



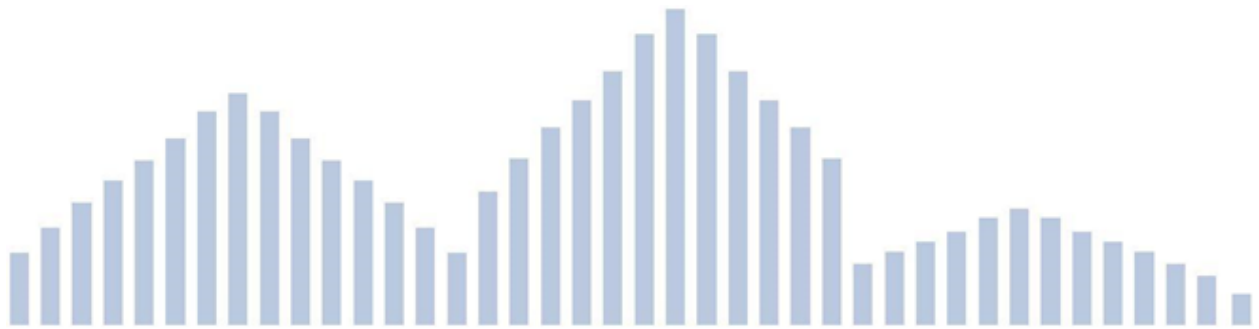
Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Profilo climatico locale per il comune di Alghero





Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Introduzione	3
Andamento temporale della variabilità climatica osservata	5
Scenari climatici locali disponibili	15
Conclusioni	31
Glossario	33
ALLEGATO 1: Reliability ensemble averaging	36
Bibliografia	41
Link a siti internet	43

Il documento è stato sviluppato dalla Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC).

Autori: Giuliana Barbato (CMCC), Veronica Villani (CMCC), Alessandra Lucia Zollo (CMCC), Paola Mercogliano (CMC)

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Introduzione

Il presente documento ha lo scopo di descrivere il profilo climatico locale del comune di Alghero, sulla base delle osservazioni e delle proiezioni climatiche attualmente disponibili.

Tale analisi del clima permette sia di caratterizzare la variabilità climatica locale osservata sia, nelle fasi successive dello studio, di valutare le anomalie climatiche attese in futuro localmente per effetto dei cambiamenti climatici.

Per quanto riguarda la variazione del clima su scala globale, la comunità scientifica ritiene “estremamente probabile” che il riscaldamento dell’aria e degli oceani, la riduzione dell’estensione e volume dei ghiacciai, l’innalzamento del livello del mare e la diminuzione della copertura nevosa nell’emisfero nord abbiano avuto come causa dominante l’attività antropogenica (IPCC, AR4, 2007). Lo studio di tale variazione non sarà oggetto del presente documento che invece risulta focalizzato sull’analisi del clima osservato e dei suoi scenari di cambiamento sulla città di interesse.

Lo studio del clima implica, per definizione, l’utilizzo di lunghe scale temporali; in particolare, il WMO (WMO, 2007) stabilisce in 30 anni la lunghezza standard su cui effettuare delle analisi statistiche che possano essere considerate rappresentative del clima. Per questo motivo, le variazioni del clima futuro rispetto al clima presente (o di riferimento) sono ottenute confrontando periodi di 30 anni.

Nella sezione *Andamento temporale della variabilità climatica osservata* è riportata l’analisi dei dati osservati. Nello specifico tale analisi è realizzata nel periodo 1981-2010 a partire dai dati di temperatura (minima e massima) e di precipitazione della *stazione di Alghero*, la cui fonte è il *servizio Meteorologico dell’Aeronautica Militare*. Tale analisi descrive la variabilità temporale nel periodo sia dei valori medi che estremi di precipitazione e temperatura. Gli estremi sono definiti come quei valori delle variabili atmosferiche che differiscono dalla media climatologica e sono definiti attraverso le soglie (ad esempio percentili, minimi, massimi). Diversi studi mostrano che il cambiamento climatico comporta una variazione anche nella frequenza e gravità degli eventi estremi, dalla cui variazione dipende la maggior parte dei costi sociali ed economici associati ai cambiamenti climatici.

In aggiunta alla descrizione del clima locale osservato, per quanto riguarda sia valori medi che estremi, sono presentate, sulla base di differenti scenari climatici, le anomalie climatiche attese per gli indicatori selezionati, per tre trentenni futuri di interesse (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100) rispetto al periodo di riferimento 1981-2010.

In questo lavoro, le anomalie degli indicatori selezionati sono state calcolate, considerando i due diversi scenari RCP4.5 e RCP8.5, a partire dai dati simulati dei modelli climatici regionali attualmente disponibili nell’ambito del programma EURO-CORDEX alla più alta risoluzione orizzontale di circa 12 km. Maggiori informazioni riguardo l’iniziativa EURO-CORDEX sono disponibili al seguente link <http://www.euro-cordex.net>.

I modelli climatici regionali consentono di aumentare la risoluzione spazio-temporale dei modelli di circolazione globale e di formulare scenari di cambiamento climatico più dettagliati, sebbene

La cooperazione al cuore del Mediterraneo

La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

permane sempre, per diverse cause (Collins, 2007) un certo grado di incertezza. In particolare, la stima delle variazioni di precipitazione, sia in senso spaziale che temporale, è più incerta di quella delle variazioni della temperatura, e ancora più incerte sono le stime delle variazioni degli eventi estremi (MATTM, SNACC, Rapporto sullo stato delle conoscenze, 2014).

L'utilizzo di insiemi (ensemble) di proiezioni future da diversi modelli (multi-model ensemble), sebbene più oneroso dal punto di vista metodologico e computazionale, permette di effettuare una stima dell'incertezza da associare allo scenario di variazione della variabile o indicatore climatico di interesse.

In questo lavoro, le analisi della variabilità climatica futura sono state elaborate usando un approccio multi-model, come già fatto in diversi e recenti lavori di letteratura (Jacob, 2014), (Kotlarski, 2014).



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Andamento temporale della variabilità climatica osservata

Il comune di Alghero, come riportato nell'Allegato 1 del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, attualmente in fase di approvazione (PNACC, 2017), risulta appartenere, sulla base del dataset osservato E-OBS (Haylock et al.2000) alla macroregione 6 che identifica le aree insulari e l'estremo sud dell'Italia. Tale macroregione risulta essere l'area del territorio italiano mediamente più calda e secca, contraddistinta dalla temperatura media più alta e dal più alto numero di giorni annui consecutivi senza pioggia, dalle precipitazioni estive mediamente più basse e in generale da eventi estremi di precipitazione ridotti per frequenza e magnitudo.

Essendo rappresentativa di una risoluzione di circa 28 km, la climatologia descritta dal dataset E-OBS è in grado di individuare a livello di macroclima i pattern climatici prevalenti sul territorio nazionale, ma la caratterizzazione del clima locale necessita di analisi più mirate per la caratterizzazione di profili climatici locali.

Al fine di avere una miglior conoscenza degli aspetti più locali del clima di Alghero, l'analisi delle condizioni climatiche sull'area di interesse è stata effettuata prendendo in considerazione i dati giornalieri di temperatura minima, massima e di precipitazione, registrati dalla stazione della stazione di Alghero. La stazione meteorologica, gestita dal servizio meteorologico dell'Aeronautica militare, si trova a pochi km dalla frazione di Fertilia nel comune di Alghero, presso l'aeroporto di Alghero-Fertilia. La posizione geografica della stazione disponibile per il comune di Alghero è riportata nella Figura 1.



Figura 1: Posizione geografica della stazione meteo disponibile per il comune di Alghero.

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Le serie di dati disponibili durante il periodo 1981-2010 sono state sottoposte ad un controllo di qualità e omogeneità che può essere sintetizzato nelle seguenti fasi:

- ✓ **Analisi di completezza dei dati.** Per ogni risoluzione temporale, viene controllato la presenza di almeno il 75% di dati disponibili in quanto la presenza di *missing* (dati mancanti) può portare ad analisi poco significative, fortemente distorte e/o addirittura errate.
- ✓ **Individuazione e rimozione dei breakpoint.** Tale procedura, che consiste nell'individuare e rimuovere dalla serie dei dati osservati disomogeneità che sono la conseguenza di fattori esterni non climatici, è stata effettuata mediante due test non parametrici, quello di Pettitt e quello del CUSUM (*CUMulative SUM*) (ISPRA, 2013).

Tali controlli sono fondamentali al fine di escludere eventuali cambiamenti climatici artificiali che si possono attribuire allo spostamento della stazione di misura, alla sostituzione della strumentazione, a cambiamenti nell'esposizione dello strumento o all'adozione di nuove procedure di elaborazione dei dati. Cambiamenti climatici artificiali possono essere fonte di disomogeneità che si manifestano come trend artificiale nella serie (ISPRA, 2013).

Nella Tabella 1 viene riportato il numero totale di anni con dati validi (percentuale di dati mancanti inferiore al 25%), per la stazione di Alghero e per ogni variabile considerata: sono stati esclusi 11 anni per le temperature (minime e massime) e 6 anni per la precipitazione, in quanto era presente una percentuale di dati non validi superiore al 25%.

Tabella 1: Numero totale di anni con dati validi (percentuale di dati mancanti inferiore al 25%), per ogni variabile considerata. Inoltre, sono indicati gli anni con dati non validi (percentuale di dati mancanti superiore al 25%).

	Stazione Alghero	
	Temperatura	Precipitazione
Numero massimo di anni	30	30
Numero totale di anni disponibili	23	16
Completezza	76%	53%
Anni con dati non validi	1990,1991,1992,1993 1997,1998,1999	1990,1991,1992,1993 1994,1997,1998,1999,2000 2001,2002,2003,2004,2005

A valle dei controlli di qualità e omogeneità dei dati *in situ*, per descrivere la variabilità climatica osservata sono state eseguite diverse analisi statistiche e climatiche. In particolare, vengono mostrati i principali risultati:

- media mensile, sul periodo di riferimento, di temperatura e di precipitazione (ciclo stagionale) con la dispersione rispetto al 5° e al 95° percentile della distribuzione mensile;
- valori medi (annuali e stagionali) di temperatura e di precipitazione cumulata;



- 95° e 99° percentile della precipitazione giornaliera e della temperatura massima giornaliera e 1° e 5° percentile della temperatura minima giornaliera;
- serie temporali annuali di temperatura e precipitazione con trend e valutazione della significatività statistica tramite il Test di Mann-Kendall (Hirsch,1982; Kendall, 1975; Mann,1945), necessaria per l'individuazione di un trend di crescita/decrecita significativo;
- serie temporali annuali di indicatori di temperatura e precipitazione con trend e valutazione della significatività statistica tramite il Test di Mann-Kendall (Hirsch,1982; Kendall, 1975; Mann,1945), necessaria per l'individuazione di un trend di crescita/decrecita significativo.

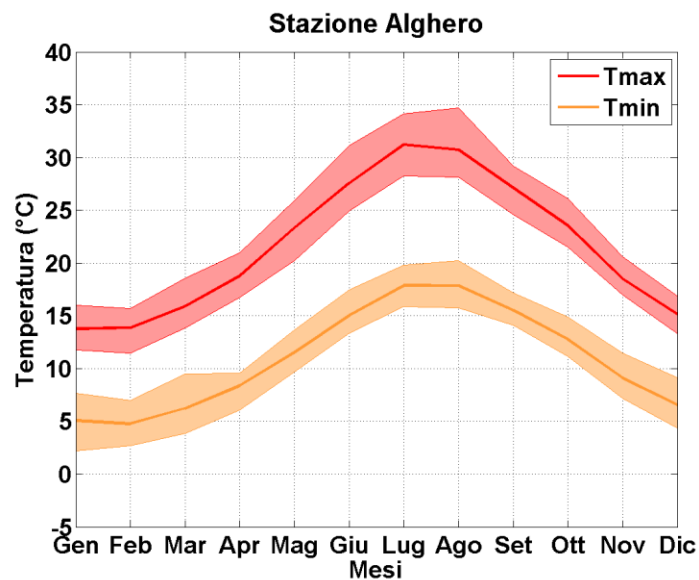


Figura 2: Ciclo stagionale di temperatura minima e massima. L'area ombreggiata indica la dispersione rispetto al 5° e al 95° percentile della distribuzione mensile sul periodo di riferimento

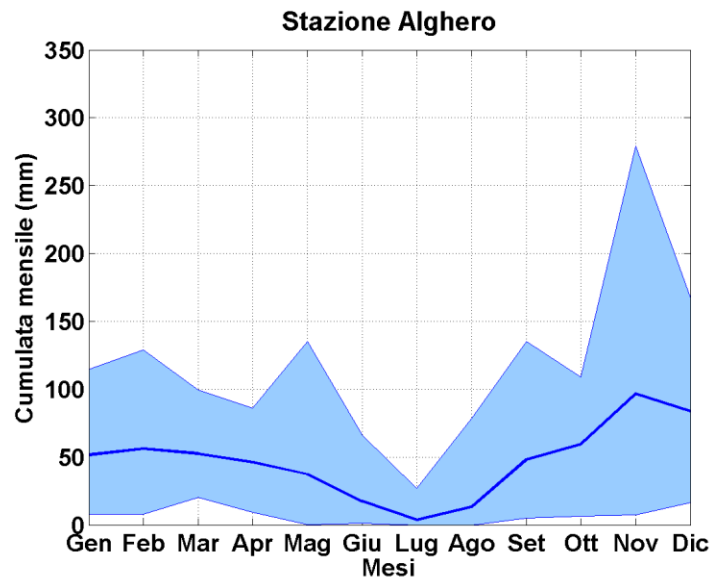


Figura 3: Ciclo stagionale di precipitazione cumulata mensile. L'area ombreggiata indica la dispersione rispetto al 5° e al 95° percentile della distribuzione mensile sul periodo di riferimento.

