

DRŽAVNI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD
SEKTOR ZA METEOROLOŠKA ISTRAŽIVANJA I RAZVOJ
Služba za klimatologiju

Procjena klimatskih promjena u budućnosti za grad Zadar



Zagreb, svibanj 2020.

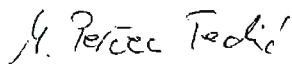
Elaborat "Procjena klimatskih promjena u budućnosti za grad Zadar" izrađen je prema zahtjevu Grada Zadra od 14.4.2020. i ponudi Državnog hidrometeorološkog zavoda (KLASA: 920-05/20-02/14, URBROJ: 554-05-03/007-20-2) od 17.4.2020., te narudžbenici Grada Zadra, Upravni odjel za EU fondove, br. 00233/20-15 od 23.04.2020. Izrađen je u Državnom hidrometeorološkom zavodu, Sektoru za meteorološka istraživanja i razvoj, u Službi za klimatologiju, u Odjelu za klimatsko modeliranje, praćenje klimatskih promjena i biometeorologiju.

Dokument i pripremu podataka su izradili:

mr. sc. Lidija Srnec

dr. sc. Ivan Güttler

Voditeljica Službe za klimatologiju:



mr. sc. Melita Perčec Tadić

GLAVNA
RAVNIATELJICA:



dr. sc. Branke Ivančan-Picek

SADRŽAJ

1. PROCJENE KLIMATSKIH PROMJENA U BUDUĆNOSTI.....	1
1.1. Očekivane promjene temperature zraka i količine oborine.....	2
2.1. Očekivane promjene indeksa temperaturnih ekstrema.....	3
3.1. Očekivane promjene indeksa oborinskih ekstrema	5
4.1. Zaključak.....	7

1. PROCJENE KLIMATSKIH PROMJENA U BUDUĆNOSTI

Procjena klimatskih parametara za buduće razdoblje 2021.-2050. dobivena je korištenjem dnevnih podataka iz ansambla Med-CORDEX simulacija. Podacima se može pristupiti nakon registracije na poveznici <https://www.medcordex.eu/>. Analizirani su podaci dobiveni korištenjem 4 regionalna klimatska modela RCM koji su za ulazne podatke koristili različite globalne modele GCM. Kombinacija korištenih modela je sljedeća:

RCM1: GUF-CCLM4-8-18 (GCM: MPI-ESM-LR)

RCM2: CNRM-ALADIN5.2 (GCM: CNRM-CM5)

RCM3: CMCC-CCLM4-8-19 (GCM: CMCC-CM)

RCM4: LMD-LMDZ4-NEMOMED8 (GCM: IPSL-CM5A-MR).

Horizontalna rezolucija regionalnih modela je 50 km i treba naglasiti da ovako „gruba“ rezolucija predstavlja određenu nepouzdanost posebno na područjima s razvijenom obalom i orografijom. Buduća klima simulirana je prema scenariju emisija i koncentracija stakleničkih plinova RCP4.5. Analizom ansambla od četiri klimatska modela za svaku analiziranu varijablu dobiven je moguć raspon njezinih promjena u budućnosti. Na taj je način uključena neizvjesnost koja proizlazi iz pojedinog klimatskog modela.

Podaci na lokaciji Grad Zadar (geografska širina 44.12°N, geografska dužina 15.24°E) određeni su metodom bilinearne interpolacije za nizove srednje dnevne temperature zraka, maksimalne i minimalne dnevne temperature zraka, te dnevne količine oborine. Simulirano sadašnje razdoblje (P0) je definirano za razdoblje 1971.-2000. Buduća klima je promatrana za razdoblje 2021.-2050. (P1). Očekivane klimatske promjene srednjih varijabli, temperaturnih i oborinskih indeksa su izvedene kao razlike između budućeg i sadašnjeg razdoblja: P1-P0, posebno za svaki regionalni klimatski model.

1.1. Očekivane promjene temperature zraka i količine oborine

Očekivane promjene srednje dnevne temperature zraka *tas* prema analiziranim Med-CORDEX simulacijama (Tablica 1.1) upućuju na moguće zagrijavanje u P1 razdoblju u odnosu na P0 u rasponu od 1.1°C do 1.6°C.

