

# Profilo climatico locale Comune di Oristano



Luglio 2019



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## Sommario

Introduzione .....	3
La situazione climatica dell'area di Oristano per il periodo 1961-2010 .....	4
Analisi delle temperature.....	5
Analisi delle precipitazioni.....	13
Considerazioni.....	26
Analisi degli scenari climatici futuri.....	27
Analisi degli estremi climatici e degli indici di cambio climatico.....	32
Analisi degli scenari delle temperature .....	32
Analisi degli scenari delle precipitazioni.....	41

Il documento è stato curato dal Dipartimento Meteoclimatico dell'Agenzia Regionale per l'Ambiente.

Gruppo di lavoro

- Andrea Vallebona, [Rete Gaia Srl](#), coordinamento generale
- Andrea Motroni, Arpa Sardegna, [Dipartimento idrometeoclimatico](#), profilo climatico



**SardegnaArpa**



**DIPARTIMENTO SPECIALISTICO REGIONALE IDROMETEOCлимATICO**



# Interreg



## MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## Introduzione

L'analisi dei dati climatici relativi al territorio del comune di Oristano, indispensabili per definire le caratteristiche climatiche dell'area e le vulnerabilità del suo territorio agli eventi climatici, sono funzionali alla definizione delle azioni del piano di adattamento ai cambiamenti climatici del progetto ADAPT.

Per la definizione delle caratteristiche climatiche dell'area sono state prese in considerazione diverse serie storiche di dati che possano aiutare a definire la presenza di segni di variabilità climatica e di variazioni climatiche nel recente passato e nei prossimi decenni.

In particolare, per la definizione del clima del territorio del comune di Oristano sono stati analizzati i dati climatici di due stazioni meteorologiche della Rete Storica Regionale, localizzate nell'area di Santa Giusta e nella zona di Santa Lucia. Le due stazioni sono state scelte per la completezza delle serie storiche dei dati di temperatura e di precipitazione, per la posizione geografica e la vicinanza al centro abitato di Oristano. L'omogeneità orografica e morfologica del territorio del comune di Oristano consente di limitare l'analisi climatica anche a poche stazioni, soprattutto per la descrizione dell'andamento dei valori massimi, minimi e medi di temperatura, che possono al limite risentire dalla maggiore o minore distanza dal mare. Il periodo scelto per l'analisi climatica è il 1961-2010, con ben 50 anni di dati quasi completi per entrambe le stazioni. Si è proceduto in un secondo tempo alla suddivisione del periodo considerato in due trentenni, il 1961-1990 e il 1981-2010, per poter confrontare i due periodi, soprattutto nei due ventenni di non sovrapposizione (il decennio 1981-1990 è chiaramente comune ai due periodi di analisi).

Per quanto riguarda i soli valori di precipitazione, sono stati invece prese in considerazione i dati di altre tre stazioni abbastanza prossime all'area di indagine, localizzate a Simaxis, a Riola Sardo e ad Uras. Anche in questo caso i dati giornalieri di precipitazione fanno riferimento al periodo 1961-2010. Si è voluto allargare l'analisi ad un'area leggermente più vasta, con l'intento, visto il comportamento assolutamente erratico delle precipitazioni da un punto di vista spaziale e della loro elevata variabilità interannuale, di cogliere la presenza di trend significativi per alcuni degli indici calcolati.

Un'ulteriore indagine ha riguardato l'analisi dei dati orari di precipitazione relativi a tre stazioni della Rete Fiduciaria della Protezione Civile localizzate a Oristano, a San Vero Milis e a Bauladu. In questo caso la scelta delle stazioni è stata condizionata dal tipo di dato ricercato (valori orari e non giornalieri di precipitazione), mentre il periodo di analisi (2006-2019) è stato limitato dalla disponibilità di stazioni con dati orari di precipitazione. Le finalità del progetto Adapt, che è rivolto soprattutto all'individuazione della vulnerabilità del territorio del comune di Oristano al rischio degli eventi intensi di precipitazione e di alluvione, suggerisce anche l'analisi della frequenza degli eventi con intensità orarie elevate.

Infine, per quanto riguarda l'analisi degli scenari climatici futuri previsti per il territorio di Oristano, si è fatto riferimento alla banca dati del progetto EuroCodex, che rende disponibili dati giornalieri per tutta l'Europa, con risoluzione spaziale sia a circa 11 km sia a circa 44 chilometri fino al 2100. Sono stati scelti i modelli *bias-adjusted* che considerassero sia forzanti radiative RCP a 4,5 e 8,5 W/m<sup>2</sup>. Sui dati giornalieri,



**Interreg**



**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



sono stati estrapolati i dati per l'area di Oristano e sono stati calcolati gli indici che meglio descrivono i possibili impatti dei cambiamenti climatici.

## **La situazione climatica dell'area di Oristano per il periodo 1961-2010**

Il clima di Oristano presenta condizioni comuni a molte aree della Sardegna, caratterizzate da clima Mediterraneo interno, con temperature abbastanza elevate durante il periodo estivo, inverni miti e precipitazioni distribuite soprattutto nel periodo compreso tra i mesi di ottobre e marzo-aprile. Dal punto di vista bioclimatico, applicando la classificazione bioclimatica di Rivas-Martinez (Rivas-Martinez, 1999) che prende in considerazione le caratteristiche litografiche, morfologiche, climatiche e di copertura vegetale del territorio, il clima del Comune di Oristano può essere classificato da un isobioclima Termomediterraneo superiore, secco inferiore ed euoceanico accentuato o attenuato, in dipendenza dalla differente distanza dal mare del territorio.

Dall'analisi dei dati della stazione di Santa Giusta per il periodo 1961-2010, la temperatura media annuale dell'area oggetto di indagine è di 16,8°C, la media annuale delle temperature massime è di 22,3°C, mentre la media annuale delle temperature minime è di 11,3°C. Il mese più caldo è agosto (media climatica dei valori mensili di temperatura massima 31,5°C), mentre il mese più freddo è gennaio che presenta una media climatica dei valori di temperatura minima del mese di 5,4°C. Per quanto riguarda le precipitazioni, la media annuale per il periodo 1961-2010 considerato è di 565 mm, con le precipitazioni concentrate soprattutto nel mese di novembre (circa 98 mm di pioggia media mensile) e di dicembre (80 mm di media).

La distribuzione stagionale delle precipitazioni prevede la massima concentrazione in autunno con circa 212 mm, circa il 37,8% del totale, e in inverno (196 mm, circa il 34,8%). La restante parte delle precipitazioni (meno del 30% del totale) è concentrata in primavera (23% del totale), mentre nella stagione estiva cadono di media solo 23 mm di pioggia.



### Analisi delle temperature

In Figura 1 è mostrato l'andamento dei valori climatici medi giornalieri della temperatura massima e minima per il periodo considerato 1961-2010, in cui è evidente come nel mese di gennaio si raggiungano i valori più bassi sia nelle minime sia nelle massime, mentre in agosto i valori più elevati.

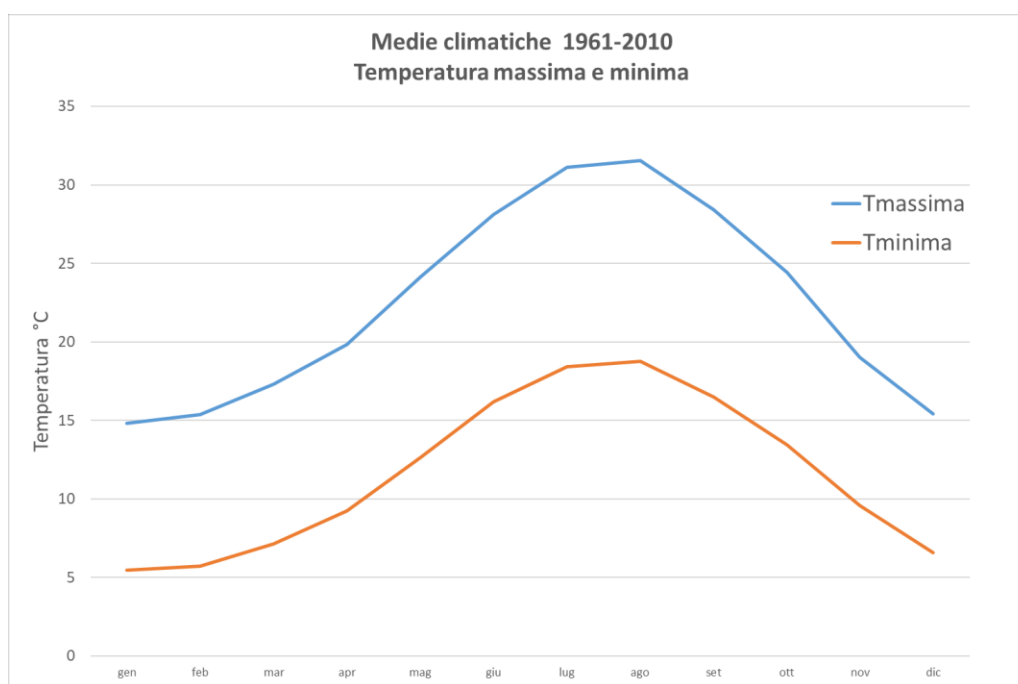


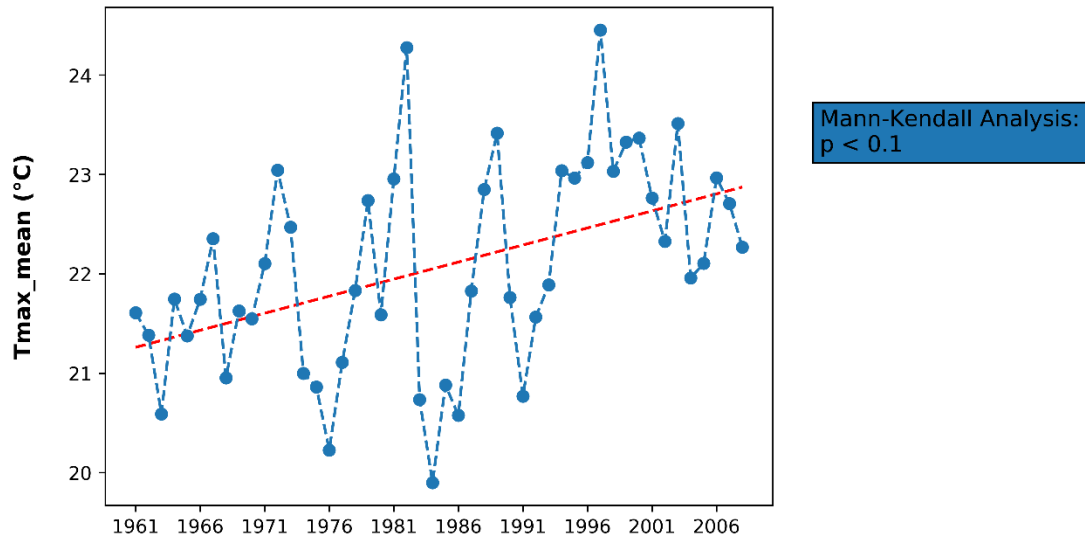
Figura 1

L'analisi dei trend delle temperature sia massime sia minime per le stazioni di Santa Lucia e Santa Giusta, ha confermato l'aumento dei valori medi annui per entrambe le grandezze, come descritto nell'ultimo rapporto dell'IPCC per il bacino del Mediterraneo. In figura 2a è mostrato l'andamento delle temperature massime e minime per il periodo considerato 1961-2010 per la stazione di Santa Lucia, mentre nella figura 2b sono mostrati gli stessi andamenti per la stazione di Santa Giusta.

Come si può notare dai grafici, l'aumento è più marcato nei valori massimi per la stazione di Santa Lucia, mentre è maggiore nei valori minimi per la stazione di Santa Giusta. Entrambi i valori, le temperature massime medie per la stazione di Santa Lucia e le temperature minime medie per la Stazione di Santa Giusta, hanno superato i test di significatività di Mann-Kendall che abbiamo applicato a tutte le serie storiche dei dati a disposizione. In figura 3 è riportato l'andamento delle temperature medie per le due stazioni, in cui è confermato chiaramente il trend positivo delle temperature.



### Santa Lucia: Temperatura massima media annua 1961-2010



### Santa Lucia: Temperatura minima media annua 1961-2010

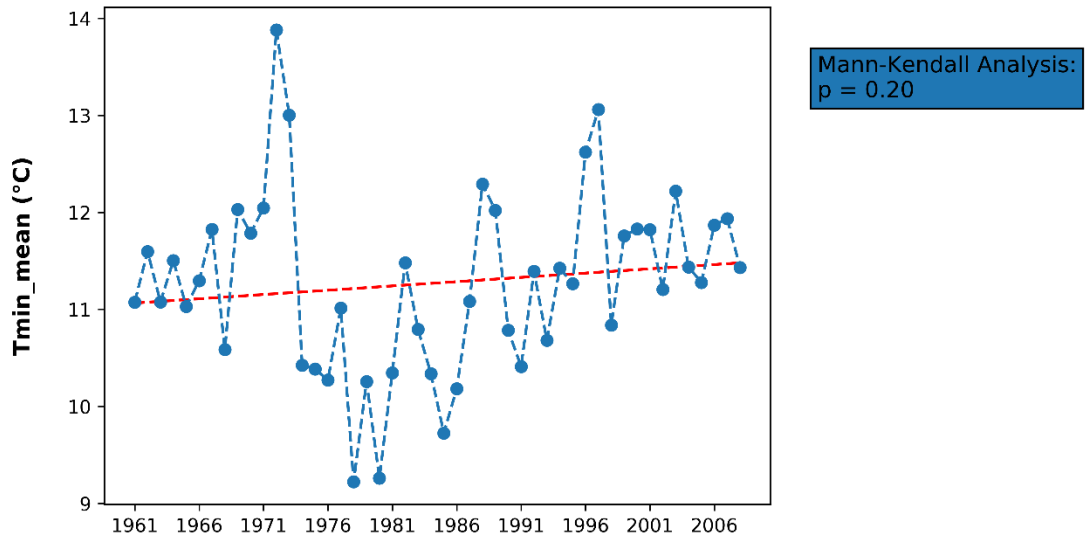
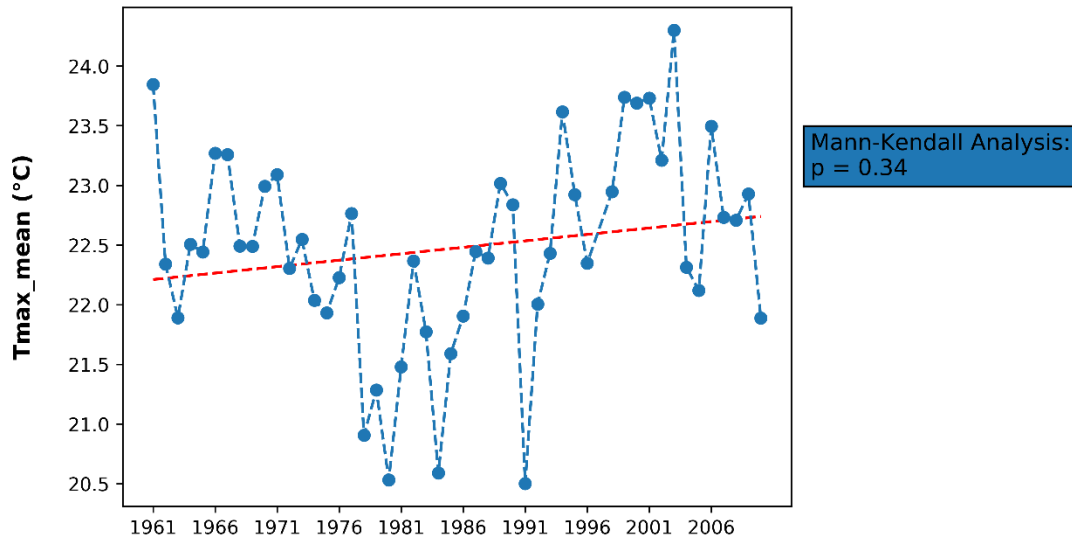