In Figura 2 sono riportati i cicli stagionali (andamenti medi mensili) di temperatura minima (T_{min}) e massima (T_{max}), mentre in Figura 3 quelli di precipitazione (Pr). Per ciascuna variabile è stata rappresentata anche la dispersione dei dati rispetto al 5° e al 95° percentile della distribuzione mensile. Il grafico in Figura 2 evidenzia che le temperature assumono valori più bassi nei mesi di Dicembre e Gennaio (con una T_{min} intorno a 5°C e T_{max} intorno ai 15°C); al contempo, i massimi valori sono registrati tra Luglio e Agosto, con la T_{max} che raggiunge all'incirca i 30°C e la T_{min} di 18°C . La primavera e l'autunno mostrano valori intermedi e comparabili. Inoltre, i mesi di Gennaio, Febbraio e Marzo mostrano una maggiore dispersione in termini di temperature minime mentre durante l'estate si osserva una maggiore variabilità in termini di temperature massime (come mostrato in Figura 2).

Per quanto riguarda la precipitazione Figura 3, i valori sono calcolati cumulando i dati giornalieri su base mensile. Per le precipitazioni, si osserva un picco significativo a Novembre (di circa 100 millimetri/mese). Inoltre, Novembre rappresenta anche il mese caratterizzato dalla dispersione maggiore; infatti per il mese di Novembre il 95° percentile è di circa 270 millimetri rispetto al valore medio di 100 millimetri. Nei mesi di Settembre e Maggio si osserva una dispersione comparabile con il 95° percentile di circa 140 mm. Nel mese di Luglio si registrano i valori mensili più bassi intorno ai 10 millimetri/mese.

Inoltre, in Figura 4 vengono riportate le serie temporali annuali di temperatura massima e minima. La serie temporale della temperatura massima rappresenta l'unica per la quale il test di Mann Kendall abbia mostrato un test significativo (a livello di significatività del 95%) sul periodo di analisi. Le temperature massime e minime sono caratterizzate da un trend circa pari a zero. Tale



risultato è influenzato anche dalla presenza notevole di *missing* all'interno dei dati registrati dalla stazione nel periodo 1981-2010.

L'andamento dell'anomalia di temperatura minima e massima viene mostrato in Figura 5. Inoltre, in Tabella 2 sono riportati anche i valori medi di temperatura (minima e massima) e di precipitazione cumulata su scala annuale e stagionale. In termini di temperatura, si osserva una temperatura massima media di circa 30°C durante l'estate e una temperatura minima media di circa 6°C durante l'inverno. Invece in termini di precipitazione, l'autunno e l'inverno risultano essere le stagioni più piovose (con circa 200 millimetri) mentre l'estate è caratterizzata da precipitazioni basse di circa 34 millimetri.

Tabella 2: Valori medi (stagionali ed annuali) di precipitazione cumulata (Pr), di temperatura massima (Tmax) e di temperatura minima (Tmin).

	Stazione Alghero		
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	PR (mm)
Inverno (DJF)	5.7	14.3	207
Primavera (MAM)	8.7	19.3	136
Estate(JJA)	17	29.9	34
Autunno (SON)	12.4	23	204
Annua	11	21.7	566

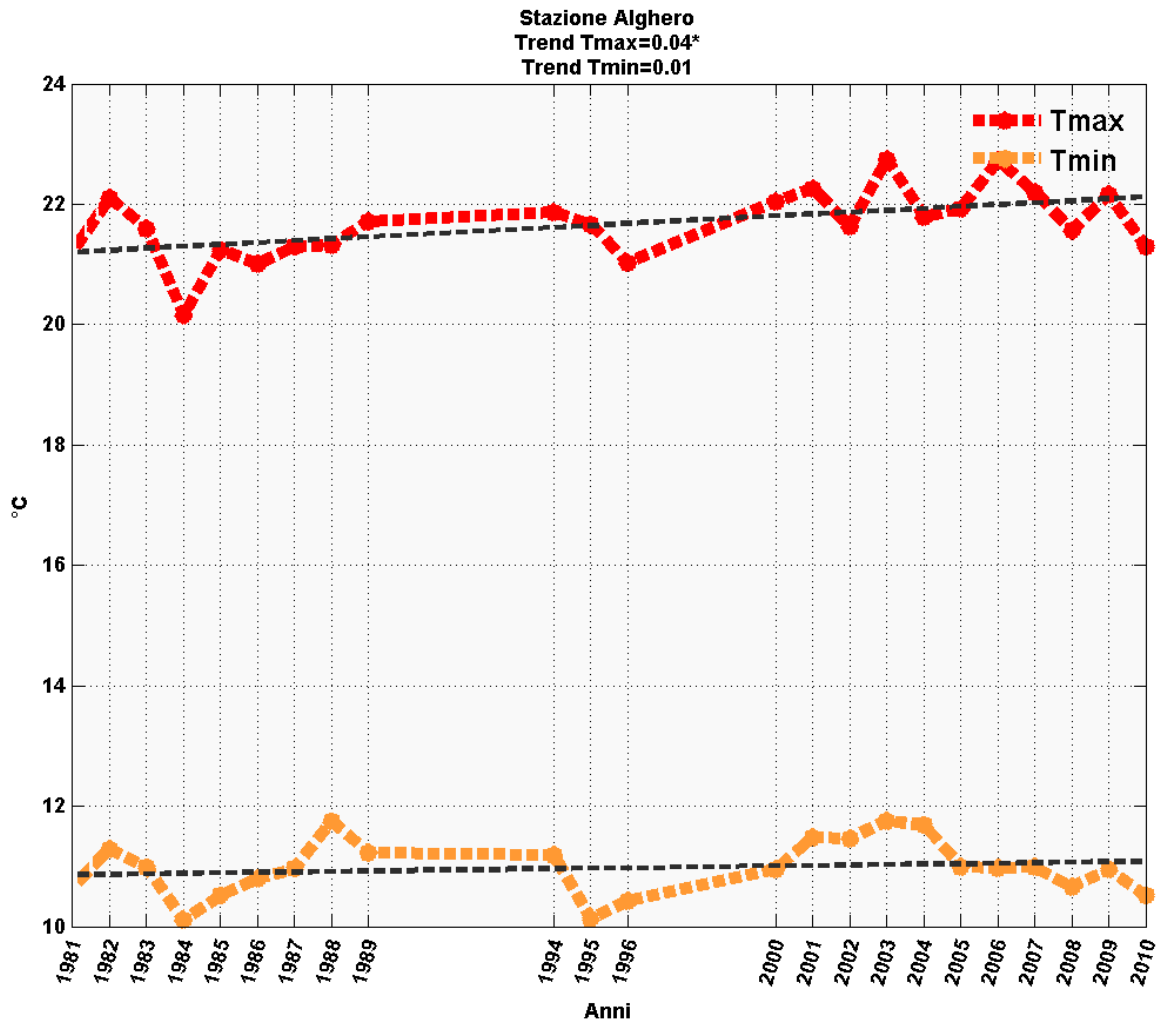


Figura 4: Serie temporale annuale della temperatura massima (Tmax) e della temperatura minima (Tmin) per la stazione di Alghero. In nero la linea di trend (i trend che risultano statisticamente significativi sono individuati da un asterisco).

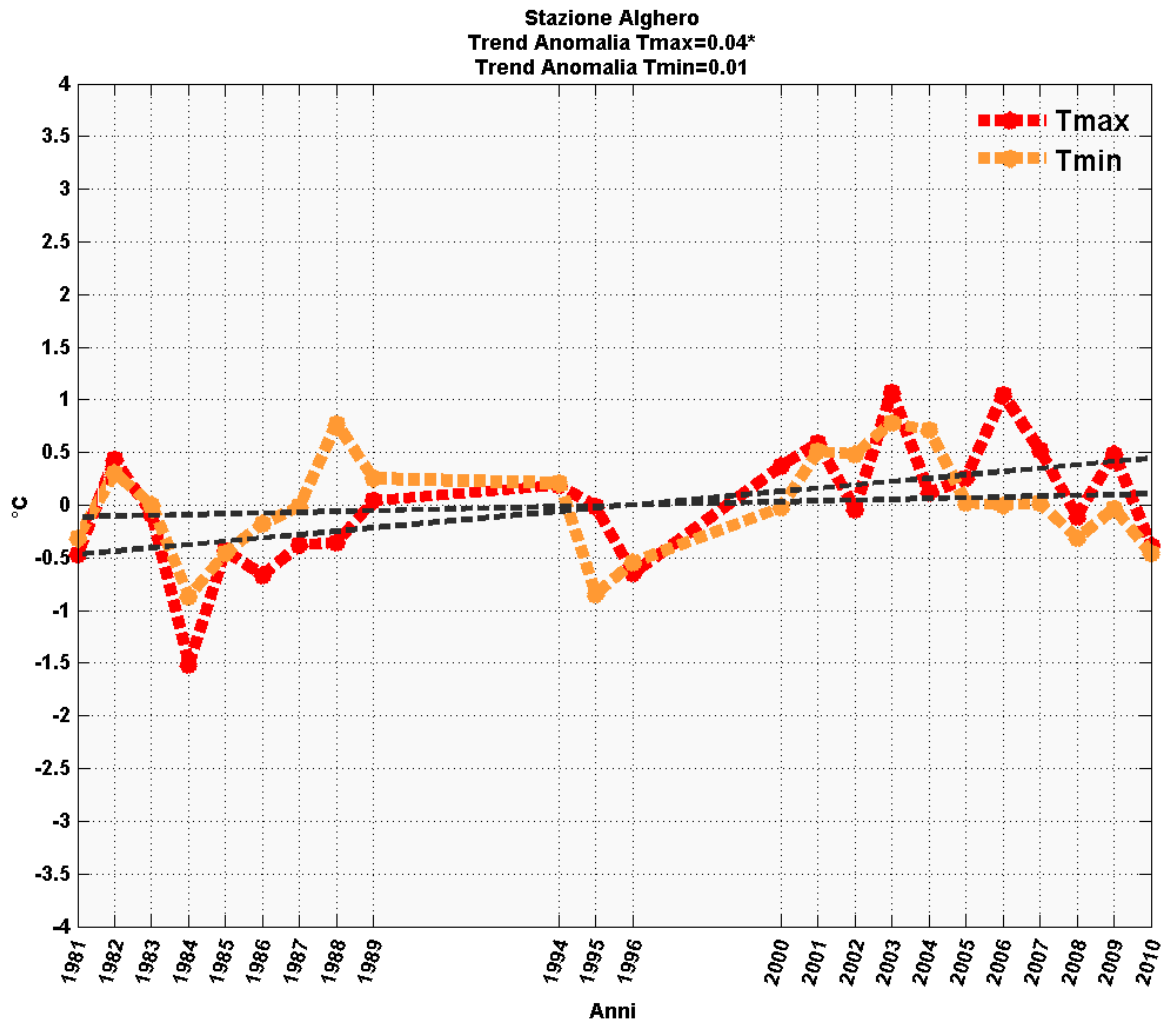


Figura 5: Andamento temporale dell'anomalia di temperatura massima (Tmax) e di temperatura minima (Tmin) rispetto al valore medio sul periodo di analisi per la stazione di Alghero. In nero la linea di trend (i trend che risultano statisticamente significativi sono individuati da un asterisco).

Sebbene i valori medi siano fondamentali per la definizione delle caratteristiche climatiche medie, i valori estremi sono in grado usualmente di produrre le maggiori criticità sul territorio con magnitudo e caratteristiche differenti, soprattutto in base al contesto geomorfologico e costruito presente. Per tale motivo, in Tabella 3 sono riportati, su base annuale, i valori corrispondenti al 95° e 99° percentile delle distribuzioni di precipitazione (Pr) e temperatura massima (Tmax) e 1° e 5° percentile della distribuzione di temperatura minima (Tmin). I percentili restituiscono l'intensità dei valori più estremi, in questo caso osservati, con informazioni indirette di grande utilità per gli studi di impatto e per il dimensionamento delle infrastrutture.



Tabella 3: Valori corrispondenti al 95° e 99° percentile delle distribuzioni di precipitazione (Pr) e temperatura massima (Tmax) e 1° e 5° percentile della distribuzione di temperatura minima (Tmin).

	Stazione Alghero		
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Pr (mm)
1° percentile	-1.1	/	/
5° percentile	1.5	/	/
95° percentile	/	33.6	27
99° percentile	/	36.8	46

Per finalità similari, diversi indicatori sintetici (medi e/o estremi) sono comunemente utilizzati in letteratura per la conoscenza delle caratteristiche del clima locale e per avere evidenza dell'eventuale presenza di cambiamenti climatici già in atto. Gli eventi estremi sono definiti come eventi che differiscono, nelle loro caratteristiche, in maniera sostanziale dalla media climatologica dell'area. Essi possono essere analizzati attraverso un set di indicatori definiti in letteratura, ad esempio quelli resi disponibili dall' ETCCDI¹. Tali indicatori descrivono principalmente l'intensità e la frequenza degli eventi estremi in termini di precipitazione e temperatura, e sono certamente molto utili per i successivi studi di settore volti a valutare i principali impatti locali del cambiamento climatico su cui si basano le strategie di adattamento.

