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in AUGUST 2020



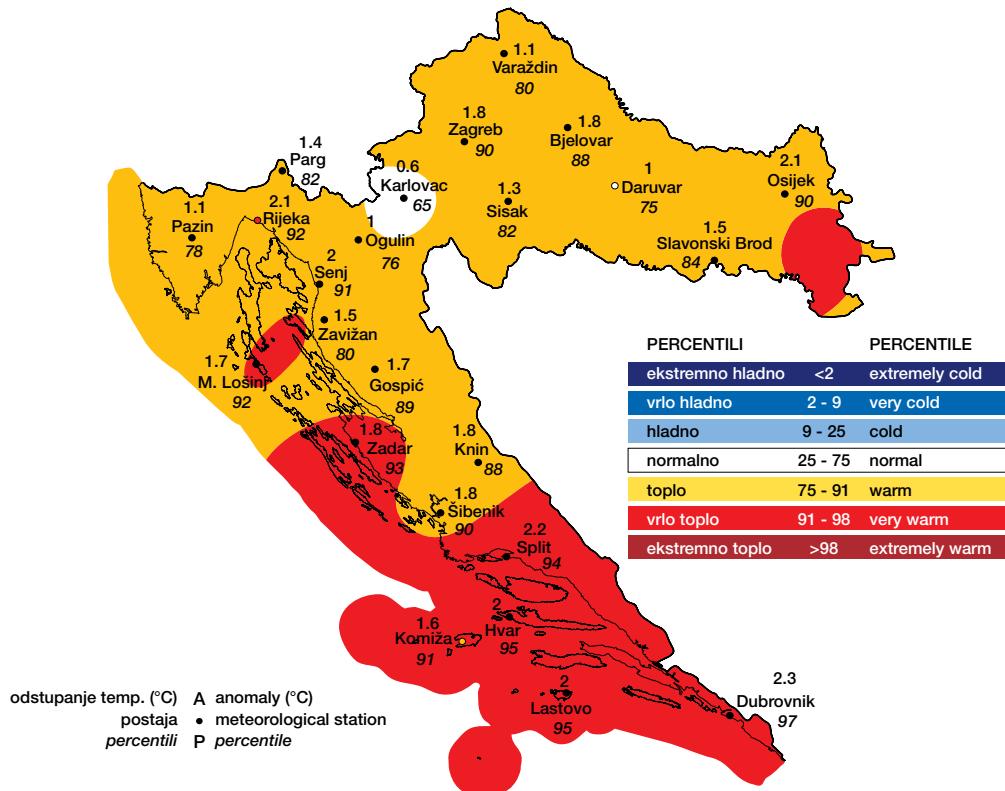
Mjesečne količine oborina, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za KOLOVOZ 2020. godine

Monthly precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in AUGUST 2020



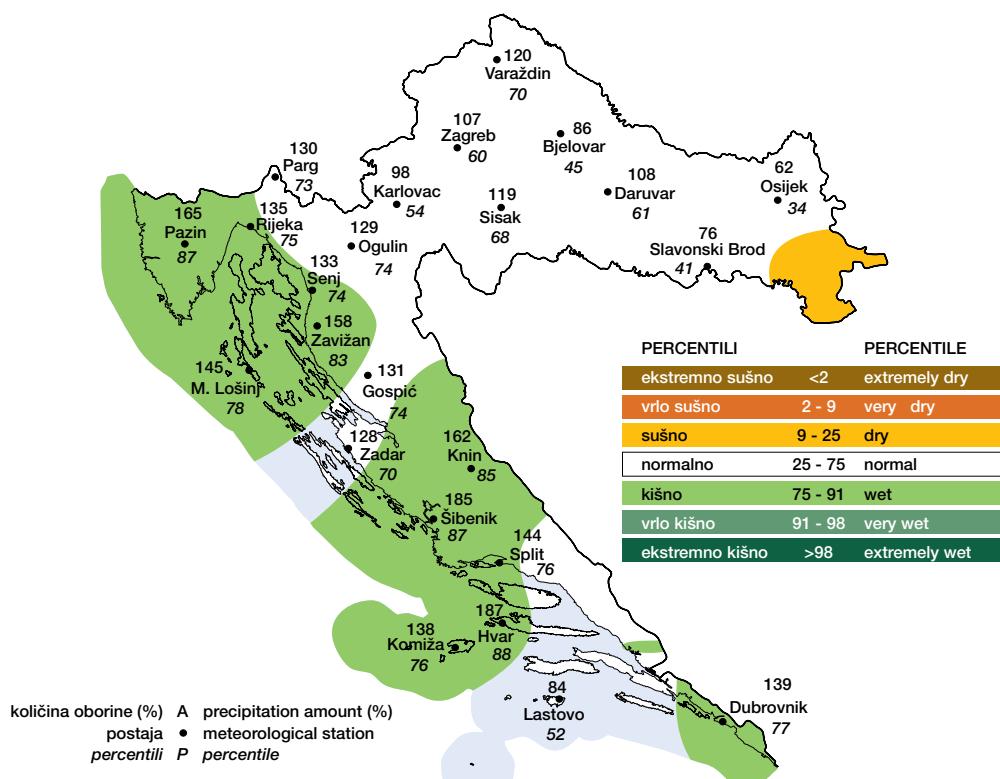
Odstupanje srednje mješevne temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za RUJAN 2020. godine

Monthly air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in SEPTEMBER 2020



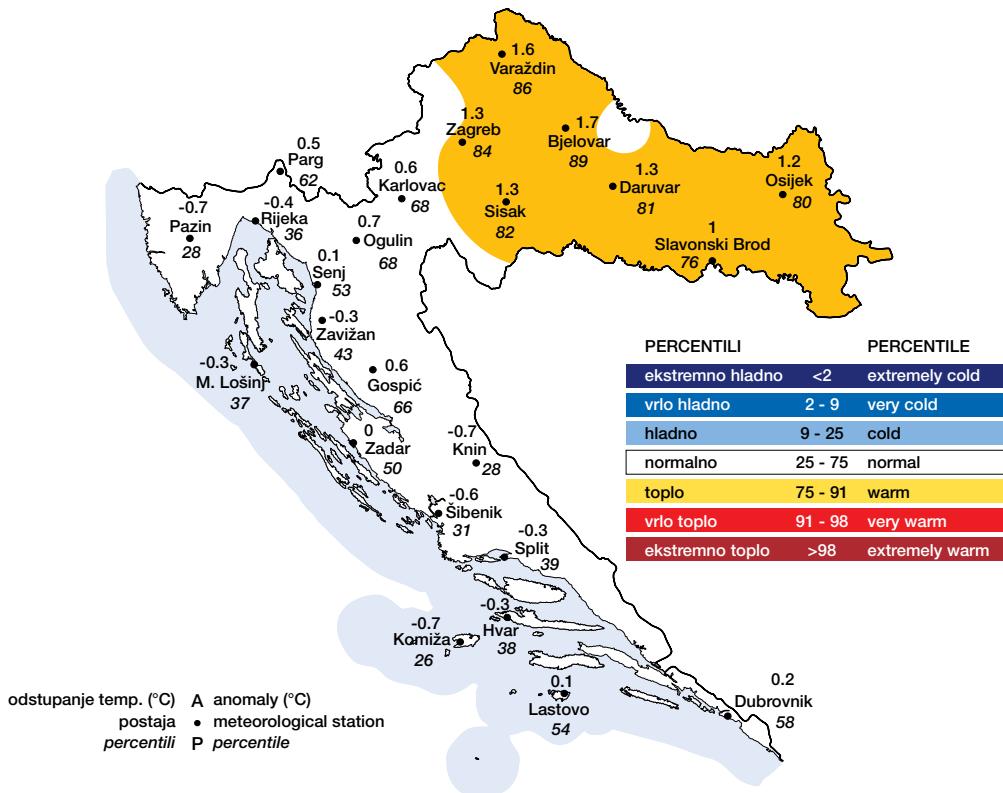
Mjesečne količine oborina, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za RUJAN 2020. godine

Monthly precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in SEPTEMBER 2020



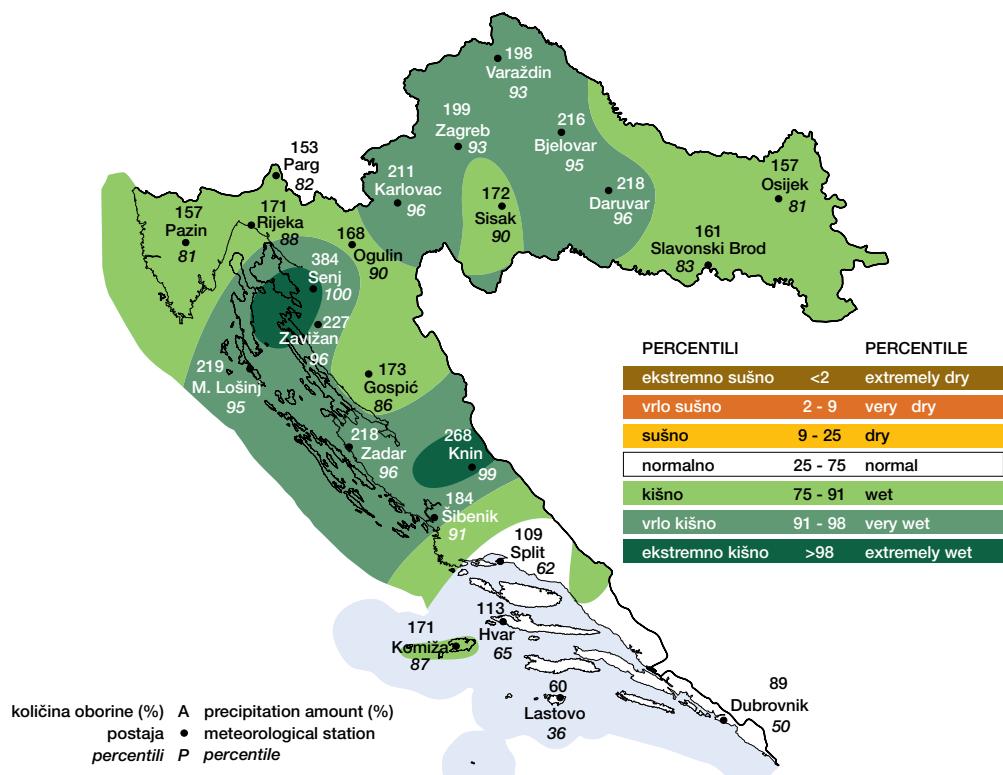
Odstupanje srednje mjesecne temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za LISTOPAD 2020. godine

Monthly air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in OCTOBER 2020



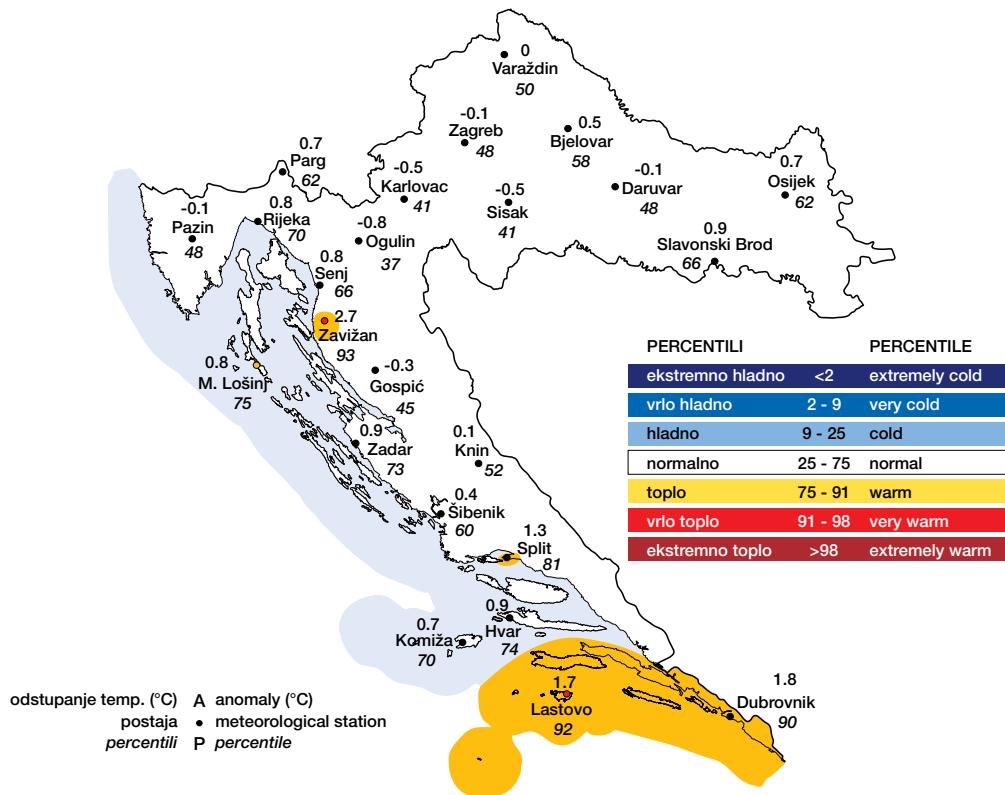
Mjesečne količine oborina, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za LISTOPAD 2020. godine

Monthly precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in OCTOBER 2020



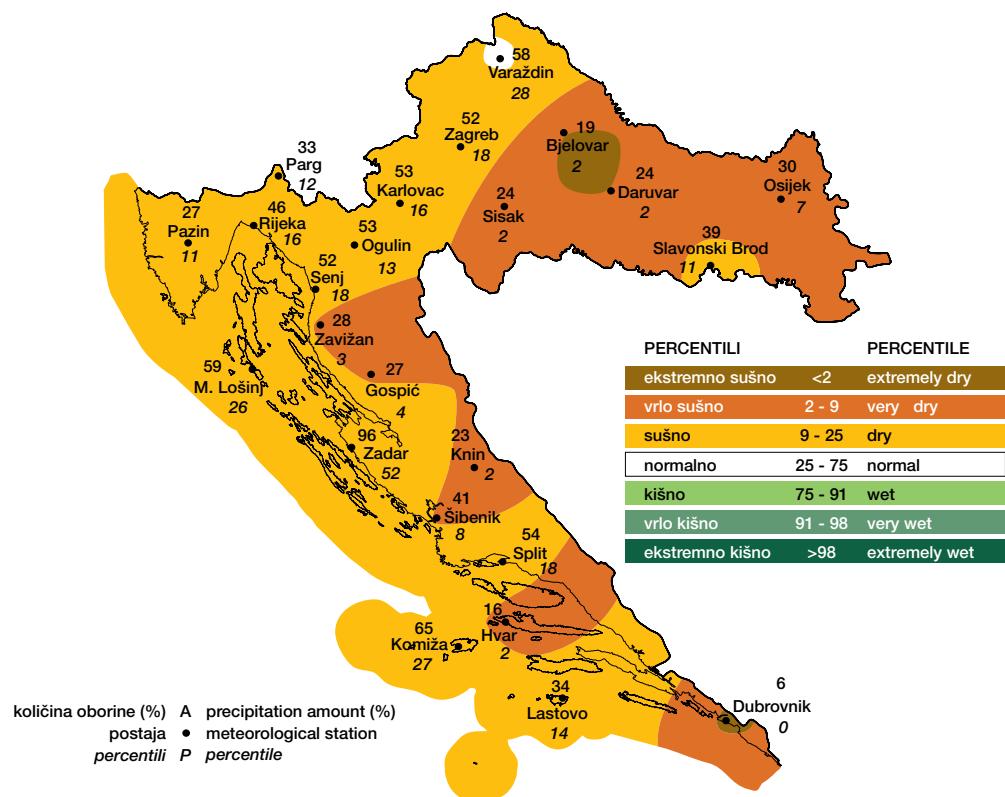
Odstupanje srednje mješevne temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za STUDENI 2020. godine

Monthly air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in NOVEMBER 2020



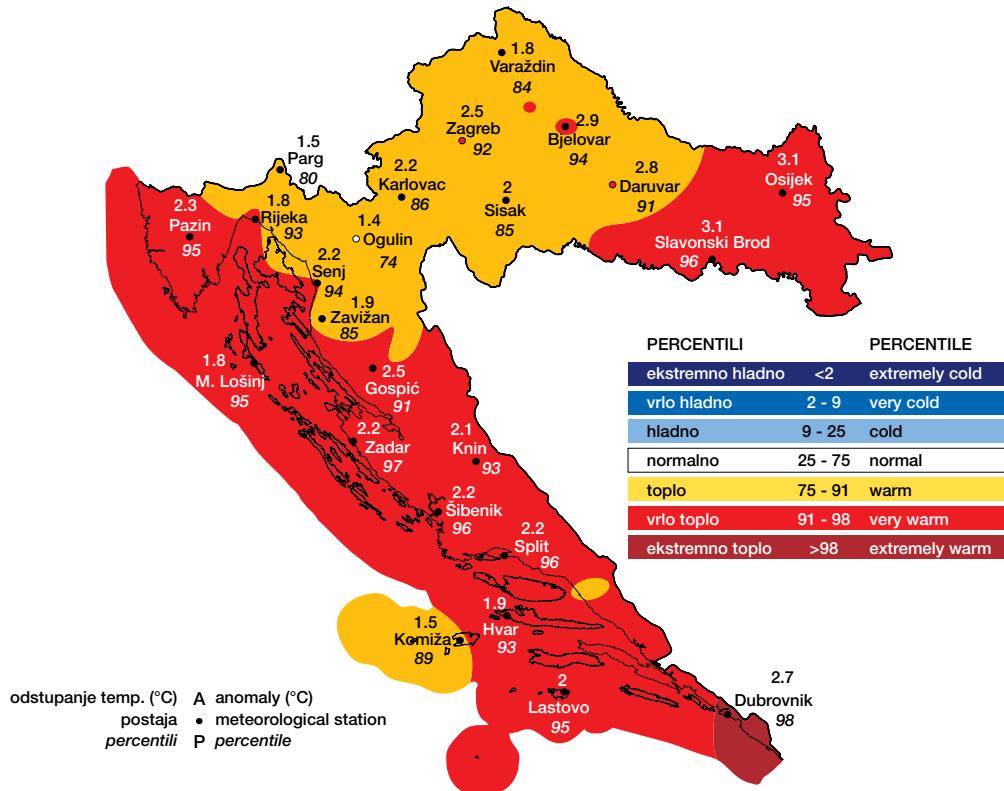
Mjesečne količine oborina, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za STUDENI 2020. godine

Monthly precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in NOVEMBER 2020



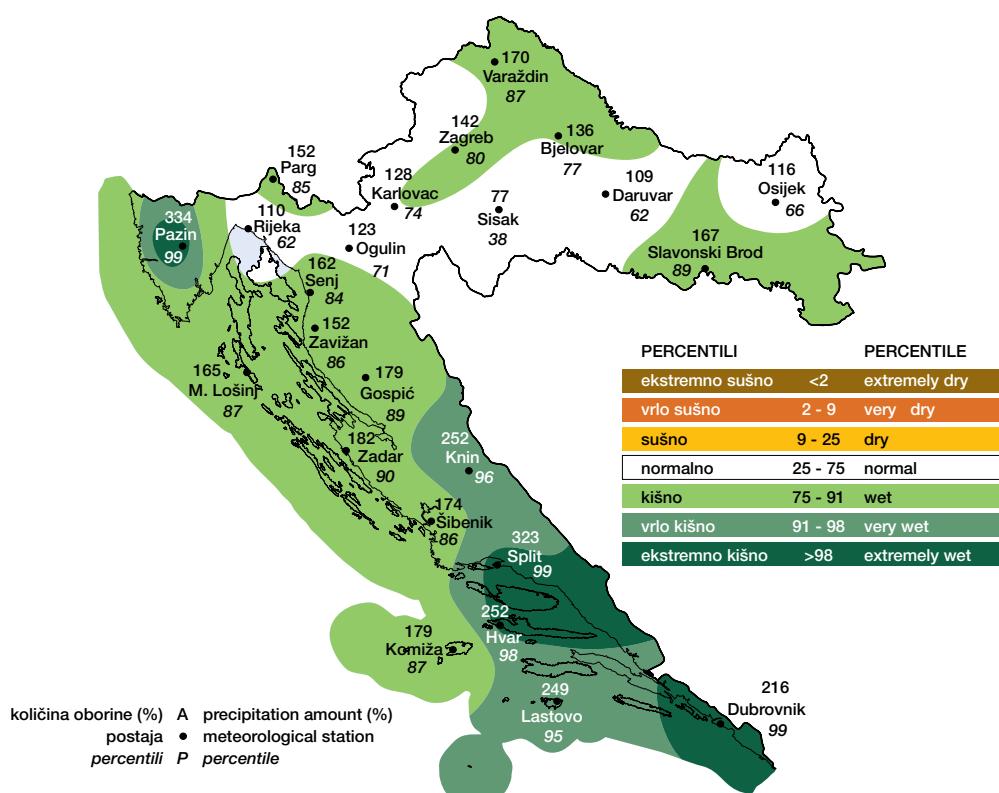
Odstupanje srednje mješevne temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za PROSINAC 2020. godine

