

**Proiezioni climatiche  
2021- 2050  
Area urbana di  
Ravenna**

**Forum regionale per i  
Cambiamenti Climatici:  
strumenti per le  
Amministrazioni locali**

**Emilia-Romagna  
facciamo  
la differenza.**

**per la sostenibilità**

**A cura di:**

Regione Emilia-Romagna, Direzione generale Cura del Territorio e  
dell'Ambiente

ARPAE Emilia-Romagna – Osservatorio Clima

ART-ER Attrattività Ricerca Territorio

**Maggio 2020**





## **SOMMARIO**

- |   |               |
|---|---------------|
| <b>1. Indicatori di vulnerabilità climatica</b>   | <b>pag. 3</b> |
| <b>2. Proiezioni climatiche 2021-2050</b>   | <b>pag. 4</b> |
| <b>3. Quadro informativo: dati e metodi<br/>Utilizzati per le proiezioni climatiche<br/>per i Piani di Adattamento locali</b> | <b>pag. 9</b> |

## 1. Indicatori di vulnerabilità climatica

Per ogni Area Omogenea, sono fornite le Proiezioni Climatiche 2021 – 2050 per gli Indicatori di vulnerabilità climatica indicati nella seguente tabella:

Indicatore	Unità di misura	Definizione
Temperatura media annua	Gradi centigradi	Media annua delle temperature medie giornaliere
Temperatura massima estiva	Gradi centigradi	Valore medio delle temperature massime giornaliere registrate durante la stagione estiva
Temperatura minima invernale	Gradi centigradi	Valore medio delle temperature minime giornaliere registrate durante la stagione invernale
Notti tropicali estive	-	Numero di notti con temperatura minima maggiore di 20 °C, registrate nella stagione estiva
Durata onde di calore estive	-	Numero massimo di giorni consecutivi registrato durante l'estate, con temperatura massima giornaliera maggiore del 90° percentile giornaliero locale (calcolato sul periodo di riferimento 1961-1990)
Precipitazione annua	mm	Quantità totale di precipitazione annua
Giorni secchi estivi	-	Numero massimo di giorni consecutivi senza precipitazioni durante l'estate

## 2. Scenari climatici

<i>Area di pertinenza</i>	<b>RAVENNA</b>
<i>Periodo di riferimento</i>	1961-1990
<i>Periodo futuro</i>	<b>2021-2050</b>
<i>Scenario emissivo</i>	RCP4.5
<i>Fonte dati</i>	Data set Eraclito v. 4.2
<i>Metodo di elaborazione</i>	Regionalizzazione statistica applicata a modelli climatici globali.
<i>Indicatore</i>	<b>Temperatura media annua</b>
<i>Descrizione</i>	Media delle temperature medie giornaliere
<i>Unità di misura</i>	[°C]
<i>Valore climatico di riferimento</i>	12.9
<i>Valore climatico futuro</i>	<b>14.5</b>

<i>Area di pertinenza</i>	<b>RAVENNA</b>
<i>Periodo di riferimento</i>	1961-1990
<i>Periodo futuro</i>	<b>2021-2050</b>
<i>Scenario emissivo</i>	RCP4.5
<i>Fonte Dati</i>	Data set Eraclito v. 4.2
<i>Metodo di elaborazione</i>	Regionalizzazione statistica applicata a modelli climatici globali.
<i>Indicatore</i>	<b>Temperatura massima estiva</b>
<i>Descrizione</i>	Media delle temperature massime giornaliere
<i>Unità di misura</i>	[°C]
<i>Valore climatico di riferimento</i>	28
<i>Valore climatico futuro</i>	<b>30.3</b>

<i>Area di pertinenza</i>	<b>RAVENNA</b>
<i>Periodo di riferimento</i>	1961-1990
<i>Periodo futuro</i>	<b>2021-2050</b>
<i>Scenario emissivo</i>	RCP4.5
<i>Fonte Dati</i>	Data set Eraclito v. 4.2
<i>Metodo di elaborazione</i>	Regionalizzazione statistica applicata a modelli climatici globali.
<i>Indicatore</i>	<b>Temperatura minima invernale</b>
<i>Descrizione</i>	Media delle temperature minime giornaliere
<i>Unità di misura</i>	[°C]
<i>Valore climatico di riferimento</i>	- 0.4
<i>Valore climatico futuro</i>	<b>0.9</b>

<i>Area di pertinenza</i>	<b>RAVENNA</b>
<i>Periodo di riferimento</i>	1961-1990
<i>Periodo futuro</i>	<b>2021-2050</b>
<i>Scenario emissivo</i>	RCP4.5
<i>Fonte Dati</i>	Data set Eraclito v. 4.2
<i>Metodo di elaborazione</i>	Regionalizzazione statistica applicata a modelli climatici globali.
<i>Indicatore</i>	<b>Notti tropicali estive</b>
<i>Descrizione</i>	Notti con la temperatura minima superiore a 20°C
<i>Unità di misura</i>	-
<i>Valore climatico di riferimento</i>	11
<i>Valore climatico futuro</i>	<b>22</b>



<i>Area di pertinenza</i>	<b>RAVENNA</b>
<i>Periodo di riferimento</i>	1961-1990
<i>Periodo futuro</i>	2021-2050
<i>Scenario emissivo</i>	RCP4.5
<i>Fonte Dati</i>	Data set Eraclito v. 4.2
<i>Metodo di elaborazione</i>	Regionalizzazione statistica applicata a modelli climatici globali.
<i>Indicatore</i>	<b>Onde di calore estive</b>
<i>Descrizione</i>	Numero massimo di giorni consecutivi con temperatura massima superiore al 90mo percentile
<i>Unità di misura</i>	
<i>Valore climatico di riferimento</i>	3
<i>Valore climatico futuro</i>	<b>7</b>