Nella Tabella 4 sono stati riportati alcuni degli indicatori ETCCDI [J], selezionati per descrivere la variabilità climatica dell'area geografica di interesse.

¹Questi indicatori stimano le caratteristiche di eventi identificati come “*moderately rare weather events*”, ed includono la frequenza, l'intensità e la persistenza di una condizione atmosferica; essi sono largamente utilizzati per valutare la variazione di questo tipo di eventi nel contesto del cambiamento climatico.



Tabella 4: Acronimo e definizione degli indicatori utilizzati per caratterizzare gli eventi estremi.

Acronimo	Indicatore
SU	(summer days) numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 25°C
TN/TR	(tropical nights) numero di giorni all'anno con temperatura minima maggiore di 20°C
R10	numero di giorni all'anno con precipitazione maggiore
PRCPTOT	cumulata (somma) della precipitazione annuale per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
PRCPTOT DJF	cumulata (somma) della precipitazione dei mesi invernali (dicembre, gennaio, febbraio) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
PRCPTOT SON	cumulata (somma) della precipitazione dei mesi autunnali (settembre, ottobre, novembre) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
PRCPTOT MAM	cumulata (somma) della precipitazione dei mesi primaverili (marzo, aprile, maggio) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
PRCPTOT JJA	cumulata (somma) della precipitazione dei mesi estivi (giugno, luglio, agosto) per i giorni con precipitazione maggiore o uguale ad 1 mm
RX1DAY	massimo valore di precipitazione su 24 ore su scala annuale
RR1	numero di giorni all'anno dei giorni con pioggia maggiore o uguale ad 1 millimetro

La stazione di Alghero è caratterizzata da un numero medio di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 25°C (SU) pari a 113 mentre il numero medio di giorni all'anno con temperatura minima giornaliera maggiore di 20°C (TN) è pari a 11.

Inoltre, Alghero risulta caratterizzata da precipitazioni annuali medie di 552 mm e da precipitazioni medie invernali ed autunnali di circa 200 mm; le precipitazioni estive medie risultano invece essere le più basse (di circa 30 mm). I valori medi degli indicatori selezionati per il periodo osservato 1981-2010 vengono riportati nella Tabella 5 (ad esclusione dell'indicatore Humidex in quanto per il suo calcolo è necessario disporre della variabile umidità relativa che per l'osservato non è stata presa in considerazione). Confrontando i risultati ottenuti per la stazione di Alghero con le caratteristiche climatiche individuate dalla macroregione 6, descritte nella PNACC, si ottengono valori medi di temperatura simili (la temperatura media annuale individuata nella macroregione 6 è di 16 °C mentre ad Alghero si osserva una temperatura minima di 11 °C e una temperatura massima di 21.7 °C). In termini di precipitazione, si registrano valori comparabili di precipitazione (PNACC, 2017): per la macroregione 6 si osservano valori medi di precipitazione invernale (PR DJF) di circa 179 mm (con deviazione standard +/-61 mm) e valori medi di precipitazione estiva (PR JJA) di 21 mm (con deviazione standard +/-13mm).



Tabella 5: Valori medi degli indicatori selezionati per il periodo osservato 1981-2010.

	SU [giorni/anno]	TN [giorni/anno]						
Alghero	113	11						
	R10 [giorni/anno]	PRCPTOT [mm/anno]	PRCPTOT DJF [mm/stagione]	PRCPTOT MAM [mm/stagione]	PRCPTOT JJA [mm/stagione]	PRCPTOT SON [mm/stagione]	RX1DAY [mm/5giorni]	RR1 [giorni/anno]
Alghero	18	552	201	132	32	200	53	66

Data anche la presenza di un numero rilevante di dati non validi, alcuna serie temporale annuale degli indicatori considerati ha mostrato un test significativo (a livello di significatività del 95%) sul periodo di riferimento 1981-2010.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Scenari climatici locali disponibili

Per valutare il clima su una scala regionale, esistono principalmente due tecniche di “regionalizzazione”: quelle statistiche e quelle dinamiche. Le due tecniche sono differenti in termini di approccio, oneri computazionali, prerequisiti e limiti e, quindi, sono caratterizzate da diversi vantaggi e svantaggi.

Le tecniche di tipo statistico si basano sull'utilizzo di relazioni statistiche tra le predittori sinottici (su larga scala) e quelle locali, quest'ultime disponibili tramite lunghe serie temporali di osservazioni delle variabili di interesse utili per derivare e validare le relazioni statistiche, e hanno il vantaggio di permettere di arrivare al punto/stazione.

Le tecniche di downscaling dinamico utilizzano, invece, modelli numerici ad area limitata. Essendo basati su leggi fisiche, essi generalmente riescono a fornire una buona risposta su scala locale al riscaldamento globale e all'aumento della concentrazione di gas serra previsti per il futuro tuttavia essi non sono talvolta in grado, specialmente per effetto della risoluzione delle parametrizzazioni adottate, di cogliere delle caratteristiche di dettaglio.

Inoltre, diversi studi di letteratura mostrano come la risoluzione spaziale di questi modelli, attualmente intorno ai 10 km, e la capacità di avere una buona predicibilità su scala giornaliera, li indichi come quelli più adatti da utilizzare come input ai modelli di impatto per valutare quantitativamente come il cambiamento climatico inciderà sulla loro variazione (in frequenza e magnitudo).

In questo lavoro le analisi di proiezioni di cambiamento climatico su scala locale vengono condotte utilizzando i risultati ottenuti sull'Italia con la tecnica del “downscaling dinamico” (regionalizzazione dinamica), nello specifico sono stati utilizzati i dati simulati dai diversi modelli climatici regionali disponibili all'interno del programma EURO-CORDEX (<http://www.euro-cordex.net>).

Tali simulazioni permettono, a seconda dello scenario IPCC selezionato per quanto attiene l'andamento futuro previsto per la concentrazione di gas climalteranti fino al 2100 (Van Vuuren et al., 2011), di valutare l'andamento atteso dei parametri atmosferici di interesse, specialmente temperatura e precipitazione. Le proiezioni climatiche future sono state ottenute considerando due diversi scenari IPCC: RCP4.5 e RCP8.5 al fine di valutare il valore medio (ensemble mean) delle proiezioni climatiche rispetto ai due scenari considerati e l'incertezza associata (Kotlarski et al. 2014, Jacob et al. 2014).

L'utilizzo di tutti i modelli disponibili nel programma EURO-CORDEX sebbene più onerosa dal punto di vista metodologico e computazionale, permette di effettuare una stima dell'incertezza da associare allo scenario di variazione della variabile o indicatore climatico di interesse. Si rimanda alla letteratura di riferimento per maggiori dettagli rispetto a tale problematica.

Le variazioni attese dei valori medi ed estremi di temperatura e precipitazione per la città di interesse, di seguito riportate, sono state calcolate a partire dalla media spaziale di un limitato numero di punti griglia del modello che delimita il comune di Alghero. Nello specifico, per



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



caratterizzare le anomalie climatiche attese, è stato selezionato un box costituito da 9 punti griglia per i modelli di simulazione utilizzati centrato sul punto di osservazione disponibile.

Nel presente paragrafo vengono presentate le anomalie delle variabili climatiche e degli indicatori selezionati sui tre trentenni futuri di interesse rispetto al periodo di riferimento 1981-2010. I trentenni futuri selezionati, ampiamente utilizzati in letteratura, sono i seguenti:

- ✓ 2011-2040 (breve termine)
- ✓ 2041-2070 (medio termine)
- ✓ 2071-2100 (lungo termine)

Le anomalie, ottenute come differenza tra i valori medi degli indicatori nei periodi futuri e in quello di riferimento 1981-2010, sono espresse in valore assoluto per la temperatura e in percentuale per la precipitazione. Le anomalie climatiche si basano sulla differenza tra due periodi, uno futuro e uno di riferimento, entrambi della durata di 30 anni. Tale lunghezza è ritenuta adeguata per la caratterizzazione sia dei valori medi che degli estremi delle variabili atmosferiche di interesse (IPCC 2013a).

Nella presente sezione, seguendo un approccio multi-model e multi-scenario sono stati ottenuti i seguenti risultati:

- media (ottenuta a partire dai diversi modelli disponibili) delle anomalie stagionali e annuali delle variabili di interesse per i diversi periodi futuri e per i diversi scenari IPCC selezionati;
- media (ottenuta a partire dai diversi modelli disponibili) delle anomalie annuali degli indicatori selezionati per i diversi periodi futuri e per i diversi scenari IPCC selezionati;
- dispersione intorno al valore medio degli indicatori selezionati (approccio multi-model). L'ampiezza della dispersione è stata ottenuta utilizzando la deviazione standard delle variabili (o degli indicatori climatici).

Come prima analisi, in Tabella 6 sono riportati i valori delle anomalie (in termini di media delle anomalie dei diversi modelli) annuali e stagionali di temperatura e precipitazione per i tre periodi di interesse e i due scenari RCP4.5 e RCP8.5, per il box che include il comune considerato. Da tale tabella si evince che, in termini di precipitazione, in generale, si proietta una diminuzione delle precipitazioni annuali a medio termine (2041-2070) in accordo con lo scenario RCP4.5 e a lungo termine (2071-2100) in accordo con lo scenario RCP8.5. In particolare, a breve termine (2011-2040) gli scenari indicano una diminuzione delle precipitazioni estive, mentre a medio e lungo termine è attesa una diminuzione in primavera ed estate, che risulta maggiore se si considera lo scenario RCP8.5 nel periodo 2071-2100. In termini di temperatura, è atteso un generale aumento con intensità crescente sul lungo periodo e maggiore se si considera lo scenario RCP8.5. Considerando entrambi gli scenari, l'incremento maggiore è atteso in estate in tutti i 3 periodi analizzati; in particolare, con lo scenario RCP8.5, nel periodo più lontano (2071-2100) si raggiunge mediamente anche un aumento dei valori di temperatura superiore a 4°C in estate.



Tabella 6: Anomalie (in termini di media delle anomalie dei diversi modelli) stagionali di temperatura (media, minima e massima, in °C) e precipitazione (%) per i due scenari e i tre periodi di interesse, per il box che include il comune di Alghero.

ALGHERO											
	RCP4.5					RCP8.5					
	Annuale	DGF	MAM	GLA	SON	Annuale	DGF	MAM	GLA	SON	
2011-2040	Pr (%)	1	3	0	-5	4	1	0	2	-9	3
	Tmin (°C)	0.8	0.7	0.6	1.0	0.8	0.9	0.8	0.7	1.1	1.0
	Tmean (°C)	0.7	0.7	0.6	0.9	0.8	0.9	0.8	0.7	1.0	0.9
	Tmax (°C)	0.7	0.7	0.6	0.9	0.7	0.8	0.8	0.6	1.0	0.9
2041-2070	Pr (%)	-2	0	-6	-16	3	0	3	-8	-8	5
	Tmin (°C)	1.4	1.3	1.1	1.9	1.5	2.1	1.8	1.7	2.5	2.3
	Tmean (°C)	1.4	1.3	1.1	1.9	1.5	2.0	1.8	1.7	2.4	2.2
	Tmax (°C)	1.4	1.2	1.1	1.9	1.4	2.0	1.7	1.8	2.4	2.2
2071-2100	Pr (%)	0	3	-8	-5	2	-8	-6	-16	-27	-3
	Tmin (°C)	1.9	1.7	1.5	2.3	2.1	3.6	3.1	3.0	4.4	4.0
	Tmean (°C)	1.9	1.7	1.6	2.2	2.0	3.6	3.1	3.1	4.4	3.9
	Tmax (°C)	1.9	1.7	1.7	2.2	2.0	3.7	3.1	3.3	4.4	3.8

Inoltre, è stato analizzato l'ensemble mean delle anomalie (Figure 6-7-8) degli indicatori estremi di temperatura e precipitazione.

In termini di temperatura, in Figura 6, nel comune di Alghero in futuro è atteso un considerevole aumento del numero di giorni all'anno con temperature massime maggiori di 25 °C (su) e del numero di giorni con temperatura minima maggiore di 20 °C (tr), più pronunciato nel periodo a lungo termine e considerando lo scenario più pessimista.

In termini di precipitazione, in Figura 7, si evince come sia atteso un aumento dei massimi di precipitazione giornaliera (rx1day), più pronunciato nel periodo 2071-2100 e considerando lo scenario RCP8.5. Di contro, è attesa una riduzione del numero di giorni di pioggia (rr1) e, considerando lo scenario RCP8.5 a lungo termine, è attesa una diminuzione del numero di giorni con precipitazione maggiore uguale a 10 mm (r10) e della cumulata della precipitazione annuale nei giorni di pioggia (prcptot). In particolare, in Figura 8, è evidente una forte diminuzione di prcptot in primavera ed in estate, più pronunciata nel periodo 2071-2100 secondo lo scenario RCP8.5. In allegato 1, vengono mostrati gli stessi risultati ottenuti in termini di media pesata dei diversi modelli che concorrono alla valutazione dei diversi indicatori utilizzando l'approccio sperimentale fornito da Giorgi e Mearns (2002), noto come "REA" (Reliability Ensemble Averaging). Tale approccio, nello specifico, si basa sul presupposto di dare un peso maggiore ai modelli con



migliori performance sul presente nel rappresentare gli andamenti delle variabili di interesse (medi ed estremi).