Monthly air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in DECEMBER 2020



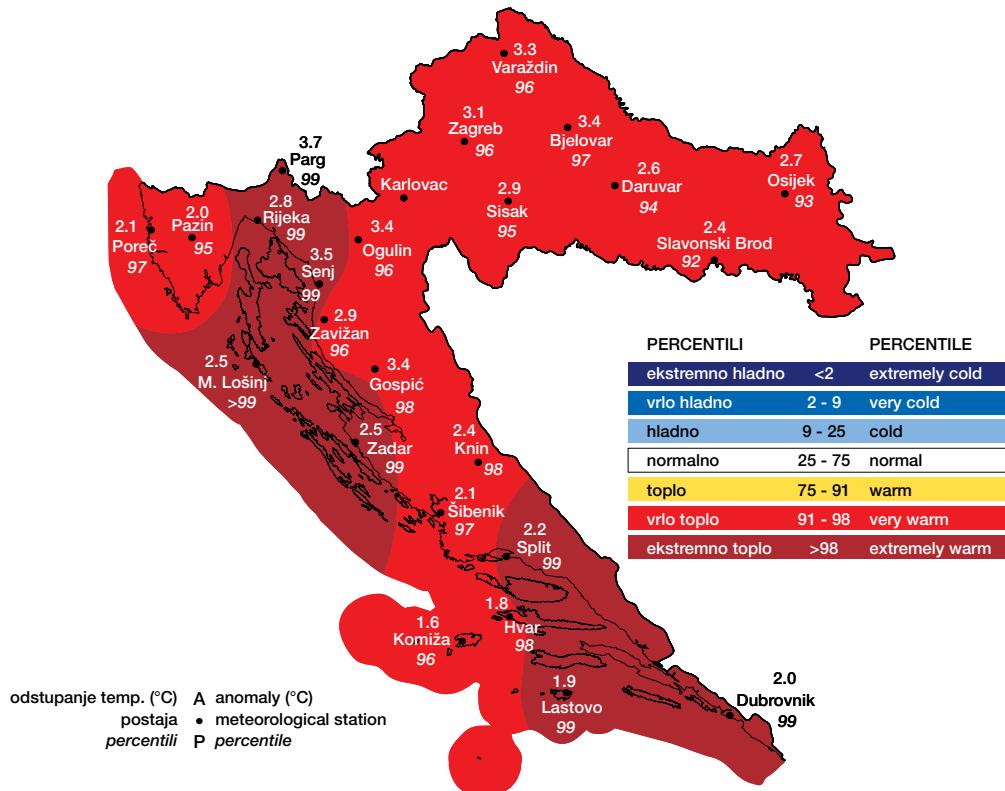
Mjesečne količine oborina, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za PROSINAC 2020. godine

Monthly precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in DECEMBER 2020



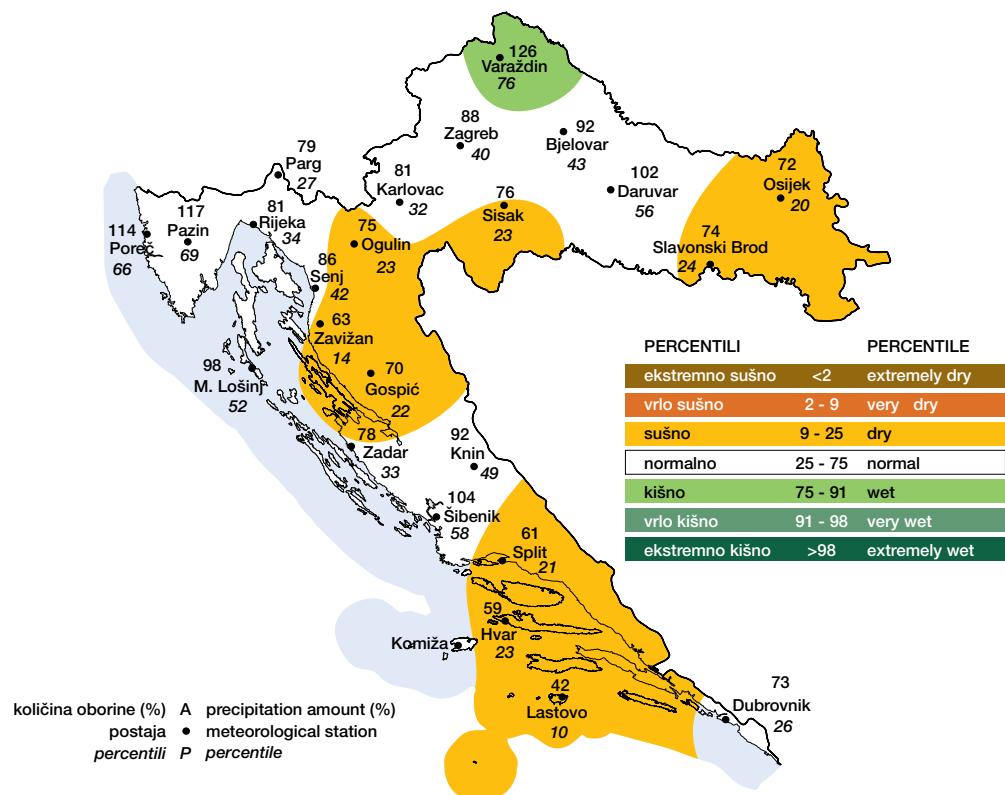
Odstupanje srednje sezonske temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za ZIMU 2019/ 2020. godine (prosinac 2019., siječanj i veljača 2020.)

Seasonal air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in the WINTER 2019/2020 (December 2019, January and February 2020)



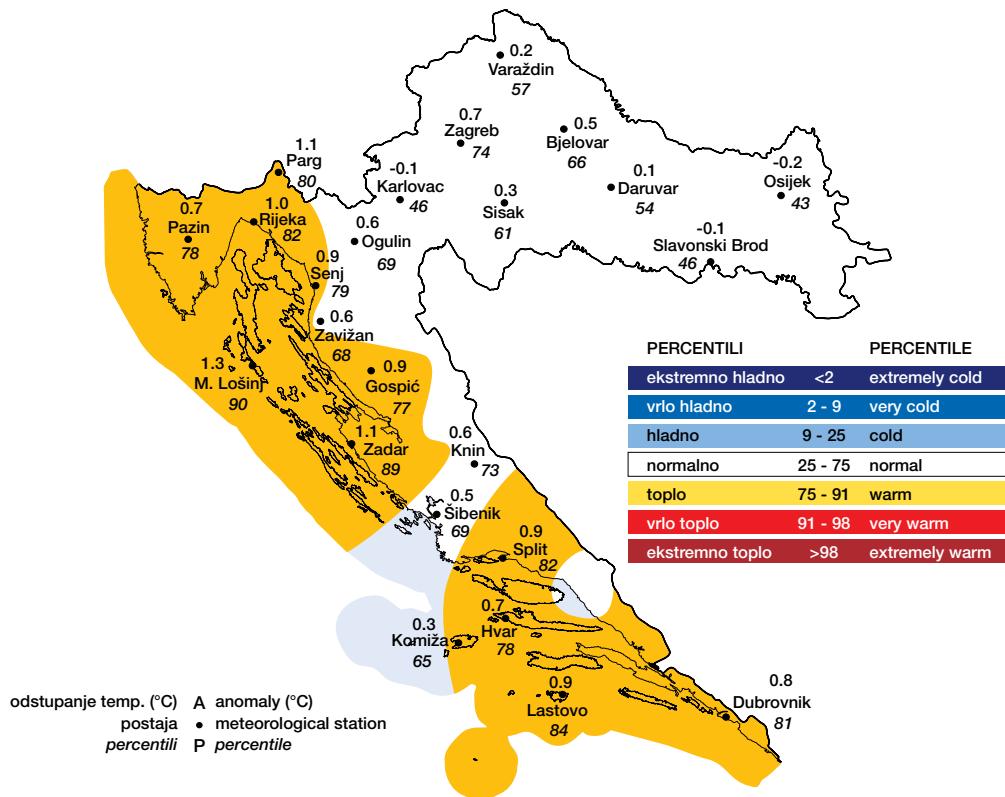
Sezonske količine oborine, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za ZIMU 2019/ 2020. godine (prosinac 2019., siječanj i veljača 2020.)

Seasonal precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in the WINTER 2019/2020 (December 2019, January and February 2020)



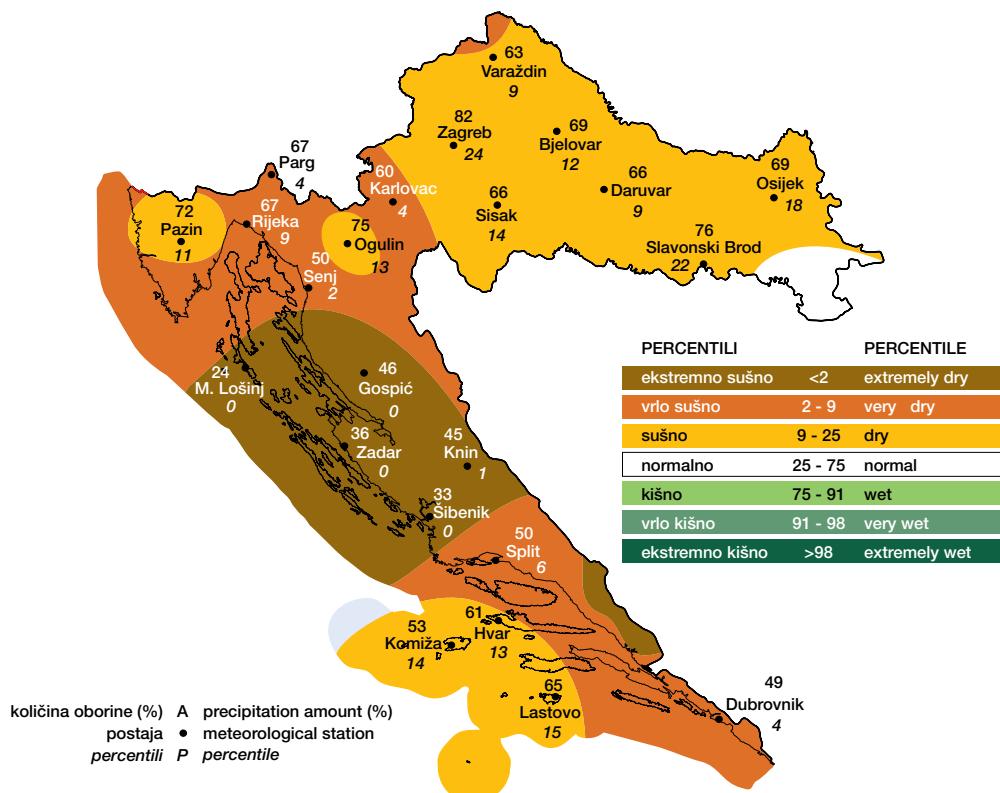
Odstupanje srednje sezonske temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za PROLJEĆE 2020. godine (ožujak – svibanj)

Seasonal air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in the SPRING 2020 (March–May)



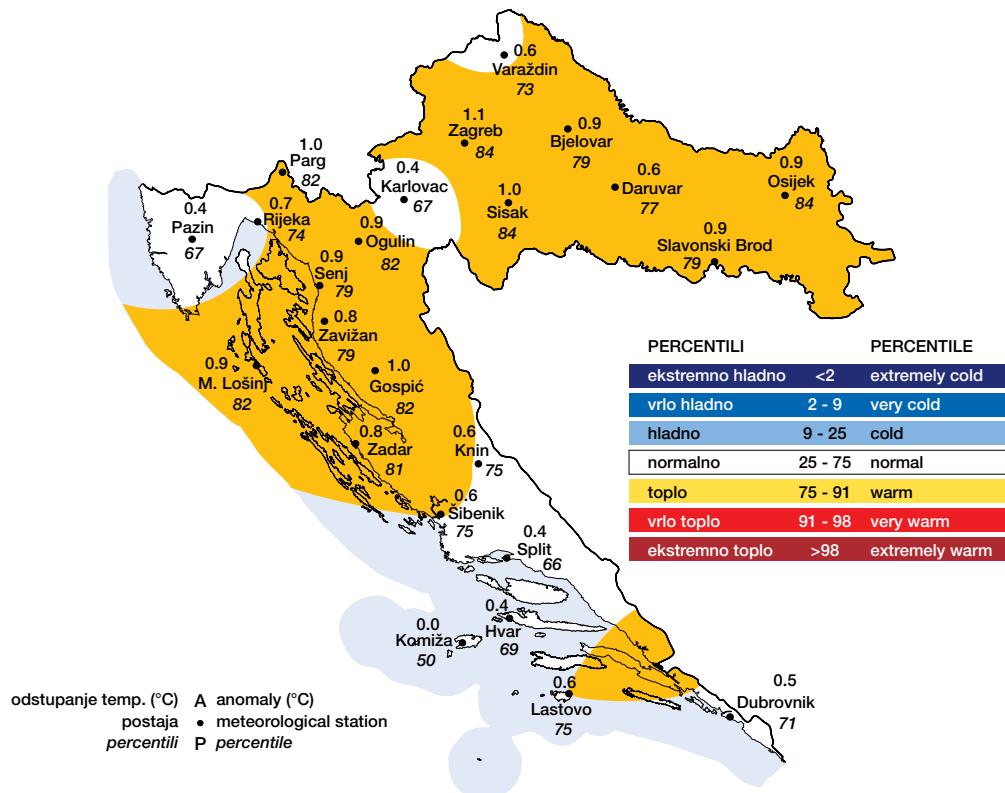
Sezonske količine oborine, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za PROLJEĆE 2020. godine (ožujak – svibanj)

Seasonal precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in the SPRING 2020 (March–May)



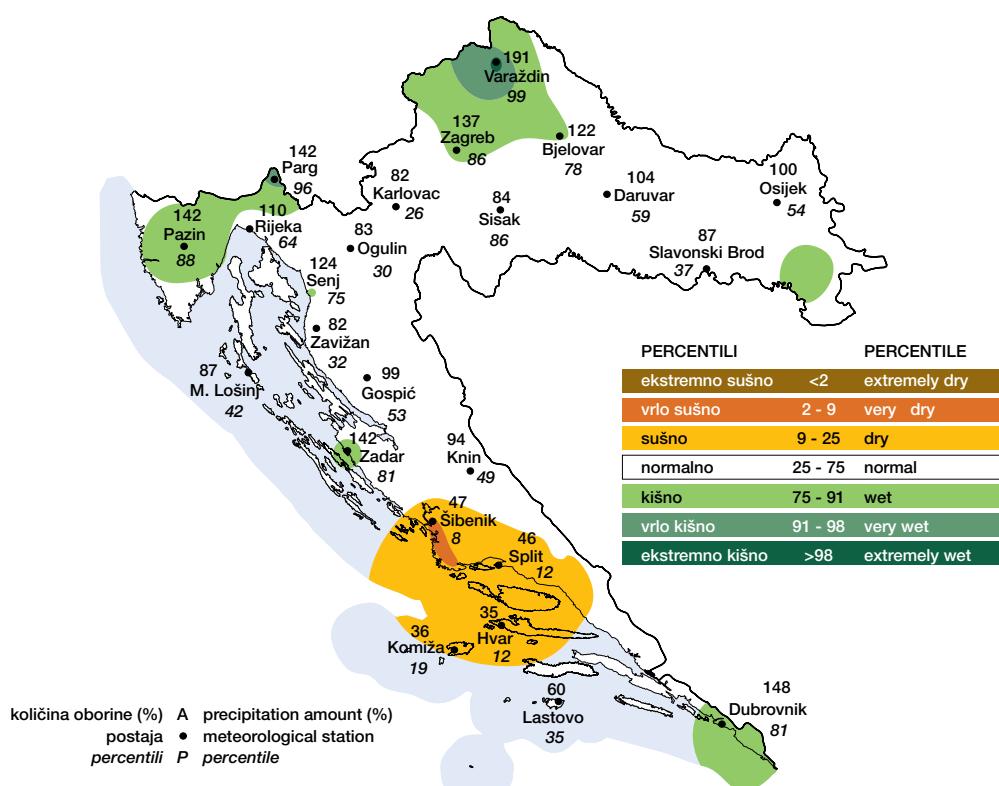
Odstupanje srednje sezonske temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za LJETO 2020. godine (lipanj – kolovoz)

Seasonal air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in the SUMMER 2020 (June–August)



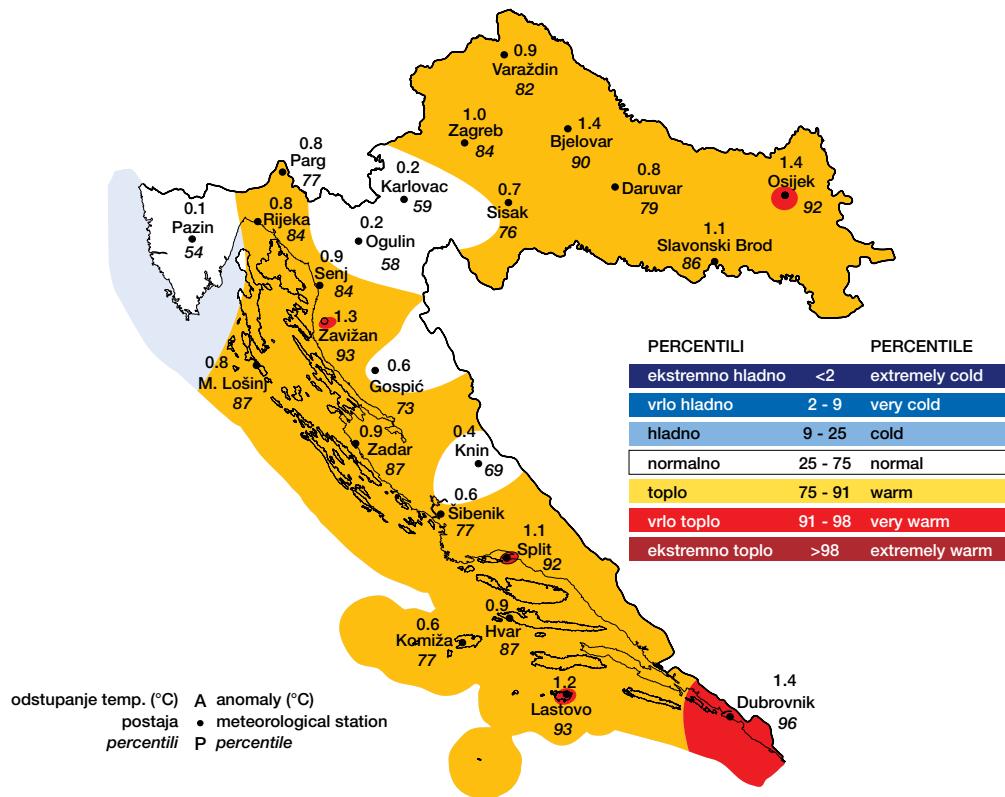
Sezonske količine oborine, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za LJETO 2020. godine (lipanj – kolovoz)

Seasonal precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in the SUMMER 2020 (June–August)



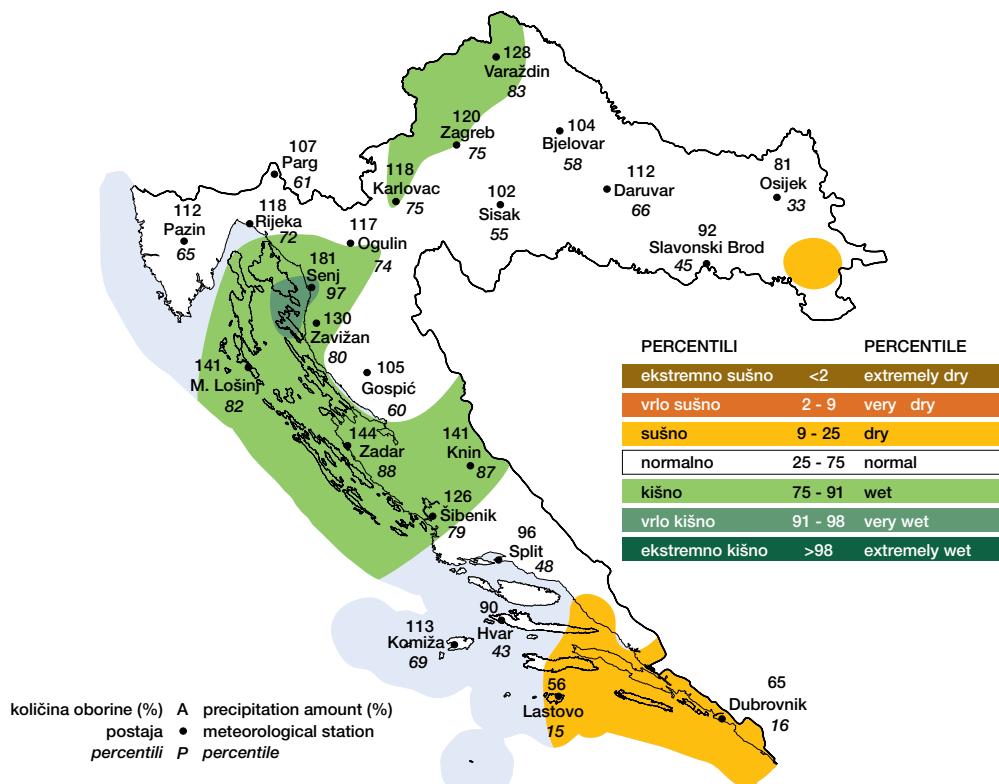
Odstupanje srednje sezonske temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za JESEN 2020. godine (rujan – studeni)

Seasonal air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in the AUTUMN 2020 (September–November)



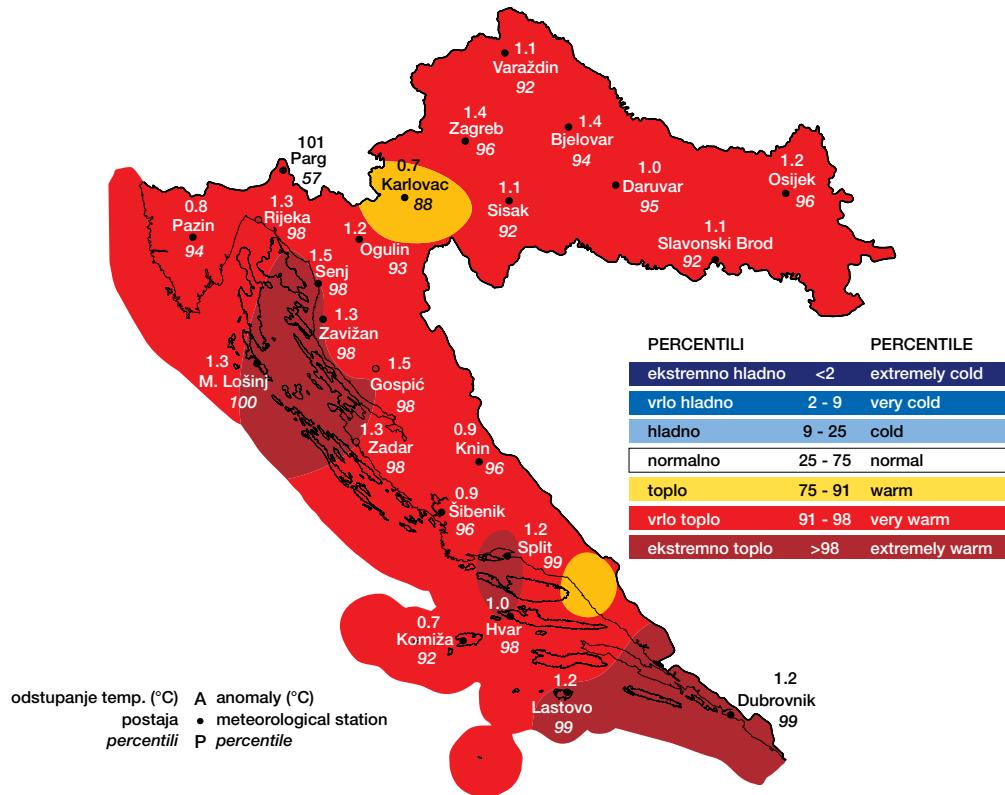
Sezonske količine oborina, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za JESEN 2020. godine (rujan – studeni)