Figura 2a



**Santa Giusta : Temperatura massima media annua 1961-2010**



**Santa Giusta : Temperatura minima media annua 1961-2010**

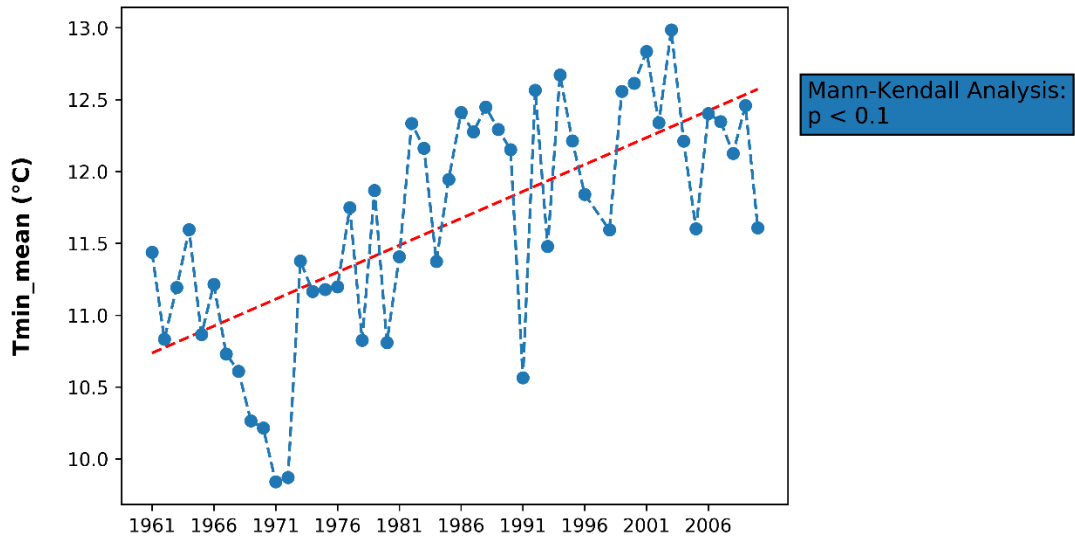
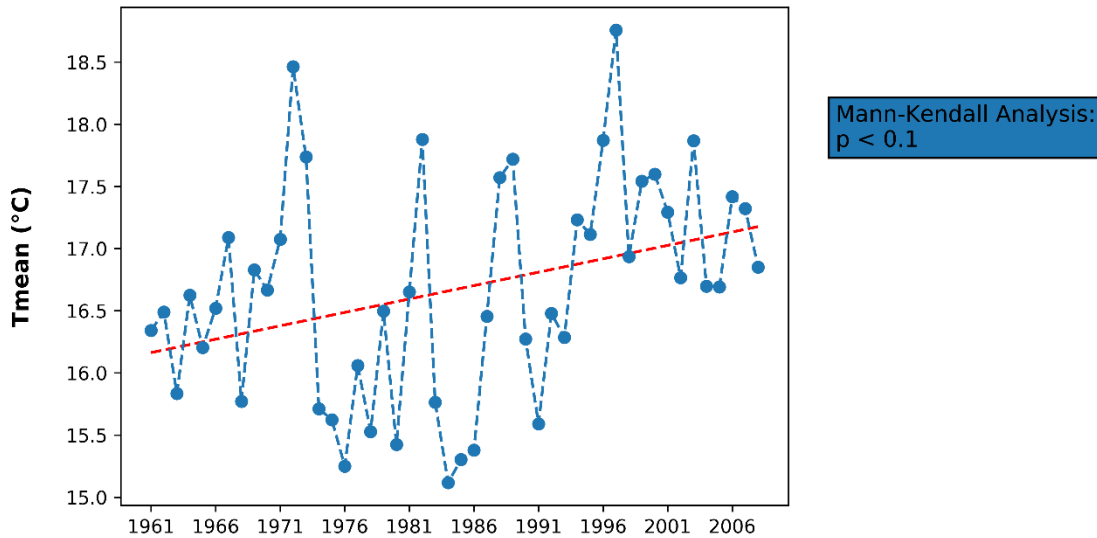


Figura 2b



### Santa Lucia: Temperatura media annua 1961-2010



### Santa Giusta : Temperatura media annua 1961-2010

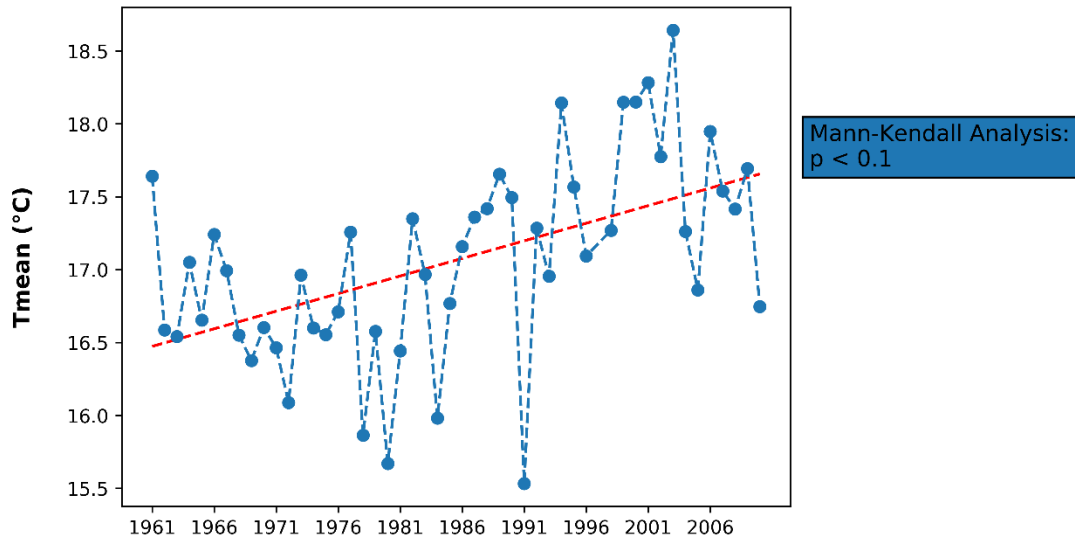


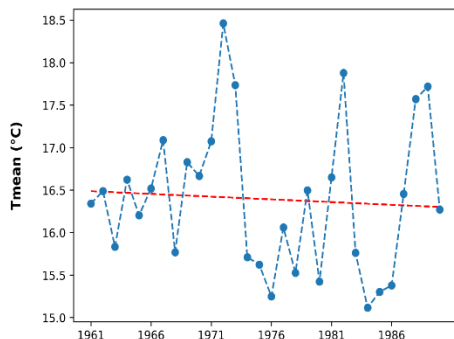
Figura 3

La stessa analisi, riportata ai due trentenni in parte sovrapposti 1961-1990 e 1981-2010 (figura 4) mostra come l'aumento delle temperature si è verificato soprattutto nell'ultimo trentennio, in cui l'aumento dei valori minimi (più marcato per Santa Giusta) e dei valori massimi (più evidente per Santa Lucia) ha portato nel periodo 1981-2010 ad un aumento significativo della temperatura media per entrambe le stazioni.



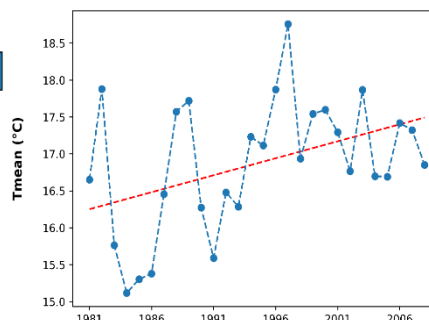


**Santa Lucia: Temperatura media annua (Tmean) 1961-1990**



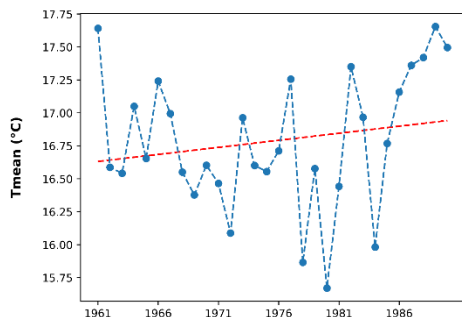
Mann-Kendall Analysis:  
 $p = 0.48$

**Santa Lucia: Temperatura media annua (Tmean) 1981-2010**



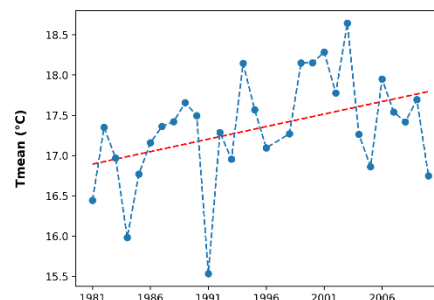
Mann-Kendall Analysis:  
 $p < 0.1$

**Santa Giusta : Temperatura media annua (Tmean) 1961-1990**



Mann-Kendall Analysis:  
 $p = 0.21$

**Santa Giusta : Temperatura media annua (Tmean) 1981-2010**



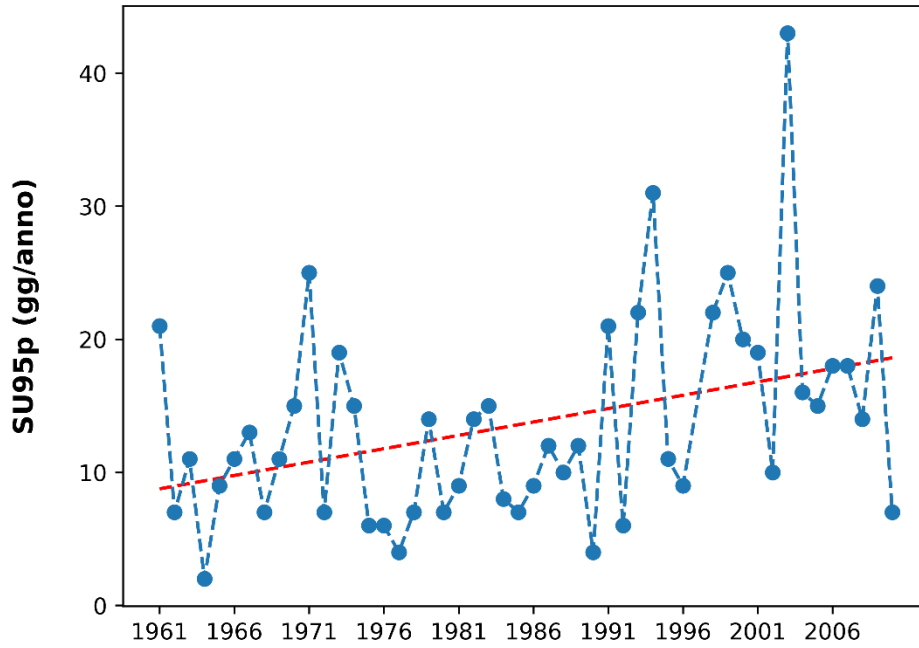
Mann-Kendall Analysis:  
 $p < 0.1$

Figura 4

L'aumento delle temperature sia nei valori massimi sia nei valori minimi ha impatti negativi sulla salute delle persone, sugli ecosistemi agricoli e naturali, e in generale sugli equilibri che regolano il "sistema clima" nel suo complesso. Uno degli aspetti più monitorato, legato all'aumento delle temperature, è rappresentato dalle ondate di calore ("heat waves"), cioè il numero di giorni consecutivi in cui la temperatura massima è uguale o supera il valore di 35°C, che in questo caso rappresenta anche il 95° percentile della distribuzione dei dati di temperatura massima. Le ondate di calore hanno soprattutto effetti negativi sulla popolazione maggiormente esposta (in particolar modo gli anziani), portando a crescente disagio per il caldo eccessivo, che in alcuni casi può essere anche letale. Le condizioni appena descritte sono riassunte nell'indice HW (SU95P) il cui andamento per le stazioni di Santa Lucia e Santa Giusta è riportato in figura 5.