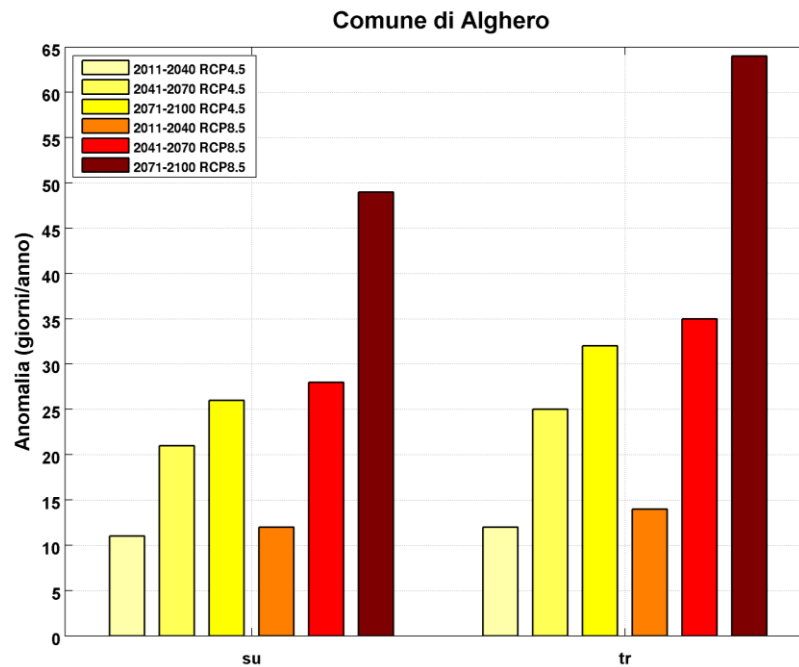


Figura 6: Anomalie degli indicatori di temperatura per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5 e i tre periodi futuri rispetto al periodo di riferimento 1981-2010

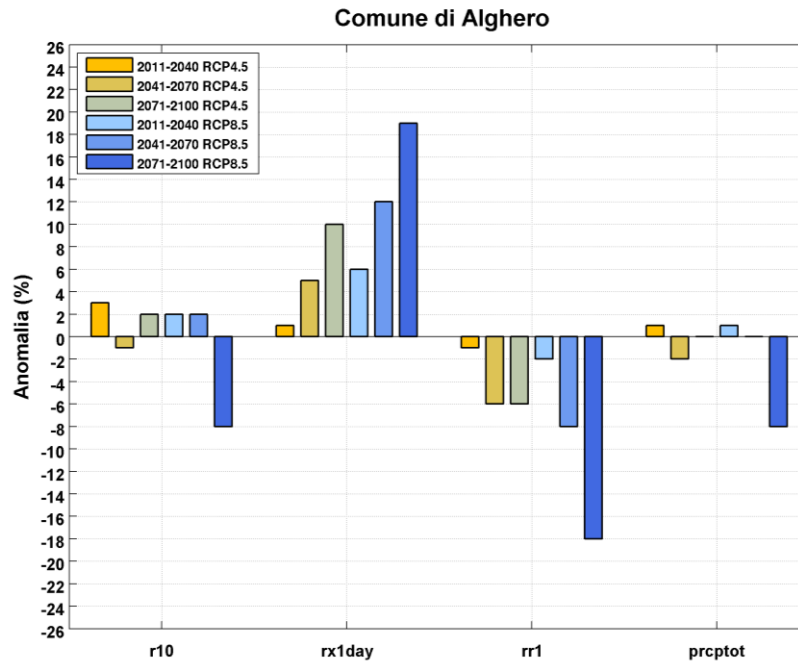


Figura 7: Anomalie degli indicatori di precipitazione per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5 e i tre periodi futuri rispetto al periodo di riferimento 1981-2010.

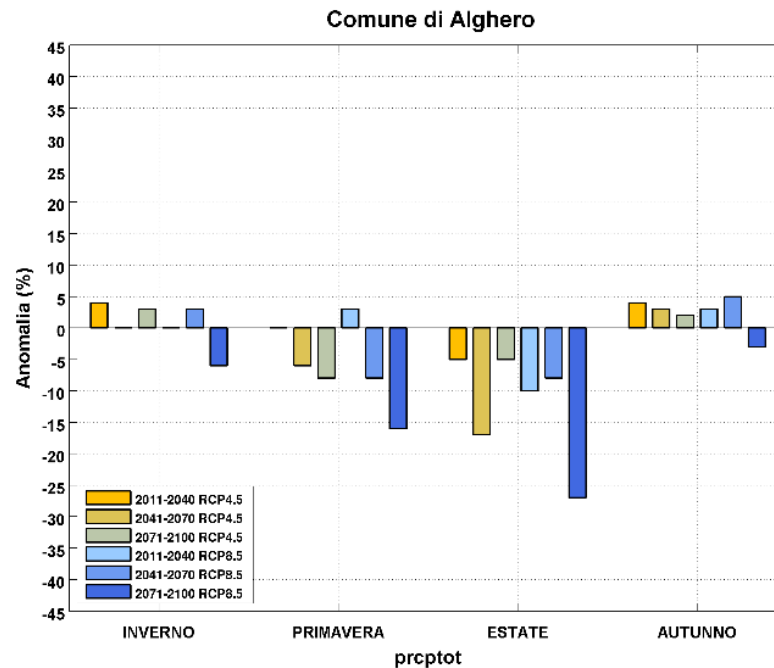


Figura 8: Anomalia stagionale dell'indicatore di precipitazione prcptot per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5 e i tre periodi futuri rispetto al periodo di riferimento 1981-2010.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Nel prosieguo, è stato utilizzato il test di Mann-Kendall (Kendall, 1975) con un livello di confidenza del 95% per valutare la significatività statistica del trend di crescita/decrecita a livello comunale dei suddetti indicatori calcolati a partire dai modelli EURO-CORDEX.

Le Figure da 9 a 14 mostrano le serie temporali dei valori annuali degli indicatori estremi di temperatura (Figura 9 e Figura 10) e precipitazione (Figure da 11 a 14), mentre le Figure da 15a 18 mostrano le serie temporali dei valori stagionali dell'indicatore prcptot. Inoltre, sono mostrati i valori del trend dell'ensemble mean dei modelli EURO-CORDEX per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5: i trend che risultano statisticamente significativi sono individuati da un asterisco. Le aree ombreggiate, presenti in tali Figure, rappresentano il range di incertezza ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard della distribuzione dei dati simulati dai modelli EURO-CORDEX. Inoltre, a ciascuna Figura è associata una tabella contenente il numero medio di modelli che ricadono nel range di incertezza.

In termini di temperatura, nelle Figure 9 e 10, in accordo con lo scenario RCP8.5, si evince un aumento significativo degli indicatori su e tr che risulta maggiore nel periodo a lungo termine, mentre l'aumento è più lieve secondo lo scenario RCP4.5. Per quanto riguarda la dispersione dei modelli intorno all'ensemble mean, in Figura 9, il range di incertezza mostra una variabilità contenuta in cui ricadono in media 11 modelli su 18. In Figura 10, invece, il range di incertezza è più ampio e contiene in media 12 modelli su 18.



- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: +/-standard deviation

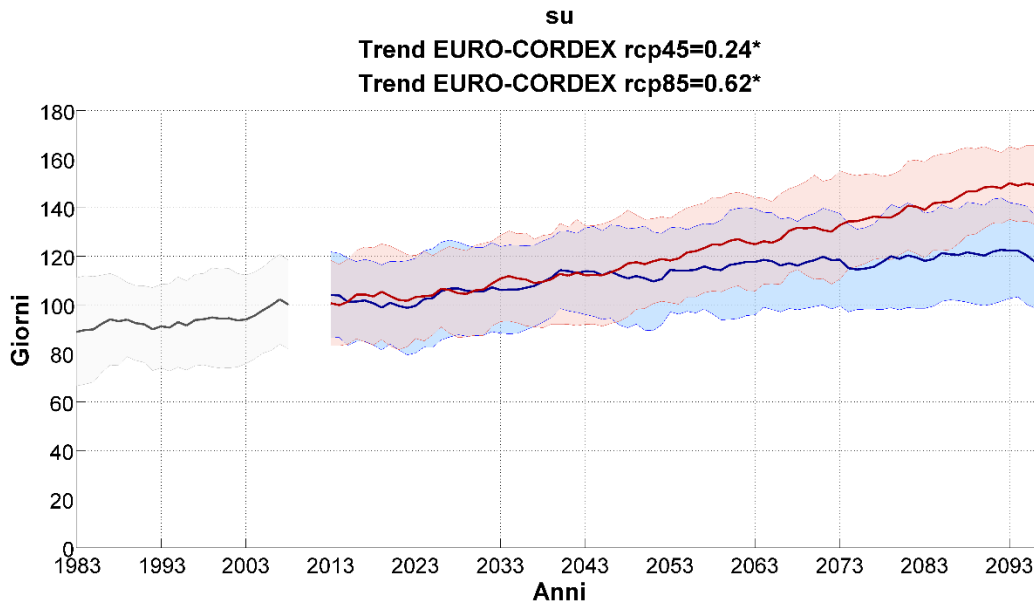


Figura 9: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore su, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.

	STORICO	RCP4.5	RCP8.5
Numero medio di modelli nella fascia di incertezza	11/18	11/18	11/18



- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: +/-standard deviation

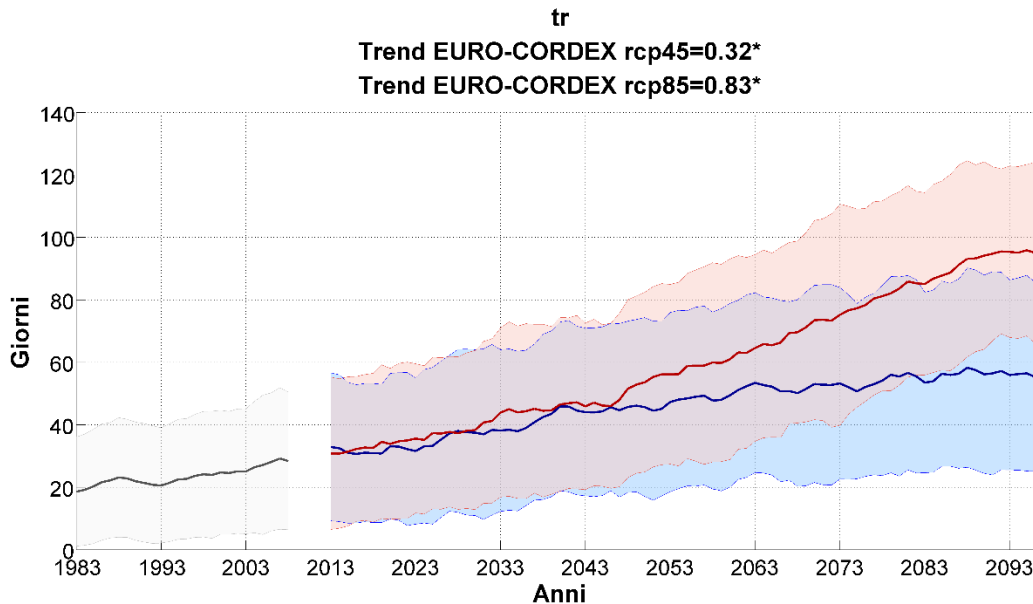


Figura 10: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore tr, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.

	STORICO	RCP4.5	RCP8.5
Numero medio di modelli nella fascia di incertezza	13/18	12/18	12/18

In termini di precipitazione, in Figura 11, in accordo con lo scenario RCP8.5, si evince una lieve diminuzione statisticamente significativa del numero di giorni con precipitazione maggiore uguale a 10 mm. Lo scenario RCP4.5, invece, presenta un segnale stazionario ma il risultato non è statisticamente significativo. In accordo con entrambi gli scenari, in Figura 12, si evince un aumento statisticamente significativo dei massimi di precipitazione giornaliera, di contro in Figura 13, è atteso un trend di decrescita statisticamente significativo del numero di giorni di pioggia, più evidente secondo lo scenario RCP8.5, ciò suggerisce che la precipitazione potrebbe essere concentrata in pochi eventi estremi.



In termini di dispersione, nelle Figure 11, 12 e 13, si ha un range di incertezza piuttosto ampio, generalmente costante su tutto il periodo, in cui ricade la maggior parte dei modelli.

- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: +/-standard deviation

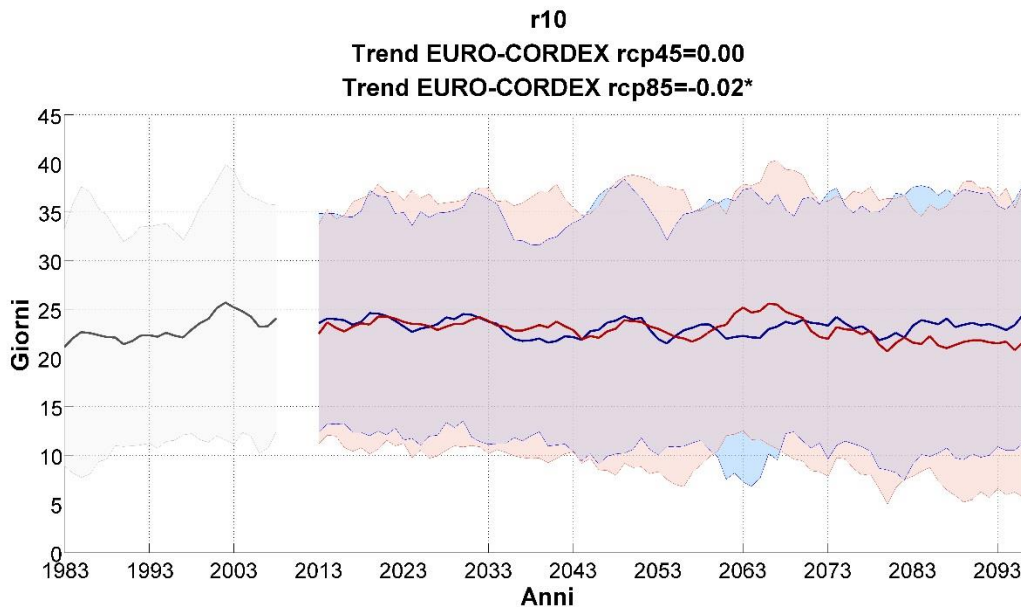


Figura 11: Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore r10, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.

	STORICO	RCP4.5	RCP8.5
Numero medio di modelli nella fascia di incertezza	17/18	17/18	17/18



- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: +/-standard deviation

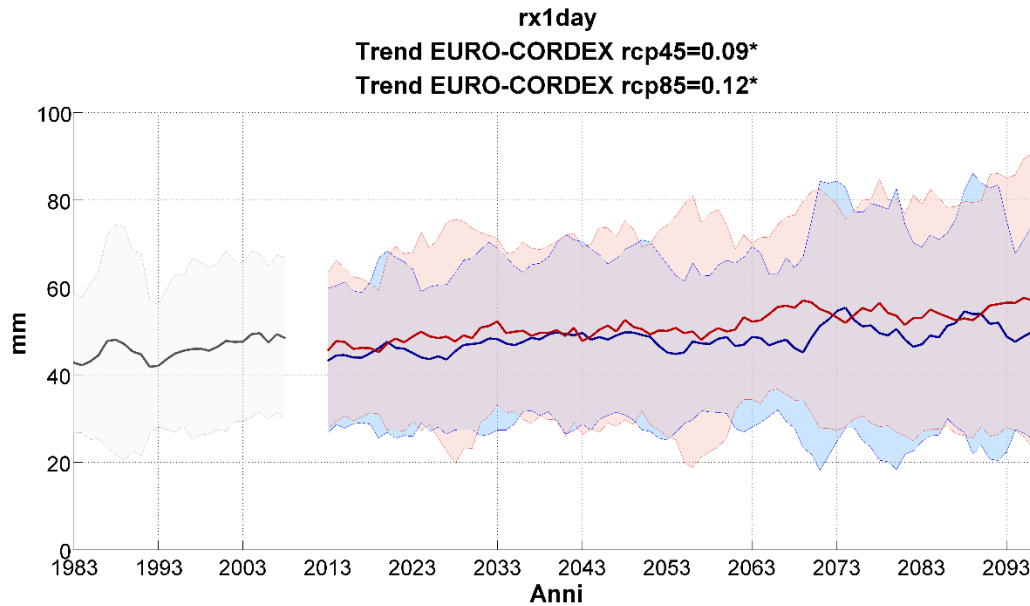


Figura 12 Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore rx1day, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.

	STORICO	RCP4.5	RCP8.5
Numero medio di modelli nella fascia di incertezza	16/18	16/18	17/18



- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: +/-standard deviation

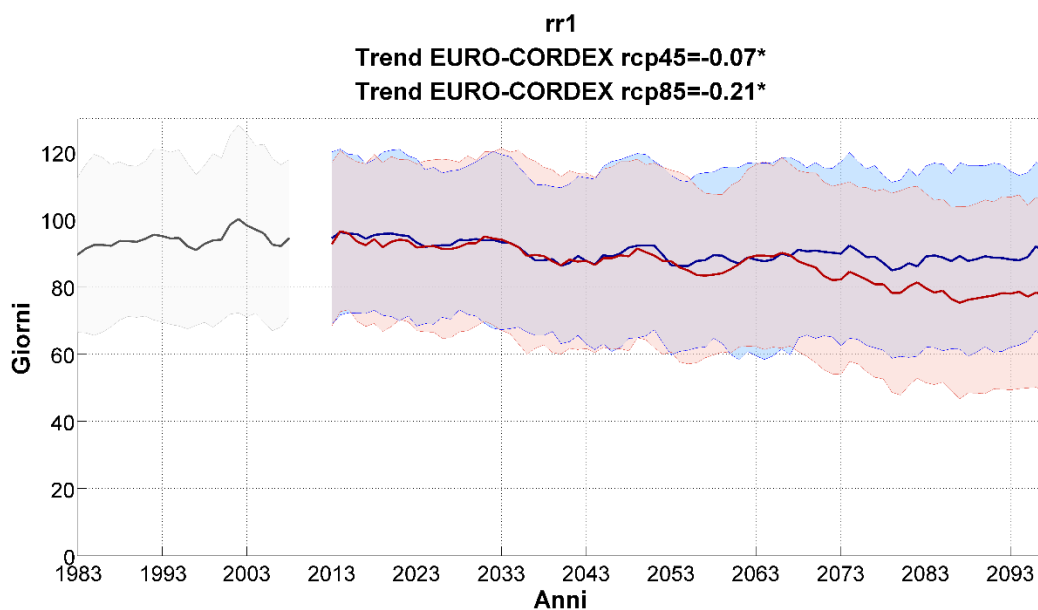


Figura 13 Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore rr1, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.

	STORICO	RCP4.5	RCP8.5
Numero medio di modelli nella fascia di incertezza	14/18	13/18	14/18



In Figura 14, in accordo con entrambi gli scenari, non si ha un trend statisticamente significativo per l'indicatore prcptot su scala annuale. In generale, il range di incertezza mostra una variabilità maggiore sul periodo a lungo termine per entrambi gli scenari.

Di contro, per tale indicatore è atteso un trend di decrescita statisticamente significativo in primavera ed un trend di crescita statisticamente significativo in estate (Figura 16 e Figura 17). In tutti i casi il range di incertezza è piuttosto ampio su tutto il periodo.

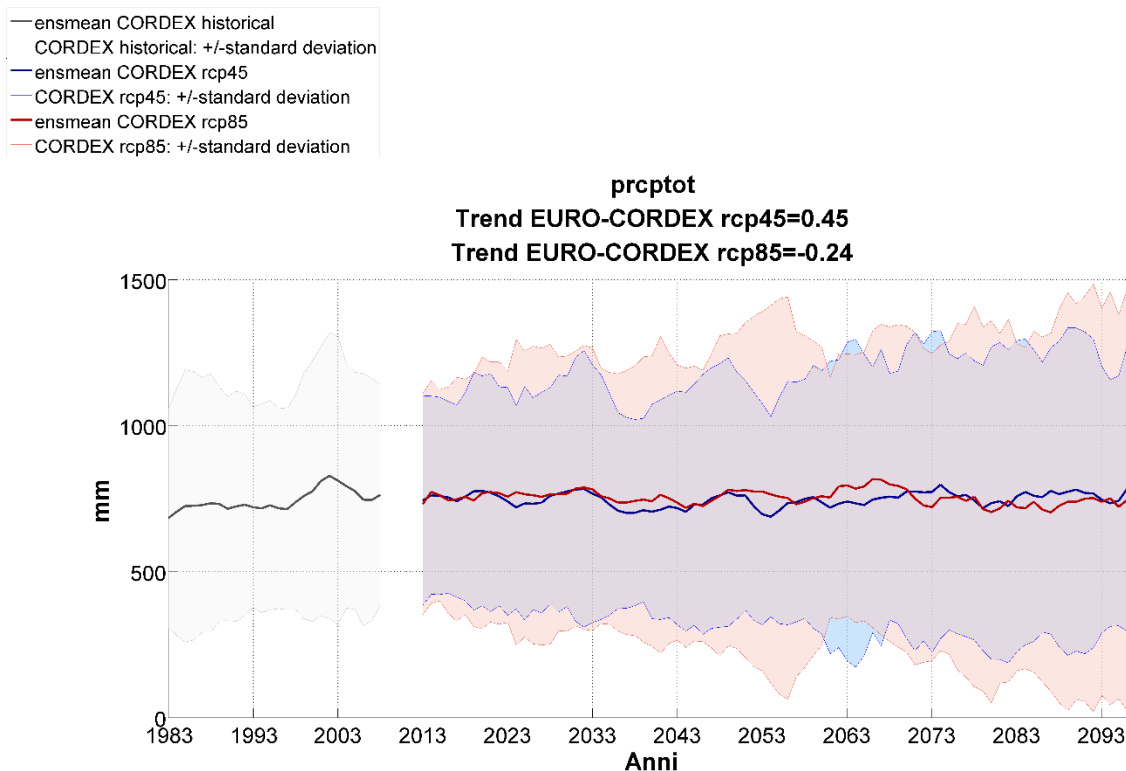


Figura 14 Proiezioni climatiche dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore prcptot, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.

	STORICO	RCP4.5	RCP8.5
Numero medio di modelli nella fascia di incertezza	17/18	17/18	17/18



- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: +/-standard deviation

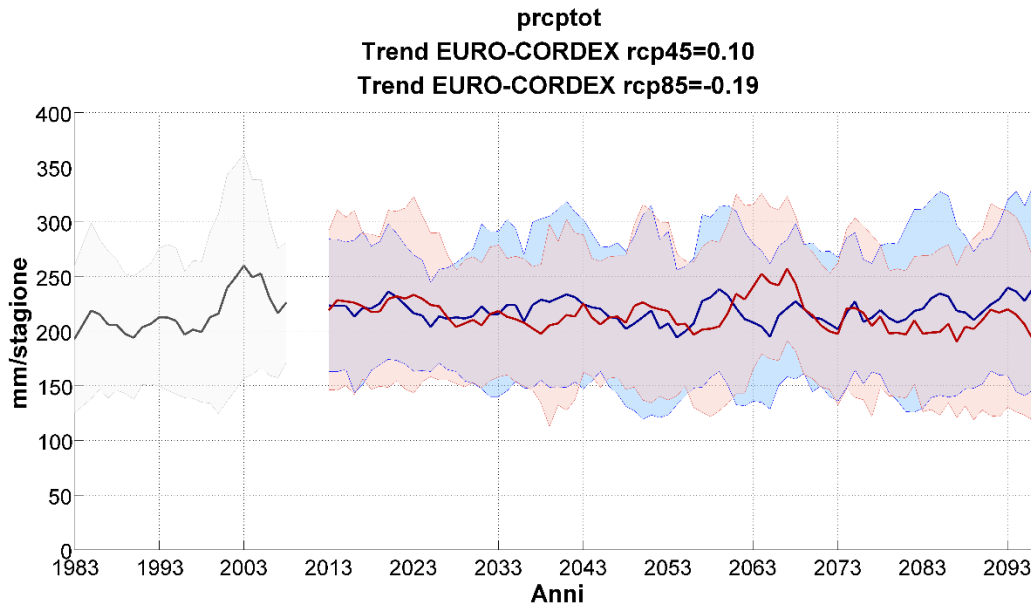


Figura 15 Proiezioni climatiche della stagione invernale (DGF) dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore prcptot, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.

	STORICO	RCP4.5	RCP8.5
Numero medio di modelli nella fascia di incertezza	12/18	12/18	12/18



- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: +/-standard deviation

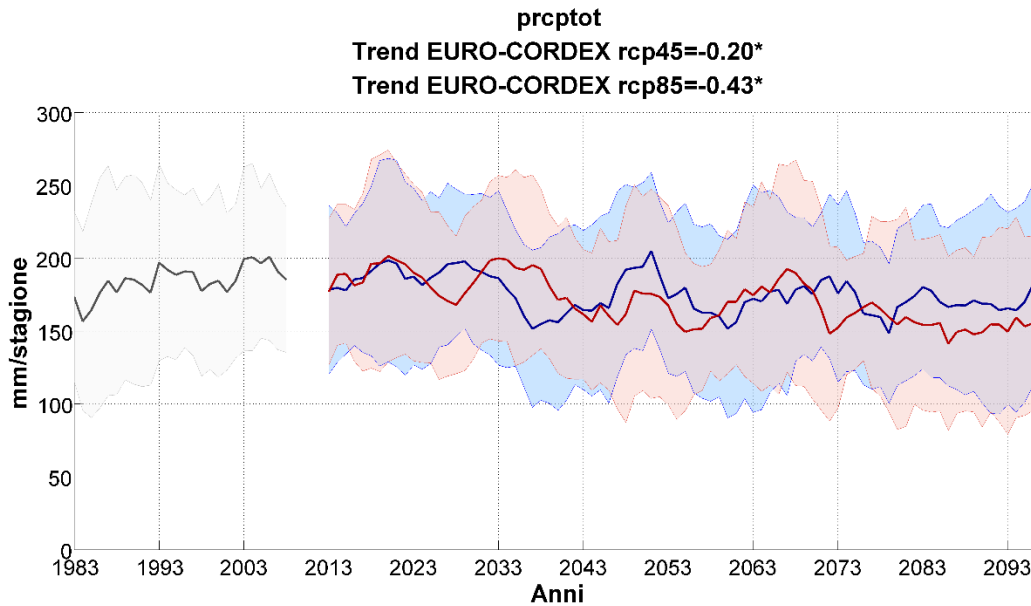


Figura 16: Proiezioni climatiche della stagione primaverile (MAM) dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore prcptot, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.