Seasonal precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in the AUTUMN 2020 (September–November)



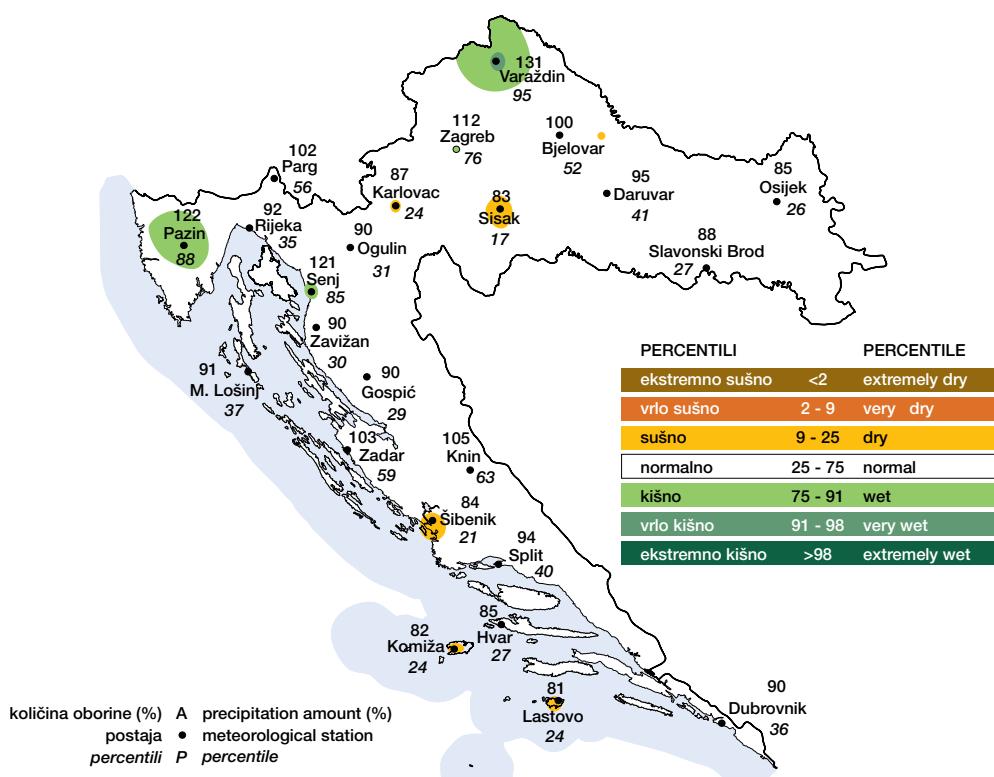
**Odstupanje srednje godišnje temperature zraka (°C) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za 2020. GODINU**

Annual air temperature anomalies in Croatia, relative to the multiannual average for the period 1981 – 2010, in the YEAR 2020



**Godišnje količine oborine, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. godina za Hrvatsku za 2020. GODINU**

Annual precipitation amounts, in percentages of multiannual average for the period 1981 – 2010, in Croatia in the YEAR 2020



## 1.2 Ocjena toplinskih i oborinskih prilika za 2020. godinu

Ocjena je napravljena na temelju kartografskog prikaza anomalija srednje mjesecne temperature zraka i mjesecne količine oborine definiranih u odnosu na višegodišnji prosjek 1981. – 2010. godina kao i kartografskih prikaza odgovarajućih sezonskih i godišnjih anomalija za navedene meteorološke elemente.

Kvantitativna ocjena toplinskih i oborinskih prilika na području Hrvatske za 2020. godinu može se dopuniti sažetim opisom prikazanim u tablici 1.2. U tablici 1.2 analiziraju se mjesecna, sezonska i godišnja razdoblja u usporedbi s referentnim razdobljem 1981. – 2010. godina. U prvom stupcu tablice su klase odstupanja temperature zraka od standardnog višegodišnjeg prosjeka kao i odgovarajuće klase količine oborine, u drugoj koloni je postotak u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske za pojedinu klasu dok je u trećoj koloni raščlamba područja s vrijednostima temperature zraka i količine oborine iznad odnosno ispod odgovarajućeg višegodišnjeg prosjeka za klasu normalno.

Na području Hrvatske srednja godišnja temperatura zraka za 2020. godinu bila je iznad višegodišnjeg

## 1.2 Assessment of climate anomalies in 2020

The analysis is based on maps showing the anomalies of average monthly air temperatures and monthly precipitation amounts defined as deviation from the multiannual average 1981 – 2010, as well as maps of the corresponding seasonal and annual anomalies for the above mentioned meteorological elements.

The quantitative assessment of temperature and precipitation climate anomalies in Croatia in 2020 is supplemented with the brief description shown in Table 1.2. Monthly, seasonal and annual periods relative to the WMO reference period 1981 – 2010 are analyzed in Table 1.2. The first column of Table 1.2 contains categories of the air temperature anomalies in reference to the WMO standard multiannual average (1981 – 2010) as well as corresponding precipitation amount anomaly categories. The second column contains the percentage of the total Croatian territory for each category, and the third column contains a division of the analyzed area with temperature and precipitation amount values above or below the corresponding multiannual average for the normal category.

*Tablica 1.2 Klase odstupanja srednjih mjesecnih temperatura zraka od višegodišnjeg prosjeka (1981. – 2010.) i mjesecne količine oborine izražene u postotcima višegodišnjeg prosjeka (1981. – 2010.) za 2020. godinu, kao i ocjena toplinskih i oborinskih prilika za godišnja doba 2020. i za čitavu godinu*

*Table 1.2 Average monthly air temperature anomaly categories relative to the multiannual average 1981 – 2010 in 2020, and the assessment of anomalies of air temperature and precipitation amounts in all seasons of 2020, as well as entire 2020*

Mjesec SIJEČANJ 2020. Month JANUARY 2020				
	klaša category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno    extremely cold	0		
	vrlo hladno    very cold	0		
	hladno    cold	0		
	normalno    normal	50	iznad prosjeka above the average	
	toplo    warm	40		
	vrlo toplo    very warm	10		
	ekstremno toplo    extremely warm	0		
oborina precipitation	ekstremno sušno    extremely dry	0		
	vrlo sušno    very dry	50		
	sušno    dry	35		
	normalno    normal	15	ispod prosjeka below the average	
	kišno    wet	0		
	vrlo kišno    very wet	0		
	ekstremno kišno    extremely wet	0		

Mjesec VELJAČA 2020. Month FEBRUARY 2020				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0		
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	0		
	normalno normal	0		
	toplo warm	5		
	vrlo toplo very warm	80		
	ekstremno toplo extremely warm	15		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	0		
	vrlo sušno very dry	7		
	sušno dry	33		
	normalno normal	60	većinom ispod prosjeka mainly below the average	
	kišno wet	0		
	vrlo kišno very wet	0		
	ekstremno kišno extremely wet	0		

Mjesec OŽUJAK 2020. Month MARCH 2020				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0		
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	0		
	normalno normal	80	većinom iznad prosjeka mainly above the average	
	toplo warm	20		
	vrlo toplo very warm	0		
	ekstremno toplo extremely warm	0		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	0		
	vrlo sušno very dry	5		
	sušno dry	25		
	normalno normal	70	većinom ispod prosjeka mainly below the average	
	kišno wet	0		
	vrlo kišno very wet	0		
	ekstremno kišno extremely wet	0		

Mjesec TRAVANJ 2020. Month APRIL 2020				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0		
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	0		
	normalno normal	25	iznad prosjeka above the average	
	toplo warm	55		
	vrlo toplo very warm	20		
	ekstremno toplo extremely warm	0		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	20		
	vrlo sušno very dry	50		
	sušno dry	27		
	normalno normal	3	ispod prosjeka below the average	
	kišno wet	0		
	vrlo kišno very wet	0		
	ekstremno kišno extremely wet	0		
Mjesec SVIBANJ 2020. Month MAY 2020				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0		
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	60		
	normalno normal	40	većinom iznad prosjeka mainly above the average	
	toplo warm	0		
	vrlo toplo very warm	0		
	ekstremno toplo extremely warm	0		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	0		
	vrlo sušno very dry	0		
	sušno dry	25		
	normalno normal	65	ispod prosjeka na većem broju analiziranih postaja below the average at a larger number of analyzed stations	
	kišno wet	10		
	vrlo kišno very wet	0		
	ekstremno kišno extremely wet	0		

Mjesec LIPANJ 2020. Month JUNE 2020				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0		
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	0		
	normalno normal	100	većinom iznad prosjeka mainly above the average	
	toplo warm	0		
	vrlo toplo very warm	0		
	ekstremno toplo extremely warm	0		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	0		
	vrlo sušno very dry	0		
	sušno dry	8		
	normalno normal	77	većinom ispod prosjeka mainly below the average	
	kišno wet	13		
	vrlo kišno very wet	2		
	ekstremno kišno extremely wet	0		
Mjesec SRPANJ 2020. Month JULY 2020				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0		
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	2		
	normalno normal	94	većinom iznad prosjeka mainly above the average	
	toplo warm	4		
	vrlo toplo very warm	0		
	ekstremno toplo extremely warm	0		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	0		
	vrlo sušno very dry	2		
	sušno dry	15		
	normalno normal	57	većinom ispod prosjeka mainly below the average	
	kišno wet	10		
	vrlo kišno very wet	10		
	ekstremno kišno extremely wet	6		

Mjesec KOLOVOZ 2020. Month AUGUST 2020				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0		
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	0		
	normalno normal	0		
	toplo warm	55		
	vrlo toplo very warm	45		
	ekstremno toplo extremely warm	0		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	0		
	vrlo sušno very dry	0		
	sušno dry	0		
	normalno normal	90	ispod prosjeka na većem broju analiziranih postaja below the average at a larger number of analyzed stations	
	kišno wet	8		
	vrlo kišno very wet	2		
	ekstremno kišno extremely wet	0		
Mjesec RUJAN 2020. Month SEPTEMBER 2020				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0		
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	0		
	normalno normal	5	iznad prosjeka above the average	
	toplo warm	55		
	vrlo toplo very warm	40		
	ekstremno toplo extremely warm	0		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	0		
	vrlo sušno very dry	0		
	sušno dry	7		
	normalno normal	55	iznad prosjeka na većem broju analiziranih postaja above the average at a larger number of analyzed stations	
	kišno wet	38		
	vrlo kišno very wet	0		
	ekstremno kišno extremely wet	0		

Mjesec LISTOPAD 2020. Month OCTOBER 2020				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0	ispod prosjeka na većem broju analiziranih postaja below the average at a larger number of analyzed stations	
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	0		
	normalno normal	65		
	toplo warm	35		
	vrlo toplo very warm	0		
	ekstremno toplo extremely warm	0		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	0	iznad i ispod prosjeka na podjednakom broju postaja above and below the average at almost equal number of stations	
	vrlo sušno very dry	0		
	sušno dry	0		
	normalno normal	15		
	kišno wet	42		
	vrlo kišno very wet	38		
	ekstremno kišno extremely wet	5		
Mjesec STUDENI 2020. Month NOVEMBER 2020				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0	većinom iznad prosjeka mainly above the average	
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	0		
	normalno normal	85		
	toplo warm	15		
	vrlo toplo very warm	0		
	ekstremno toplo extremely warm	0		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	6	ispod prosjeka below the average	
	vrlo sušno very dry	32		
	sušno dry	60		
	normalno normal	2		
	kišno wet	0		
	vrlo kišno very wet	0		
	ekstremno kišno extremely wet	0		

Mjesec PROSINAC 2020. Month DECEMBER 2020				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0		
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	0		
	normalno normal	0		
	toplo warm	37		
	vrlo toplo very warm	60		
	ekstremno toplo extremely warm	3		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	0		
	vrlo sušno very dry	0		
	sušno dry	0		
	normalno normal	25	većinom iznad prosjeka mainly above the average	
	kišno wet	45		
	vrlo kišno very wet	20		
	ekstremno kišno extremely wet	10		

Godišnje doba ZIMA 2019/2020. (XII 2019., I i II 2020.) Season WINTER 2019/2020 (XII 2019, I and II 2020)				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0		
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	0		
	normalno normal	0		
	toplo warm	0		
	vrlo toplo very warm	60		
	ekstremno toplo extremely warm	40		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	0		
	vrlo sušno very dry	0		
	sušno dry	40		
	normalno normal	50	većinom ispod prosjeka mainly below the average	
	kišno wet	10		
	vrlo kišno very wet	0		
	ekstremno kišno extremely wet	0		

Godišnje doba PROLJEĆE 2020. (III – V) Season SPRING 2020 (III – V)				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0	većinom iznad prosjeka mainly above the average	
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	0		
	normalno normal	58		
	toplo warm	42		
	vrlo toplo very warm	0		
	ekstremno toplo extremely warm	0		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	20	ispod prosjeka below the average	
	vrlo sušno very dry	35		
	sušno dry	40		
	normalno normal	5		
	kišno wet	0		
	vrlo kišno very wet	0		
	ekstremno kišno extremely wet	0		

Godišnje doba LJETO 2020. (VI – VIII) Season SUMMER 2020 (VI – VIII)				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0	iznad prosjeka above the average	
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	0		
	normalno normal	40		
	toplo warm	60		
	vrlo toplo very warm	0		
	ekstremno toplo extremely warm	0		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	0	većinom ispod prosjeka mainly below the average	
	vrlo sušno very dry	2		
	sušno dry	15		
	normalno normal	60		
	kišno wet	19		
	vrlo kišno very wet	4		
	ekstremno kišno extremely wet	0		

Godišnje doba JESEN 2020. (IX – XI) Season AUTUMN 2020 (IX – XI)				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0	iznad prosjeka above the average	
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	0		
	normalno normal	23		
	toplo warm	70		
	vrlo toplo very warm	7		
	ekstremno toplo extremely warm	0		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	0	iznad prosjeka na većem broju analiziranih postaja above the average at a larger number of analyzed stations	
	vrlo sušno very dry	0		
	sušno dry	10		
	normalno normal	56		
	kišno wet	30		
	vrlo kišno very wet	4		
	ekstremno kišno extremely wet	0		

Razdoblje GODINA 2020. Period YEAR 2020				
	klasa category	% u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske % of the total Croatian territory	odnos u klasi normalno s obzirom na prosjek normal category characteristics in relation to the average	
temperatura temperature	ekstremno hladno extremely cold	0	većinom ispod prosjeka mainly below the average	
	vrlo hladno very cold	0		
	hladno cold	0		
	normalno normal	0		
	toplo warm	10		
	vrlo toplo very warm	65		
	ekstremno toplo extremely warm	25		
oborina precipitation	ekstremno sušno extremely dry	0	većinom ispod prosjeka mainly below the average	
	vrlo sušno very dry	0		
	sušno dry	6		
	normalno normal	84		
	kišno wet	9		
	vrlo kišno very wet	1		
	ekstremno kišno extremely wet	0		

prosjeka (1981. – 2010.) na svim postajama koje su uključene u praćenje klime. Odstupanja srednje godišnje temperature zraka nalaze se u rasponu od 0,7°C (Karlovac, Makarska, Komiža) do 1,6°C (Puntijarka).

Kategorizacija zasnovana na razdiobi percentila pokazuje da su okolica Karlovca i Makarske bili u kategoriji **toplo** dok su Puntijarka, Rijeka, kvarnerski otoci, okolica Zavižana, Gospića, Zadra, Splita i grada Hvara te južna Dalmacija bili u kategoriji **ekstremno toplo**. Preostali dio teritorija Republike Hrvatske nalazi se u kategoriji **vrlo toplo**.

Analiza godišnjih količina oborine koje su izražene u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka (1981. – 2010.) pokazuje da su u 2020. u Hrvatskoj količine oborine na većini analiziranih postaja bile ispod, a na njih devet iznad višegodišnjeg prosjeka. Usporedba s navedenim višegodišnjim prosjekom pokazuje da se količine oborine za 2020. godinu nalaze u rasponu od 81% višegodišnjeg prosjeka u Lastovu (514,7 mm) do 131% u Varaždinu (1087,8 mm). Oborinske prilike koje su obilježile 2020. godinu detaljno su opisane sljedećim kategorijama:

The average annual air temperature for the year 2020 was above the multiannual average (1981 – 2010) at all meteorological stations included in climate monitoring in Croatia. Average annual air temperature anomalies were within the range from 0.7°C (Karlovac, Makarska, Komiža) to 1.6°C (Puntijarka).

According to percentile ranks and classification ratings thermal conditions in Croatia in 2020 have been described by following categories: **warm** (the wider area of Karlovac and Makarska), **extremely warm** (Puntijarka, Rijeka, Kvarner Islands, surroundings of Zavižan, Gospić, Zadar, Split and Hvar, Southern Dalmatia) and **very warm** (the rest of Croatia).

An analysis of annual precipitation amounts in 2020 expressed as percentages (%) of the 1981 – 2010 average indicates that precipitation amounts in Croatia were mainly below the average while at nine meteorological stations annual precipitation amount exceeded the mentioned average. A comparison with the multiannual average reveals that precipitation amounts in 2020 range from 81% of multiannual average in Lastovo (514.7 mm) to 131% in

Tablica 1.3. Područja zahvaćena ekstremnim klimatskim prilikama u 2020. godini.

Table 1.3 Areas affected by extreme climate conditions in 2020

Mjesečna razdoblja <i>Monthly periods</i>		
ekstremno hladno <i>extremely cold</i>		niti jedno područje <i>no areas in this category</i>
ekstremno toplo <i>extremely warm</i>	veljača <i>February</i>	šire područje Malog Lošinja i Zadra <i>the wider areas of the towns of Mali Lošinj and Zadar</i>
	prosinac <i>December</i>	područje Dubrovnika <i>Dubrovnik area</i>
ekstremno sušno <i>extremely dry</i>	travanj <i>April</i>	šire područje Pazina, Malog Lošinja, Bjelovara, Daruvara i Gospića te dio srednjeg Jadrana i zaleđa <i>the wider areas of the towns of Pazin, Mali Lošinj, Bjelovar, Daruvar and Gospic as well as part of the Middle Adriatic and its hinterland</i>
	studeni <i>November</i>	okolica Bilogore i Dubrovnika <i>surroundings of the towns of Bjelovar and Dubrovnik</i>
ekstremno kišno <i>extremely wet</i>	lipanj <i>June</i>	Pazin <i>Pazin area</i>
	srujanj <i>July</i>	šire područje Varaždina i Zagreba <i>the wider areas of Varaždin and Zagreb</i>
	listopad <i>November</i>	okolica Senja, dio Krka, Rab i šire područje Knina <i>surroundings of Senj, part of Krk, Rab and the wider area of the town of Knin</i>
	prosinac <i>December</i>	unutrašnjost Istre, srednja Dalmacija i dijelovi južne Dalmacije <i>hinterland of Istria, Middle Dalmatia and parts of Southern Dalmatia</i>

**sušno** (šire područje Biogore, Siska, Karlovca, Šibenika, Komiže i Lastova), **kišno** (okolica Pazina, Senja, Zagreba i Varaždina), **vrlo kišno** (Varaždin i okolica) i **normalno** (preostali dio teritorija).

Prema podacima navedenim u tablici 1.2, godina 2020. bila je ekstremno topla na 25% teritorija Republike Hrvatske, vrlo topla na 65% teritorija, dok je 10% teritorija svrstano u kategoriju toplo. Oborinske prilike su bile normalne na 84% teritorija, dok je na 6% teritorija bilo sušno, na 9% kišno, a na 1% vrlo kišno.

### 1.3 Ekstremna klimatska razdoblja u 2020. godini

Područja zahvaćena ekstremnim klasama temperaturnih i oborinskih anomalija koja mogu značajno utjecati na ljudе i različite gospodarske grane (energetika, poljoprivredа, turizam) izdvojena su u tablici 1.3 na mјesečnoj, sezonskoj i godišnjoj ljestvici.

Varaždin (1087.8 mm). According to percentile ranks and classification ratings, the precipitation amounts in the year 2020 have been described by the following categories: **dry** (the wider area of Biogora, Sisak, Karlovac, Šibenik, Komiža and Lastovo), **wet** (the wider area of Pazin, Senj, Zagreb and Varaždin), **very wet** (Varaždin and surroundings) and **normal** (the rest of Croatia).

According to the data in Table 1.2, the year 2020 was extremely warm in 25% of the territory of the Republic of Croatia, very warm in 65% of the territory, while 10% of the territory was classified as warm. Precipitation conditions were normal in 84% of the territory, while in 6% of the territory it was dry, in 9% wet, and in 1% very wet.

### 1.3 Extreme climate periods in 2020

Areas affected by extreme classes of temperature and precipitation anomalies that can significantly affect people and different branches of economy (energy, agriculture, tourism) are highlighted in Table 1.3 on a monthly, seasonal and annual scale.