Tablica 1.1 Godišnji srednjak dnevne temperature zraka *tas* u skupu simulacija regionalnih klimatskih modela za razdoblja P0 i P1 (prema RCP4.5 scenariju) te razlika P1-P0. Mjerna jedinica: ° C.

<i>tas</i> (°C)	P0	P1	P1-P0
RCM1	13.5	14.6	1.1
RCM2	12.5	13.6	1.1
RCM3	11.0	12.5	1.5
RCM4	14.5	16.1	1.6

Isti se raspon promjene u budućem razdoblju P1 prema P0 može očekivati i za godišnji srednjak maksimalne dnevne temperature zraka *tasmx* (Tablica 1.2). Očekuje se porast u rasponu od 1.1°C i 1.6°C.

Tablica 1.2 Godišnji srednjak maksimalne dnevne temperature zraka *tasmx* u skupu simulacija regionalnih klimatskih modela za razdoblja P0 i P1 (prema RCP4.5 scenariju) te razlika P1-P0. Mjerna jedinica: ° C.

<i>tasmx</i> (°C)	P0	P1	P1-P0
RCM1	15.4	16.5	1.1
RCM2	15.0	16.2	1.2
RCM3	13.1	14.6	1.5
RCM4	16.5	18.1	1.6

Očekivane promjene srednje ukupne količine oborine *pr* prema analiziranim Med-CORDEX simulacijama (Tablica 1.3) ukazuju na mogući porast količine oborine u P1 u odnosu na P0. Porast se očekuje u rasponu od 5.5 mm do 74.1 mm.

Tablica 1.3 Godišnji srednjak ukupne količine oborine *pr* u skupu simulacija regionalnih klimatskih modela za razdoblja P0 i P1 (prema RCP4.5 scenariju) te razlika P1-P0. Mjerna jedinica: mm.

<i>pr</i> (mm)	P0	P1	P1-P0
RCM1	1203.2	1277.3	74.1
RCM2	1004.8	1010.3	5.5
RCM3	934.5	962.7	28.2
RCM4	639.0	667.6	28.6

2.1. Očekivane promjene indeksa temperaturnih ekstrema

U studiji je provedena analiza promjene godišnjeg broja toplih i vrućih dana, dana s tropskim noćima te trajanje toplih razdoblja. Svi ovi indeksi računaju se iz maksimalnih, odnosno minimalnih dnevnih temperatura zraka, a njihove kratice i definicije su prikazane u Tablici 2.1.

Tablica 2.1 Definicija indeksa temperaturnih ekstrema.

Indeks (<i>kratica; jedinica</i>)	Definicija indeksa
Topli dani (SU25; dani)	Broj dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka > 25°C
Vrući dani (HD; dani)	Broj dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka ≥ 30°C
Trajanje toplih razdoblja (WSDI; dani)	Broj dana u razdobljima od najmanje 6 uzastopnih dana s maksimalnom temperaturom zraka > 90. percentila maksimalne temperature zraka za kalendarski dan u referentnom razdoblju
Tropske noći (TR20; dani)	Broj dana s minimalnom temperaturom zraka > 20°C

Očekivane promjene broja toplih dana *SU25* (dani s maksimalnom temperaturom zraka iznad 25 °C) prema analiziranim Med-CORDEX simulacijama (Tablica 2.2) upućuju na njihov porast između sadašnje klima P0 i budućeg razdoblja P1. Raspon porasta je između 14.4 i 27.8 dana.

Tablica 2.2 Godišnji srednjak broja toplih dana *SU25* u skupu simulacija regionalnih klimatskih modela za razdoblja P0 i P1 (prema RCP4.5 scenariju) te razlika P1-P0. Mjerna jedinica: dani.

<i>SU25</i> (dani)	P0	P1	P1-P0
RCM1	17.4	41.4	24.0
RCM2	31.4	54.7	23.3
RCM3	10.6	25.0	14.4
RCM4	57.5	85.3	27.8

Prema analiziranim Med-CORDEX simulacijama srednji broj vrućih dana *HD* (dani s maksimalnom temperaturom zraka većom ili jednakom 30 °C) u P0 razdoblju je malen za tri promatrana modela i iznosi manje od 1 dana, dok je za četvrti model godišnji srednjak 6.6 dana. U P1 razdoblju će doći do porasta vrućih dana u odnosu na P0 razdoblje u rasponu od 0.8 do 7.1 dana (Tablica 2.3).