### Santa Giusta : Numero di giorni con $T \geq 35^{\circ}\text{C}$ 1961-2010



### Santa Lucia: Numero di giorni con $T \geq 35^{\circ}\text{C}$ 1961-2010

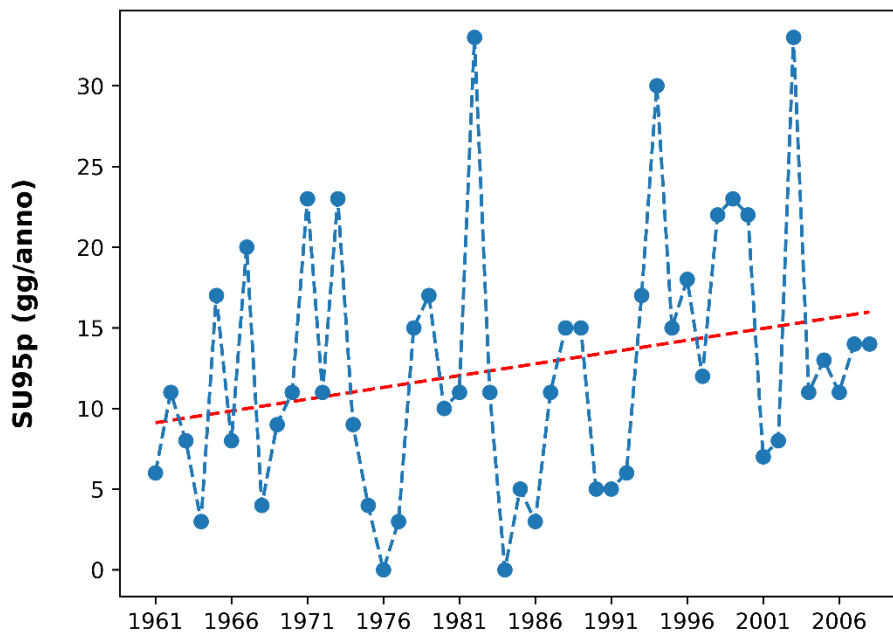


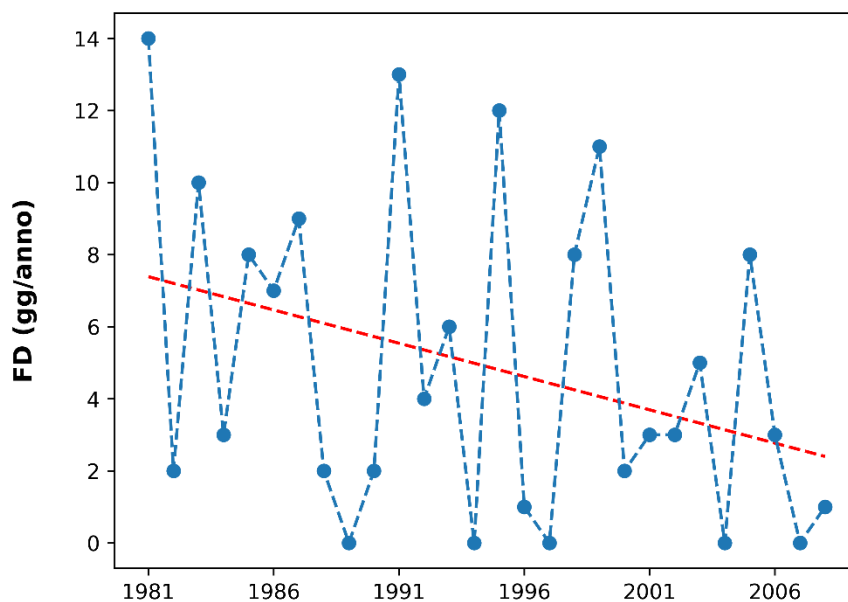
Figura 5



Come si può notare, il numero di giorni/anno caratterizzati da valori delle temperature massime superiori o uguali a 35°C, pur mostrando una elevata variabilità interannuale, presenta nel periodo considerato un andamento complessivamente crescente, che esprime un crescente potenziale disagio dovuto alle ondate di calore. Inoltre, in entrambe i casi, negli ultimi 10 anni il valore dell'indice è stato superiore alla media degli ultimi 50 anni (12,5 giorni/anno per Santa Lucia e 13,6 giorni/anno per Santa Giusta) in 7 e in 8 anni sugli ultimi 10 disponibili, rispettivamente.

Un altro indice che viene di solito preso in considerazione per definire i cambiamenti del clima è quello che riguarda i giorni di gelo o FD (Frost Days), calcolato in base al numero di giorni/anno in cui le temperature minime giornaliere sono uguali a 0°C o permangono al di sotto di tale soglia. Come c'era da aspettarsi, nonostante la notevole variabilità interannuale, considerando l'andamento della media dei valori minimi di temperatura sia per la stazione di Santa Lucia, sia per la stazione di Santa Giusta, i valori dell'indice FD presenta un andamento decrescente, come mostrato dai grafici in figura 6, in cui sono presentati i dati relativi al trentennio 1981-2010.

### Santa Lucia: Numero di giorni con $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ (FD) 1981-2010



Mann-Kendall Analysis:  
 $p < 0.1$



### Santa Giusta : Numero di giorni con $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ (FD) 1981-2010

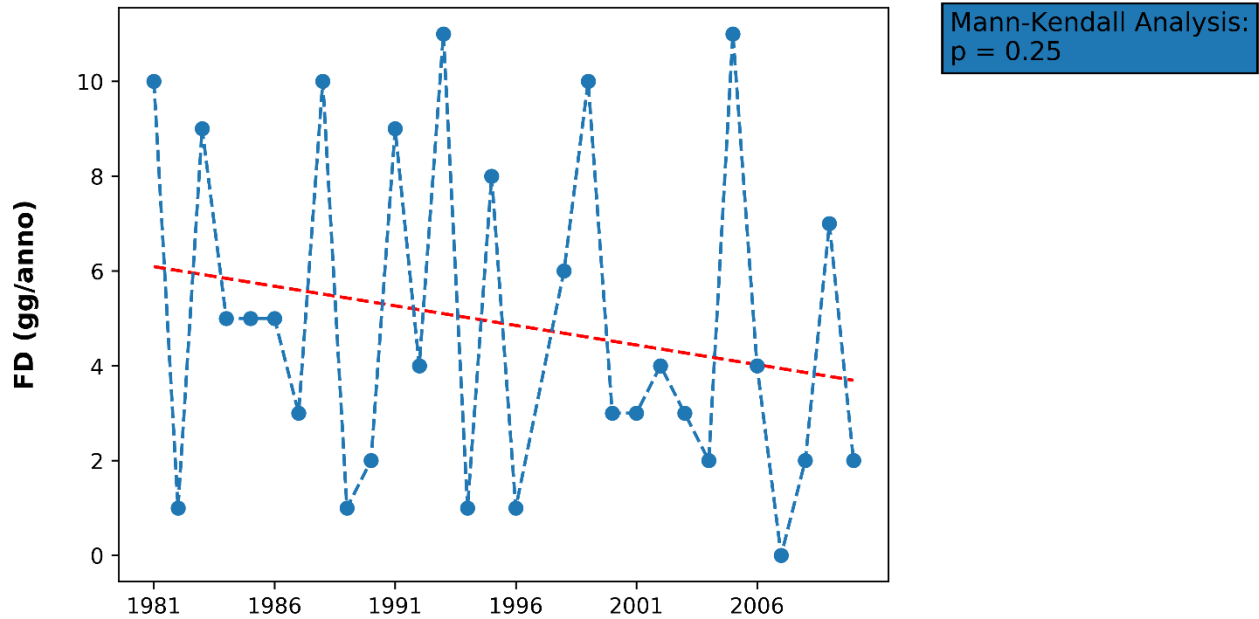


Figura 6

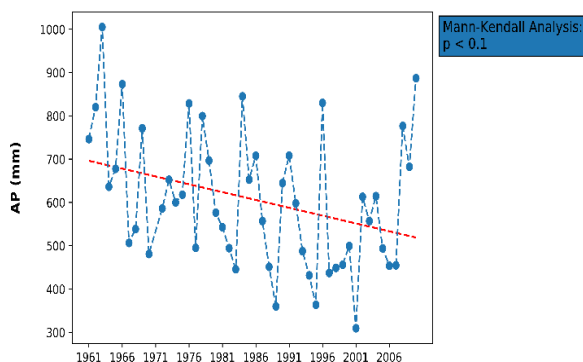


### Analisi delle precipitazioni

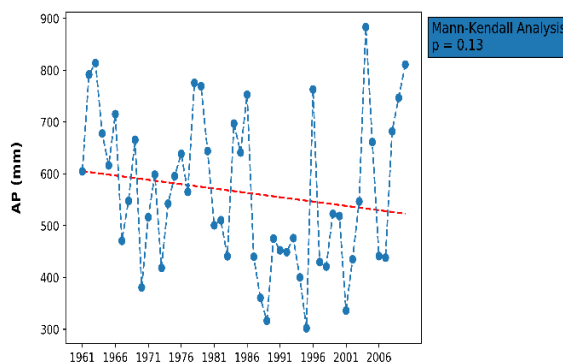
Per l'analisi delle precipitazioni, così come anticipato nella introduzione, si è fatto ricorso ad un numero maggiore di stazioni localizzate nell'"area vasta" di Oristano, quindi in altri comuni, ma in una fascia di rispetto di alcuni chilometri, e con caratteristiche climatiche abbastanza simili a quelle del capoluogo. In particolare, sono state prese in considerazione le serie storiche di cinque stazioni meteorologiche (Simaxis, Riola Sardo, Uras, oltre le già citate Santa Lucia e Santa Giusta), e sono state fatte le analisi dei trend e il calcolo degli indici climatici.

Considerando i dati medi annuali di precipitazione (espressi attraverso l'indice AP, Annual Precipitation, figura 7), i cumulati delle precipitazioni annuali sono diminuiti in tutte le stazioni considerate, anche se la variabilità interannuale è piuttosto elevata e la significatività del trend bassa nella maggior parte dei casi. Riola Sardo e Simaxis hanno fatto registrare i decrementi maggiori, ma comunque all'interno dei range tipici di altre aree della regione Mediterranea, con riduzioni del cumulato annuale di precipitazione compreso tra il 5 e il 10%, con punte del 15% per la stazione di Riola Sardo.

Riola Sardo: Cumulato annuale di precipitazione (AP) 1961-2010



Santa Giusta: Cumulato annuale di precipitazione (AP) 1961-2010



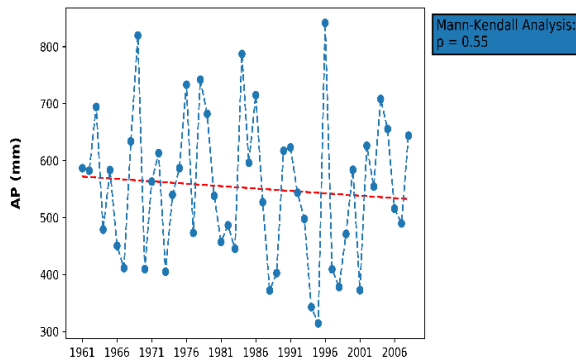
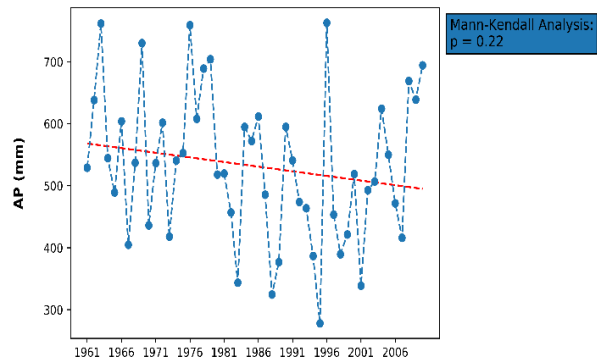
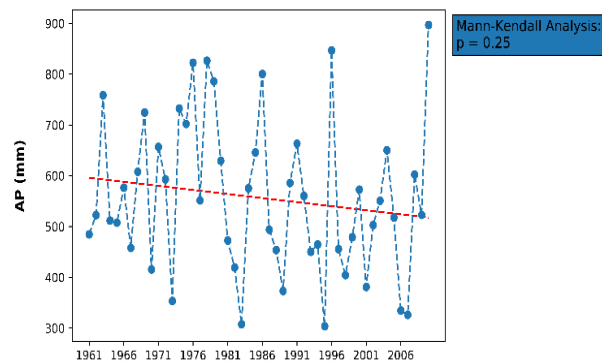
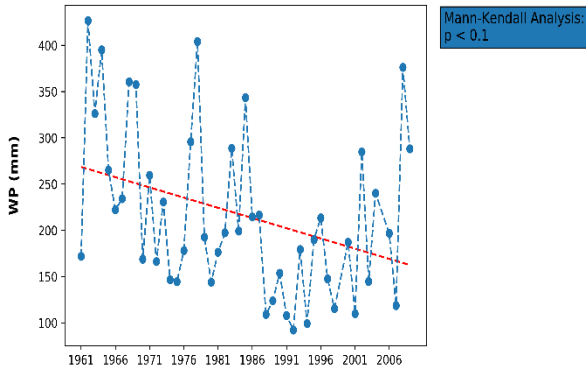
**Santa Lucia: Cumulato annuale di precipitazione (AP) 1961-2008****Simaxis: Cumulato annuale di precipitazione (AP) 1961-2010****Uras: Cumulato annuale di precipitazione (AP) 1961-2010**

Figura 7

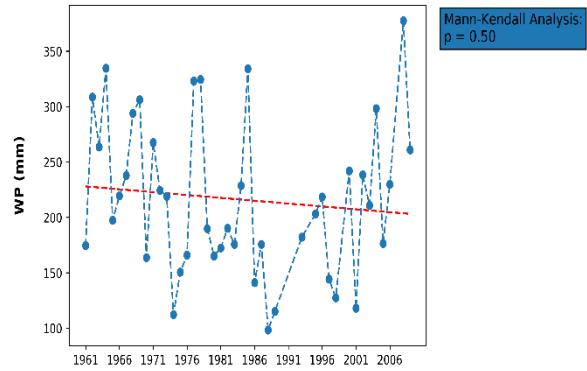
Per descrivere l'andamento delle precipitazioni in un dato lasso di tempo è necessario descrivere, oltre che il cumulato di precipitazione, anche la distribuzione delle precipitazioni durante l'anno. I due indici WP (Winter Precipitation) e SP (Summer Precipitation) descrivono l'andamento del cumulato medio delle precipitazioni nei periodi invernale ed estivo. In figura 8 l'andamento delle precipitazioni invernali è ovunque decrescente, e con trend significativo ad eccezione della sola stazione di Santa Giusta. Questo fatto significa che la riduzione delle precipitazioni fatto registrare nel periodo 1961-2010 nell'area di Oristano è da imputarsi principalmente alla riduzione delle precipitazioni del periodo invernale, cioè di quello più piovoso dopo quello autunnale. In figura 9 infatti si mostra l'andamento delle precipitazioni dei mesi di giugno, luglio e agosto, che sono diminuite solo a Santa Giusta e a Simaxis, e non in modo significativo.