Godišnja doba Seasons		
ekstremno hladno <i>extremely cold</i>		niti jedno područje <i>no areas in this category</i>
ekstremno toplo <i>extremely warm</i>	zima 2019./2020. <i>Winter 2019/2020</i>	dio sjevernog, srednjeg i južnog Jadrana i zaleđa <i>parts of the Northern, Middle and Southern Adriatic and their hinterland</i>
ekstremno sušno <i>extremely dry</i>	proljeće <i>Spring</i>	Zavižan i dio Like, južni kvarnerski otoci, sjeverna Dalmacija i dio zaleđa srednje Dalmacije <i>Zavižan and Lika region, Southern Kvarner Islands, Northern Dalmatia and part of the hinterland of Middle Dalmatia</i>
ekstremno kišno <i>extremely wet</i>	ljeto <i>Summer</i>	okolica Varaždina <i>surroundings of the town of Varaždin</i>

Godina 2020. Period YEAR 2020	
ekstremno hladno <i>extremely cold</i>	niti jedno područje <i>no areas in this category</i>
ekstremno toplo <i>extremely warm</i>	Puntijarka, Rijeka, kvarnerski otoci, okolica Zavižana, Gosića, Zadra i Splita, okolica grada Hvara, južna Dalmacija <i>Puntijarka, Rijeka, Kvarner Islands, surroundings of Zavižan, Gosić, Zadar and Split, surroundings of the town of Hvar and Southern Dalmatia</i>
ekstremno sušno <i>extremely dry</i>	niti jedno područje <i>no areas in this category</i>
ekstremno kišno <i>extremely wet</i>	niti jedno područje <i>no areas in this category</i>

## 2 ANALIZA SREDNJEĆNOG VISINSKOG STRUJANJA ZA HRVATSKU U 2020. GODINI

Srednja mjeseca visinska situacija sinoptičkih razmjera na izobarnoj plohi AT 500 hPa može pokazati prevladavajuće visinsko strujanje nad određenim predjelima tijekom mjeseca te se s njezinom analizom mogu, u znatnoj mjeri, objasniti mjesecne vrijednosti pojedinih meteoroloških elemenata, primjerice srednje mjesecne prizemne temperature zraka, a najčešće i mjesecne kočibine oborine.

Stoga je učinjena meteorološka analiza prošle 2020. godine pregledom srednjih mjesecnih situacija, odnosno strujanja nad širim područjem Europe i Sjevernog Atlantika.

U siječnju je nad našim predjelima srednje mješecno visinsko (AT 500 hPa) strujanje bilo u znaku baričkog grebena čija je os bila nad našom zemljom (slika 2.1a) te je bilo iznadprosječno toplo, posebice na Jadranu, a oborine je bilo manje od višegodišnjeg prosjeka 1981. – 2010.

I u veljači je bilo iznadprosječno toplo u odnosu na višegodišnji srednjak, uz veće pozitivno odstupanje. Područje Hrvatske bilo je na prednjoj strani visinskog grebena koji se pružao s područja Azora (slika 2.1b). Zabilježen je manjak oborine, osobito na Jadranu i u područjima uz njega.

U siječnju i veljači je nad sjevernim Atlantikom persistirala visinska dolina uz izraženu ciklonalnu aktivnost, osobito izraženu na AT 850 hPa. Stoga je prevladavajući režim strujanja iznad Europe bila pozitivna faza Sjeverno-atlantske oscilacije (NAO+), uz pozitivne vrijednosti NAO indeksa (tablica 2.1) – što znači duboka Islandska ciklona te greben u polju tlaka zraka iznad Azora uz izražene gradiente iznad zapadne Europe, ali i dobrim dijelom prema njezinom istoku.

U ožujku je u polju srednje mješecne AT 500 hPa nad našom zemljom bila prostrana visinska dolina koja je zahvaćala i srednju Europu, a čija os je bila nad našim

## 2. ANALYSIS OF MEAN MONTHLY UPPER-LEVEL FLOW REGIMES IN CROATIA IN 2020

The mean monthly upper-level atmospheric flow regime at isobaric surface of AT 500 hPa represents the prevailing upper-level flow over a particular area during a month. Monthly value of any meteorological element (for instance, mean monthly air temperature or, in most cases, monthly precipitation amount) can be explained to a large extent by analysis of this mean upper-level flow.

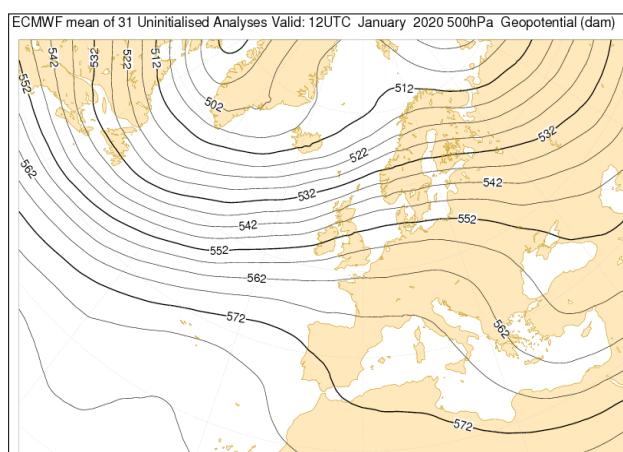
The meteorological analysis of the year 2020 by means of mean monthly flow regimes over the wider area of Europe and the Northern Atlantic was performed.

In January, above a part of Europe in vicinity of our country region, mean monthly flow regime was characterised by the air pressure ridge with its axis above Croatia (Figure 2.1a). It was warmer than usual, especially along the Adriatic coast and the monthly precipitation amount was below the multiannual average (1981 – 2010).

In February, mean monthly air temperature was also above the multiannual average and the positive anomaly was greater than in January. The area of Croatia was at the front of the upper-level ridge that stretched across Azores (Figure 2.1b). The lack of precipitation was registered, especially in the Adriatic and in its hinterland.

During these two months, the upper-level trough was persisting above Northern Atlantic accompanied by strong cyclonic activity, particularly pronounced at AT 850 hPa. The prevailing flow regime above Europe was at a positive phase of North Atlantic Oscillation (positive values of NAO index, Table 2.1). There was a deep Icelandic low and a high ridge over the Azores with pronounced air pressure gradients over Western Europe, but also over the eastern part of the continent.

In March in mean monthly field of AT 500 hPa the upper-level trough was located over central Europe with the axis over Croatia (Figure 2.2a). The upper-level ridge from southwestern Europe was extending all the way to the Alps. In this type of mean circulation, inflow of warm and mostly



Slika 2.1 Srednje mješecne geopotencijalne visine iznad morske razine (dam) izobarne plohe 500 hPa (skraćeno: AT 500 hPa) za: a) siječanj (lijevo) i b) veljaču (desno) za 12 UTC (izvor ECMWF).

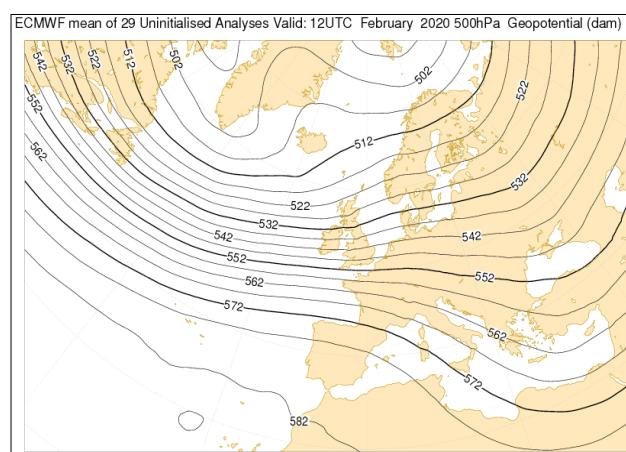


Figure 2.1 Mean monthly geopotential height field above sea surface level (dam) of the isobaric surface 500 hPa (AT 500 hPa) for a) January (left) and b) February (right) at 12 UTC (source ECMWF).

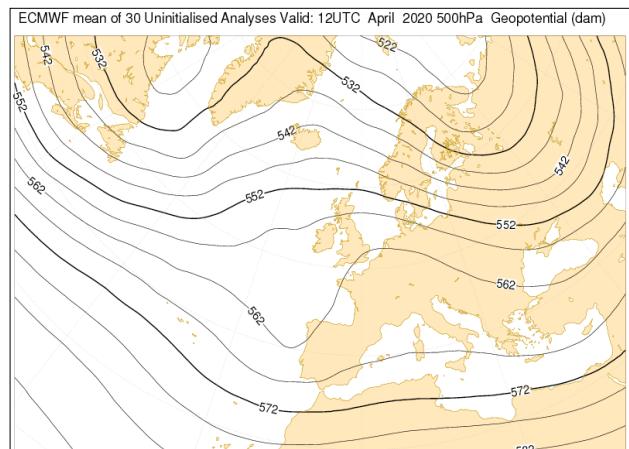
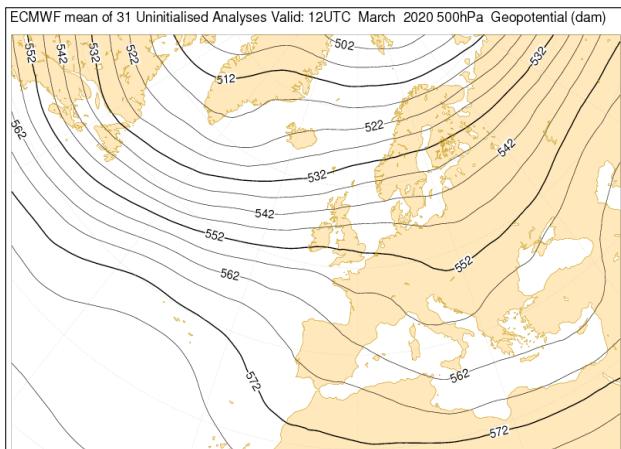
predjelima (slika 2.2a). Visinski greben se s jugozapada pružao do Alpa. Takva srednja AT 500 hPa ukazuje na prisustvo uglavnom razmjerno toplog i ne odveć vlažnog zraka te je i u ožujku bilo toplije od prosjeka u odnosu na tridesetogodišnji srednjak (1981. – 2010.), a i mjeseca količina oborina bila je većinom manja od prosječne. Bez obzira na i dalje pozitivne vrijednosti NAO indeksa, možemo uočiti da se strujanje u ožujku na većoj skali promijenilo, uz manje gradiente u polju AT 500 hPa iznad zapadne Europe u odnosu na prva dva mjeseca. Kako je u zimskim mjesecima NAO oscilacija najizraženija, u ožujku, kao prijelaznom mjesecu iz sezone u sezonu, njezin utjecaj na vrijeme nad našim krajevima je i načela manje izražen nego u zimskim mjesecima.

U travnju je naša zemlja bila na prednjoj strani visinskog baričkog grebena kao srednjeg mjesecnog strujanja na AT 500 hPa (slika 2.2b). Bilo je toplije od prosjeka s manje oborine nego što je uobičajeno za travanj.

dry air occurs. March was warmer than the multiannual average (1981 – 2010) with weak positive anomaly of monthly air temperature. The monthly precipitation amount was mainly below average. Although NAO index was still positive, upper-level flow was modified, which means weaker gradients in field of AT 500 hPa over Western Europe than in January and February. NAO oscillation is usually significant in the winter part of the year and in March, which is a transient month between the cold and the warm season, its influence on the weather is less pronounced.

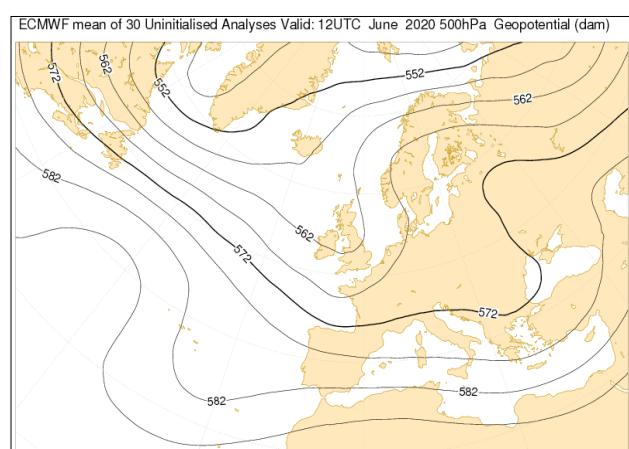
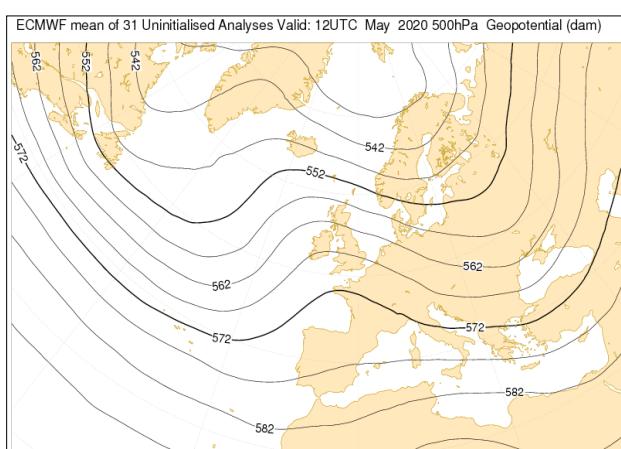
In April, Croatia was at the front side of the upper-level ridge at AT 500 hPa (Figure 2.2b). It was warmer than average with the amount of precipitation below average than usual in April.

In May, the axis of upper-level trough was located easterly of Croatia (Figure 2.3a). The ridge was dominant over Western and Southern Europe. In such circumstances, relatively cold and humid air was present over Croatia. The



Slika 2.2 Srednje mjesecne geopotencijalne visine iznad morske razine (dam) izobarne plohe 500 hPa (skraćeno: AT 500 hPa) za: a) ožujak (lijevo) i b) travanj (desno) za 12 UTC (izvor ECMWF).

Figure 2.2 Mean monthly geopotential height field above sea surface level (dam) of the isobaric surface 500 hPa (AT 500 hPa) for a) March (left) and b) April (right) at 12 UTC (source ECMWF).



Slika 2.3 Srednje mjesecne geopotencijalne visine iznad morske razine (dam) izobarne plohe 500 hPa (skraćeno: AT 500 hPa) za: a) svibanj (lijevo) i b) lipanj (desno) za 12 UTC (izvor ECMWF).

Figure 2.3 Mean monthly geopotential height field above sea surface level (dam) of the isobaric surface 500 hPa (AT 500 hPa) for a) May (left) and b) June (right) at 12 UTC (source ECMWF).

U svibnju je os visinske doline bila istočnije od naših krajeva (slika 2.3a). Barički greben dominirao je nad zapadnom i južnom Europom pa se nad našim krajevima zadržavao relativno hladan i vlažan zrak. Srednja mješevna temperatura zraka je bila oko normalnih vrijednosti, na kopnu ponegdje malo niža od tridesetogodišnjeg srednjaka 1981. – 2010. Oborine je u unutrašnjosti mjestimice bilo više, a na Jadranu manje od uobičajene količine za promatrano standardno klimatsko razdoblje.

U lipnju je nad Hrvatskom srednje visinsko polje AT 500 hPa bilo sa slabo izraženim gradijentima (slika 2.3b). Slabo izražen barički greben je s juga dopirao do Jadranskog mora, zapadnije od naših predjela je bila visinska dolina, a sjeveroistočno barički greben. Srednja mješevna temperatura zraka je bila oko višegodišnjeg prosjeka, dok je oborine u većem dijelu zemlje bilo manje od uobičajene za to doba godine. Samo lokalno u unutrašnjosti te na sjevernom i dijelu srednjeg Jadrana palo je više oborine od uobičajene.

U srpnju je nad velikim dijelom Europe srednje mješevno strujanje bilo sjeverozapadno, iznad naših krajeva gotovo zonalno (slika 2.4a). Na izobarnoj plohi AT 500 hPa se od Azorskog otočja sve do alpskog područja pružao barički greben. I u srpnju je srednja mješevna temperatura zraka bila oko višegodišnjeg prosjeka. Oborine je većinom bilo više ili oko prosječne mješevne količine, a tek lokalno je zabilježen manjak oborina, ponajprije u Dalmaciji.

U razdoblju između travnja i srpnja vrijednosti NAO indeksa bile su negativne (tablica 2.1) što ukazuje na manje gradijente tlaka između Azorske anticiklone i Islandske ciklone, odnosno manje izražena strujanja. To je omogućavalo prodiranje i zadržavanje oceanskog zraka nad Sredozemljem, odnosno južnim dijelovima kontinenta. Zbog toga je osobito u ljetnim mjesecima bilo izraženije lokalne konvekcije uslijed koje je i u Hrvatskoj mjestimice bilo izraženijih oborina u kratkom vremenu.

U kolovozu se od sjeverne Afrike sve do istočnih predjela Europe pružao barički greben (slika 2.4b). Nad Atlantikom je bila os visinske doline na čijoj pred-

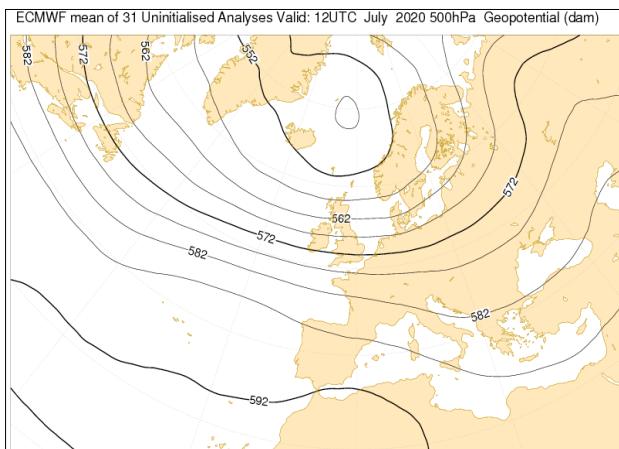
mean monthly air temperature was around average, but in the continental part of Croatia, somewhere below the 30-year average (1981 – 2010). The amount of precipitation in some areas in the continental part was above average and somewhere along the Adriatic coast it was below average.

In June above Croatia the mean upper-level field AT 500 hPa was characterized with weak gradients (Figure 2.3b). Weak ridge from the south reached the Adriatic Sea. In the west of Croatia there was a trough and to the northeast there was another ridge. Mean monthly air temperature was near average for this part of the year. Monthly precipitation amount was below average, but locally in the interior of the country and in the northern and in the central part of the Adriatic there was more precipitation than normal.

In July, most of Europe had north-westerly mean monthly regime, and above our country, there was almost zonal flow (Figure 2.4a). On isobaric surface AT 500 hPa the ridge from the Azores was extended all the way to the Alps. Mean monthly air temperature in July was near average and there was more precipitation than normal. Only in some parts of the country it was the lack of precipitation, mostly in Dalmatia.

In the April-July period, NAO index was negative (Table 2.1). There were weak air pressure gradients between Azores high and Icelandic low and there was no significant flow of air. As a consequence, moist oceanic air often reached the Mediterranean Sea and the southern parts of Europe, causing strong local convective processes, which in Croatia resulted in locally heavy rain over a short period of time.

In August there was a ridge from North Africa all the way to Eastern Europe (Figure 2.4b). The axis of the trough was above the Atlantic. Most of North-western and Western Europe, as well as our part of the continent, were on its front side. Mean monthly temperature was well above average in the whole of Croatia. The analysis of precipitation amount anomalies for August expressed in percentage (%) of climatological average shows that on almost one half of the analyzed weather stations, the precipitation was above



Slika 2.4 Srednje mješevne geopotencijalne visine iznad morske razine (dam) izobarne plohe 500 hPa (skraćeno: AT 500 hPa) za: a) srpanj (lijevo) i b) kolovoz (desno) za 12 UTC (izvor ECMWF).

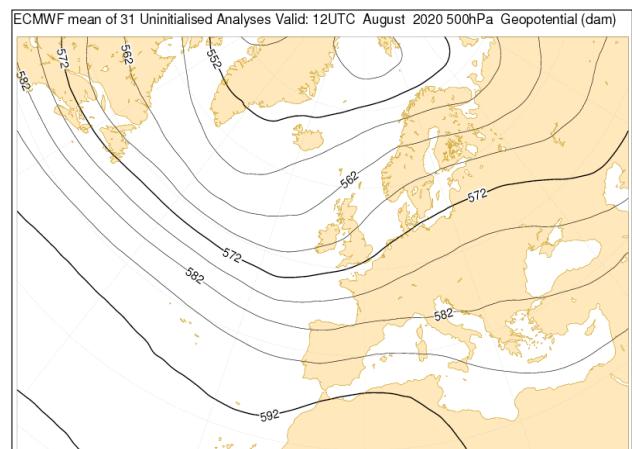


Figure 2.4 Mean monthly geopotential height field above sea surface level (dam) of the isobaric surface 500 hPa (AT 500 hPa) for a) July (left) and b) August (right) at 12 UTC (source ECMWF).

Tablica 2.1 Vrijednosti NAO\* (engl. North Atlantic Oscillation) indeksa u 2020. po mjesecima, izvor: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/nao/>

Table 2.1 Monthly values of NAO\* (North Atlantic Oscillation) index in 2020, source: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/nao/>

2020.	Siječanj January	Veljača February	Ožujak March	Travanj April	Svibanj May	Lipanj June
NAO index	+1,34	+1,26	+1,01	-1,02	-0,41	-0,15
2020.	Srpanj July	Kolovoz August	Rujan September	Listopad October	Studeni November	Prosinac December
NAO index	-1,23	+0,12	+0,98	-0,65	+2,54	-0,30

\* NAO indeks – indeks Sjeverno-atlantske oscilacije odnosi se na razliku u prizemnom tlaku (engl. mean sea level pressure) između suptropskog područja visokog tlaka - Azorske anticiklone i subpolarnog područja niskog tlaka - Islandske ciklone (razlika u prizemnom tlaku izmjerena na meteorološkoj postaji u Ponta Delgadi i Reykjaviku). Gradijent tlaka između ta dva sustava određuje smjer i jačinu strujanja s Atlantika nad europskim kopnjom. Prosječna pozicija i jačina Azorske anticiklone i Islandske ciklone variraju iz mjeseca u mjesec, kroz sezone, odnosno iz godine u godinu i upravo ta varijacija određuje NAO indeks, odnosno njegov predznak. Pokazalo se da velika razlika u tlaku između ta dva sustava – izražena kao NAO+, za posljedicu ima jako zapadno strujanje te indirektno blage zime u srednjoj Europi. Također može biti povezan s pozitivnom anomlijom temperature iznad sjeverne Europe te ponekad negativnom anomlijom iznad južne Europe i Bliskog istoka. Što se oborine tiče, NAO+ je obično povezan s količinom većom od prosjeka iznad sjeverne Europe i Skandinavije te manjom oborinom iznad srednje i južne Europe. S druge strane, NAO- opisuje situaciju kada je gradijent tlaka između ta dva sustava slabo izražen, odnosno strujanje s Atlantika je slabije, pa sjeverna Europa često može imati hladnu i suhu zimu, a putanje ciklona pomaknute su južnije. To za posljedicu može imati pojačanu ciklonalnu aktivnost u Sredozemlju uz više oborina na području južne Europe i sjeverne Afrike. Veza između NAO indeksa i prevladavajućeg tipa vremena izraženija je u hladnom dijelu godine.