Tablica 2.3 Godišnji srednjak broja vrućih dana *HD* u skupu simulacija regionalnih klimatskih modela za razdoblja P0 i P1 (prema RCP4.5 scenariju) te razlika P1-P0. Mjerna jedinica: dani.

<i>HD</i> (dani)	P0	P1	P1-P0
RCM1	0.2	2.4	2.2
RCM2	0.3	7.4	7.1
RCM3	0.1	0.9	0.8
RCM4	6.6	13.5	6.9

Prema analiziranim Med-CORDEX simulacijama srednji broj tropskih noći *TR20* (dan s minimalnom temperaturom iznad 20 °C) će porasti u P1 razdoblju prema P0 razdoblju u rasponu od 14.9 do 28.0 dana (Tablica 2.4).

Tablica 2.4 Godišnji srednjak broja tropskih noći *TR20* u skupu simulacija regionalnih klimatskih modela za razdoblja P0 i P1 (prema RCP4.5 scenariju) te razlika P1-P0. Mjerna jedinica: dani.

<i>TR20</i> (dani)	P0	P1	P1-P0
RCM1	22.5	40.2	17.7
RCM2	19.8	41.5	21.7
RCM3	5.9	20.8	14.9
RCM4	64.0	92.0	28.0

Očekivane promjene trajanja toplih razdoblja *WSDI* (broj dana u razdobljima od najmanje 6 uzastopnih dana s maksimalnom temperaturom zraka višom od 90. percentila maksimalne temperature zraka za kalendarski dan) prema analiziranim Med-CORDEX simulacijama (Tablica 2.5) ukazuju na njihovo produljenje u budućoj P1 klimi u odnosu na sadašnju P0 klimu u rasponu od 30.3 do 66.6 dana.

Tablica 2.5 Godišnji srednjak trajanja toplih razdoblja *WSDI* u skupu simulacija regionalnih klimatskih modela za razdoblja P0 i P1 (prema RCP4.5 scenariju) te razlika P1-P0. Mjerna jedinica: dani.

<i>WSDI</i> (dani)	P0	P1	P1-P0
RCM1	6.2	36.5	30.3
RCM2	9.1	75.7	66.6
RCM3	7.5	54.1	46.6
RCM4	8.4	64.2	55.8

3.1. Očekivane promjene indeksa oborinskih ekstrema

Osim temperaturnih, u studiji su analizirani i oborinski ekstremi. Analizirana je maksimalna dnevna količina oborine tijekom godine, broj vrlo vlažnih dana i trajanje sušnih razdoblja. Definicija i kratice ovih indeksa (računaju se iz niza dnevne količine oborine) prikazane su u Tablici 3.1.

Tablica 3.1 Definicija indeksa oborinskih ekstrema.

<i>Indeks (kratica; jedinica)</i>	<i>Definicija indeksa</i>
Maksimalna dnevna količina oborine (<i>Rx1d</i> , mm)	Maksimalna dnevna količina oborine u godini
Vrlo vlažni dani (<i>R20</i> ; dani)	Broj dana s dnevnom količinom oborine ≥ 20 mm
Sušna razdoblja (<i>CDD</i> ; dani)	Uzastopni niz dana s dnevnom količinom oborine $R_d < 1$ mm

Očekivane promjene maksimalne dnevne količine oborine *Rx1d* prema analiziranim Med-CORDEX simulacijama (Tablica 3.2) upućuju na mogućnost njezinog povećanja u budućoj klimi P1 u odnosu na sadašnju P0 klimu u rasponu od 11.8 mm do 53.0 mm. Jedna simulacija ukazuje na moguće smanjenje maksimalne dnevne oborine u P1 razdoblju za 8.8 mm u odnosu na maksimalnu dnevnu količinu oborine u P0 razdoblju.

Tablica 3.2 Godišnja maksimalna dnevna količina oborine (*Rx1d*) u simulacijama regionalnih klimatskih modela za razdoblja P0 i P1 (prema RCP4.5 scenariju) te razlika P1-P0. Mjerna jedinica: mm.