<i>Area di pertinenza</i>	<b>RAVENNA</b>
<i>Periodo di riferimento</i>	1961-1990
<i>Periodo futuro</i>	<b>2021-2050</b>
<i>Scenario emissivo</i>	RCP4.5
<i>Fonte Dati</i>	Data set Eraclito v. 4.2
<i>Metodo di elaborazione</i>	Regionalizzazione statistica applicata a modelli climatici globali.
<i>Indicatore</i>	<b>Precipitazione annuale</b>
<i>Descrizione</i>	quantità totale cumulata
<i>Unità di misura</i>	[mm]
<i>Valore climatico di riferimento</i>	640
<i>Valore climatico futuro</i>	<b>670</b>

<i>Area di pertinenza</i>	<b>RAVENNA</b>
<i>Periodo di riferimento</i>	1961-1990
<i>Periodo futuro</i>	<b>2021-2050</b>
<i>Scenario emissivo</i>	RCP4.5
<i>Fonte Dati</i>	Data set Eraclito v. 4.2
<i>Metodo di elaborazione</i>	Regionalizzazione statistica applicata a modelli climatici globali.
<i>Indicatore</i>	<b>Giorni senza precipitazione in estate</b>
<i>Descrizione</i>	Numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione inferiore a 1 mm
<i>Unità di misura</i>	-
<i>Valore climatico di riferimento</i>	22
<i>Valore climatico futuro</i>	<b>27</b>



### 3. Quadro informativo: dati e metodi utilizzati per le proiezioni climatiche per i Piani di Adattamento locali

Le schede riportano i risultati dello studio climatologico sulle proiezioni di temperatura e precipitazioni, campi medi ed eventi estremi, per le 8 macroaree e i principali centri urbani della regione Emilia-Romagna, periodo dal 2021 al 2050.

In analogia a quanto fatto per lo studio relativo alla *Strategia di mitigazione e adattamento per i cambiamenti climatici della Regione Emilia-Romagna*, i risultati presentati qui sono stati ottenuti con lo scenario emissivo di stabilizzazione, denominato Representative Concentration Pathways (RCP) 4.5, secondo il quale, a fine secolo, sarebbero previste concentrazioni totali di gas serra equivalenti a una concentrazione di diossido di carbonio pari a 630 ppm.

Lo studio è stato condotto utilizzando il modello di regionalizzazione statistica CCAREg, sviluppato da Arpa-Simc (Tomozeiu et al., 2017). In termini generali, questo modello si basa su due step procedurali. Il primo di questi è un'applicazione della tecnica statistica delle correlazioni canoniche che consente di individuare, per il periodo di setup, diverse coppie di pattern atmosferici e di pattern al suolo per le quali è massima la correlazione. I pattern atmosferici considerati sono le re-analyses ERA-40 dell'Ecmwf (<https://apps.ecmwf.int/archive-catalogue/>), mentre i pattern al suolo sono costruiti con i dati giornalieri di temperatura e precipitazione, dataset Eraclito di Arpa-Simc (versione 4.2), disposti su una griglia regolare avente una risoluzione di 5x5 km ed estesa su tutto il territorio regionale (Antolini et al., 2015). Per la modellazione delle proiezioni dei cambiamenti climatici, invece, il secondo step procedurale prevede la combinazione, mediante un modello di tipo *perfect prog*, delle coppie di pattern risultate statisticamente significative con le simulazioni dei pattern atmosferici futuri di un modello climatico globale o regionale. In questo studio sono state prese in esame le simulazioni future dei modelli climatici globali afferenti al Coupled Model Intercomparison Project 5 (Cmip5) del World Climate Research Programme (<https://esgf-node.llnl.gov/projects/cmip5/>).

Per avere una maggiore robustezza statistica, i cambiamenti ottenuti con CCAREg per

ciascuno dei modelli climatici del progetto C mip5 sono stati combinati insieme con la tecnica del *poor man ensemble*, che consiste per il calcolo del valore medio nel considerare tutte le proiezioni equivalenti in termini ponderali. I risultati riportati di seguito si riferiscono, perciò, alla media aritmetica dei diversi cambiamenti.

Le proiezioni dei cambiamenti futuri sono costruite a livello stagionale, dove le stagioni sono definite in questo modo: dicembre, gennaio, febbraio (inverno), marzo, aprile, maggio (primavera), giugno, luglio, agosto (estate), ottobre, novembre e dicembre (autunno). Il cambiamento annuale è ricavato come media dei valori stagionali.

Il periodo climatico di riferimento rispetto al quale sono calcolati i cambiamenti va dal 1961 al 1990.

## Ringraziamenti

We acknowledge the World Climate Research Programme's Working Group on Coupled Modelling, which is responsible for CMIP, and we thank the climate modelling groups for producing and making available their model output. For CMIP the U.S. Department of Energy's Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison provides coordinating support and led development of software infrastructure in partnership with the Global Organization for Earth System Science.

## Bibliografia

Antolini G., Auteri L., Pavan V., Tomei F., Tomozeiu R., Marletto V. (2015). A daily high-resolution gridded climatic data set for Emilia-Romagna, Italy, during 1961–2010 International Journal of Climatology 08/2015; DOI:10.1002/joc.4473.

Tomozeiu R., Pasqui M., Quaresima S. (2017). Future changes of air temperature over Italian areas: a statistical downscaling technique applied to 2021-2050 and 2071-2100 periods. Meteorology and Atmospheric Physics, doi.org/10.1007/s00703-017-0536-7.