\* NAO index – North Atlantic Oscillation index refers to the difference in mean sea level pressure between subtropical area of high pressure over the Azores and subpolar area of low pressure over Iceland. Air pressure gradient between these two systems determines the direction and the strength of air flow from the Atlantic to the European continent. The position and the strength of the high-pressure system over the Azores and low-pressure system over Iceland varies on the monthly, seasonal and annual basis and this variation determines the positive or negative sign of the NAO index. Large air pressure difference between these two systems expressed as NAO+ causes strong westerly flow and indirectly cooler summer seasons and mild winter seasons in Central Europe. Moreover, it can be connected to positive temperature anomaly over Northern Europe and sometimes negative temperature anomaly over Southern Europe and the Middle East. There is also the relationship between the NAO and precipitation; NAO+ usually causes greater than normal precipitation amount over Northern Europe and Scandinavia and precipitation deficit over Central and Southern Europe. On the other hand, NAO- describes a situation with lower air pressure gradients between these two pressure systems and consequently weaker air flow from the Atlantic. In such circumstances, in the northern part of Europe, winter seasons can be cold and dry. Low pressure system trajectories are moved to the south and this causes strong cyclonic activity in the Mediterranean with more precipitation in Southern Europe and in North Africa. NAO index and the prevailing weather regime link is more significant in the colder period of a year.

njoj strani je bila sjeverozapadna i zapadna Europa te i naši krajevi. Srednja mjesecna temperatura zraka bila je znatno iznad višegodišnjeg prosjeka u cijeloj Hrvatskoj. Analiza odstupanja količina oborine za kolovoz izraženih u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka pokazuje da su količine oborine na približno polovici broja analiziranih postaja bile iznad, a na ostaku ispod višegodišnjeg prosjeka. Više oborine lokalno imala su rubna južna i sjeverna područja.

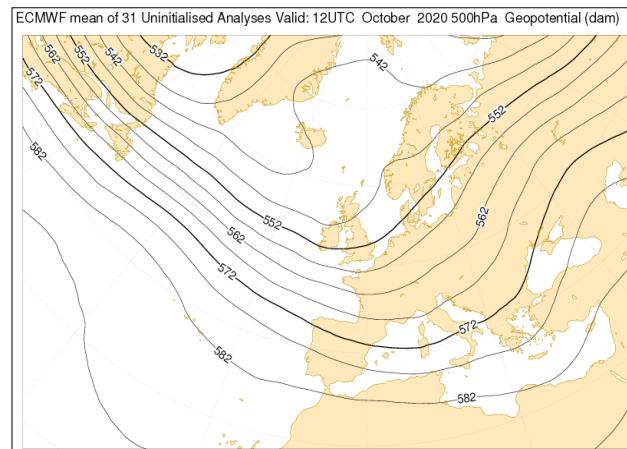
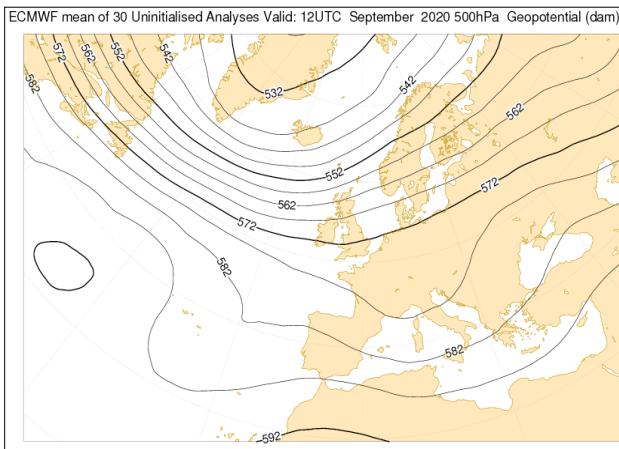
Prema srednjem mjesecnom visinskom strujanju na AT 500 hPa u rujnu (slika 2.5a) visinska dolina je zahvaćala najveći dio Europe, a Hrvatska je bila na njezinu prednjoj strani. Srednja mjesecna temperatura zraka je bila znatno viša od prosječne, a oborine je bilo uglavnom više, posebice na Jadranu. Manje oborine od uobičajene je bilo na istoku zemlje.

U listopadu je izražena visinska dolina bila nad europskim kopnjom s osi nad zapadnom Europom. Naši krajevi su bili na prednjoj strani visinske doline, odnosno srednje mjesecno strujanje na AT 500 hPa je bilo jugoza-

verage and on the others the amount of precipitation was below average. Furthermore south and north areas had more precipitation than usual.

The mean monthly atmospheric flow regime at AT 500 hPa in September (Figure 2.5a) reveal that the upper-level trough was above most parts of Europe. Croatia was at its front side. Mean monthly temperature was significantly above average and there was more precipitation than normal, especially along the Adriatic coast. Monthly precipitation amount was below average in the eastern part of the country.

In October the upper-level trough was above European continent and its axis was passing over Western Europe. Our country was on the front side of that upper-level trough with south-westerly mean monthly flow at AT 500 hPa (Figure 2.5b). Mean monthly temperature was mainly above average and there was more precipitation than normal, especially in the region of the Croatian Littoral (Hrvatsko primorje) and part of Dalmatia.



Slika 2.5 Srednje mjesecne geopotencijalne visine iznad morske razine (dam) izobarne plohe 500 hPa (skraceno: AT 500 hPa) za: a) rujan (lijevo) i b) listopad (desno) za 12 UTC (izvor ECMWF).

Figure 2.5 Mean monthly geopotential height field above sea surface level (dam) of the isobaric surface 500 hPa (AT 500 hPa) for a) September (left) and b) October (right) at 12 UTC (source ECMWF).

padno (slika 2.5b). Srednja mjesecna temperatura zraka bila je uglavnom viša od prosjeka. Oborine je u većem dijelu Hrvatske bilo više od uobičajenih količina, posebice u Hrvatskom primorju te u dijelu Dalmacije.

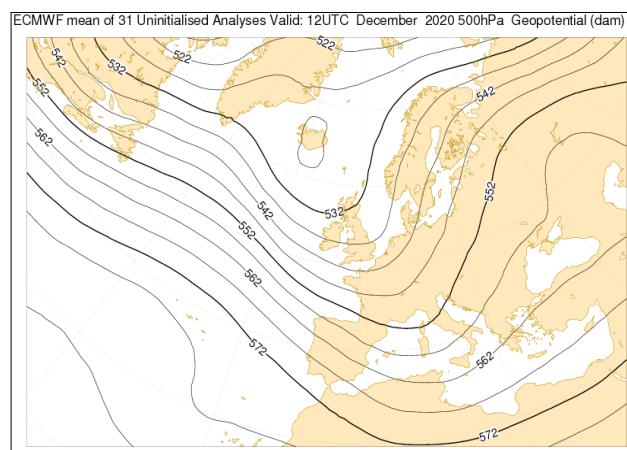
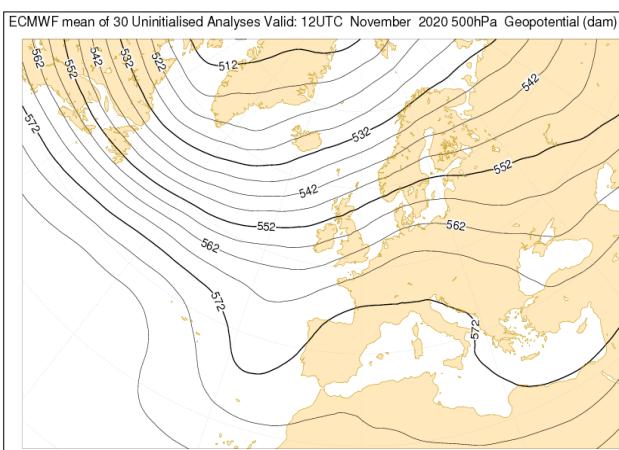
Srednje mjesecno strujanje od kolovoza do listopada popraćeno je izmjenom pozitivne i negativne faze Sjeverno-atlantske oscilacije (tablica 2.1), pri čemu je uz negativan NAO indeks u listopadu količina oborina bila veća od uobičajene uz omogućen dotok razmjerno više vlage s Atlantika.

U studenom je srednje mjesecno stanje bilo karakterizirano baričkim grebenom koji se od Afrike preko srednje Europe pružao do Skandinavije (slika 2.6a). Izražena visinska dolina bila je nad Atlantikom zahvaćajući jugozapad Europe. Srednja mjesecna temperatura zraka bila je uglavnom viša od prosječne, a oborine je posvuda bilo manje od prosjeka, ponegdje i znatno.

North Atlantic Oscillation (Table 2.1) turned from positive to negative phase in the period from August to October. With negative NAO index enabling the inflow of moist air from the Atlantic in October, the monthly amount of precipitation was higher than usual.

In November, mean monthly regime was characterised by a ridge from Africa over Central Europe all the way to Scandinavia (Figure 2.6a). The pronounced upper-level trough was above the Atlantic and it affected the southwestern part of Europe. Mean monthly air temperature was mostly above normal with the precipitation deficit in almost the whole of Croatia. In some parts of the country this deficit was rather extreme.

With strong cyclonic activity north of Croatia, with positive NAO index (Table 2.1) in the southern parts of the continent, there is usually weak air flow with mostly dry air and with precipitation deficit. That was a situation in November in Croatia.



Slika 2.6 Srednje mjesecne geopotencijalne visine iznad morske razine (dam) izobarne plohe 500 hPa (skraceno: AT 500 hPa) za: a) studeni (lijevo) i b) prosinac (desno) za 12 UTC (izvor ECMWF).

Figure 2.6 Mean monthly geopotential height field above sea surface level (dam) of the isobaric surface 500 hPa (AT 500 hPa) for a) November (left) and b) December (right) at 12 UTC (source ECMWF).

U situacijama kada je ciklonalna aktivnost povećana sjevernije od naših krajeva, a na što ukazuje i pozitivna vrijednost NAO indeksa (tablica 2.1), nad južnim dijelovima kontinenta prevladava uglavnom slabo strujanje uz zadržavanje suhog zraka te manjak oborina, što se u studenom dogodilo i u Hrvatskoj.

U prosincu je na AT 500 hPa nad našim predjelima bilo izraženo jugozapadno strujanje na prednjoj strani visinske doline koja se sa sjevera kontinenta pružala do jugozapadnog Sredozemlja i sjeverne Afrike (slika 2.6b). Srednja je mjesecna temperatura zraka bila znatno viša od prosječne, a i količina oborine bila je veća od uobičajene, ponegdje i ekstremna.

U prosincu je prevladavajući režim strujanja iznad Europe bila negativna faza Sjeverno-atlantske oscilacije (NAO-), uz negativne vrijednosti NAO indeksa (tablica 2.1) što je na području Hrvatske i rezultiralo pozitivnom anomalijom količine oborine i temperature.

## Zaključak

U 2020. godini srednje mjesecno strujanje u višim slojevima atmosfere iznad šireg područja Hrvatske je najčešće bilo na prednjoj strani visinske doline, odnosno jugozapadno strujanje s čime je povezana viša srednja mjesecna temperatura zraka te višak oborine (ožujak, rujan, listopad, prosinac). Zatim slijedi barički greben koji je s obzirom na svoj položaj za posljedicu imao pozitivnu anomaliju temperature zraka te manjak oborine na području Hrvatske (siječanj, veljača, travanj, studeni).

Sjeverno-atlantska oscilacija je, kao što je uobičajeno, prelazila iz pozitivne faze u negativnu i obrnuto. Početkom godine te u studenom pozitivna faza je bila razmjerno izražena uz barički greben kao srednje mješeno stanje nad našim predjelima te toplijim i sušim vremenom (tablica 2.1). Negativna faza bila je zabilježena u listopadu i prosincu s jugozapadnim srednjim strujanjem nad Hrvatskom i posljedično višom srednjom temperaturom zraka te viškom oborine s obzirom na prosjek.

U srpnju je zabilježena najizrazitija negativna vrijednost NAO indeksa uz zonalno srednje mješeno stanje te slabije izražene gradijente u polju izohipsi AT 500 hPa.

U proljetnim mjesecima te u lipnju srednja mješena strujanja su bila manje karakteristična, odnosno slabije izražena. Sjeverno-atlantska oscilacija je u tom razdoblju iz pozitivne prešla u negativnu fazu.

U rujnu, kao prvom jesenskom mjesecu, srednje strujanje je bilo jugozapadno uz postupno uspostavljanje negativne faze Sjeverno-atlantske oscilacije koja je bila još jače izražena u listopadu, kada je i zabilježena negativna vrijednost NAO indeksa.

In December, at the AT 500 hPa above our country there was strong south-westerly flow at the front side of the upper-level trough. The trough covered the area from Northern Europe to Southwest Mediterranean and North Africa (Figure 2.6b). Mean monthly air temperature was well above the normal. Precipitation amount was larger than usual and, in some parts, this positive anomaly was extreme.

The prevailing flow regime over Europe in December was negative phase of North Atlantic Oscillation (NAO-) with negative NAO index (Table 2.1). In Croatia, it resulted in positive anomaly of air temperature, as well as positive anomaly of precipitation amount.

## Conclusion

During the year 2020 most frequent mean monthly flow in the upper level of atmosphere above wider area of Croatia was on front side of the trough or a south-westerly flow which caused higher than average mean monthly air temperature and more precipitation than usual (March, September, October, December). It was followed, in frequency, by an upper-level ridge which resulted in a positive anomaly of air temperature and a negative anomaly of precipitation in Croatia (January, February, April, November).

The North Atlantic Oscillation was, as usual, changing from its positive to negative phase and vice versa. At the beginning of the year and during November, a positive phase was significant with the ridge above our country that caused warmer and drier weather (Table 2.1). During October and December, a negative phase prevailed with south-westerly flow above Croatia that, as a consequence, had higher than normal air temperature and more precipitation than average.

The strongest negative phase of NAO was in July, with zonal mean monthly flow above Croatia and weak gradients in the field of AT 500 hPa.

During the spring and in June, mean monthly regimes were less typical and less significant. The North Atlantic Oscillation changed from a positive to a negative phase.

September, the first autumn month, had south-westerly mean flow with North Atlantic Oscillation turning negative. The negative phase of North Atlantic Oscillation (negative NAO index) was even stronger in October.

### 3. ANALIZA RANGOVA I TREDOVA SREDNJIH GODIŠNJIH TEMPERATURA ZRAKA I GODIŠNJIH KOLIČINA OBORINE ZA POSTAJU ZAGREB-MAKSIMIR

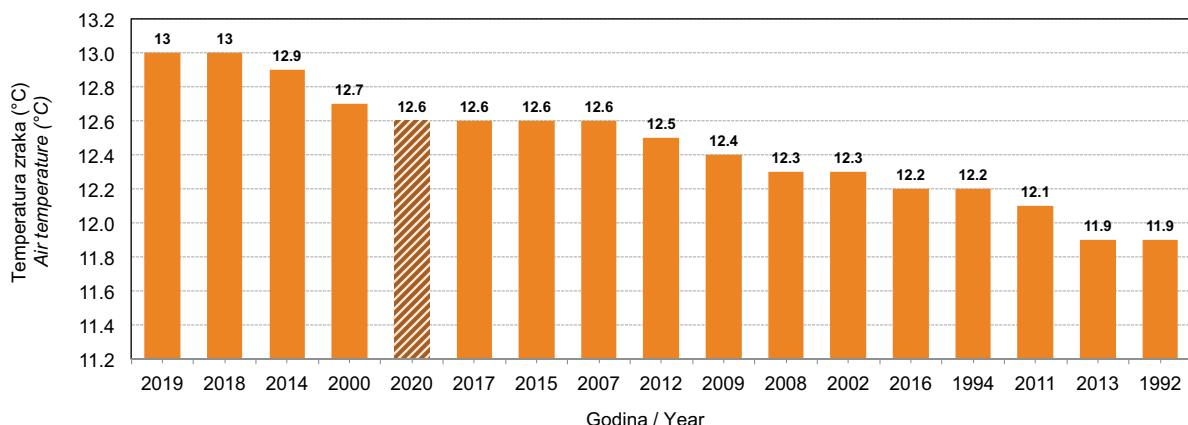
Za postaju Zagreb-Maksimir srednja godišnja temperatura zraka za 2020. godinu iznosi  $12.6^{\circ}\text{C}$ , zbog čega 2020. godina pripada četvrtoj skupini najtoplijih godina od početka meteoroloških motrenja na toj postaji (slika 3.1).

Trend srednjih godišnjih temperatura zraka za Zagreb-Maksimir prikazan je na slici 3.2. Očigledan je i da je pozitivan trend srednje godišnje temperature zraka ( $0.3^{\circ}\text{C}/10 \text{ god}$ ) uz odgovarajuće međugodišnje varijacije. Primjetno je da je nakon sredine 80-tih godina prošlog

### 3 ANALYSIS OF RANKS AND TRENDS OF MEAN ANNUAL AIR TEMPERATURE AND ANNUAL PRECIPITATION AMOUNTS FOR ZAGREB-MAKSIMIR STATION

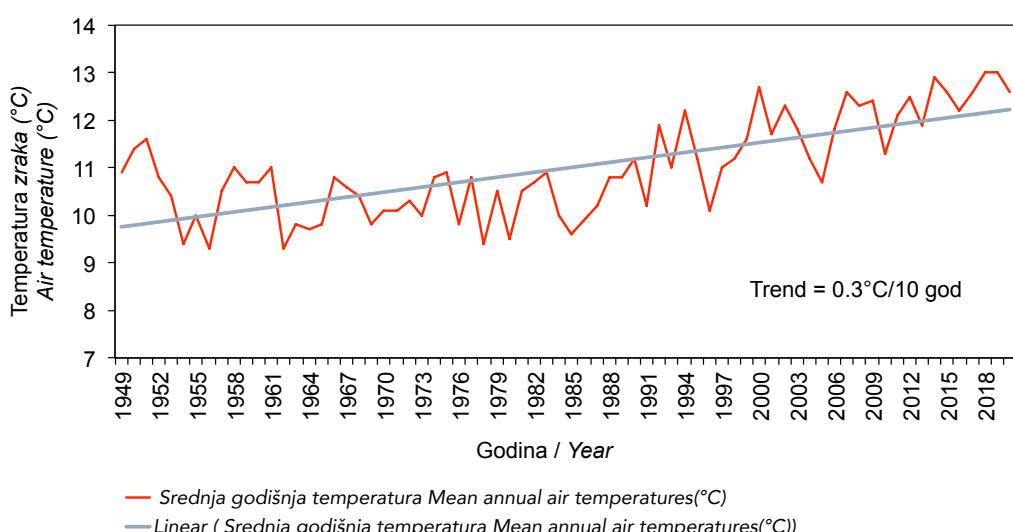
A comparison of the average annual air temperatures for meteorological station Zagreb-Maksimir in the period (1949 – 2020) indicates that the year 2020 belongs to the fourth group of the warmest years on record (the average annual air temperature for Zagreb-Maksimir for the year 2020 is  $12.6^{\circ}\text{C}$ ) what is shown in Figure 3.1.

The average annual air temperature trend for Zagreb-Maksimir is shown in Figure 3.2. The positive trend in average annual air temperature ( $0.3^{\circ}\text{C}/10 \text{ yrs}$ ) is apparent with certain inter-annual variations. Obviously, the secular



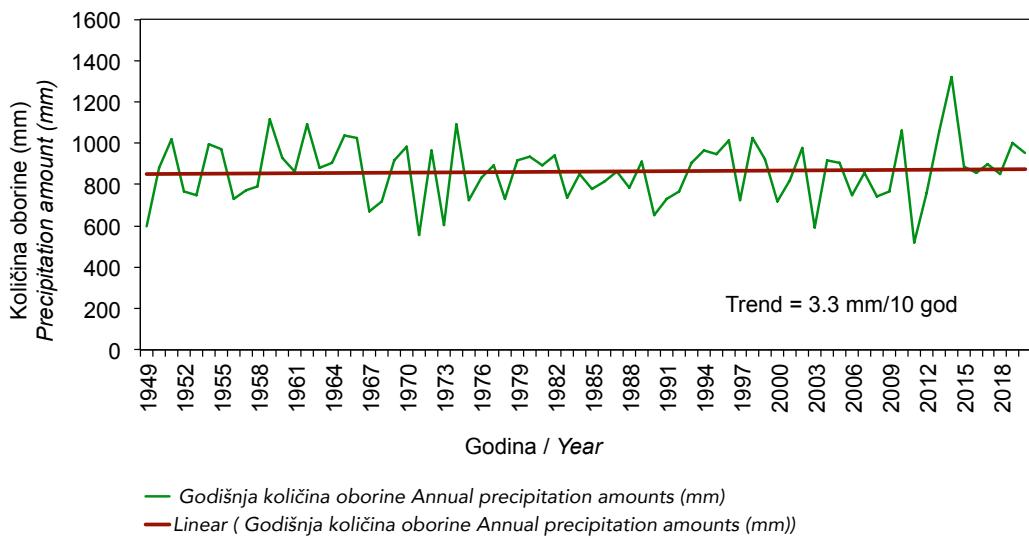
Slika 3.1 Deset najtoplijih godina od početka meteoroloških motrenja (1949. – 2020.) za Zagreb-Maksimir

Figure 3.1 The 10 warmest years on record (1949 – 2020) for Zagreb-Maksimir



Slika 3.2 Srednje godišnje temperature zraka za Zagreb-Maksimir za razdoblje 1949. – 2020. godina

Figure 3.2 Mean annual air temperatures at Zagreb-Maksimir in the period 1949 – 2020



Slika 3.3 Godišnje količine oborine za Zagreb-Maksimir za razdoblje 1949. – 2020. godina

Figure 3.3 Annual precipitation amounts at Zagreb–Maksimir in the period 1949 – 2020

stoljeća trend srednje godišnje temperature znatno nalažešniji nego u prethodnom razdoblju što se pripisuje globalnom zatopljenju, a kao posljedica djelovanja čovjeka.