	STORICO	RCP4.5	RCP8.5
Numero medio di modelli nella fascia di incertezza	13/18	12/18	13/18



- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: +/-standard deviation

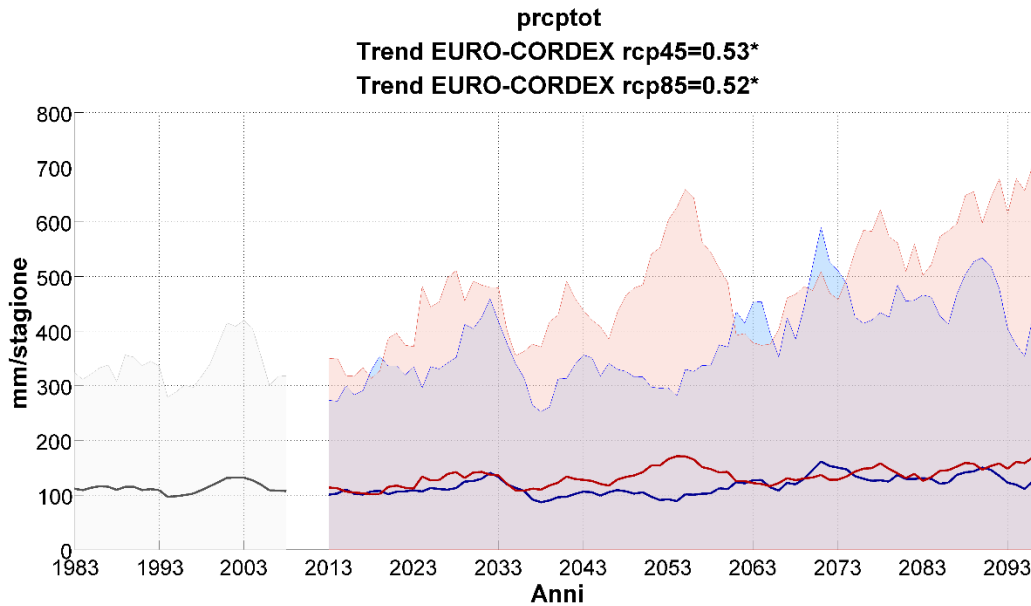


Figura 17: Proiezioni climatiche della stagione estiva (GLA) dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore prcptot, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.

	STORICO	RCP4.5	RCP8.5
Numero medio di modelli nella fascia di incertezza	17/18	17/18	17/18



- ensmean CORDEX historical
- CORDEX historical: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp45
- CORDEX rcp45: +/-standard deviation
- ensmean CORDEX rcp85
- CORDEX rcp85: +/-standard deviation

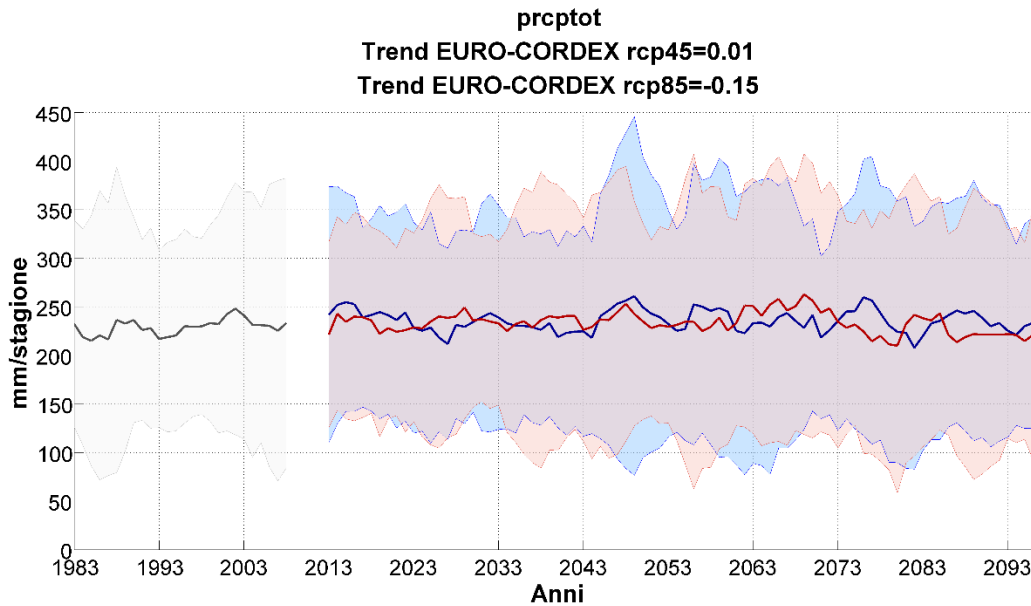


Figura 18 Proiezioni climatiche della stagione primaverile (SON) dei modelli EURO-CORDEX per l'indicatore prcptot, considerando il periodo storico (in grigio) e gli scenari RCP4.5 (in blu) e RCP8.5 (in rosso). La linea spessa scura indica la proiezione climatica media (ensemble mean), calcolata mediando i valori di tutte le simulazioni considerate; le aree ombreggiate rappresentano il range ottenuto sommando e sottraendo all'ensemble mean la deviazione standard dei valori simulati dai modelli e forniscono una misurazione dell'incertezza delle proiezioni. Sono state considerate tutte le simulazioni EURO-CORDEX attualmente disponibili e in comune tra il periodo storico e gli scenari RCP4.5 ed RCP8.5, ovvero 18. I risultati sono ottenuti effettuando una media mobile su una finestra di 5 anni.

	STORICO	RCP4.5	RCP8.5
Numero medio di modelli nella fascia di incertezza	16/18	16/18	16/18



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Conclusioni

Una caratterizzazione *della variabilità climatica locale osservata* per il comune di Alghero è stata presentata sul periodo 1981-2010 a partire dai dati di temperatura (minima e massima) e di precipitazione della *stazione di Alghero*, la cui fonte è il *servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare*. Nello specifico sono stati valutati i valori medi ed estremi delle variabili di temperatura e precipitazione. In particolare gli indicatori selezionati per descrivere la variabilità climatica dell'area geografica di interesse saranno molto utili per i successivi studi di settore volti a valutare i principali impatti locali del cambiamento climatico su cui si basano le strategie di adattamento e mitigazione.

In termini di temperatura, si osserva una temperatura massima media di circa 30°C durante l'estate e una temperatura minima media di circa 6°C durante l'inverno. Invece in termini di precipitazione, l'autunno e l'inverno risultano essere le stagioni più piovose (con circa 200 millimetri) mentre l'estate è caratterizzata da precipitazioni basse di circa 34 millimetri.

In termini di precipitazione, la stazione di Alghero è caratterizzata da un numero medio di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera maggiore di 25°C (SU) pari a 113 mentre il numero medio di giorni all'anno con temperatura minima giornaliera maggiore di 20°C (TN) è pari a 11. Inoltre, Alghero risulta caratterizzata da precipitazioni annuali medie di 552 mm e da precipitazioni medie invernali ed autunnali di circa 200 mm; le precipitazioni estive medie risultano invece essere le più basse (di circa 30 mm).

Di seguito è stato fornito un quadro sintetico delle proiezioni climatiche future per il breve termine (2011-2040), medio termine (2041-2070) e lungo termine (2071-2100) utilizzando i dati simulati dai diversi modelli climatici regionali disponibili all'interno del programma EURO-CORDEX (<http://www.euro-cordex.net>). Le proiezioni climatiche future sono state ottenute considerando due diversi scenari IPCC: RCP4.5 e RCP8.5 al fine di valutare il valore medio (ensemble mean) delle proiezioni climatiche rispetto ai due scenari considerati e l'incertezza associata (Kotlarski et al. 2014, Jacob et al. 2014).

L'utilizzo di tutti i modelli disponibili nel programma EURO-CORDEX sebbene più onerosa dal punto di vista metodologico e computazionale, ha permesso di effettuare una stima dell'incertezza da associare allo scenario di variazione della variabile o indicatore climatico di interesse.

Tali analisi evidenziano un generale aumento delle temperature con intensità crescente sul lungo periodo e maggiore se si considera lo scenario RCP8.5. Considerando entrambi gli scenari, l'incremento maggiore è atteso in estate in tutti i 3 periodi analizzati; in particolare, con lo scenario RCP8.5, nel periodo più lontano (2071-2100) si raggiunge mediamente anche un aumento dei valori di temperatura superiore a 4°C in estate.

In termini di precipitazione, in generale, si proietta una diminuzione delle precipitazioni annuali a medio termine (2041-2070) in accordo con lo scenario RCP4.5 e a lungo termine (2071-2100) in accordo con lo scenario RCP8.5. In particolare, a breve termine (2011-2040) gli scenari indicano una diminuzione delle precipitazioni estive, mentre a medio e lungo termine è attesa una



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



diminuzione in primavera ed estate, che risulta maggiore se si considera lo scenario RCP8.5 nel periodo 2071-2100.

Infine, in termini di estremi nel comune di Alghero in futuro è atteso un evidente aumento del numero di giorni all'anno con temperature massime maggiori di 25 °C (su) e del numero di giorni con temperatura minima maggiore di 20 °C (tr), più pronunciato nel periodo a lungo termine e considerando lo scenario più pessimista. In termini di precipitazione, si evince come sia atteso un aumento dei massimi di precipitazione giornaliera (rx1day), più pronunciato nel periodo 2071-2100 e considerando lo scenario RCP8.5. Di contro, è attesa una riduzione del numero di giorni di pioggia (rr1) e, considerando lo scenario RCP8.5 a lungo termine, è attesa una diminuzione del numero di giorni con precipitazione maggiore uguale a 10 mm (r10) e della cumulata della precipitazione annuale nei giorni di pioggia (prcptot). Ciò suggerisce che la precipitazione potrebbe essere concentrata in pochi eventi estremi.

Il profilo climatico locale del comune di Alghero, ottenuto sulla base delle osservazioni e delle proiezioni climatiche attualmente disponibili verrà utilizzato come strumento di supporto e sintesi dagli esperti di specifici studi di impatto.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Glossario²

Anomalia: La deviazione di una variabile dal suo valore medio nel corso di un periodo di riferimento.

Antropogenico: Causato dagli esseri umani.

Cambiamento climatico: con il termine cambiamento climatico ci si riferisce a un cambiamento dello stato del clima che persiste per un periodo di tempo prolungato (solitamente di decenni o più), e identificabile (per esempio, attraverso l'uso di test statistici) da cambiamenti della media e/o della variabilità delle sue proprietà. Il cambiamento climatico può essere dovuto a processi naturali interni, o a forzanti esterni, come le modulazioni dei cicli solari, le eruzioni vulcaniche, e i ripetuti cambiamenti antropogenici della composizione dell'atmosfera o dell'uso del suolo. Si noti che la Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC - United Nations Framework Convention on ClimateChange), nel suo articolo 1, definisce il cambiamento climatico come: "un cambiamento del clima, attribuibile direttamente o indirettamente all'attività umana, che altera la composizione dell'atmosfera globale e che si somma alla variabilità climatica naturale osservata nel corso di periodi di tempo confrontabili". Pertanto, l'UNFCCC fa una distinzione tra il cambiamento climatico imputabile alle attività umane che alterano la composizione dell'atmosfera, e la variabilità climatica attribuibile a cause naturali.

Ciclo stagionale: media mensile, sul trentennio considerato, della variabile di interesse. Denominato anche ciclo annuale.

Clima: Il clima in senso stretto è solitamente definito come il tempo meteorologico medio o, in maniera più rigorosa, come la descrizione statistica in termini di media e variabilità di grandezze rilevanti, nel corso di un periodo di tempo che va da mesi a migliaia o milioni di anni. Il periodo classico per calcolare la media di queste variabili è trent'anni, secondo la definizione dell'Organizzazione meteorologica mondiale (WMO - World Meteorological Organization). Le grandezze rilevanti sono nella maggior parte dei casi variabili superficiali, come temperatura, precipitazioni e venti. In senso più ampio e generale, il clima è lo stato, con l'inclusione di una descrizione statistica, del sistema climatico.

Estremi climatici: Il verificarsi del valore di una variabile atmosferica al di sopra (o sotto) di un valore di soglia vicino all'estremità superiore (o inferiore) della gamma di valori osservati della variabile. Sono intesi come sinonimi eventi estremi, eventi meteorologici estremi.