<i>Rx1d</i> (mm)	P0	P1	P1-P0
RCM1	84.2	113.3	29.1
RCM2	64.9	76.7	11.8
RCM3	105.1	158.1	53.0
RCM4	95.8	87.0	-8.8

Očekivane promjene broja dana s vrlo velikom količinom oborine *R20* prema analiziranim Med-CORDEX simulacijama (Tablica 3.3) upućuju na mogućnost porasta broja dana u budućoj klimi P1 u odnosu na P0 klimu. Tri promatrane simulacije pokazuju da će broj dana s vrlo velikom količinom oborine biti veći u rasponu od 1.4 do 2.5 dana, dok jedna simulacija ukazuje na moguće smanjenje od 0.1 dan.

Tablica 3.3. Godišnji broj dana s vrlo velikom količinom oborine (*R20*, srednjak kroz sve godine) u simulacijama regionalnih klimatskih modela za razdoblja P0 i P1 (prema RCP4.5 scenariju) te razlika P1-P0. Mjerna jedinica: mm.

<i>R20</i> (dani)	P0	P1	P1-P0
RCM1	15.4	17.4	2.0
RCM2	6.6	6.5	-0.1
RCM3	10.2	12.7	2.5
RCM4	4.3	5.7	1.4

Očekivane promjene trajanja sušnih razdoblja *CDD* prema analiziranim Med-CORDEX simulacijama (Tablica 3.4) upućuju na mogućnost njihovog produljenja u budućoj klimi P1 u odnosu na sadašnju klimu P0 u rasponu od 6 do 37 dana.

Tablica 3.4. Godišnje trajanje sušnih razdoblja (*CDD*, maksimum kroz godine) u simulacijama regionalnih klimatskih modela za razdoblja P0 i P1 (prema RCP4.5 scenariju) te razlika P1-P0. Mjerna jedinica: mm.

<i>CDD</i> (dani)	P0	P1	P1-P0
RCM1	53.0	80.0	27.0
RCM2	36.0	42.0	6.0
RCM3	85.0	97.0	12.0
RCM4	85.0	122.0	37.0

4.1. Zaključak

Procjena budućih klimatskih promjena za Grad Zadar analizirana je korištenjem Med-CORDEX simulacija dobivenih pomoću četiri regionalna klimatska modela koji su forsirani sa četiri globalna klimatska modela. Analizirana je promjena srednje dnevne i maksimalne temperature zraka i oborine te indeksa temperaturnih i oborinskih ekstrema u razdoblju buduće klime P1 (2021.-2050.) u odnosu na opaženu klimu P0 (1971.-2000.). Buduća klima je simulirana prema scenariju emisija i koncentracija stakleničkih plinova RCP4.5. Podaci za Grad Zadar dobiveni su bilinearnom interpolacijom nizova srednje dnevne i maksimalne temperature zraka i oborine sa susjednih numeričkih ćelija regionalnih klimatskih modela.

Prema analiziranim podacima očekivani porast srednje dnevne temperature zraka je u rasponu između 1.1 °C i 1.6 °C. Isti porast dobiven je i za srednju maksimalnu dnevnu temperaturu zraka. Ukupna količina oborine u P1 klimi prema analiziranim simulacijama ukazuje na moguć porast u rasponu od 5.5 mm do 74.1 mm u odnosu na P0 klimu.

S porastom srednje dnevne i maksimalne dnevne temperature zraka, u P1 klimi se očekuje i veći broj toplih dana. Korišteni Med-CORDEX podaci ukazuju na mogući porast u rasponu od 14.4 do 27.8 dana. Vrući dani će porasti u rasponu od 0.8 do 7.1 dan. Također se može očekivati i porast broja tropskih noći u rasponu od 14.9 do 28.0 dana. Trajanje toplih razdoblja biti će produženo u P1 klimi. Topla razdoblja prema analiziranim rezultatima modela bi mogla biti dulja između 30.3 i 66.6 dana.

Maksimalne dnevne količine oborine u tri analizirane simulacije pokazuju moguć porast oborine u rasponu 11.8 i 53.0 mm, dok jedna simulacija daje smanjenje oborine za 8.8 mm. Godišnji broj dana s vrlo velikom količinom oborine za tri modela je veći u P1 klimi u odnosu na P0 i to u rasponu od 1.4 do 2.5 dana, dok jedna simulacija daje mogućnost neznatnog smanjenja za 0.1 dan. Trajanje sušnih razdoblja u P1 klimi bit će produženo u odnosu na P0 za 6 do 37 dana.