Za razliku od trenda srednjih godišnjih temperatura zraka trend godišnjih količina oborine za Zagreb-Maksimir, prikazan na slici 3.3, nije signifikantan. I u ovom slučaju prisutne su znatne međugodišnje varijacije.

average annual air temperature trend since mid 1980s became even more significant what is a consequence of human activities.

Unlike the average annual air temperature trend for Zagreb-Maksimir, the trend in annual precipitation amounts, shown in Figure 3.3, is not significant. Certain inter-annual variations of precipitation amounts exist in this case as well.

#### 4. ANALIZA DNEVNIH ANOMALIJA TEMPERATURE ZRAKA I KOLIČINE OBORINE ZA POSTAJU SPLIT-MARJAN U 2020. GODINI

Prikazana analiza klimatskih anomalija daje općitu ocjenu klime u Hrvatskoj za 2020. godinu. Detaljniji uvid od prikazanog može dati analiza vremenskih pojava na vremenskoj ljestvici koja nije unaprijed definirana, nego koja ovisi o duljini trajanja klimatskog odnosno vremenskog događaja.

Na slici 4.1 prikazane su anomalije srednje dnevne temperature zraka za meteorološku postaju Split-Marjan u dnosu na dugogodišnji prosjek (1948. – 2019.) i dnevne količine oborine za 2020. godinu. Prevladavale su pozitivne anomalije srednje dnevne temperature zraka u odnosu na navedeni dugogodišnji prosjek\*.

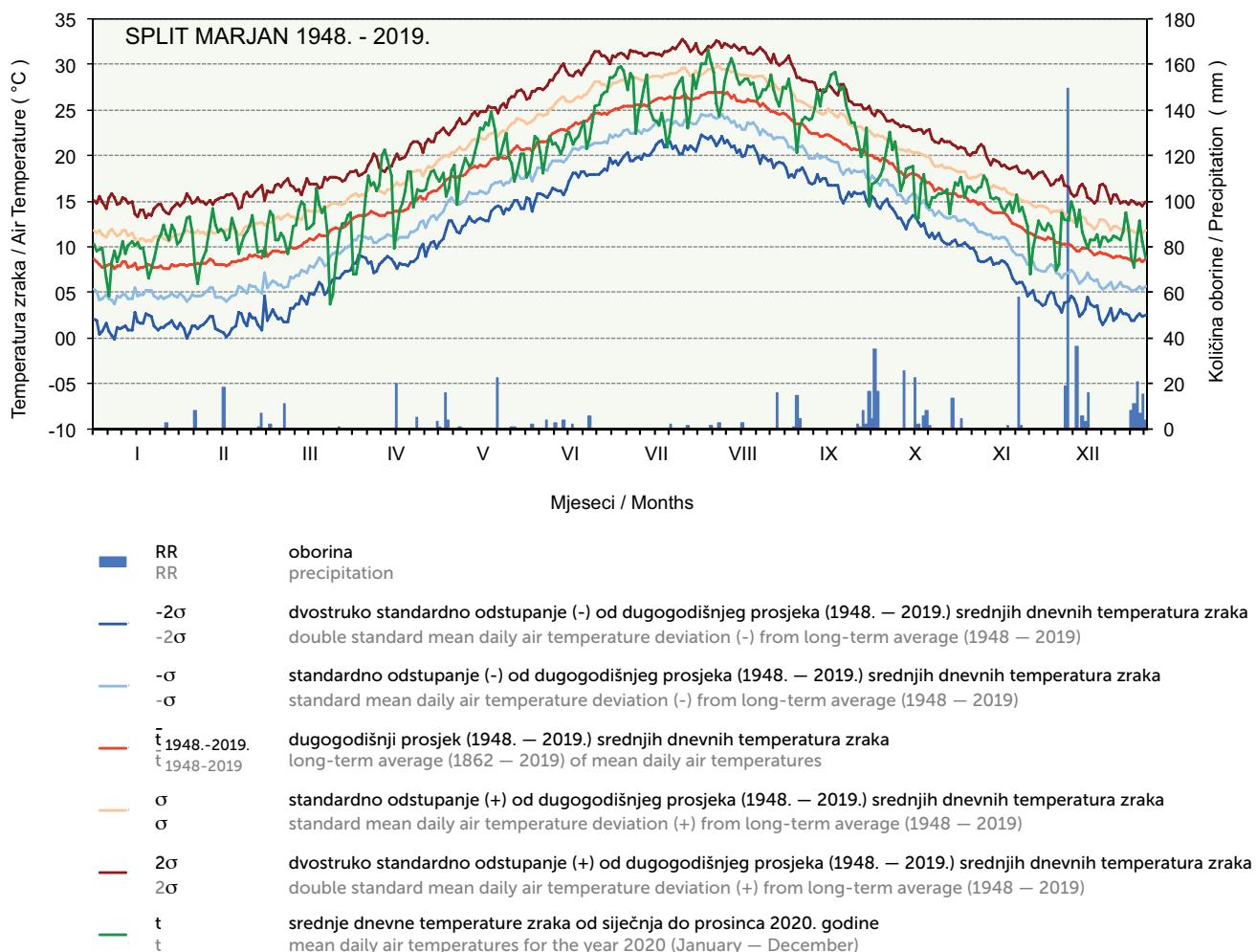
\* Za razliku od prethodnih godina u Prikazima 32 nisu analizirani dnevni podaci temperature zraka i dnevne količine oborine za 2020. godinu za glavnu meteorološku postaju Zagreb-Gič zbog promjene položaja mjerjenja temperature zraka na postaji nakon jakog potresa koji je pogodio Zagreb i šire zagrebačko područje 22. ožujka 2020. godine.

#### 4. ANALYSIS OF DAILY AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION FOR SPLIT-MARJAN STATION IN 2020

The presented analysis of climate anomalies provides a general assessment of climate anomalies in Croatia for the year 2020. An analysis of weather events on a scale that is not pre-defined, but dependent on the duration of climate or weather events, can provide a more detailed insight than the above analysis.

Figure 4.1 shows mean daily air temperature anomalies for Split-Marjan relative to the long-term average (1948 – 2019) and daily precipitation amounts for the year 2020. Positive anomalies prevailed during the year 2020 relative to the mentioned average.\*

\* Unlike to previous years in publication Reviews 32 an analysis of daily values of air temperature and precipitation amounts for main meteorological station Zagreb-Grič was not performed due to change in position of air temperature measurements after a strong earthquake that hit Zagreb and the wider Zagreb area on the 22<sup>nd</sup> March 2020.



Slika 4.1 Srednje dnevne temperature zraka za meteorološku postaju Split-Marjan u dnosu na dugogodišnji prosjek (1948. – 2019.) i dnevne količine oborine za 2020. godinu.

Figure 3.1 Mean daily air temperature for Split-Marjan relative to the long-term average (1948 – 2019) and daily precipitation amounts for the year 2020.

U skladu sa standardnom operativnom praksom u Državnom hidrometeorološkom zavodu izrađuje se ocjena izuzetnosti srednjih dnevnih temperatura zraka za svaki mjesec u godini, a koja se također temelji na Chapman-ovom kriteriju uz pretpostavku da se srednje dnevne temperature zraka za pojedini datum pokoravaju Gauss-ovoju razdiobi (Penzar i Makjanić, 1980.). Prema Chapman-ovom kriteriju izvanredno toplim smatra se dan u kojem pozitivna anomalija srednje dnevne temperature zraka premaši dvije standardne devijacije, dok se izuzetno hladnim smatra dan u kojem negativna anomalija premaši dvije standardne devijacije. Vjeratnost pojave izvanredno toplih odnosno izvanredno hladnih dana je oko 2% to jest takvi događaji se pojavljuju u prosjeku dva puta u razdoblju od 100 godina.

Na slici 4.1 vidljivi su izvanredni dani tijekom 2020. godine za postaju Split-Marjan. Vizualnom ocjenom može se zaključiti da su prevladavale pozitivne anomalije srednje dnevne temperature zraka u odnosu na dugogodišnji prosjek (1948. – 2019.). Izuzetak su prevladavajuće negativne anomalije u drugoj polovini ožujka, drugoj polovini svibnja i prvoj polovini lipnja te u prvoj polovini listopada. Razdoblje od siječnja do rujna je bilo razmjerno suho. Ostatak godine bio većinom prosječno vlažan dok je prosinac bio vrlo vlažan.

Croatian Meteorological and Hydrological Service has a standard operational practice of doing an evaluation of extremeness of average daily air temperatures for every month of the year also based on the Chapman's criterion and on the assumption that the daily temperature averages for every date and location obey a Gaussian distribution (Penzar and Makjanić, 1980). Chapman's criterion defines an extremely warm day as a day with a positive average daily air temperature anomaly exceeding two standard deviations, and an extremely cold day as a day with a negative anomaly exceeding two standard deviations. Extremely warm and extremely cold days have a probability of occurrence of around 2%. That is to say, such events on average occur twice in 100 years.

Figure 4.1 shows extremely warm and cold days registered in 2020 at meteorological station Split-Marjan. A visual assessment brings us to the conclusion that positive anomalies prevailed during the year 2020 with the exception of the second half of March and May as well as the first half of June and October when negative air temperature anomalies prevailed. The period from January to September was relatively dry. The rest of the year was mostly near average wet while December was very wet.

## 5. IZVANREDNI METEOROLOŠKI DOGAĐAJI U HRVATSKOJ

### 5.1 Olujni i orkanski vjetar u Hrvatskoj 5. veljače 2020. godine

Uslijed jakog, na udare olujnog i orkanskog vjetra diljem Hrvatske 5. veljače 2020. godine u mnogim mjestima padala su stabla i električni stupovi, oštećeni su krovovi te je dolazilo do prekida u opskrbi električnom energijom (slike 5.1 i 5.2). U Zagrebu je na Most Slobode pao stup te je oštećen Muzej suvremene umjetnosti. Olujni vjetar puhalo je i u Lici i Slavoniji, gdje je dizao krovove kuća, čupao voćke iz zemlje, lomio grane i stabla. U Trpinji je primjerice ozlijedena osoba zbog pada rasvjetnog stupa. Na Jadranu je orkanska bura izazvala prekid u prometu, rušila je stabla i električne stupove. U Opatiji je jedno stablo palo na osobu koja je ozlijedena. Na cestama u Dalmaciji bilo je slučajeva prevrtanja automobila i teretnih vozila (slika 5.3). Uništena je kupola zvjezdarnice Mosor, a u Makarskoj je orkanski vjetar srušio građevinsku dizalicu. Na sinjskom i vrličkom području više naselja ostalo je bez struje, a na tom području bilo je i slabog snijega, pa je uz jaki vjetar nastala vijavica koja je smanjivala vidljivost. U Zagrebu je maksimalni udar vjetra iznosio  $25 \text{ ms}^{-1}$ , u Makarskoj  $50 \text{ ms}^{-1}$ , a najjači udar zabilježen je na Pagu na postaji Pag-Most 2 od  $60.2 \text{ ms}^{-1}$  (slike 5.5 i 5.6).

Spomenute vremenske neprilike povezane su sa specifičnom sinoptičkom situacijom iznad Hrvatske – naime, ciklona i frontalni poremećaji premještali su se 4. veljače preko Hrvatske na jugoistok. U isto vrijeme

## 5. EXTRAORDINARY METEOROLOGICAL EVENTS IN CROATIA

### 5.1 Strong and severe wind in Croatia on the 5<sup>th</sup> February 2020

Due to a strong and severe wind over the whole of Croatia on the 5<sup>th</sup> February 2020, trees and electric poles fell, roofs were damaged and there was a power outage. In Zagreb, a pillar fell on the Sloboda Bridge and the Museum of Contemporary Art was damaged (Figure 5.1 and 5.2). There was also a strong wind in Lika and Slavonia, where it blew off the roofs of homes, uprooted fruit trees from the ground and broke branches and trees. In Trpinja, for example, a person was injured by a falling light pole. In the Adriatic, severe wind caused traffic disruptions, bringing down trees and electric poles. In Opatija, a tree fell on a person who was then injured. There were cars and trucks overturning on the roads in Dalmatia (Figure 5.3). The dome of the Mosor observatory was destroyed, and in Makarska a construction crane was buffeted by severe wind. In the Sinj and Vrlika area, several settlements were left without power and in that area, there was also light snow, which did not stick to the ground. Hence, due to strong wind, a blizzard was created, which reduced visibility. In Zagreb, the maximum wind gust was  $25 \text{ ms}^{-1}$ , in Makarska  $50 \text{ ms}^{-1}$ , and the highest wind gust was recorded on Pag at the station Pag-Most 2 of  $60.2 \text{ ms}^{-1}$  (Figures 5.5 and 5.6).

The previously mentioned weather problems are related to the specific synoptic situation over Croatia - namely, low-pressure center and frontal disturbances moved across Croatia to the southeast on the 4<sup>th</sup> February. At the



Slika 5.1 Olujni vjetar u Zagrebu 5. veljače 2020. godine.

Figure 5.1 Strong wind in Zagreb on the 5<sup>th</sup> February 2020



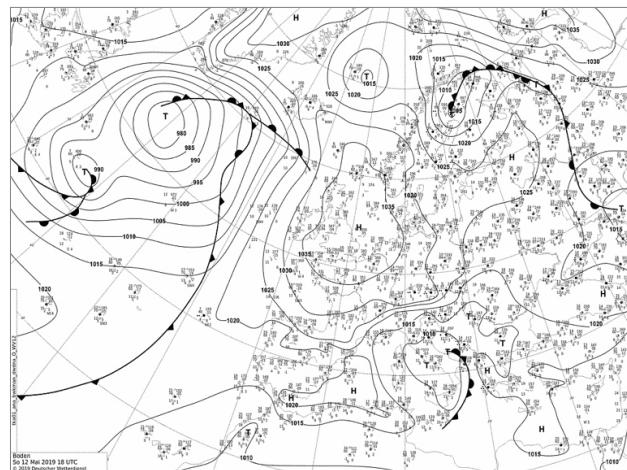
Slika 5.2 Olujni vjetar na području Podravine 5. veljače 2020. godine.

Figure 5.2 Strong wind in the Podravina area on the 5<sup>th</sup> February 2020



Slika 5.3 Orkanski vjetar u Makarskoj 5. veljače 2020. godine.

Figure 5.3 Severe wind in Makarska on the 5<sup>th</sup> February 2020.

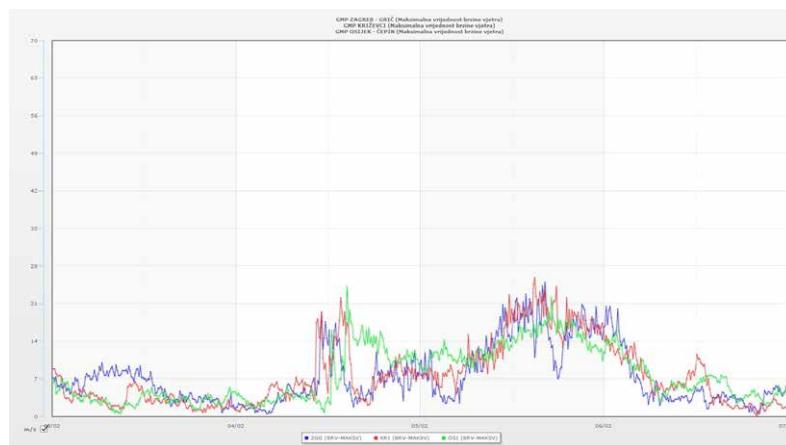


Slika 5.4 Prizemna sinoptička situacija 5. veljače 2020. godine u 12 UTC (analiza DWD-a).

Figure 5.4 Surface synoptic situation on the 5<sup>th</sup> February 2020 at 12 UTC (from the DWD analysis).

sa sjeverozapada je jačao utjecaj prostrane i jake anticyklone uz izražene gradijente u polju tlaka iznad naših krajeva. Tako je 5. veljače anticiklona bila nad sjeverozapadnim dijelom Europe, dok se ciklona s dva centra, jednim nad Grčkom i drugim sjeverozapadno od Crnog mora nalazila na jugoistoku Europe što je prikazano na slici 5.4.

same time, from the northwest, the influence of a large and strong high-pressure center intensified with pronounced gradients in the air pressure field over Croatia. Thus, on the 5<sup>th</sup> February, the high-pressure center was over the northwestern part of Europe, while the low with two centers, one over Greece and the other to the northwest of the Black Sea, was located over Southeastern Europe, as shown in Figure 5.4.



Slika 5.5 Maksimalna brzina vjetra ( $ms^{-1}$ ) na glavnim meteorološkim postajama (GMP) Zagreb-Grič, Križevci i Osijek-Čepin u razdoblju od 3. do 7. veljače 2020. godine.

Figure 5.5 Maximum wind speed ( $ms^{-1}$ ) at the main meteorological stations Zagreb-Grič, Križevci and Osijek-Čepin from the 3<sup>rd</sup> to the 7<sup>th</sup> February 2020.



Slika 5.6 Maksimalna brzina vjetra ( $ms^{-1}$ ) na glavnoj meteorološkoj postaji (GMP) Makarska, te na automatskim meteorološkim postajama (AMP) Pag - Most 2 i Sveti Jure Biokovo u razdoblju od 3. do 7. veljače 2020. godine.

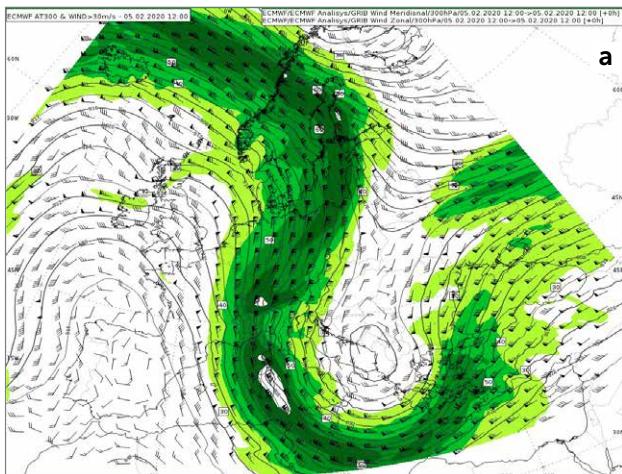
Figure 5.6 The maximum wind speed ( $ms^{-1}$ ) at the main meteorological station Makarska and at automatic meteorological stations (AMP) Pag-Most 2 and Sveti Jure Biokovo from the 3<sup>rd</sup> to the 7<sup>th</sup> February 2020.

Na izobarnoj plohi AT 850 hPa prostrani greben geopotencijala prostirao se preko sjeverozapadnog dijela Europe. U sklopu visinske doline nalazila se i visinska ciklona s centrom nad jugoistočnim dijelom Europe, koja se protezala kroz gotovo cijelu troposferu, do visine od 300 hPa (slika 5.7). Uz izraženo strujanje sa sjevera na granici ta dva sustava vidljivo je i pritjecanje hladnog zraka u centar visinske ciklone. S postupnim jačanjem grebena sa zapada i odmicanjem visinske doline na istok te slabljenjem gradijenata u polju tlaka pri tlu, vremenske prilike su se tijekom 6. veljače postupno smirile uz slabljenje vjetra.

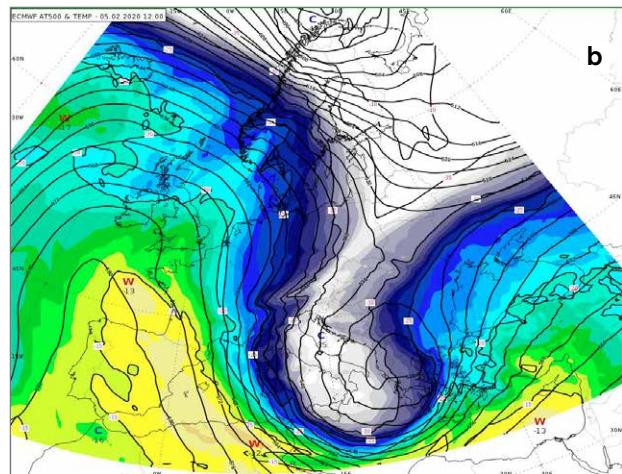
Na satelitskoj slici u vidljivom dijelu spektra (eng. High Resolution Visible - HRV) (slika 5.8a) prikazana je raspodjela oblacičnih sustava nad Europom. Na Airmass RGB produktu može se uočiti položaj mlazne struje dodatno predstavljen izotahama (žute linije na slici 5.8c) na 300 hPa te hladne (plavo-ljubičasto) i tople zračne mase (zeleno) (5.8b). Također se vidi i prodiranje hladnog stratosferskog zraka nad područje srednjeg i istočnog Sredozemlja (crveno). Takva sinoptička situacija bila

On the isobaric surface of AT 850 hPa, a large ridge extended over the northwestern part of Europe. Within the upper-level trough, there was also an upper-level low centered over the southeastern part of Europe, which extended through almost the entire troposphere, up to a height of 300 hPa (Figure 5.7). In addition to the pronounced wind flow, from the north on the border of these two systems, the inflow of cold air into the center of the upper-level low is also visible. With the gradual strengthening of the ridge from the west and the movement of the upper-level low to the east, as well as the weakening of the gradients in the near-ground air pressure field, the weather conditions gradually calmed down on the 6<sup>th</sup> February with the weakening of the wind.