Impatti (conseguenze, esiti): gli effetti sui sistemi naturali e umani. Nel Rapporto WGII AR5 dell'IPCC, il termine impatti è usato principalmente per riferirsi agli effetti degli eventi

meteorologici e climatici estremi e dei cambiamenti climatici, sui sistemi naturali e umani. Gli impatti generalmente si riferiscono agli effetti su persone, abitazioni, salute, ecosistemi, beni e risorse economiche, sociali e culturali, servizi (inclusi quelli ambientali) e infrastrutture dovuti all'interazione dei cambiamenti climatici o degli eventi climatici pericolosi che si presentano entro

² Glossario estratto da Caciagli L. Glossario minimo dell'IPCC http://www.cmcc.it/wpcontent/uploads/2014/04/IPCC_AR5_Glossario_IT.pdf



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



uno specifico periodo di tempo, e alla vulnerabilità di una società o di un sistema esposti ai cambiamenti climatici stessi. Ci si riferisce inoltre agli impatti come a conseguenze ed esiti. Gli impatti dei cambiamenti climatici sui sistemi geofisici, compresi alluvioni, siccità e innalzamento del livello del mare, rappresentano un sottoinsieme di impatti denominati impatti fisici.

Livello medio dei mari: Il livello della superficie degli oceani in uno specifico punto, mediato su un periodo di tempo prolungato, come un mese o un anno. Il livello medio del mare è spesso utilizzato come datum nazionale cui sono riferite le altezze terrestri.

Modello climatico: La rappresentazione numerica del sistema climatico basata sulle proprietà fisiche, chimiche e biologiche delle sue componenti, sulle loro interazioni e processi di feedback, tenendo in considerazione alcune delle loro proprietà conosciute. Il sistema climatico può essere rappresentato da modelli di complessità variabile; vale a dire che per ciascuna componente o combinazione di componenti può essere identificato uno spettro o una gerarchia di modelli, diversi fra loro per alcuni aspetti, come il numero di dimensioni spaziali, l'ambito entro il quale i processi fisici, chimici, o biologici sono rappresentati in maniera esplicita, o il grado di parametrizzazioni empiriche utilizzato. I modelli di circolazione generale accoppiati atmosfera-oceano (AOGCM - Coupled Atmosphere-Ocean General Circulation Models) forniscono una rappresentazione del sistema climatico che è vicina o al termine più completo dello spettro attualmente disponibile. Esiste un'evoluzione verso modelli più complessi con chimica interattiva e biologia. I modelli climatici sono impiegati come strumenti di ricerca per studiare e simulare il clima, o con finalità operative, incluse le previsioni climatiche su base mensile, stagionale e interannuale.

Modello climatico regionale: si tratta di un modello climatico caratterizzato da una maggior risoluzione spazio-temporale rispetto ai modelli di circolazione generale; essi sono in grado di derivare le caratteristiche del clima sulla scala regionale (ovvero tra i 10 e 50 km circa)

Percentile: Il percentile è un valore su una scala di 100 che indica la percentuale di valore del dataset analizzato che ha valori minori o uguali ad esso. Il percentile è spesso utilizzato per stimare gli estremi della distribuzione. Ad esempio il 90esimo (10imo) percentile può essere utilizzato come riferimento per la soglia dei valori più alti (bassi).

Periodo di riferimento: Il periodo di riferimento è lo stato del sistema rispetto al quale il cambiamento è misurato. Nel documento attuale esso rappresenta il periodo a cui si riferiscono i valori atmosferici.

Proiezione climatica: una proiezione climatica è la risposta simulata del sistema climatico a uno scenario di emissioni future o di concentrazione di gas serra e aerosol, generalmente ricavata utilizzando i modelli climatici. Le proiezioni climatiche sono diverse dalle previsioni climatiche per la loro dipendenza dallo scenario di emissione/concentrazione/forzante radiativo utilizzato, a sua volta basato sulle ipotesi riguardanti, per esempio, i futuri sviluppi socio-economici e tecnologici che potrebbero essere realizzati o no

Scenario climatico: la rappresentazione plausibile e spesso semplificata del clima futuro, basata su un insieme internamente coerente di relazioni climatologiche, costruita per un suo uso esplicito nell'indagine delle potenziali conseguenze del cambiamento climatico antropogenico, e che serve spesso come input ai modelli sugli impatti. Le proiezioni climatiche spesso servono da materiale



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

grezzo per costruire scenari climatici, ma gli scenari climatici di solito richiedono ulteriori informazioni, come per esempio sul clima attuale osservato.

Scenario di emissione: La rappresentazione plausibile del futuro sviluppo delle emissioni di sostanze che sono potenzialmente radiativamente attive (per esempio, gas serra e aerosol), basata su di un insieme coerente e internamente in accordo di assunzioni sulle forze trainanti (quali sviluppo demografico e socio-economico e cambiamenti tecnologici) e le loro relazioni chiave. Gli scenari di concentrazione, derivati dagli scenari di emissione, sono impiegati come input dei modelli climatici, per calcolare le proiezioni climatiche. Nel rapporto IPCC (1992) è stato presentato un set di scenari di emissione, utilizzato come base per le proiezioni climatiche dell'IPCC (1996). Questi scenari di emissione sono citati come scenari IS92. Scenari di emissione, i cosiddetti scenari SRES, sono stati pubblicati nel Rapporto Speciale sugli Scenari di Emissione dell'IPCC (IPCC Special Report on Emission Scenarios; Nakićenović e Swart, 2000), e alcuni di essi sono stati utilizzati, tra gli altri, come base per le proiezioni climatiche presentate nei capitoli 9 - 11 del rapporto IPCC del 2001 e nei capitoli 10 e 11 del rapporto IPCC del 2007. I nuovi scenari di emissione per il cambiamento climatico, i quattro Representative Concentration Pathway, sono stati sviluppati per, ma indipendentemente da, la presente valutazione dell'IPCC.

Temperatura superficiale media globale: una stima della temperatura superficiale media globale dell'aria. Tuttavia, per variazioni nel corso del tempo, si utilizzano solo le anomalie, come le deviazioni da una climatologia, più comunemente basate sulla media globale pesata sull'area dell'anomalia di temperatura superficiale del mare, e dell'anomalia della temperatura dell'aria sulla superficie terrestre.

Variabilità climatica: con il termine variabilità climatica ci si riferisce alle variazioni dello stato medio e di altre statistiche (come la deviazione standard, l'occorrenza di eventi estremi, etc.) del clima a tutte le scale spaziali e temporali oltre a quella dei singoli eventi meteorologici. La variabilità può essere dovuta a processi interni naturali, all'interno del sistema climatico (variabilità interna), o a variazioni del forzante esterno naturale o antropogenico (variabilità esterna).



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Allegato 1: Reliability ensemble averaging

Al fine di valutare l'accuratezza dei modelli EURO-CORDEX nel riprodurre le osservazioni nel periodo di riferimento, è stato considerato l'errore medio assoluto (MAE) di ciascun modello rispetto alle osservazioni.

La Figura 19, mostra i box-plot che descrivono la distribuzione dei MAE dei modelli EURO-CORDEX nelle variabili d'interesse (precipitazione, temperatura massima e minima) a scala annuale e stagionale. Lo scopo di tale elaborazione è mostrare, in termini di MAE, la presenza di modelli che si discostano notevolmente dalla distribuzione dei modelli (*outliers*). In particolare, nella maggior parte dei casi, gli *outliers* (indicati con un '+' rosso) rappresentano modelli che presentano un errore maggiore rispetto alla media della distribuzione dei modelli. Solo nel caso della temperatura massima nella stagione invernale (DGF) i modelli LR-r1i1p1-REMO2009-v1 ed LR-r2i1p1-REMO2009-v1, individuati come *outliers*, sono quelli che presentano l'errore minore rispetto ai dati osservati.

Per tener conto del fatto che non tutti i modelli hanno le stesse performance, i risultati in termini di media (*ensemble mean*), precedentemente elencati, sono stati ottenuti utilizzando anche l'approccio fornito da Giorgi e Mearns (2002), noto come "REA" (Reliability Ensemble Averaging). Tale approccio si basa sul presupposto di dare un peso maggiore ai modelli con migliori performance sul presente nel rappresentare gli andamenti delle variabili di interesse (medi ed estremi). Dunque di seguito sono riportati anche i risultati ottenuti in termini di media pesata delle anomalie dei modelli EURO-CORDEX.

Seguendo tale approccio, per ogni modello i , viene stimato un fattore di affidabilità (peso) nel modo seguente:

$$R_i = Rb_i * Rd_i$$

dove Rb è il fattore correttivo in termini di bias del modello rispetto all'osservato mentre Rd è il fattore correttivo in termini di convergenza delle anomalie dei singoli modelli.

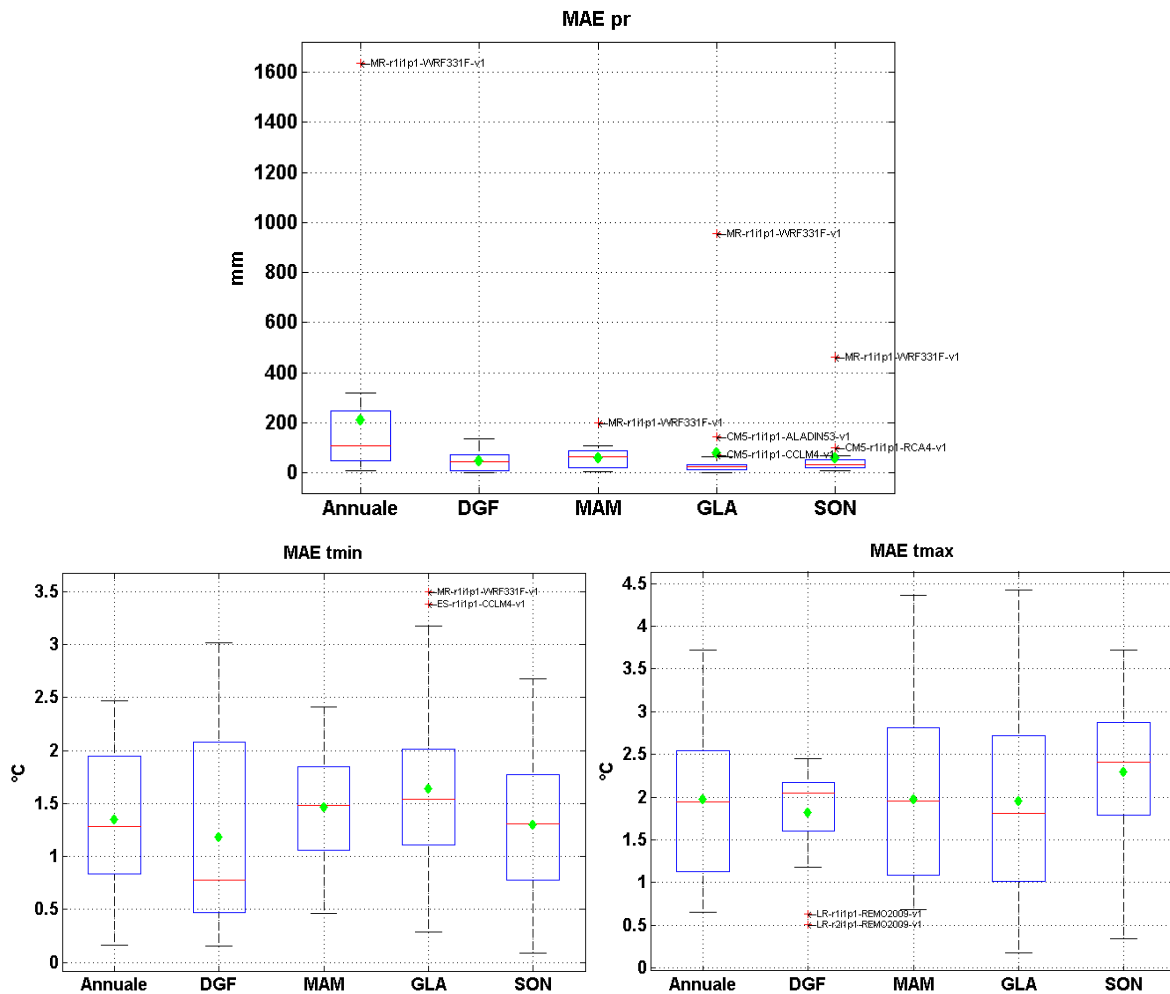


Figura 19: Box-plot degli errori medi assoluti (MAE) dei modelli EURO-CORDEX nelle precipitazioni (pr) annuali (mm/anno) e stagionali (mm/stagione), temperature minime (tmin) e temperature massime (tmax) annue e stagionali. Il riquadro blu rappresenta l'intervallo interquartile (IQR, i bordi inferiore e superiore del box rappresentano rispettivamente il 25° e il 75° percentile) degli errori in valore assoluto (MAE) dei modelli EURO-CORDEX, mentre la linea rossa orizzontale rappresenta la mediana. I baffi rappresentano i valori entro 1.5 volte l'IQR. Gli outliers vengono tracciati individualmente utilizzando il simbolo '+' in rosso. Inoltre, il rombo verde rappresenta la media dei MAE dei modelli EURO-CORDEX.

Qui di seguito vengono riportati i risultati ottenuti seguendo l'approccio REA, che risulta essere un criterio sperimentale di selezione dei modelli basato sulle loro performance. Tale analisi è da ritenersi aggiuntiva rispetto a quella presentata nel documento che segue quello che è attualmente, secondo diversi lavori presenti in letteratura, da ritenersi il metodo di riferimento. Ovvero il metodo secondo cui bisogna considerare l'ensemble mean inteso come media non ponderata di tutti i modelli attualmente disponibili.