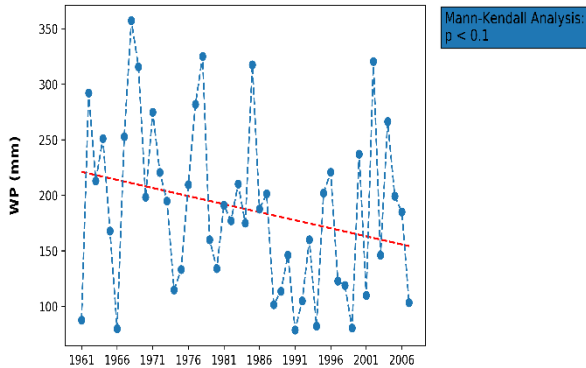
**Riola Sardo: Cumulato invernale di precipitazione (WP) 1961-2010**



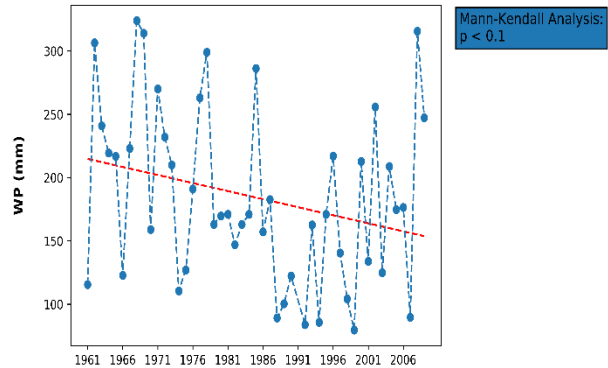
**Santa Giusta: Cumulato invernale di precipitazione (WP) 1961-2010**



**Santa Lucia: Cumulato invernale di precipitazione (WP) 1961-2010**



**Simaxis: Cumulato invernale di precipitazione (WP) 1961-2010**



**Uras: Cumulato invernale di precipitazione (WP) 1961-2010**

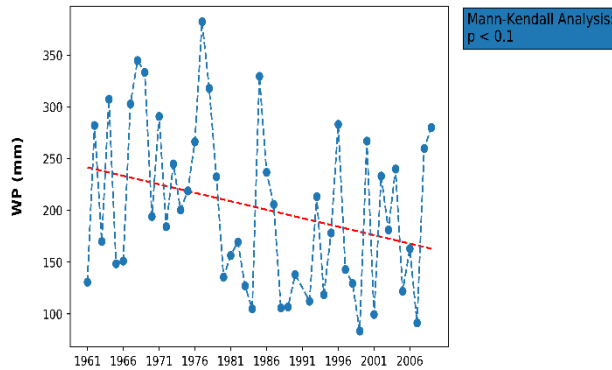
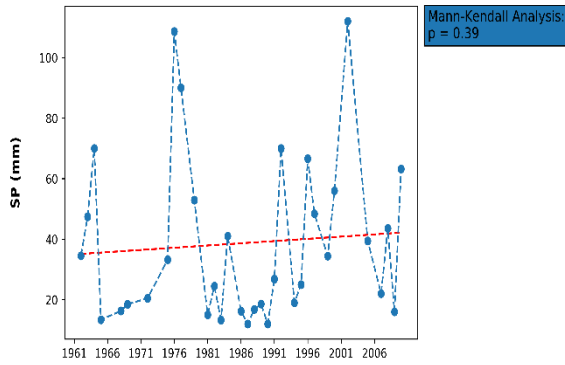


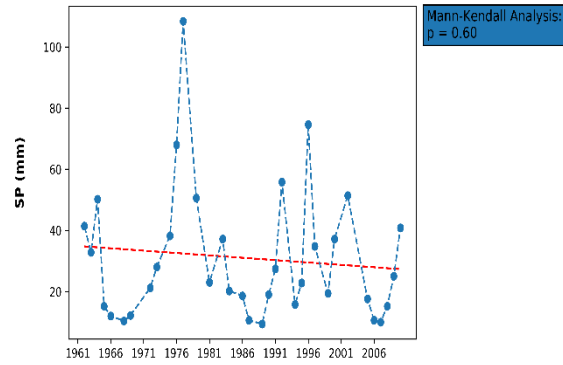
Figura 8



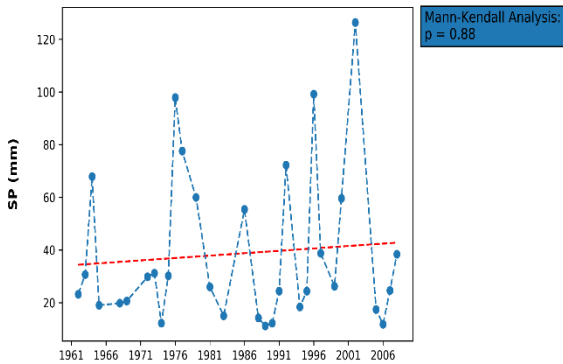
**Riola Sardo: Cumulato estivo di precipitazione (SP) 1961-2010**



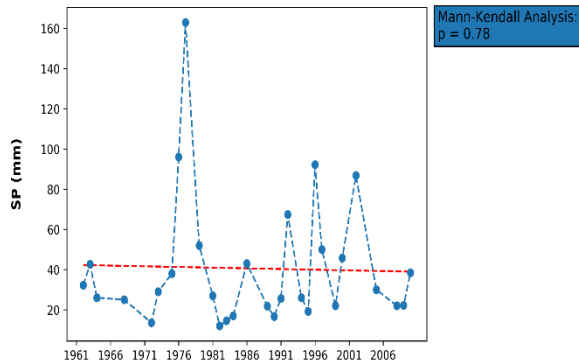
**Santa Giusta : Cumulato estivo di precipitazione (SP) 1961-2010**



**Santa Lucia: Cumulato estivo di precipitazione (SP) 1961-2008**



**Simaxis: Cumulato estivo di precipitazione (SP) 1961-2010**



**Uras: Cumulato estivo di precipitazione (SP) 1961-2010**

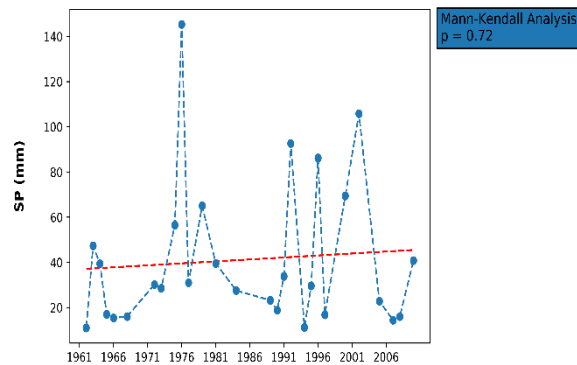


Figura 9

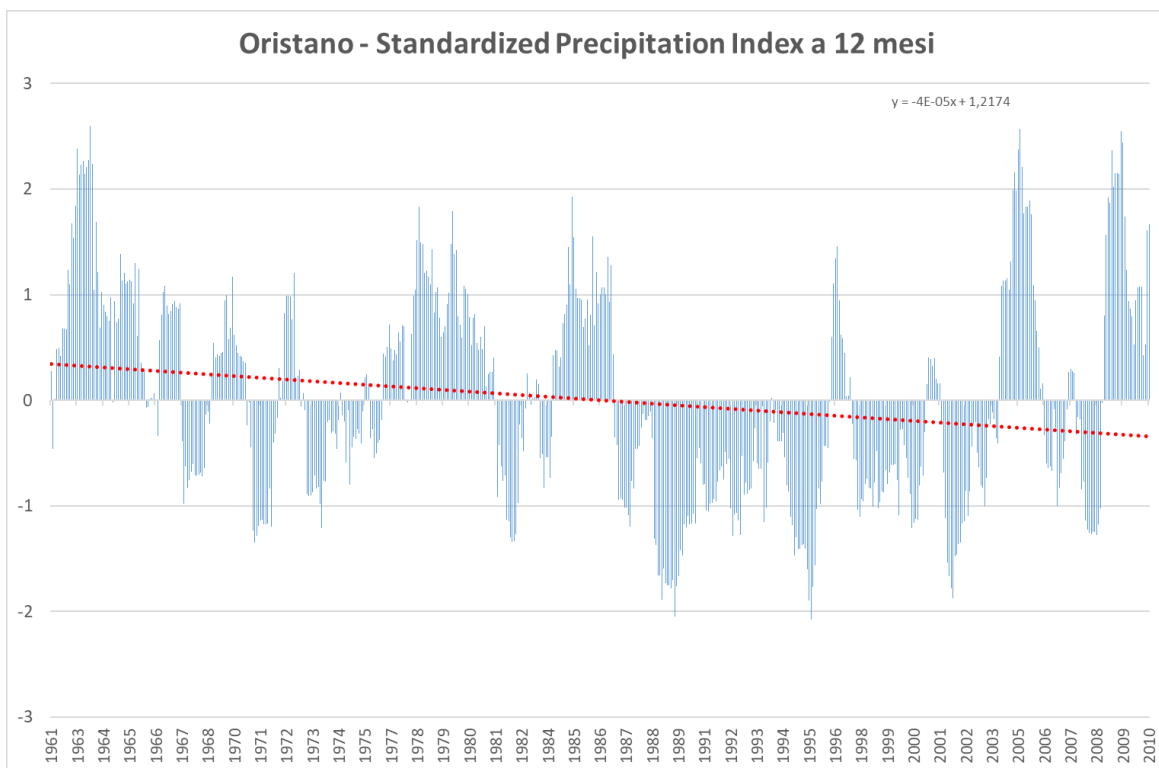
Uno degli aspetti più interessanti per valutare la assenza di pioggia e quindi la siccità cosiddetta “atmosferica”, che quindi non prende in considerazione le caratteristiche chimico-fisiche, morfologiche e di esposizione dei suoli, riguarda l’analisi dei periodi di mancanza di pioggia. Un indice riconosciuto internazionalmente e calcolato su differenti finestre temporali è lo SPI (Standardized Precipitation Index).





L'Indice Standardizzato di Precipitazione (McKee et al., 1993) è un indice che consente di quantificare il deficit di precipitazione su diverse scale temporali che tengano in considerazione l'impatto della siccità sulla disponibilità delle risorse idriche. Le condizioni d'umidità del suolo dipendono da anomalie di precipitazione su una scala temporale relativamente breve; invece, il sottosuolo, i fiumi, gli invasi, riflettono anomalie di precipitazione a lungo termine. Per questa ragione, lo SPI viene calcolato per scale temporali di 3, 6, 12, 24 e 48 mesi. Il calcolo dell'indice necessita solo di dati pluviometrici ed è effettuato considerando l'anomalia di precipitazione rispetto al valore medio per una data scala temporale diviso la sua deviazione standard.

Poiché la precipitazione non ha una distribuzione normale, almeno per scale temporali minori di un anno, la variabile viene "aggiustata" in modo che lo SPI abbia una distribuzione gaussiana con media pari a zero e deviazione standard pari a uno. I valori dell'indice vanno da valori positivi >2 (condizioni di elevata o estrema umidità) a valori negativi <-2, che indicano condizioni estreme di siccità).



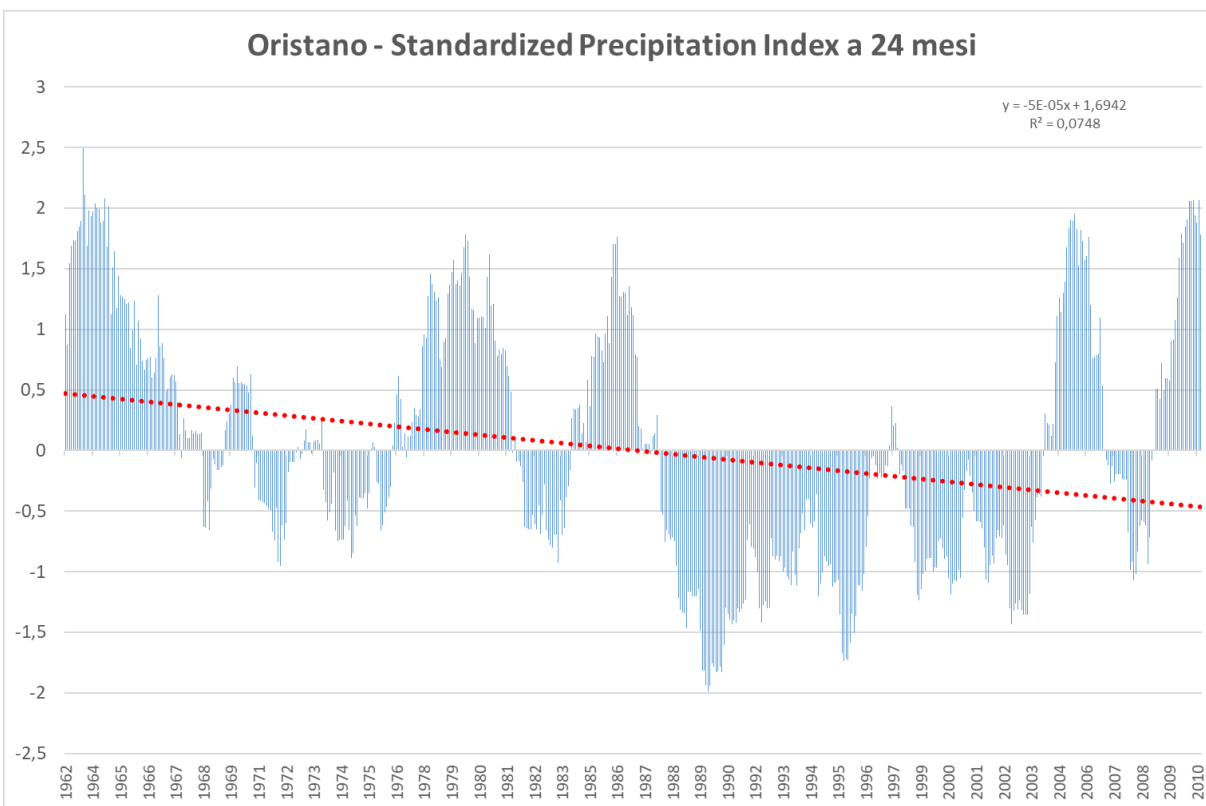


Figura 10

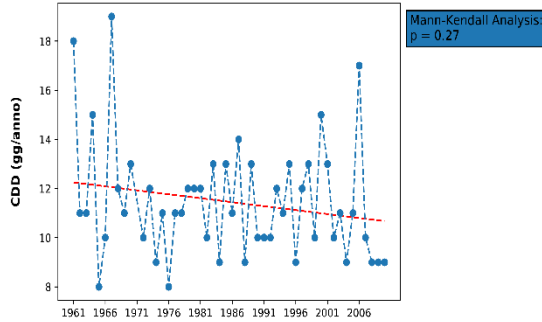
L'analisi dei valori dell'indice calcolato con periodi minimi compresi tra un anno fino a 24 e 48 mesi (figura 10) per la stazione meteorologica di Santa Lucia mostra un trend negativo per il periodo considerato 1961-2010.

Per omogeneità di descrizione dei fenomeni insita nel progetto Adapt e utilizzati anche per lo studio delle caratteristiche climatiche delle città di Alghero e di Sassari, si è fatto ricorso anche all'indice CDD (Consecutive Dry Days) ugualmente utile per individuare periodi caratterizzati da assenza di precipitazioni.

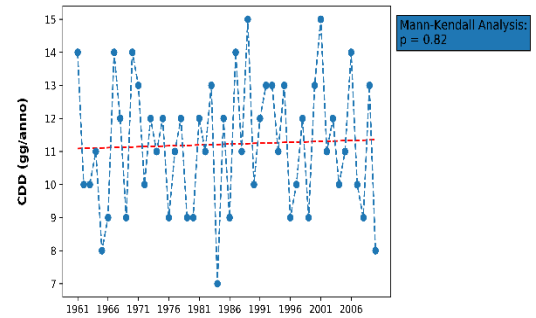
L'indice è calcolato attraverso il conteggio del numero di giorni consecutivi con precipitazioni di almeno 1 mm/giorno (soglia stabilita per convenzione), di cui si prende in considerazione il valore massimo per ciascun anno. In figura 11 è mostrato l'andamento dell'indice CDD per le 5 stazioni oggetto di analisi, espresso in numero di giorni/anno.