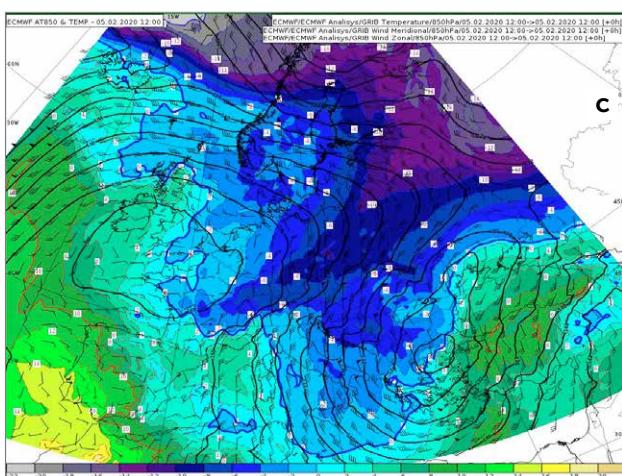
The satellite image in the visible part of the spectrum (High Resolution Visible - HRV) (Figure 5.8a) shows the distribution of cloud systems over Europe. On the Airmass RGB product, the position of the jet stream can be observed additionally represented by isolachs (yellow lines in Figure 5.8c) at 300 hPa and cold (blue-purple) and warm air masses (green) (5.8b). The penetration of cold stratospheric



a



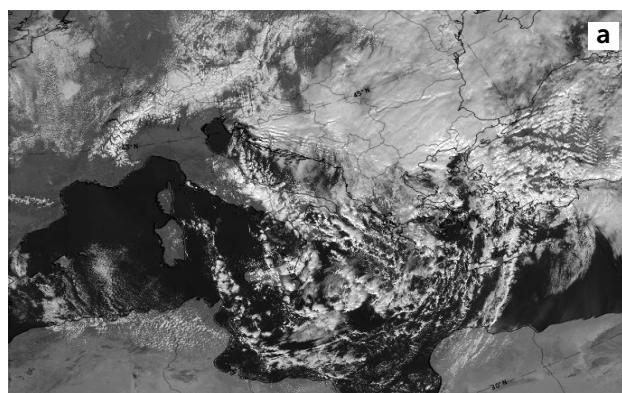
b



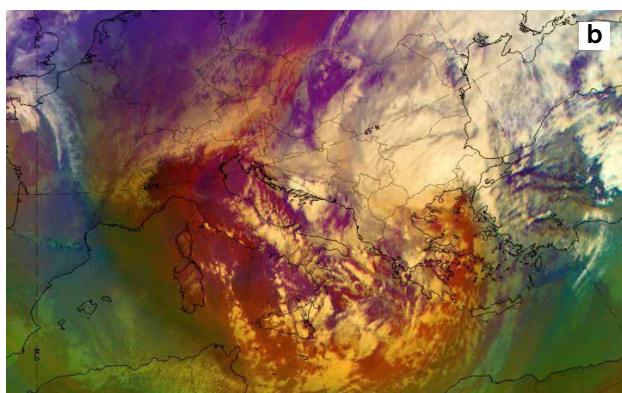
c

Slika 5.7 (a) Polja geopotencijalne visine, vektora vjetra, a sjenčano zelenim nijansama označeno je područje mlazne struje (brzine vjetra veće od  $30 \text{ ms}^{-1}$ ) na izobarnoj plohi 300 hPa, (b) polja geopotencijalne visine (pone crte) i temperature (u boji) na izobarnoj plohi 500 hPa te (c) polja geopotencijalne visine (pone crte), vektora vjetra i temperature (u boji) na izobarnoj plohi 850 hPa dana 5. veljače 2020. godine u 12 UTC (prema analizi ECMWF-a).

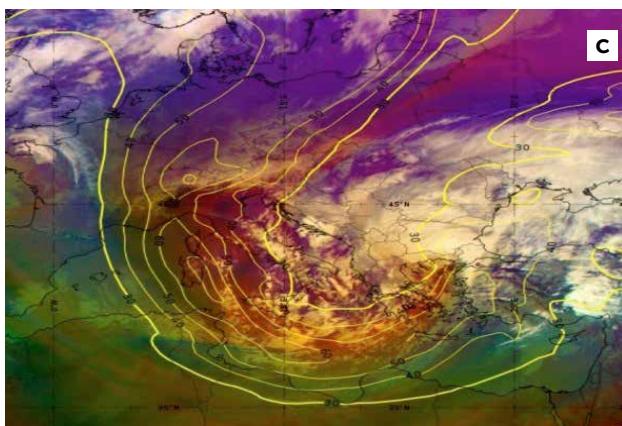
Figure 5.7 (a) Geopotential height field, wind vector and shades of green indicate the area of jet stream (wind speeds above  $30 \text{ ms}^{-1}$ ) on the isobaric surface of 300 hPa, (b) geopotential height field (solid lines) and temperature (in colour) on the isobaric surface of 500 hPa and (c) geopotential height field (solid lines), wind vector and temperature (in colour) on the isobaric surface 850 hPa on the 5<sup>th</sup> February 2020 at 12 UTC (according to the ECMWF analysis).



a



b



c

Slika 5.8 (a) Meteosat-10 slika visoke rezolucije u vidljivom dijelu spektra (eng. High Resolution Visible - HRV), (b) Airmass RGB i (c) Airmass RGB izotahae na 300 hPa (žute linije), dana 5. veljače 2020. godine u 12 UTC.

Figure 5.8 (a) Meteosat-10 image High Resolution Visible (HRV) images, (b) Airmass RGB and (c) Airmass RGB 300 hPa with iso-tachs (yellow lines), on 5<sup>th</sup> February 2020 at 12 UTC.

je povoljna za razvoj olujnog i orkanskog vjetra nad područjem cijele Hrvatske.

## 5.2 Mraz, 1. – 3. travnja 2020. godine

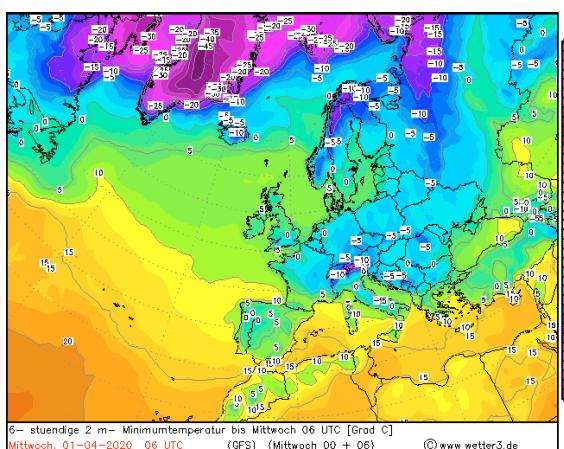
Prodor hladnog zraka sa sjevera Europe prouzročio je nagli pad temperature zraka tijekom prve dekade travnja 2020. godine u središnjoj i jugoistočnoj Europi. Arktička zračna masa stigla je u središnju Europu i nad Alpe dana 31. ožujka, zbog čega je minimalna temperatura zraka bila ispod  $0^{\circ}\text{C}$  u Njemačkoj, Poljskoj, Češkoj, Slovačkoj i Austriji. Već sljedećeg dana, 1. travnja, negativne vrijednosti temperature zabilježene su i u Mađarskoj, Sloveniji te u kopnenom dijelu Hrvatske (slika 5.9), a daljnjim premještanjem hladnog zraka na jugoistok kontinenta 2. i 3. travnja minimalna temperatura zraka je bila ispod  $0^{\circ}\text{C}$  i u unutrašnjosti Dalmacije.

Analizom visinske sinoptičke situacije, na izobarnim plohama 300 i 500 hPa (slike 5.10 i 5.11), pokazano

air over the area of the Central and Eastern Mediterranean (red) is also visible. Such a synoptic situation was favorable for the development of strong and severe winds over the entire territory of Croatia.

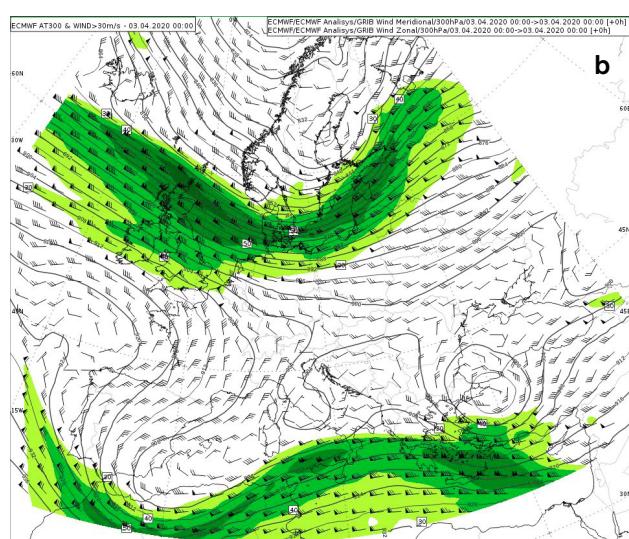
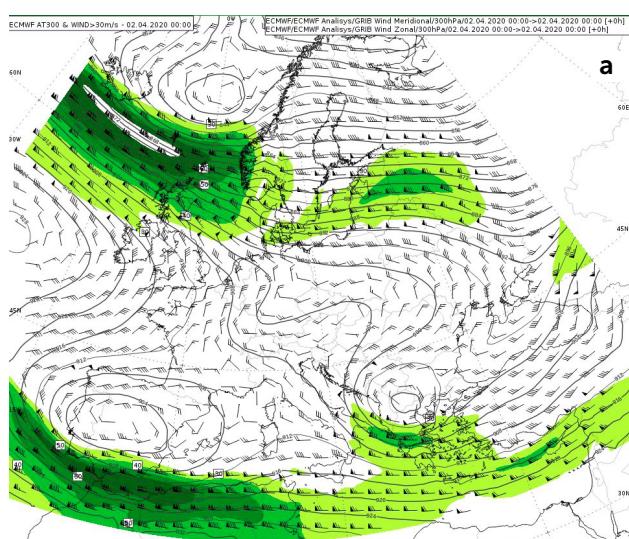
## 5.2 Frost, 1<sup>st</sup> – 3<sup>rd</sup> April 2020

The arrival of cold air from the north of Europe caused a sudden drop of air temperatures during the first ten days of April 2020 in Central and Southeastern Europe. Arctic air mass arrived in Central Europe and beyond the Alps on the 31<sup>st</sup> March, which is the cause of the minimum air temperature drop below  $0^{\circ}\text{C}$  in Germany, Poland, the Czech Republic, Slovakia and Austria. On the following day, on the 1<sup>st</sup> April, negative temperature values were also recorded in Hungary, Slovenia and across the mainland of Croatia (Figure 5.9) and cold air moved further toward the southeast of the continent on the 2<sup>nd</sup> April and the 3<sup>rd</sup> April



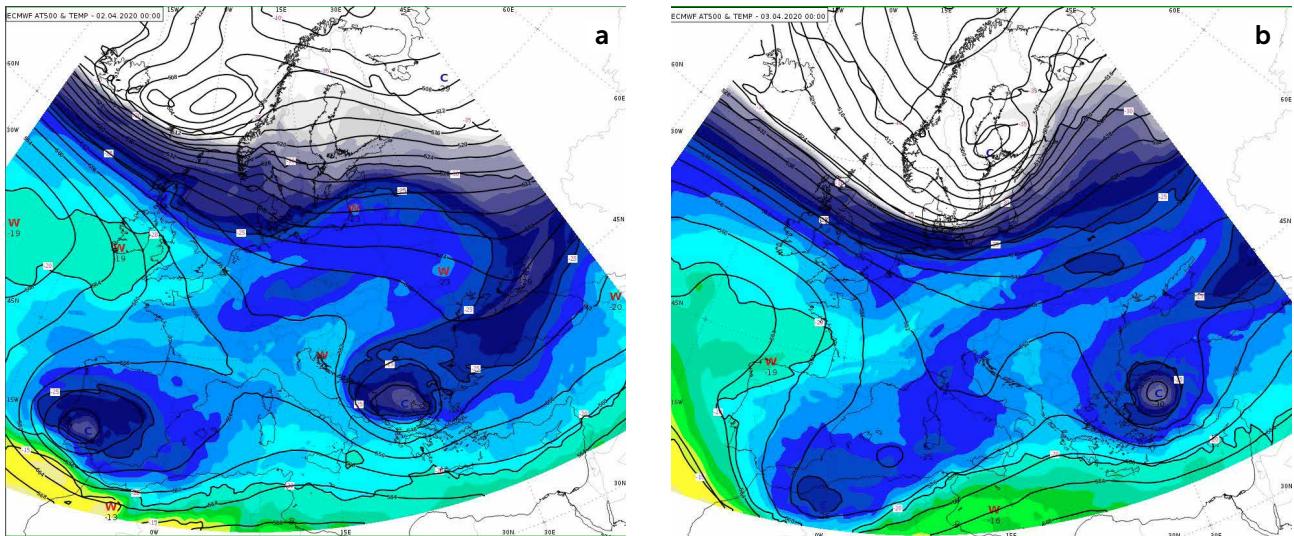
Slika 5.9 6-satne minimalne temperature zraka u Europi tijekom jutra 1. travnja 2020. godine (prema analizi GFS-a).

Figure 5.9 6-hour minimum air temperatures in Europe during the morning of the 1<sup>st</sup> April 2020 (according to GFS analysis).



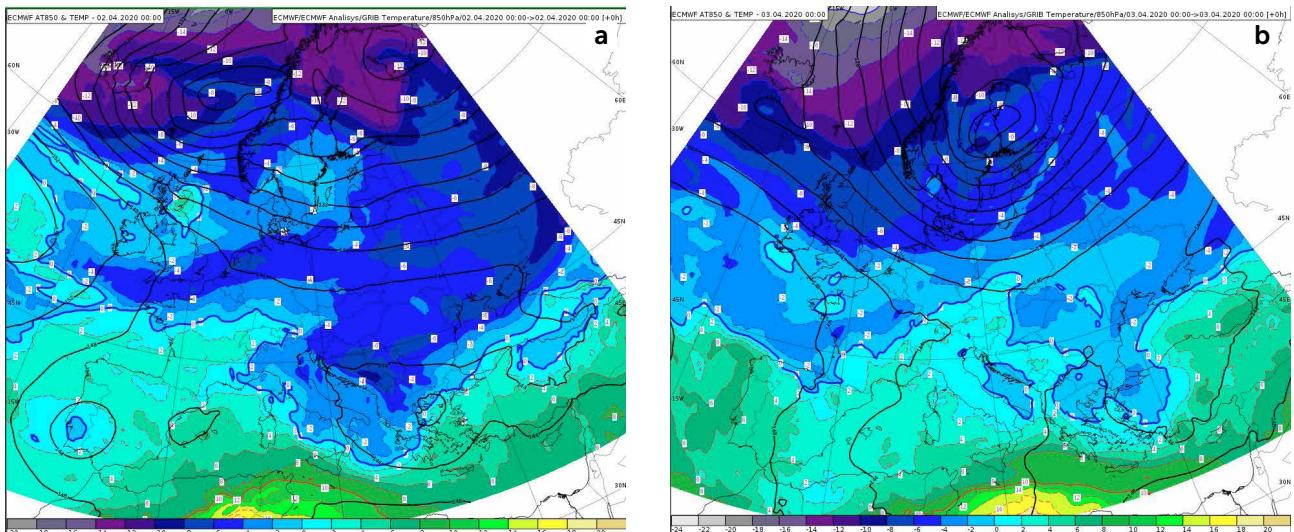
Slika 5.10 Polje geopotencijalne visine (pone crte), brzine i smjera vjetra (zastavice) te područje mlazne struje vjetra (u boji) na izobarnoj plohi 300 hPa 2. travnja (a) i 3. travnja 2020. godine (b) u 00 UTC (prema analizi ECMWF-a).

Figure 5.10 Field of geopotential height (solid lines), wind speed and direction (flags) and the yet stream area (in colour) on isobaric surface 300hPa for the days of the 2<sup>nd</sup> April (a) and the 3<sup>rd</sup> April 2020 (b) at 00 UTC (according to the ECMWF analysis).



Slika 5.11 Polje geopotencijalne visine (pune crte) i temperature (u boji) na izobarnoj plohi 500 hPa na području Europe za dane 2. travnja (a) i 3. travnja 2020. godine (b) u 00 UTC (prema analizi ECMWF-a).

Figure 5.11 Geopotential height field (solid lines) and temperature (in colour) on the isobaric surface of 500 hPa in Europe on days the 2<sup>nd</sup> April (a) and the 3<sup>rd</sup> April 2020 (b) at 00 UTC (according to the ECMWF analysis).



Slika 5.12 Polje geopotencijalne visine (pune crte) i temperature (u boji) na izobarnoj plohi 850 hPa na području Europe za dane 2. travnja (a) i 3. travnja 2020. godine (b) u 00 UTC (prema analizi ECMWF-a).

Figure 5.12 Geopotential height (solid lines) and temperature (in colour) field on the isobaric surface of 850 hPa in Europe on the 2<sup>nd</sup> April (a) and the 3<sup>rd</sup> April 2020 (b) at 00 UTC (according to the ECMWF analysis).

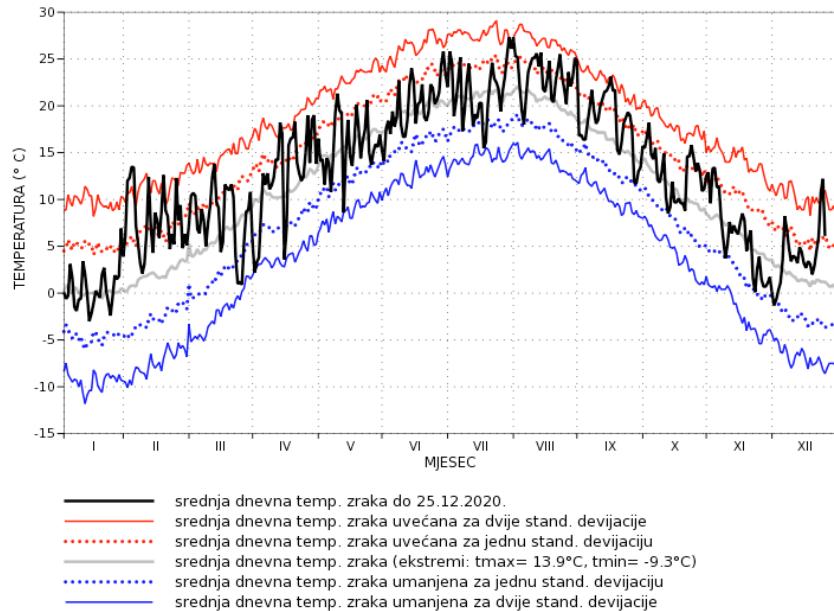
je da je hladan zrak dospio nad područje Hrvatske povezan s visinskom dolinom u sklopu koje je duboka ciklona s centrom nad jugoistočnim dijelom Europe.

Na izobarnoj plohi 850 hPa (slika 5.12) vidi se da je zapadna i dio središnje Europe 2. travnja bio pod utjecajem ogranka anticiklone uz stabilne vremenske prilike. Istodobno je vidljivo premještanje hladnog zraka preko Hrvatske, a izostanak strujanja uz bezgradijentno polje geopotencijala iznad naših krajeva za posljedicu je imalo i zadržavanje tog hladnog zraka pri tlu i u višim slojevima.

with the minimum air temperature below 0°C in the Dalmatian inland.

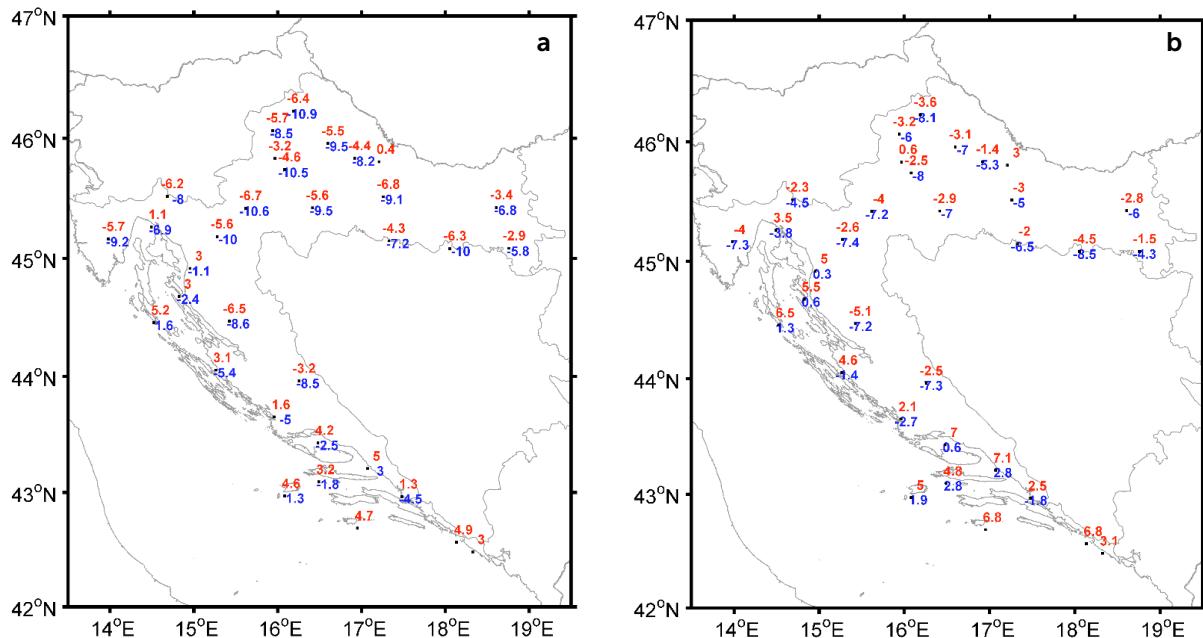
The upper-level synoptic situation analysis, on the isobaric surfaces of 300 and 500 hPa (Figures 5.10 and 5.11), showed that cold air reached the area of Croatia what is related with an upper-level trough and deep low-pressure center whose centre remained over the southeastern part of Europe on the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> April 2020.

On the isobaric surface of 850 hPa (Figure 5.12), Western and a part of Central Europe on the 2<sup>nd</sup> April were influenced by a branch of high-pressure center in addition



Slika 5.13 Srednja dnevna temperatura zraka tijekom 2020. godine (puna crna crta) u usporedbi s višegodišnjim prosjekom 1949. – 2019. za postaju Zagreb-Maksimir.