In Tabella 7, sono riportati i valori delle anomalie (in termini di media pesata delle anomalie dei diversi modelli) annuali e stagionali di temperatura e precipitazione per i tre periodi di interesse e i due scenari RCP4.5 e RCP8.5, per il box che include il comune considerato. In generale, i risultati ottenuti sono analoghi a quelli in Tabella 6, si nota, inoltre, che nel caso della precipitazione la diminuzione è più intensa mentre nel caso della temperatura massima, in accordo con lo scenario RCP8.5, nel periodo più lontano (2071-2100) è atteso un aumento maggiore che raggiunge i 5°C in estate. Non è stato possibile riportare tali valori per la temperatura media (Tmean) in quanto non essendo disponibili i dati osservati relativi a questa variabile, l'approccio REA, non è applicabile.

Tabella 7: Anomalie (in termini di media pesata delle anomalie dei diversi modelli) annuali e stagionali di temperatura (media, minima e massima, in °C) e precipitazione (%) per i due scenari e i tre periodi di interesse, per il box che include il comune di Sassari.

	RCP4.5					RCP8.5					
	Annuale	DGF	MAM	GLA	SON	Annuale	DGF	MAM	GLA	SON	
Pr (%)	1	5	2	-7	5	0	1	6	-11	4	2011-2040
Tmin (°C)	0.8	0.7	0.6	1.0	0.8	0.9	0.7	0.7	1.1	1.0	
Tmax (°C)	0.7	0.6	0.5	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	1.1	0.9	
Pr (%)	-4	0	-6	-23	2	-2	4	-7	-22	5	2041-2070
Tmin (°C)	1.5	1.2	1.1	1.9	1.5	2.2	1.8	1.7	2.5	2.5	
Tmax (°C)	1.4	1.2	1.1	2.1	1.4	2.1	1.7	1.8	2.8	2.3	
Pr (%)	-2	3	-9	-15	2	-12	-5	-16	-46	-3	2071-2100
Tmin (°C)	2.0	1.7	1.5	2.1	2.2	3.7	3.1	2.9	4.2	4.4	
Tmax (°C)	1.8	1.5	1.6	2.6	1.9	3.5	3.0	3.2	5.0	3.9	

Inoltre, sono state analizzate le anomalie in termini di media pesata delle anomalie dei diversi modelli degli indicatori estremi di temperatura (Figura 20) e precipitazione (Figura 21 e 22)

In termini di temperatura, in Figura 20, si evince che l'aumento dell'indicatore hw è generalmente analogo a quello atteso dall'ensemble mean (Figura 6), mentre l'aumento dell'indicatore tr è più contenuto.

In termini di precipitazione, in Figura 21, i risultati ottenuti sono generalmente analoghi a quelli in Figura 7, nel caso dell'indicatore r10, rr1 e prcptot si evince una riduzione maggiore soprattutto a medio e lungo termine, mentre per l'indicatore rx1day è evidente un aumento più contenuto per entrambi gli scenari. In particolare, in Figura 22, è evidente una diminuzione maggiore di prcptot in estate rispetto a quella attesa in Figura 8.

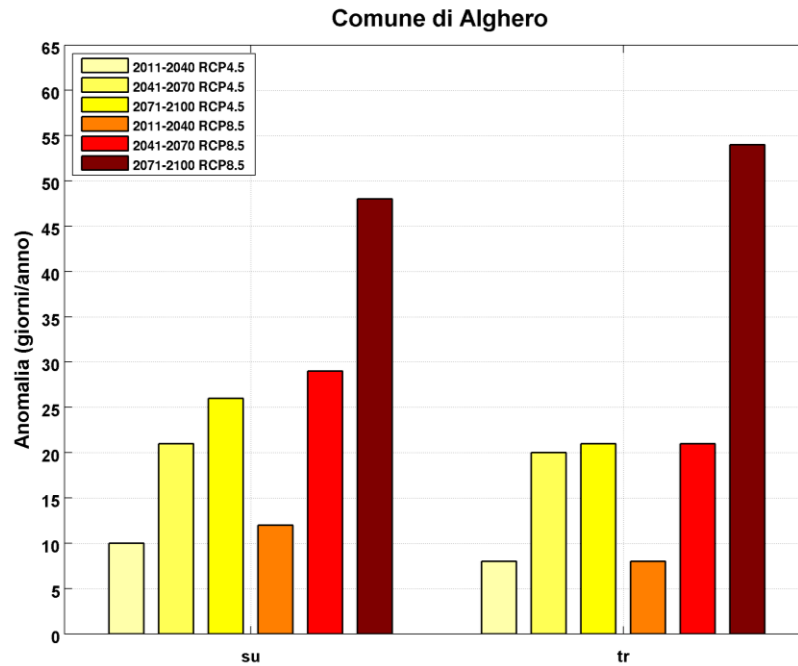


Figura 20: Anomalie degli indicatori di temperatura per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5 e i tre periodi futuri rispetto al periodo di riferimento 1981-2010

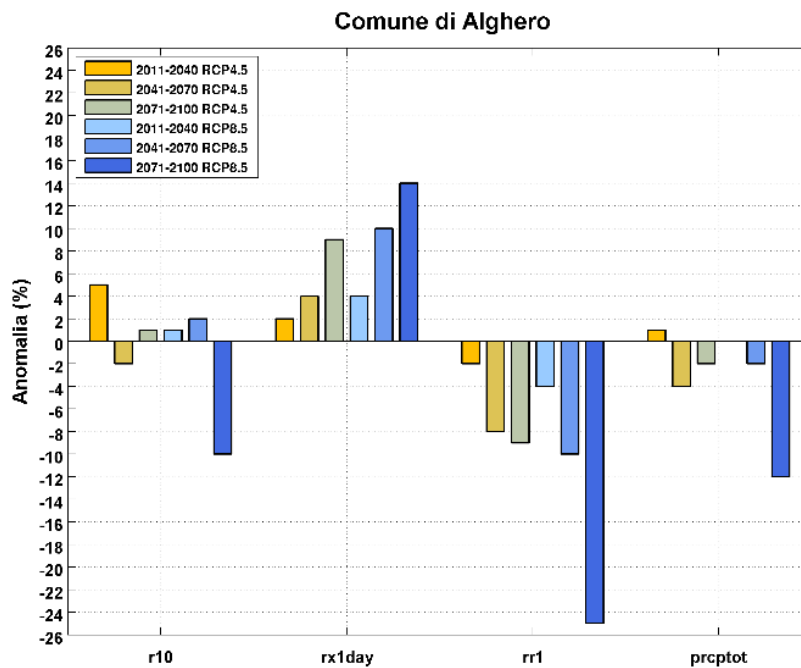


Figura 21: Anomalie degli indicatori di precipitazione per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5 e i tre periodi futuri rispetto al periodo di riferimento 1981-2010.

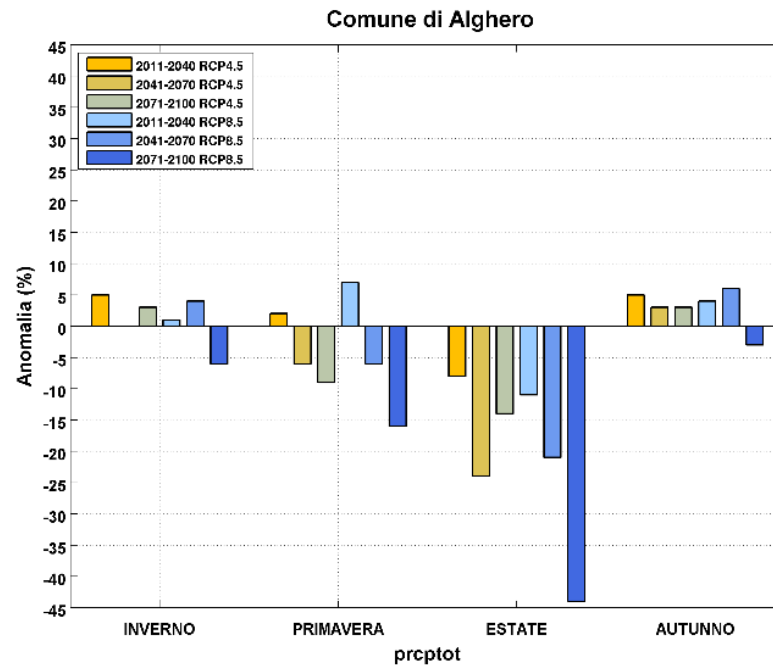


Figura 22: Anomalia stagionale dell'indicatore di precipitazione prcptot per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5 e i tre periodi futuri rispetto al periodo di riferimento 1981-2010.



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Bibliografia

Collins, M., Knight, S., 2007. Ensembles and probabilities: a new era in the prediction of climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 1471–2962.

Haylock MR, Hofstra N, Tank AMGK, et al (2008) A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. *J Geophys Res.* doi: 10.1029/2008jd010201

Hirsch, R.M., J.R. Slack, and R.A. Smith. 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data, *Water Resources Research* 18(1):107-121.

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri R.K and Reisinger A.ed.].* IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp

IPCC (2014a) *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

IPCC (2013a) *Summary for Policymakers.* In: Stocker TF, D. Qin, G.-K. Plattner, et al. (eds) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge (United Kingdom) and New York (NY, USA), pp 1–30

ISPRA, 2012. “Linee guida per l’analisi e l’elaborazione statistica di base delle serie storiche di dati idrologici – Stato dell’Ambiente 32/2012

ISPRA, 2013. “Elaborazione delle serie temporali per la stima delle tendenze climatiche” – Manuali e Linee Guida 84/13.

Jacob D, Petersen J, Eggert B, et al (2014) EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Reg Environ Chang* 14:563–578. doi: 10.1007/s10113-013-0499-2

Kendall, M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*, 4th edition, Charles Griffin, London.

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Kotlarski S, Keuler K, Christensen OB, et al (2014) Regional climate modeling on European scales: A joint standard evaluation of the EURO-CORDEX RCM ensemble. Geosci Model Dev 7:1297–1333. doi: 10.5194/gmd-7-1297-2014

Mann, H.B. 1945. Non-parametric tests against trend, *Econometrica* 13:163-171.

Castellari S, Venturini S, Ballarin Denti A, et al (2014a) Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici in Italia. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma

PNACC, Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, 2017.

Rockel B., Will A. e Hense A..(2008). The regional climate model COSMO-CLM (CCLM). *Meteorol. Z.*, vol. 17(4), pp. 347-348.

Van Vuuren et. al. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* 109:5–31, DOI 10.1007/s10584-011-0148-z.

WMO, 2007: The Role of Climatological Normals in a Changing Climate. WCDMP-No. 61, WMO.TD No. 1377.

Giorgi F, Mearns LO, 2002, Calculation of Average, Uncertainty Range, and Reliability of Regional Climate Changes from AOGCM Simulations via the “Reliability Ensemble Averaging” (REA) Method, *Journal of Climate*, 15, 1141-1158



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Link a siti internet

- A. <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/cambiamenti-climatici/indicatori-climatici>
- B. http://www.climatrentino.it/clima_trentino/ct_dati_rapporti/ct_dr_reports_climatici/
- C. https://www.arpae.it/report_ambientali_full.asp?idlivello=1563&tipo_elenco=rep_ambiente&idmateria=4
- D. <https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/clima/rapporti-di-analisi/annuale.html>
- E. http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/snacc_2014_rapporto_stato_conoscenze.pdf
- F. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml,
- G. http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/allegato_1_analisi_condizione_climatica_attuale_e_futura.pdf
- H. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_Glossary.pdf
- I. http://www.cmcc.it/wp-content/uploads/2014/04/IPCC_AR5_Glossario_IT.pdf
- J. <http://etccdi.pacificclimate.org/index.shtml>
- K. <http://www.blueap.eu/site/>
- L. <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/meteorologia-e-clima>
- M. http://www.scia.isprambiente.it/home_new.asp
- N. <https://www.arcis.it/wp/>
- O. http://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/projekte/csc-report13_englisch_final-mit_umschlag.pdf
- P. http://www.isprambiente.gov.it/files2017/snpa/Delibera15_indicatoriimpatticambiamenticlimatici.pdf
- Q. <https://public.wmo.int/en/bulletin/addressing-climate-information-needs-regional-level-cordex-framework>



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ABBREVIAZIONI, ACRONIMI

ADAPT	ADAPTation
ADURB	Adaptation URBan
ARCIS	Archivio Climatologico per l'Italia Centro-Settentrionale
ARPA	Agenzia Regionale Protezione Ambiente
BLUEAP	Bologna Adaptation Plan for a resilient city
CCI	Commission for Climatology
CMCC	Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici
COMet	Centro Operativo per la Meteorologia
CLIVAR	CLImate VARiability
CNR	Consiglio Nazionale delle Ricerche
CRA-CMA	Consiglio Ricerca Agricoltura- Climatologia Meteorologia Agricoltura
ENAV	Ente Nazionale Assistenza al Volo
E-OBS	European OBServational dataset
ETCCDI	Expert Team on Climate Change Detection and Indices
EURO4M	European Reanalysis Observation for Monitoring
GCM	Global Climate Model
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale



Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

JCOMM	Joint Technical commission for Oceanography and Marine Meteorology
MATTM	Ministero Ambiente Tutela Territorio Mare
NWIOI	North West Italy Optimal Interpolation
PNACC	Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici
RCM	Regional Climate Model
SCIA	Sistema dati Climatici Interesse Ambientale
SNACC	Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici
WMO	World Meteorological Organization