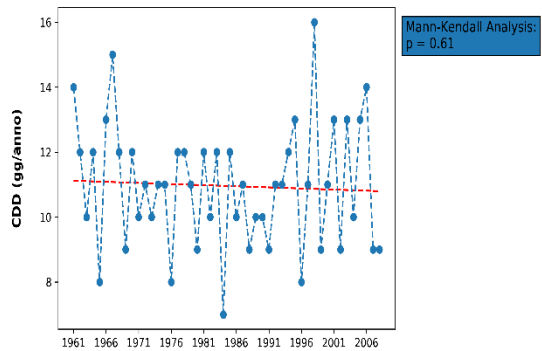
Riola Sardo: Media annuale del numero di giorni non piovosi consecutivi 1961-2010



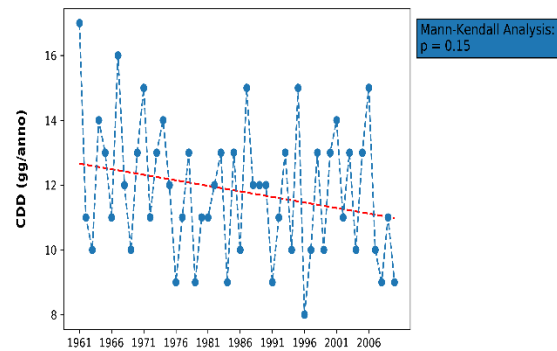
Santa Giusta : Media annuale del numero di giorni non piovosi consecutivi 1961-2010



Santa Lucia: Media annuale del numero di giorni non piovosi consecutivi 1961-2008



Simaxis: Media annuale del numero di giorni non piovosi consecutivi 1961-2010



Uras: Media annuale del numero di giorni non piovosi consecutivi 1961-2010

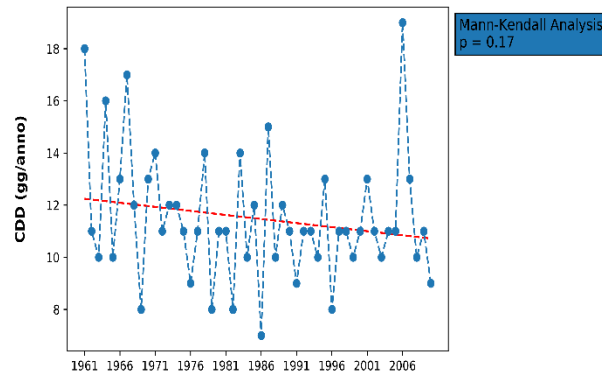


Figura 11

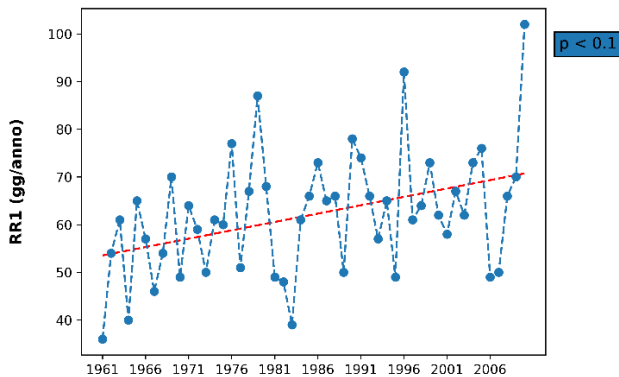
L'indice presenta valori con grande variabilità interannuale e scarsamente significativi dal punto di vista del possibile trend, come dimostrano i valori dell'indice p del Man-Kendall test. Si può concludere che ad annate più siccitose (cioè con periodi secchi *dry spells* più frequenti) si alternano annate con intervalli molto più brevi tra un evento piovoso ed il successivo, con elevata variabilità tra i minimi e i massimi.

Più interessante risulta l'analisi degli estremi di precipitazione e degli indici che ne descrivono le caratteristiche. In particolare, l'andamento del numero dei giorni piovosi (cioè il numero di giorni /anno

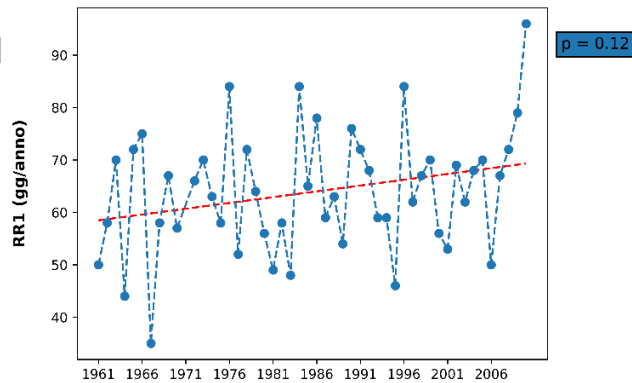


con precipitazioni maggiori o uguali a 1 mm), descritto dall'indice RR1, mostra come il numero di giorni piovosi, nonostante il decremento del cumulado medio annuo di precipitazione (indice AP, figura 7), presenti un andamento non univoco nell'area di Oristano, in alcuni casi crescente (Uras, Riola Sardo, Simaxis), mentre nei casi di Santa Giusta e di Santa Lucia decrescente. Vi è da osservare che l'andamento è statisticamente significativo solo per i dati calcolati per la stazione di Uras.

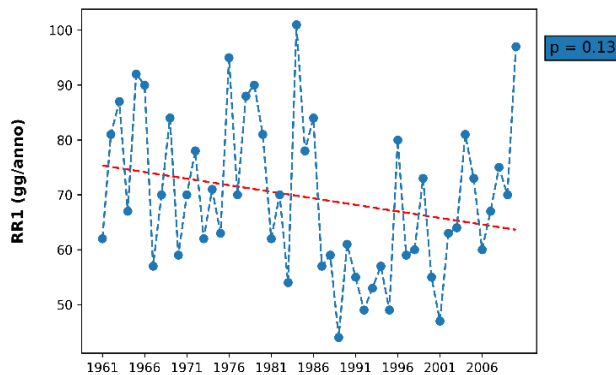
**Uras: Numero giorni per anno con precipitazione  $\geq 1$  mm 1961-2010**



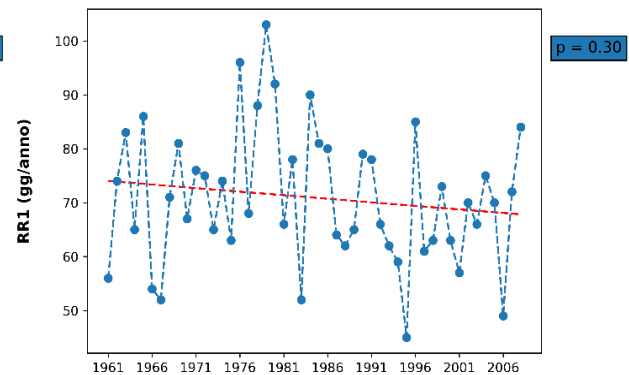
**Riola Sardo: Numero giorni per anno con precipitazione  $\geq 1$  mm 1961-2010**



**Santa Giusta : Numero giorni per anno con precipitazione  $\geq 1$  mm 1961-2010**



**Santa Lucia: Numero giorni per anno con precipitazione  $\geq 1$  mm 1961-2008**



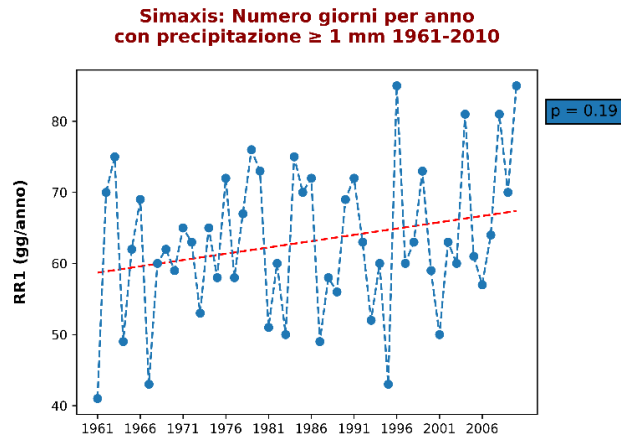


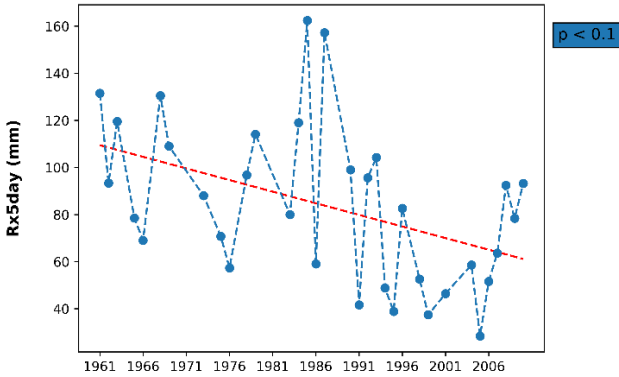
Figura 12

Anche il numero di episodi in un anno con almeno 5 giorni consecutivi di pioggia (indice RX5day) ha un andamento decrescente, sia come numero di episodi, sia come cumulo di pioggia di precipitazioni in giorni consecutivi, come si può vedere in figura 13.

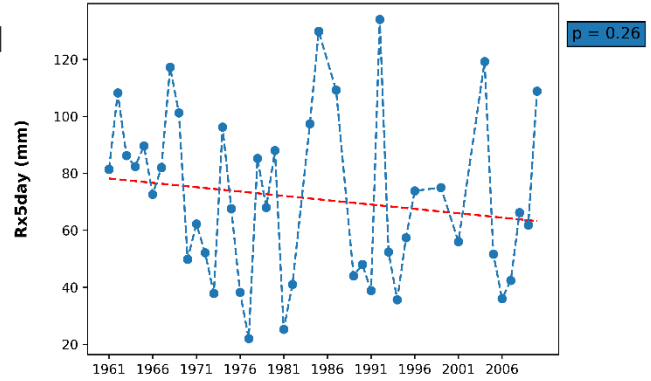
Questo fatto si può riscontrare per tutte le stazioni prese in considerazione per descrivere l'andamento delle precipitazioni nell'area di Oristano.



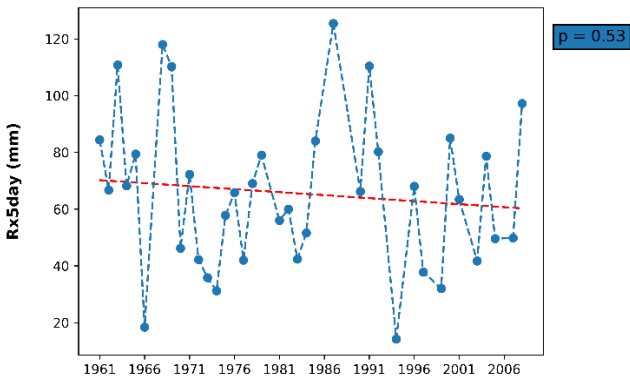
**Riola Sardo: Massimo annuale di precipitazione su almeno 5 giorni consecutivi 1961-2010**



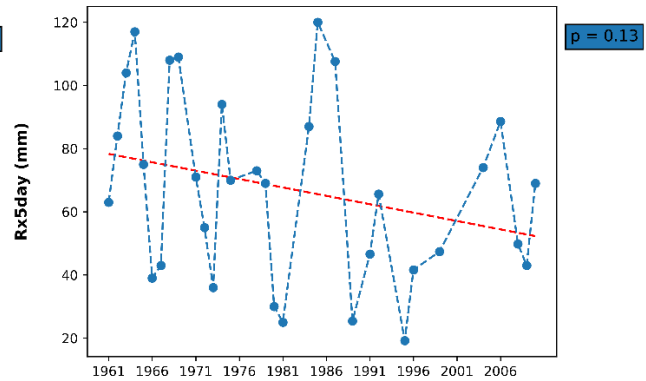
**Santa Giusta : Massimo annuale di precipitazione su almeno 5 giorni consecutivi 1961-2010**



**Santa Lucia: Massimo annuale di precipitazione su almeno 5 giorni consecutivi 1961-2008**



**Simaxis: Massimo annuale di precipitazione su almeno 5 giorni consecutivi 1961-2010**



**Uras: Massimo annuale di precipitazione su almeno 5 giorni consecutivi 1961-2010**

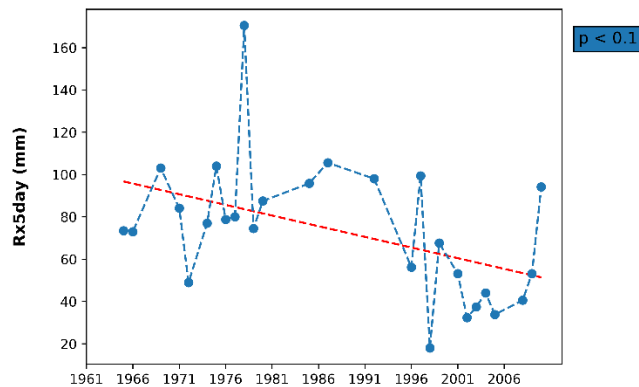


Figura 13

Una valutazione ulteriore è stata fatta attraverso l'indice R20 dell'ETCCDI utilizzato per individuare il numero di giorni/anno caratterizzati da eventi di precipitazione di almeno 20 mm nell'arco delle 24 ore.

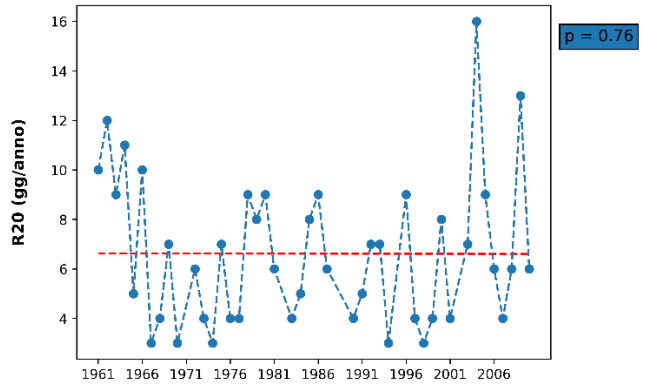
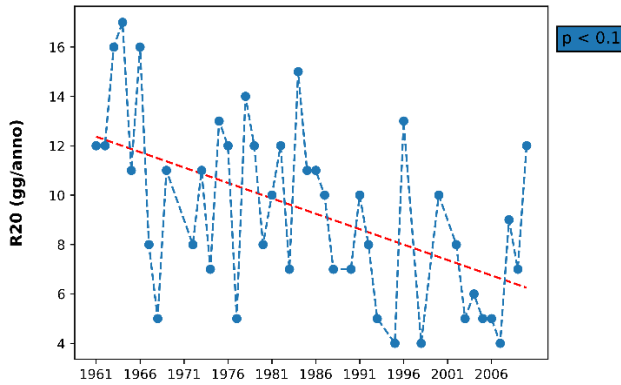


Come si può notare in figura 14, dai dati registrati nelle stazioni di Santa Giusta e Santa Lucia il numero di giornate piovose sta diminuendo o rimane più o meno costante, mentre per le stazioni di Riola Sardo, Simaxis e Uras l'andamento è decrescente, con significatività sufficiente per la stazione di Riola Sardo.