Figure 5.13 Mean daily air temperature during 2020 (solid black line) compared with the multiannual mean 1949 – 2019 at the Zagreb-Maksimir station



Slika 5.14 Minimalna dnevna temperatura zraka (°C) na 2 m visine iznad tla (crveno) i minimalna dnevna temperatura zraka (°C) na 5 cm visine iznad tla (plavo) na glavnim meteorološkim postajama u Republici Hrvatskoj na dane 2. travnja (a) i 3. travnja 2020. godine (b).

Figure 5.14 The minimum daily air temperature (°C) at 2 m above the ground (red) and the minimum daily air temperature (°C) at 5 cm above the ground (blue) at the main meteorological stations in Croatia on the 2<sup>nd</sup> April (a) and the 3<sup>rd</sup> April 2020 (b).

U usporedbi s višegodišnjim prosjekom 1949. – 2019. za postaju Zagreb-Maksimir početkom travnja 2020. godine srednja dnevna temperatura zraka bila je na samoj donjoj granici srednje temperature zraka uma-

to the stable weather conditions. At the same time, cold air moved over Croatia and the absence of air flow with gradientless field of geopotential over Croatia resulted in cold air retention near the ground, as well as in the upper levels.



*Slika 5.15 Voćnjaci stradali uslijed pojave jakog mraza u Velikom Grđevcu, mjestu smještenom između Bjelovara i Daruvara, dana 2. travnja 2020. godine (Fotografija: M. Blažeković, <https://www.savjetodavna.hr/2020/04/02/utjecaj-niskih-temperatura-na-vocne-vrste-travanj-2020/?print=print>)*

*Figure 5.15 Frost-damaged orchards in Veliki Grđevac, settlement located between Bjelovar and Daruvar, Croatia, on the 2<sup>nd</sup> April 2020. (Photo: M. Blažeković, <https://www.savjetodavna.hr/2020/04/02/utjecaj-niskih-temperatura-na-vocne-vrste-travanj-2020/?print=print>)*

njene za dvije standardne devijacije (slika 5.13) što ukaže na ekstremnost događaja.

Na većini kontinentalnih postaja u Republici Hrvatskoj, uključujući unutrašnjost Dalmacije, 2. i 3. travnja 2020. je забиљежена минимална дневна температура zraka niža od 0°C, izmjerena na 2m iznad tla (slika 5.14), a na mnogim postajama niža i od -5°C. Na 5 cm iznad tla минимална дневна температура zraka била је и до 5 stupnjeva niža од vrijednosti на 2 m висине осигуравајући uvjete za pojavu jakog mraza tijekom noći i jutra. Jakom ноћном ohlađivanju pogodovale су стабилне временске prilike s temperaturnom inverzijom, vedrinom i izostankom vjetra.

Zbog jakog mraza i velike štete u poljoprivredi proglašeno je stanje elementarne nepogode za velik dio kopnene Hrvatske. Znatno su stradali voćnjaci, vinogradi, povrtnye kulture i nasadi jagoda (slika 5.15).

Compared with the multiannual mean (1949 – 2019) for the Zagreb-Maksimir station, the mean daily air temperature at the beginning of April 2020 was at the very low limit of the mean air temperature reduced by two standard deviations (Figure 5.13), which points to extremeness of the weather event.

At most continental stations in Croatia, including the Dalmatian inland, on the 2<sup>nd</sup> April and the 3<sup>rd</sup> April 2020, the minimum air temperature was below 0°C, measured at 2 m above the ground (Figure 5.14) and at many stations it was below -5°C. At 5 cm above the ground, the minimum air temperature was up to 5°C lower than that at 2 m height, providing conditions for strong frost during the night and in the morning. Strong night cooling was favoured by stable weather conditions with temperature inversion, clear sky and no wind. Due to severe frost and significant damage to agriculture the natural disaster was declared for a large part of the Croatian mainland. Orchards, vineyards, vegetable crops and strawberry plantations were significantly damaged (Figure 5.15).

## 6. OCJENA KLIME NA GLOBALNOJ LJESTVICI ZA 2020. GODINU

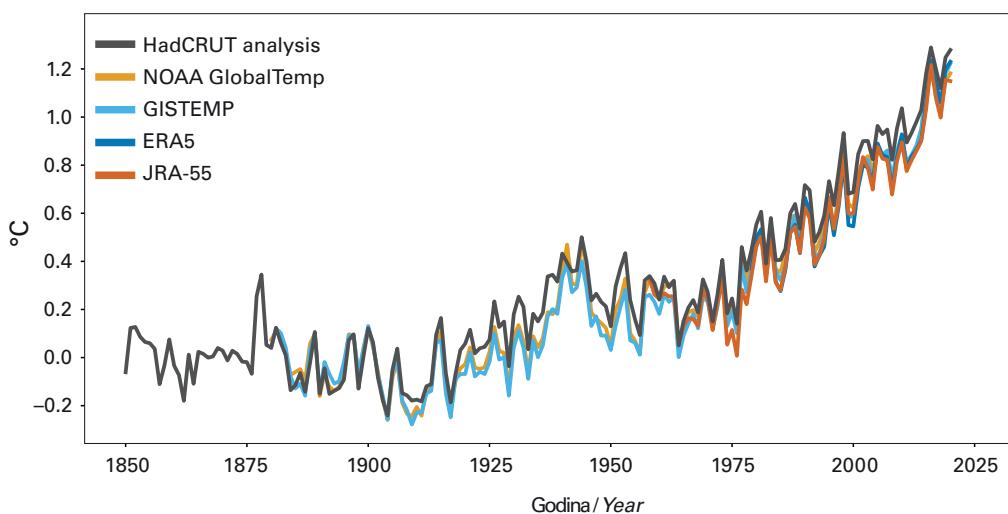
### 6.1 Površinska temperatura

Globana srednja prizemna temperatura na Zemlji za 2020. godinu bila je  $1.2^{\circ}\text{C}$  iznad prosjeka za predindustrijsko referentno razdoblje 1850. – 1900. godina, (slika 6.1). Time je 2020. godina svrstana među tri najtoplje godine od kada postoje mjerena to jest od sredine 19. stoljeća. Do sada najtoplja 2016. godina u razdoblju od kada postoje mjerena bila je pod utjecajem jakog El Niña (ekvatorijalno područje pozitivnih anomalija površinske temperature Tihog oceana). Nasuprot tome 2020.

## 6. CLIMATE ASSESSMENT FOR THE YEAR 2020 ON GLOBAL SCALE

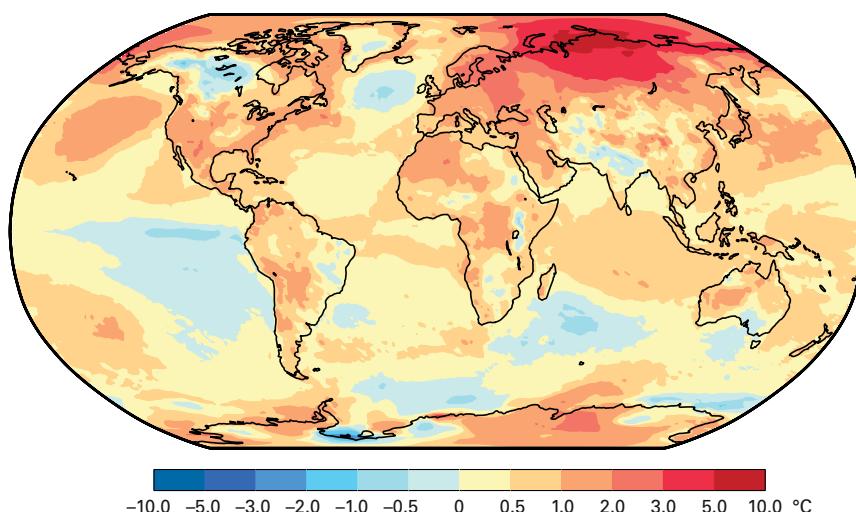
### 6.1 Surface temperature

Global mean surface temperature on the Earth for the year 2020 was  $1.2^{\circ}\text{C}$  above the 1850 – 1900 baseline average used as approximation of preindustrial level and as a reference level (Figure 6.1). Consequently, 2020 is among the three warmest years on record since the beginning of systematic weather observations. The warmest year since then 2016, was under the influence of strong El Niño, while 2020 started with a week El Niño and finished with a La Niña started at the end of September (WMO, 2021).



Slika 6.1 Razlike globalne srednje godišnje površinske temperature za 2020. godinu i odgovarajućeg srednjaka za predindustrijsko razdoblje 1850. – 1900. za 5 različitih izvora podataka (WMO, 2021)

Figure 6.1 Differences between average global surface temperature for the year 2020 and corresponding average for preindustrial period 1850 – 1900 for 5 different origins of climate data (WMO, 2021)



Slika 6.2 Temperaturne anomalije srednje godišnje površinske temperature za 2020. godinu u odnosu na referentno klimatsko razdoblje 1981. – 2010. (WMO, 2021)

Figure 6.2 Surface average annual temperature anomalies for the year 2020 in reference to the period 1981 – 2010 (WMO, 2021)

El Niño je bio slabo izražen uz pojavu La Niña od rujna 2020. godine (WMO, 2021).

Zadnjih 6 godina (2015. – 2020.) je najtoplje 6-godišnje razdoblje na Zemlji od početka mjerjenja dok je zadnje 10-godišnje razdoblje (2011. – 2020.) najtopije 10-godišnje razdoblje od početka mjerjenja. U Europi je 2020. godina također bila najtoplja od početka mjerjenja. Područja zapadne Kanade, dijela Brazila, sjeverne Indije i jugoistočne Australije imale su vrijednosti površinske temperature ispod prosjeka za razdoblje 1981. – 2010. (slika 6.2).

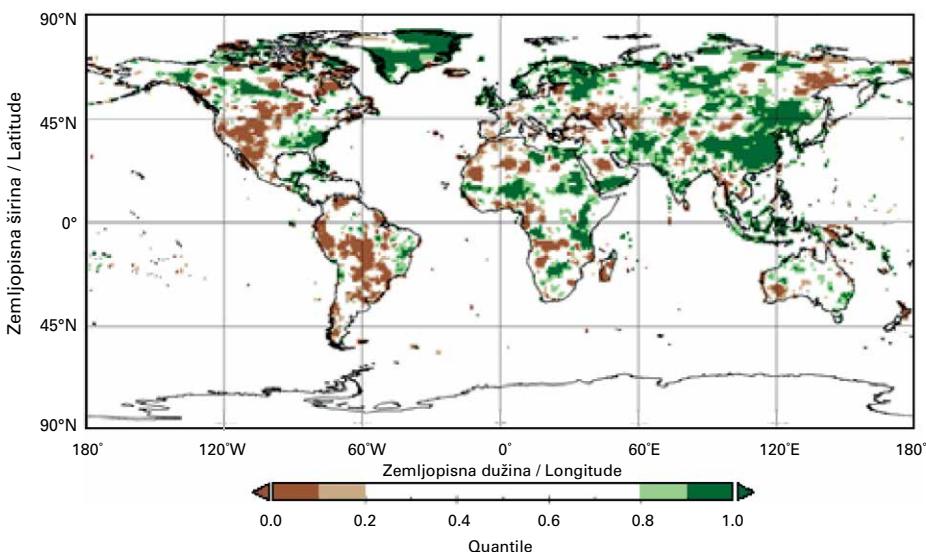
## 6.2 Oborina

Godišnje količine oborine u područjima pod utjecajem monsuna bile su znatno iznad prosjeka (1951. – 2010.) u 2020. godini u: Sjevernoj Americi, Africi, sjeverozapadnoj i jugoistočnoj Aziji. Afrički se monsun, suprotno uobičajenom, protegao dalje na sjever prema

The last six years (2015 – 2020) is the warmest 6-year period on record as well as the last 10-year period (2011 – 2020) is the warmest 10-year period on record. The European territory in 2020 was the warmest on record. The territory of Western Canada, a part of Brazil, Northern India and Southeastern Australia had a below average (1981 – 2010) surface temperature (Figure 6.2).

## 6.2 Precipitation

Annual precipitation amounts in 2020, in the areas affected by monsoons, were significantly above average (1951 – 2010) in: Northern America, Africa, North-western and South-eastern Asia. African monsoon prolonged further to the north to Sahel than usually (Figure 6.3). Indian monsoon was stronger than average. In Eastern Asia a huge amount of precipitation was recorded (WMO, 2021).



Slika 6.3 Ukupna količina oborine u 2020. godini izražena u percentilima referentnog razdoblja 1951. – 2010. Sjenčana područja su s ukupnim količinama oborine kao u 20% najsušnjih (smeđe) odnosno 20% najvlažnijih (zeleno) godina referentnog razdoblja, s tamnije smeđe i zeleno sjenčanim područjima s ukupnim količinama oborine kao u 10% najsušnjih odnosno 10% najvlažnijih godina referentnog razdoblja.

Figure 6.3 Total precipitation in 2020 expressed as percentiles of the 1951 – 2010 reference period. The shaded areas are those with precipitation totals as in the driest 20% (brown) and wettest 20% (green) of years during the reference period, with darker shades of brown and green indicating the driest and wettest 10%, respectively.

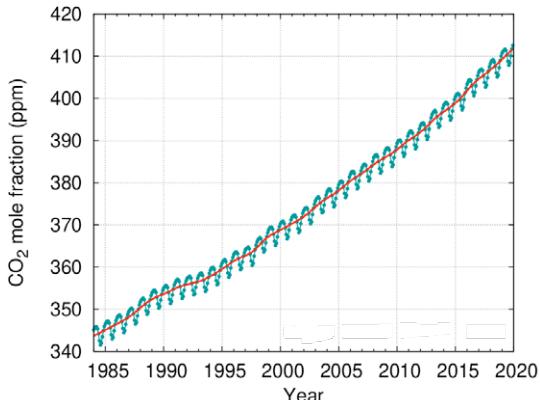
Sahelu (slika 6.3). Indijski monsun je bio nešto jači od prosjeka. U istočnoj su Aziji pale izuzetno velike količine oborine (WMO, 2021).

## 6.3 Koncentracije stakleničkih plinova

Atmosferske koncentracije stakleničkih plinova rezultat su bilance između emisija koje nastaju ljudskim aktivnostima i prirodnih izvora te pohrane stakleničkih plinova u biosferu i oceane. Porast koncentracije stakleničkih plinova zbog ljudskog djelovanja smatra se

## 6.3 Greenhouse gases concentrations

Atmospheric concentrations of greenhouse gases reflect a balance between emissions from human activities and natural sources and sinks in the biosphere and oceans. Increasing levels of concentration of greenhouse gases in the atmosphere due to human activities have been the major driver of climate change since the mid-twentieth century. Global average concentrations in atmosphere are calculated from in situ observations made at multiple sites in the Global Atmospheric Watch Programme of the WMO and partner observation networks. Globally averaged frac-



Slika 6.4 Globalni prosjek koncentracije  $\text{CO}_2$  u ppm (parts per million) od 1984. do 2019. godine (WMO, 2021)

Figure 6.4 Global average of  $\text{CO}_2$  concentration in ppm (parts per million) from 1984 to 2019 (WMO, 2021)

glavnim pokretačem klimatskih promjena od sredine 20. stoljeća. Koncentracije stakleničkih plinova za globalnu ljestvicu izračunavaju se iz pojedinačnih mjeranja programa WMO-a GAW (Global Atmospheric Watch) i partnerskih opažačkih mreža. Globalni prosjek koncentracije ugljičnog dioksida ( $\text{CO}_2$ ) za 2020. godinu (slika 6.4) dosegao je novi rekord od 410,5 ppm (WMO, 2021).

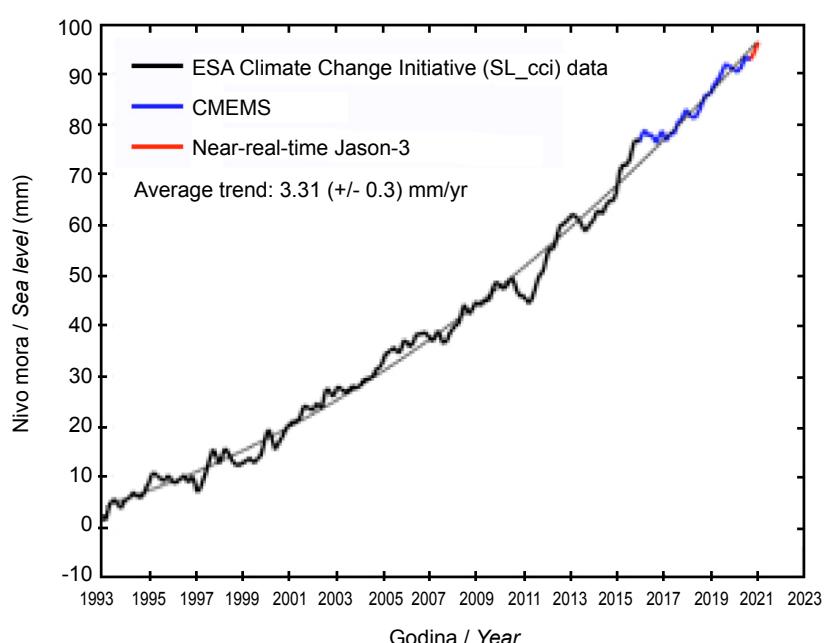
## 6.4 Pohrana topline u oceane i porast morske razine

Porast emisija  $\text{CO}_2$  i drugih stakleničkih plinova u atmosferu zbog ljudske aktivnosti uzrokuju pozitivnu radijacijsku bilancu na vrhu atmosfere (engl. Earth Energy Imbalance – EEI). To dovodi do rasta količine topline u Ze-

tions of carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) at 410.5 ppm in 2020 reached a new high (Figure 6.4).

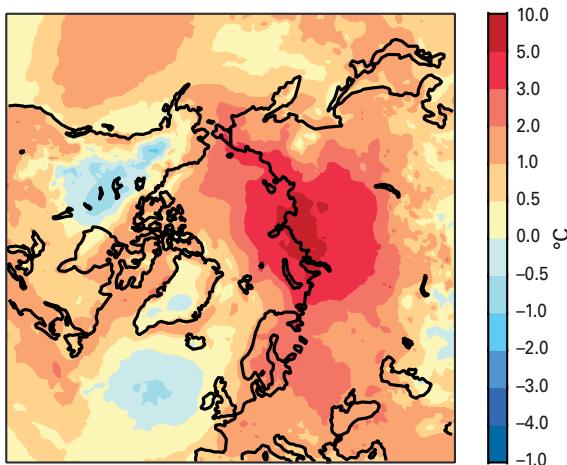
## 6.4 Ocean heat content and sea level rise

Increasing human emissions of  $\text{CO}_2$  and other greenhouse gases cause a positive radiative imbalance at the top atmosphere – the Earth Energy Imbalance (EEI). This causes an increase of heat in the Earth system and thus driving global warming. About 90% of that heat is stored in oceans. Consequently, since 1993, when started satellite global sea level observation, global mean rate of sea-level rise is about 3.3 mm/year which is accelerated by melting ice sheets (Figure 6.5).



Slika 6.5 Satelitski podaci srednje globalne morske razine od siječnja 1993. do siječnja 2020.godine (WMO, 2021).

Figure 6.5 Satellite altimetry-based global mean sea level since January 1993 to January 2020 (WMO, 2021)



Slika 6.6 Temperaturne anomalije za 2020. godinu za Arktik u odnosu na referentno razdoblje 1981. – 2010. (WMO, 2021).

Figure 6.6 Temperature anomalies for the Arctic relative to the 1981 – 2010 long-term average (WMO, 2021)

mljinom sustavu i tako do globalnog zatopljenja (WMO, 2021). Oko 90% te topline se pohranjuje u oceanima. Posljedično od 1993. godine, od kada počinje globalno satelitsko praćenje morske razine, uz prosječan porast 3.3 mm/god, dok je zadnjih godina i viši zbog topljenja ledenjaka (slika 6.5).

## 6.5 Artik u 2020. godini

Površinska temperatura na Arktiku rasla je barem dva puta brže od globalnog prosjeka od 1980-tih do danas dok se smanjivala ledena površina Grenlanda, a temperatura permafrosta je rasla. Navedeno je imalo utjecaj ne samo na arktičke ekosustave nego i na globalne klimatske promjene preko različitih mehanizama povratne sprege. Temperaturne anomalije za 2020. godinu bile su najviše od svih u dijelu Arktika. Jaka Arktička oscilacija za vrijeme zime 2019./2020. uzrokovala je temperature više od prosjeka u Europi i Aziji, a znatno ispod prosjeka na Aljasci što se odrazilo na cijelogodišnje anomalije koje su na Aljsci i negativne (slika 6.6).

## 6.5 The Arctic in 2020

Since the mid-1980s Arctic surface air temperature have warmed at least twice as fast as the global average, while the Greenland ice cover has declined over the same period and permafrost temperature has increased. This had large implications not only for Arctic ecosystems but also for the global climate through various feedbacks. In 2020, the Arctic appeared as the region with the large temperature deviations from the long-term average. A strong Arctic Oscillation during the 2019/2020 winter set higher than average temperature in Europe and Asia and well-below-average temperatures in Alaska (Figure 6.6).

## 7. Literatura

- Cindrić, K., Juras, J., Pasarić, Z. (2019) On precipitation monitoring with theoretical statistical distributions. *Theoretical and Applied Climatology*, 136, 145–156. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2477-6>.
- Meteorološki i hidrološki bilten 2, (2020), DHMZ
- Meteorološki i hidrološki bilten 4, (2020), DHMZ
- Penzar, B., Makjanić, B. (1980) Osnovna statistička obrada podataka u klimatologiji. PMF, Zagreb
- WMO, 2021.: *State of global climate in 2020*. WMO-No. 1264.

## 7. References

- Cindrić, K., Juras, J., Pasarić, Z. (2019) On precipitation monitoring with theoretical statistical distributions. *Theoretical and Applied Climatology*, 136, 145–156. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2477-6>.
- Meteorološki i hidrološki bilten 2, (2020), DHMZ
- Meteorološki i hidrološki bilten 4, (2020), DHMZ
- Penzar, B., Makjanić, B. (1980) Osnovna statistička obrada podataka u klimatologiji. PMF, Zagreb
- WMO, 2021.: *State of global climate in 2020*. WMO-No. 1264.