Quindi anche per quanto riguarda le giornate con abbondanti precipitazioni, l'andamento negli anni delle stazioni prese in considerazione non è univoco.

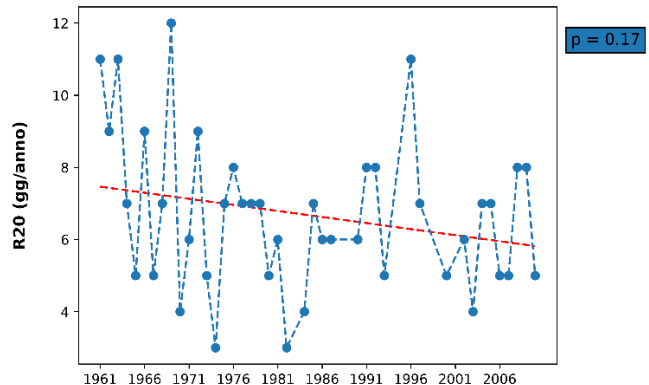
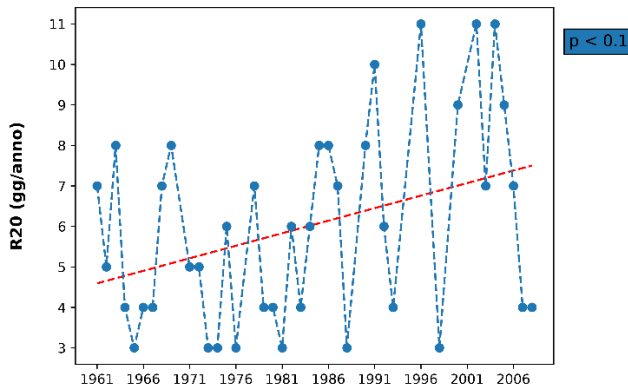
**Riola Sardo: Numero giorni piovosi per anno 1961-2010**

**Santa Giusta : Numero giorni piovosi per anno 1961-2010**



**Santa Lucia: Numero giorni piovosi per anno 1961-2008**

**Simaxis: Numero giorni piovosi per anno 1961-2010**



**Uras: Numero giorni piovosi per anno 1961-2010**

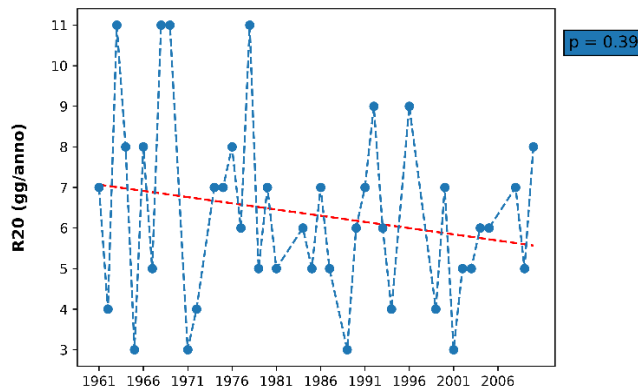


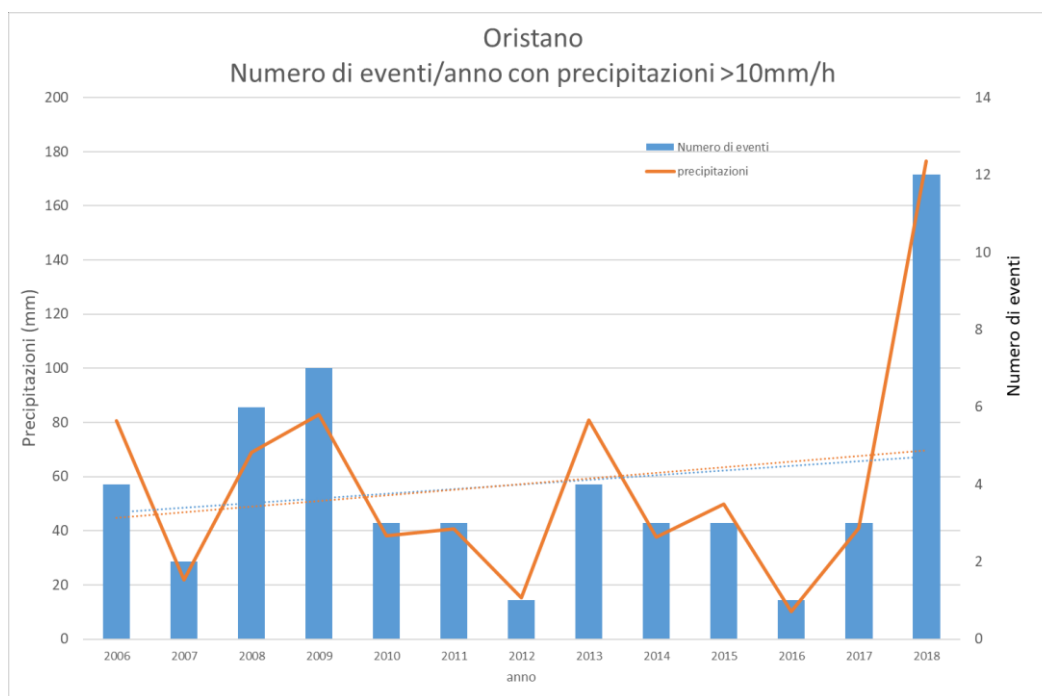
Figura 14



Uno studio più approfondito dell'andamento delle precipitazioni prevede l'analisi dei dati orari e consente di valutare l'andamento degli episodi intensi di pioggia. A tale scopo, sono stati presi in considerazione i dati orari di precipitazione di tre stazioni meteorologiche dell'area di studio, una ricadente in comune di Oristano, una situata in comune di Uras ed una in comune di Bauladu. In particolare, sono stati individuati gli eventi con intensità di precipitazione al di sopra di 10 mm/h, ritenuta in bibliografia una precipitazione di media/elevata intensità.

L'analisi dei dati orari di precipitazione delle tre stazioni prese in considerazione, come si può notare in figura 15, dimostra come nel periodo 2006-2018 è cresciuto sia il numero di eventi intensi (istogrammi blu), sia la quantità di pioggia caduta sotto forma di precipitazione intensa (linea arancione).

Purtroppo, la mancanza di serie di dati su scala oraria sufficientemente lunghe non consente un'analisi più significativa dal punto di vista climatico. Resta comunque un dato interessante il fatto che il numero di eventi intensi di precipitazione sia cresciuto negli ultimi 13 anni ed il loro cumulo rappresenti una quota maggiore delle precipitazioni totali annuali.





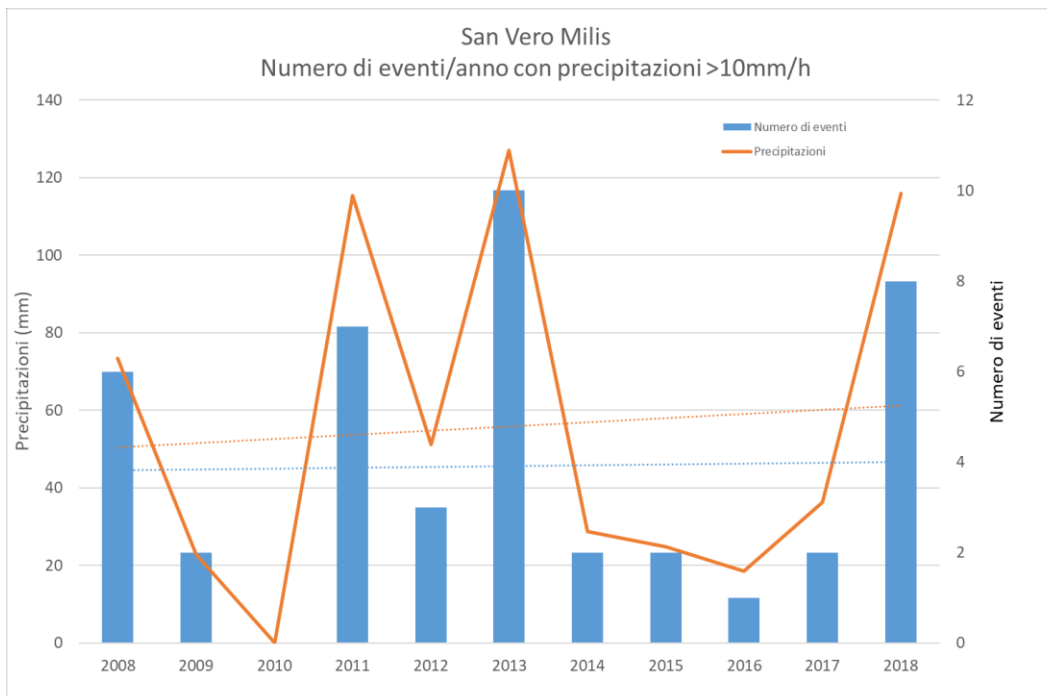
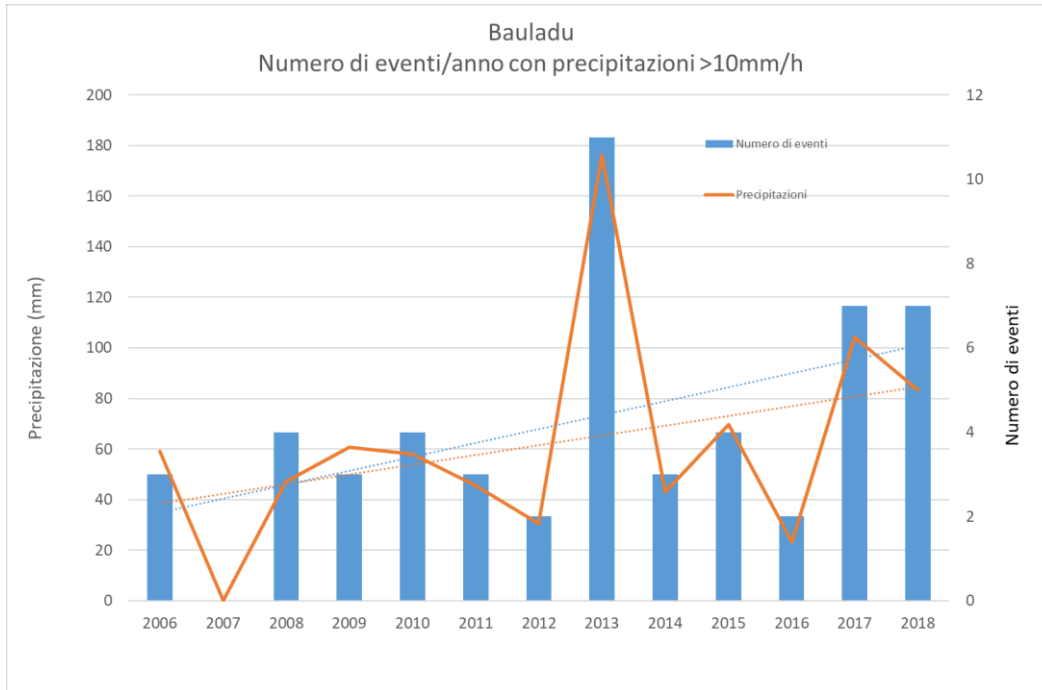


Figura 15



# Interreg



UNIONE EUROPEA

## MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



### Considerazioni sulla situazione climatica, 1961-2010

In sintesi, si rileva che:

- In base all'analisi dei dati relativi al periodo 1961-2010 emerge una riduzione delle precipitazioni annuali, accompagnati anche da un aumento delle temperature sia nei valori massimi sia nei valori minimi e del conseguente aumento delle ondate di calore e delle notti tropicali. Questo è vero praticamente per tutti i dati relativi alle stazioni prese in considerazione.
- Per quanto riguarda le precipitazioni, se è vero che il cumulato annuale sta diminuendo nell'ordine di grandezza della regione mediterranea, è vero anche che le precipitazioni caratterizzate da quantitativi giornalieri elevati (indicatore R20) presentano andamenti non omogenei, mentre il numero di eventi con almeno 5 giorni consecutivi di pioggia (Rx5day) mostrano lo stesso andamento decrescente per tutte le stazioni. Non è pertanto semplice dare un significato statistico univoco alla distribuzione delle precipitazioni per l'area di Oristano, per cui ad eventi con cumulati elevati non sempre si accompagnano eventi intensi di precipitazione
- L'analisi dei dati orari delle tre stazioni meteorologiche considerate mostra come gli eventi di precipitazione con intensità  $>10$  mm/h stanno aumentando nel numero e nella quantità di pioggia.



# Interreg



## MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## Analisi degli scenari climatici futuri

Al fine di valutare l'impatto dei cambiamenti climatici nel territorio del comune di Oristano, tra le diverse soluzioni che potevano essere adottate, si è fatto ricorso ai dati dei modelli climatici messi a disposizione dalla piattaforma Euro-Cordex, creata dalla Task Force for Regional Climate Downscaling del World Climate Research Programme ([www.eurocordex.net](http://www.eurocordex.net)).

L'interfaccia creata con l'iniziativa di CORDEX fornisce un semplice accesso ai dati climatici a coloro che desiderino utilizzare le simulazioni climatiche per studi di impatto, di adattamento e di mitigazione. Gli ensemble delle simulazioni di diversi modelli sono calcolati su un grigliato con una risoluzione di circa 12 km (0.11 gradi), prendendo in considerazione diversi scenari caratterizzati da valori diversi di *representative concentration pathways*, cioè concentrazioni crescenti di emissioni di gas climalteranti e quindi di energia radiativa (tipicamente 2.6, 4.5, 6.5 e 8.5 W/m<sup>2</sup>).

Nel nostro studio sul clima di Oristano, in particolare, sono stati scelti due modelli e due scenari per ciascun modello, i modelli sono stati scelti in base alla completezza degli scenari disponibili (non tutti i modelli in EUROCORDEX presentano tutti gli scenari e gli RCP possibili) e ai periodi delle proiezioni riportate (alcuni modelli arrivano solo al 2050, per esempio).

Il primo modello è stato messo a punto dall'Institute Pierre Simone Laplace francese (da qui in avanti chiamato con l'acronimo ISPLA\_CM5A o CM5A) mentre il secondo modello è stato realizzato dall'Istituto Meteorologico Nazionale della Danimarca, noto con l'acronimo DIM\_HIRHAM o Hirham.

Di entrambi i modelli sono stati scelti due scenari con differenti RCP di 4.5 W/m<sup>2</sup> e 8.5 W/m<sup>2</sup>. I modelli sono stati inizializzati partendo dai dati della baseline climatica 1986-2018 e sono stati *bias corrected* per omogeneizzare il risultato relativo alla Regione Euro-mediterranea prima del loro inserimento all'interno della piattaforma Euro-Cordex. Rispetto ai dati originali, è stato effettuato un downscaling statico per l'area del comune di Oristano, prendendo in considerazione i dati relativi a 6 pixel nei quali si può inscrivere il territorio del comune. I dati provenienti dai sei pixels sono stati successivamente mediati per facilità di calcolo. **Gli scenari climatici futuri coprono il periodo 2020-2070, ma sono stati considerati due sub-periodi differenti, uno relativo al periodo 2020-2040 ed uno al periodo 2041-2070.** Le grandezze considerate sono la temperatura nei valori massimi e minimi giornalieri, e le precipitazioni giornaliere.

In figura 16 è riportato il confronto tra la baseline climatica 1986-2018 utilizzata per gli scenari climatici futuri, ed infine i risultati della elaborazione del modello IPSL\_CM5A al 2020-2040 e al periodo 2041-2070 per entrambe gli scenari RCP 4,5 e 8,5. Come si può notare, vi è in entrambi gli scenari un aumento delle temperature sia nei valori minimi sia in quelli massimi, con condizioni più severe per il periodo 2041-2070 e il RCP 8,5. Le differenze di temperatura rispetto al clima di riferimento 1986-2018, come mostrato in tabella 1, raggiungono valori di +0,7 e +0,6 gradi sia per le minime sia per le massime al 2040, e i +2,4 e +2,6°C per entrambi i valori al 2070. Questa tendenza è confermata anche dai valori dello scenario RCP 8,5 con un aumento previsto della temperatura nei valori minimi e massimi al 2070 di +3,3 e +3,5 °C, rispettivamente.

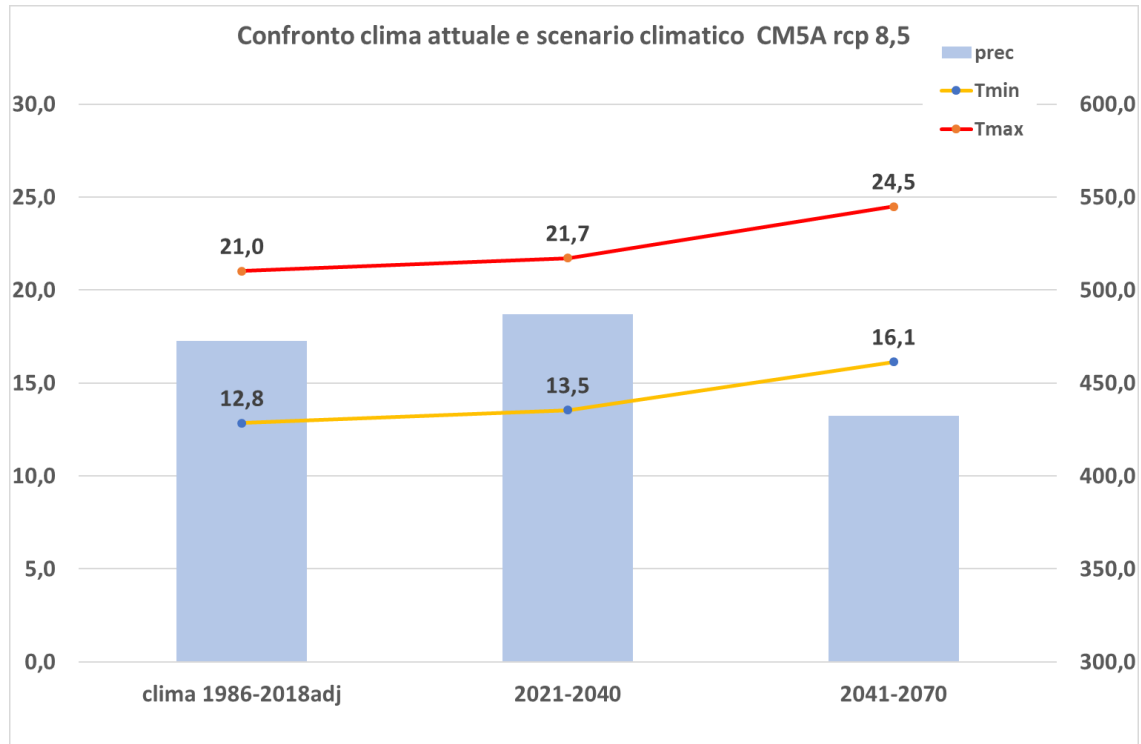
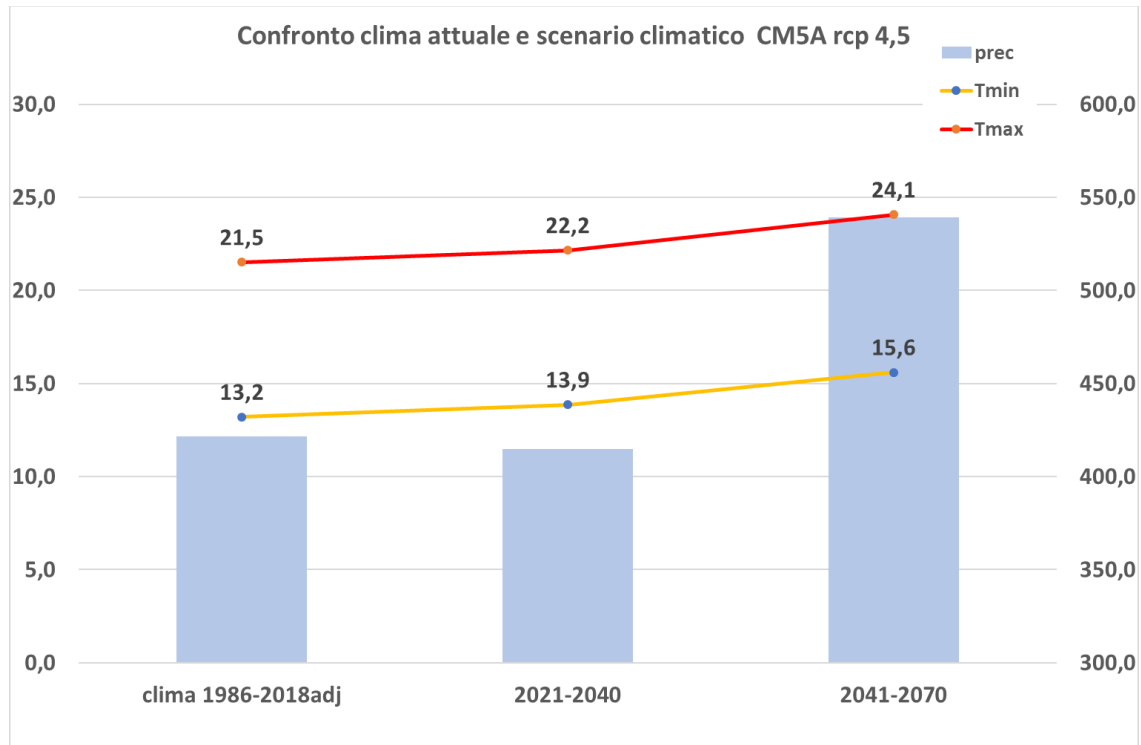


Figura 16 – Scenario climatico dell’Institute Pierre Simone Laplace CM5A per i periodi 2020-40 e 2041-70 per i due scenari RCP 4.5 e 8.5 W/m<sup>2</sup>.



	CM5A rcp 4,5			CM5A rcp 8,5		
	Tmin	Tmax	prec	Tmin	Tmax	prec
clima 1986-2018adj	13,2	21,5	421,8	12,8	21,0	472,7
2021-2040	13,9	22,2	414,9	13,5	21,7	486,9
2041-2070	15,6	24,1	539,1	16,1	24,5	432,4
diff_clima_adj-40	0,7	0,6	-6,9	0,7	0,7	14,2
diff_clima_adj-70	2,4	2,6	117,4	3,3	3,5	-40,3

Tabella 1. Valori di temperatura minima e massima, e precipitazione previsti al 2040 e al 2070 per gli scenari RCP 4,5 e 8,5 per la zona di Oristano rispetto alla baseline climatica 1986-2018 secondo il modello CM5A.

Più controverse appaiono le proiezioni per le precipitazioni, sia per quanto riguarda l'entità sia rispetto al segnale delle variazioni. Infatti, il modello CM5A non prevede per lo scenario RCP 4,5 al 2040 un cambiamento, mentre al 2070 è indicato un aumento di 117 mm rispetto ai cumulati annui medi del periodo climatico di partenza. Lo scenario rcp8,5 mostra un comportamento per le precipitazioni esattamente opposto, con un leggero aumento al 2040, e una riduzione di circa - 8.5%.

Il modello Hirham (v. figura 17) mostra nei due scenari RCP 4,5 e 8,5 un aumento delle temperature sia nei valori minimi sia nei massimi, ma non così severo come invece gli scenari proposti dal modello CM5A, mentre infatti quest'ultimo modello prevedeva per lo scenario forzante radiativa maggiore RCP 8,5 un aumento di 3,2 e 3,5 °C per le temperature minime e le temperature massime, rispettivamente, il modello Hirham (v. Tabella 2) al 2070 mostra una differenza con la baseline climatica *bias adjusted* 1986-2018 di 2,7°C per le temperature minime e di 2,1 °C per le temperature massime nello scenario più estremo RCP 8,5. Anche le variazioni nei cumulati di precipitazioni sono inferiori, non arrivando mai al 10%, con un massimo di circa 30 mm rispetto ai valori del periodo 1986-2018.

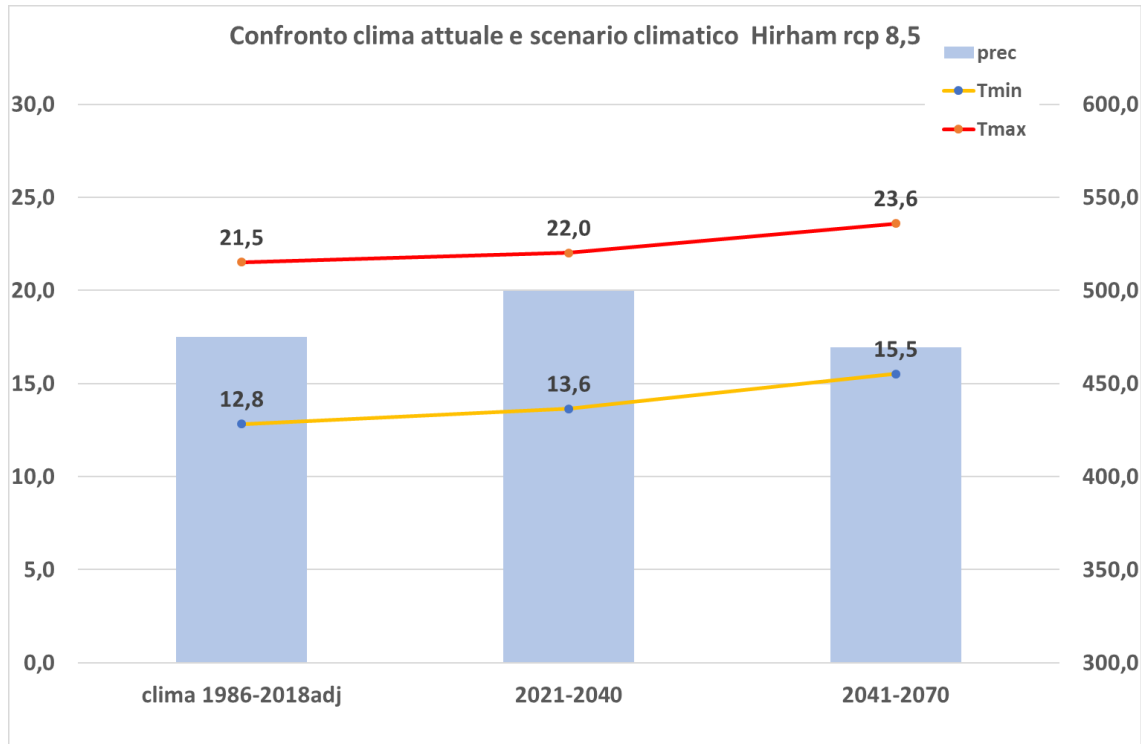
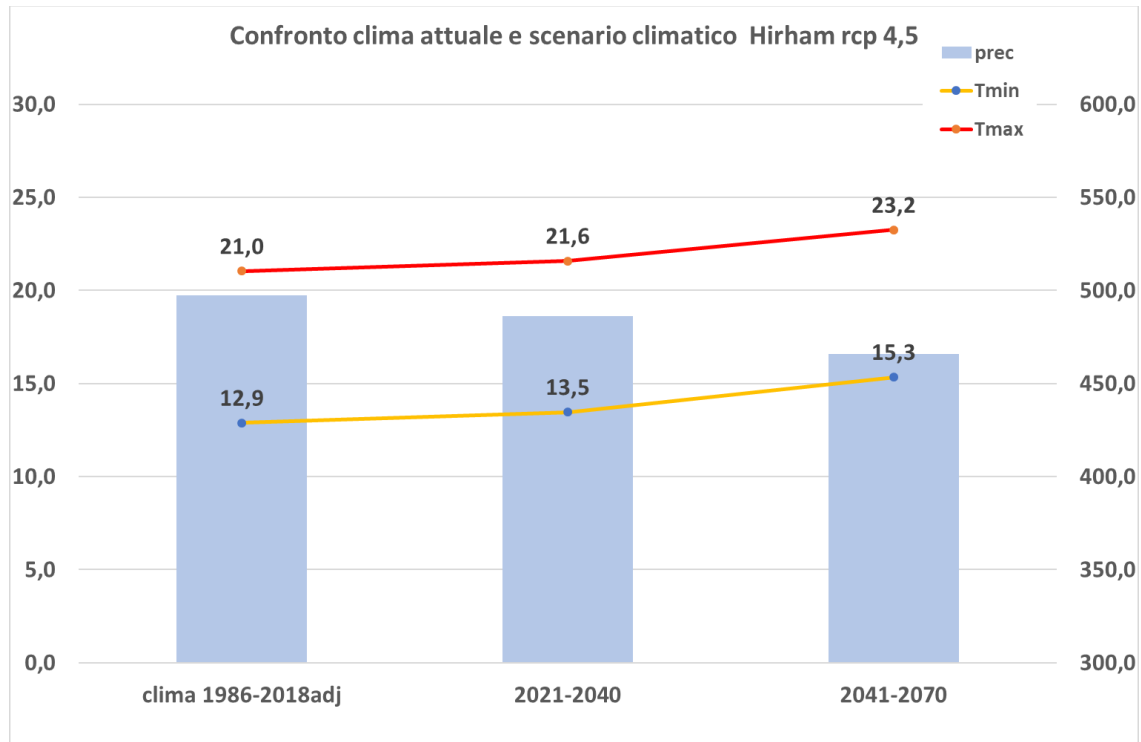


Figura 17 – Scenario climatico del Denmark Institute for Meteorology Hirham per i periodi 2020-40 e 2041-70 per i due scenari RCP 4.5 e 8.5 W/m<sup>2</sup>.



	Hirham-4,5			Hirham-8,5		
	Tmin	Tmax	prec	Tmin	Tmax	prec
<b>clima 1986-2018adj</b>	12,9	21,0	497,1	12,8	21,5	475,0
<b>2021-2040</b>	13,5	21,6	486,4	13,6	22,0	499,8
<b>2041-2070</b>	15,3	23,2	465,8	15,5	23,6	469,3
<b>diff_clima_adj-40</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>-10,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,5</b>	<b>24,9</b>
<b>diff_clima_adj-70</b>	<b>2,5</b>	<b>2,2</b>	<b>-31,4</b>	<b>2,7</b>	<b>2,1</b>	<b>-5,7</b>

Tabella 1. Valori di temperatura minima e massima, e precipitazione previsti al 2040 e al 2070 per gli scenari RCP 4,5 e 8,5 per la zona di Oristano rispetto alla baseline climatica 1986-2018 secondo il modello Hirham.



# Interreg



UNIONE EUROPEA

## MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



# Analisi degli estremi climatici e degli indici di cambio climatico

## Analisi degli scenari delle temperature

L'analisi degli scenari climatici futuri, oltre che attraverso l'analisi dell'andamento delle temperature massime, minime e delle precipitazioni già vista, può avvenire attraverso il calcolo e l'analisi di alcuni indici che consentono di individuare estremi climatici con impatti di vario significato.

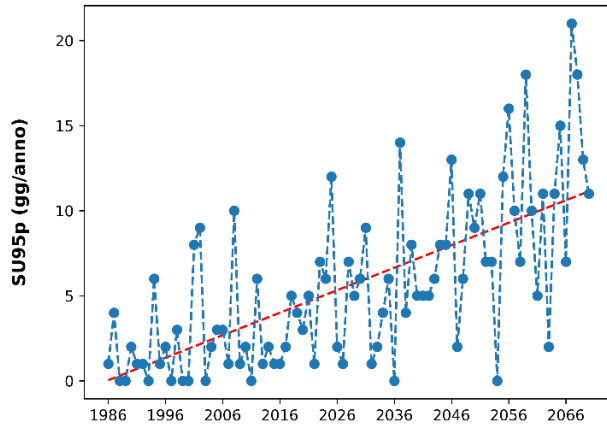
Per quanto riguarda le temperature massime, uno degli indicatori maggiormente utilizzato prende in considerazione il numero di giorni/anno con temperature  $\geq 35^{\circ}\text{C}$ , che individuano le cosiddette "ondate di calore". Come si può notare in figura 18, vi è un generale aumento del numero di giorni con temperature massime superiori a  $35^{\circ}\text{C}$  che, nonostante la grande variabilità interannuale, presentano un andamento crescente, molto marcato soprattutto per il trentennio 2041-2070. Lo stesso andamento si può riscontrare nello scenario più severo RCP 8,5, come mostrato in figura 19, dove si passa complessivamente da 7 a 10 gg/anno con temperature superiori a  $35^{\circ}\text{C}$ , con picchi di 13 giorni/anno per il trentennio 2040/2070. Lo stesso andamento mostrano le simulazioni del modello Hirham del Denmark institute for Meteorology, anche se il l'aumento delle temperature previsto è sicuramente meno evidente e così anche il numero di giorni/anno con temperature  $\geq 35^{\circ}\text{C}$ . anche per questo modello è confermata la notevole variabilità interannuale e la maggiore evidenza dei fenomeni estremi di temperatura per lo scenario RCP 8,5 con forzante radiativa superiore.





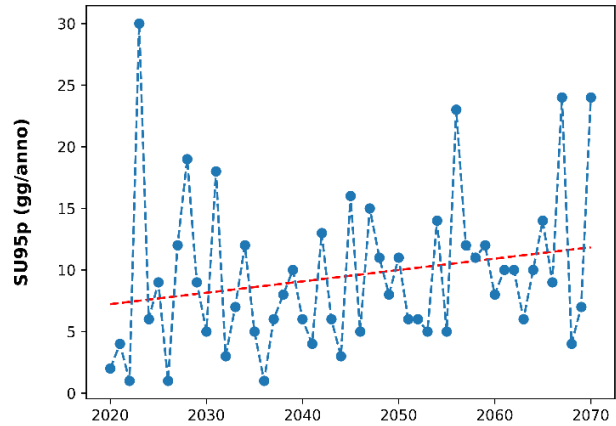
temp\_climaCM5A\_1986-2018\_rcp4,5

**Numero di giorni con  $T \geq 35^{\circ}\text{C}$  1986-2070**



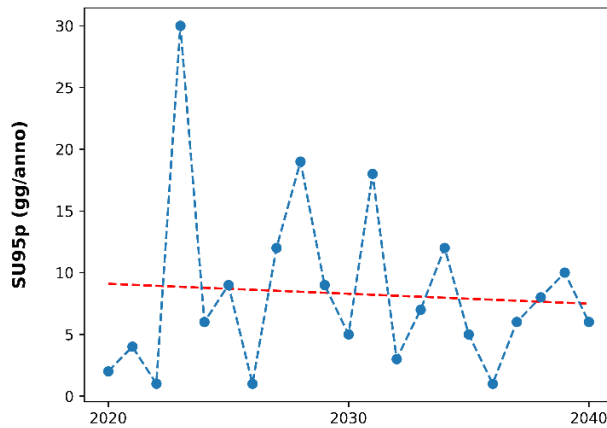
Temp\_scenarioCM5A\_2020-2070\_rcp 4.5

**Numero di giorni con  $T \geq 35^{\circ}\text{C}$  2020-2070**



Temp\_scenarioCM5A\_2020-2040\_rcp 4,5

**Numero di giorni con  $T \geq 35^{\circ}\text{C}$  2020-2040**



Temp\_scenarioCM5A\_2041-2070\_rcp 4,5

**Numero di giorni con  $T \geq 35^{\circ}\text{C}$  2041-2070**

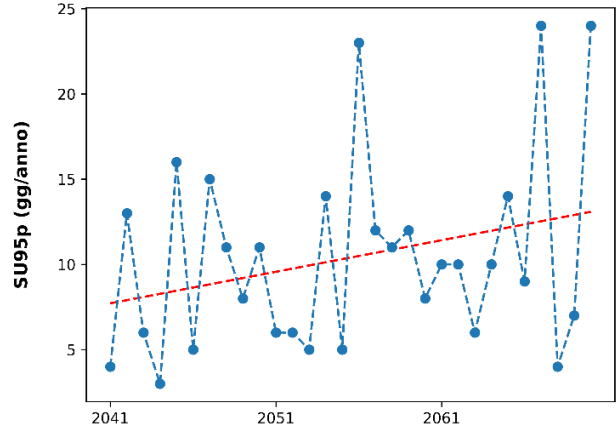


Figura 18 – Numero di giorni con  $T_{max} \geq 35^{\circ}\text{C}$  per il modello CM5A e RCP 4,5

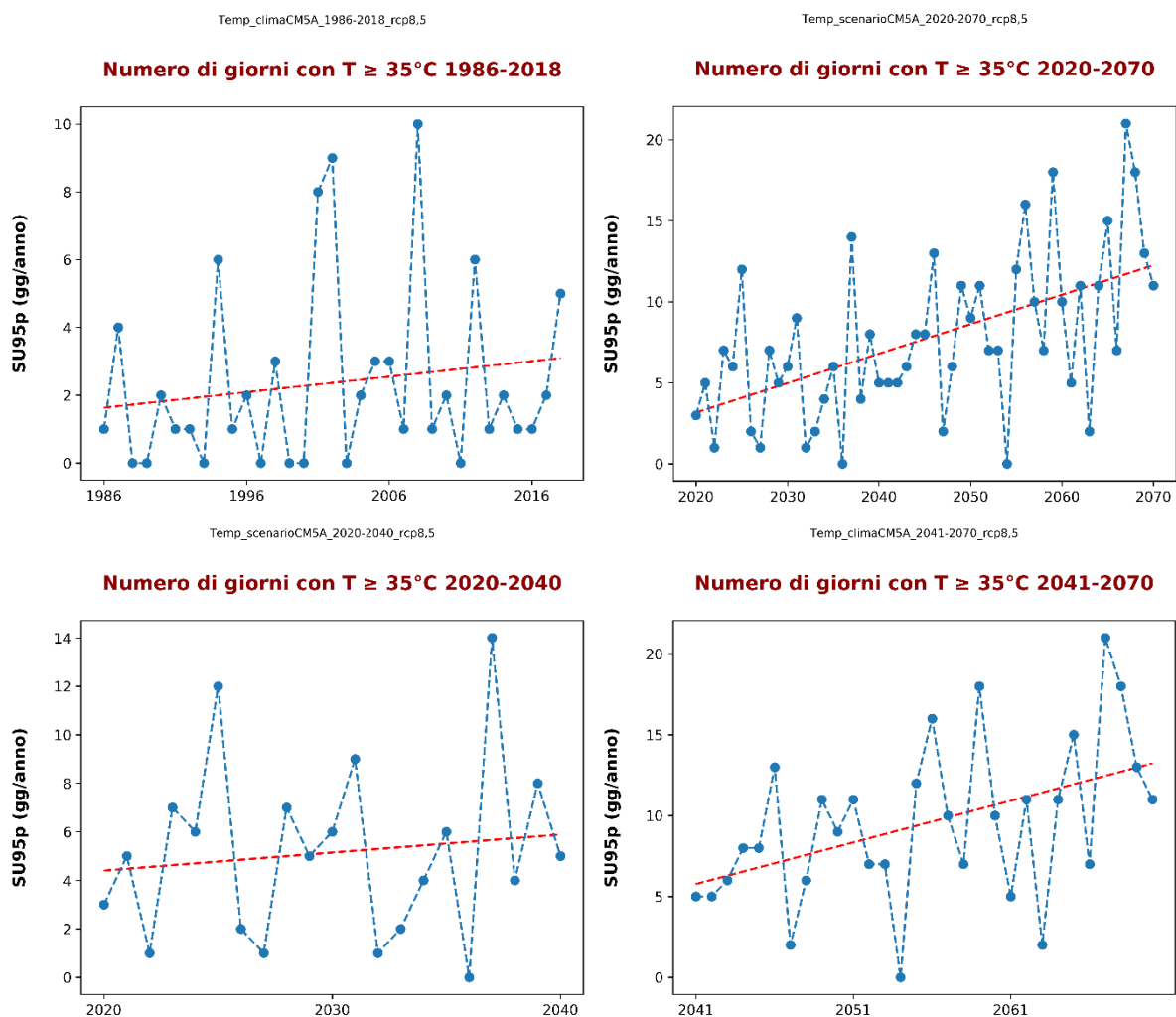


Figura 19 – Numero di giorni con  $T_{max} \geq 35^{\circ}\text{C}$  per il modello CM5A e RCP 8,5

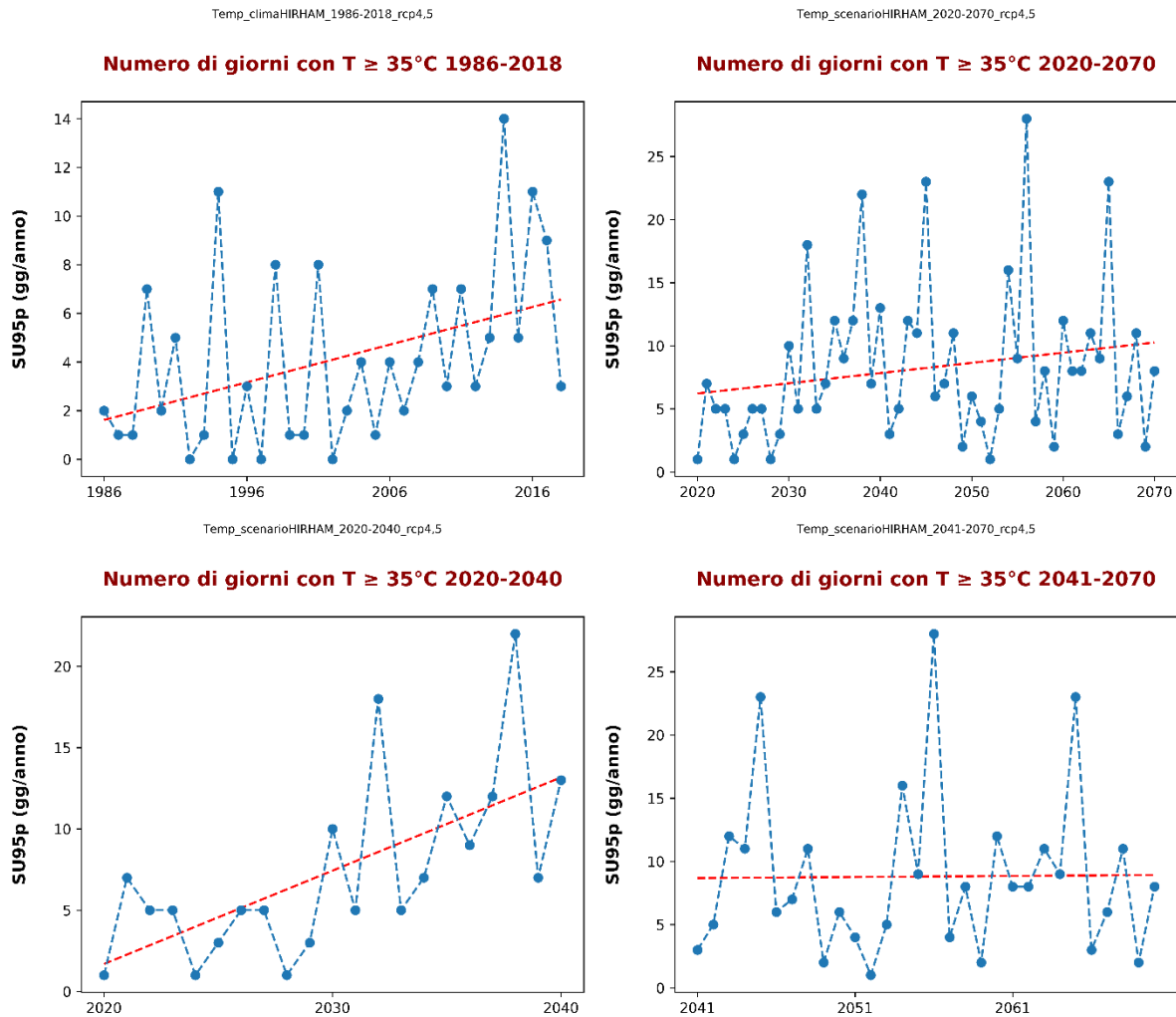


Figura 20 – Numero di giorni/anno con Tmax ≥ 35°C secondo il modello Hirham scenario RCP 4,5

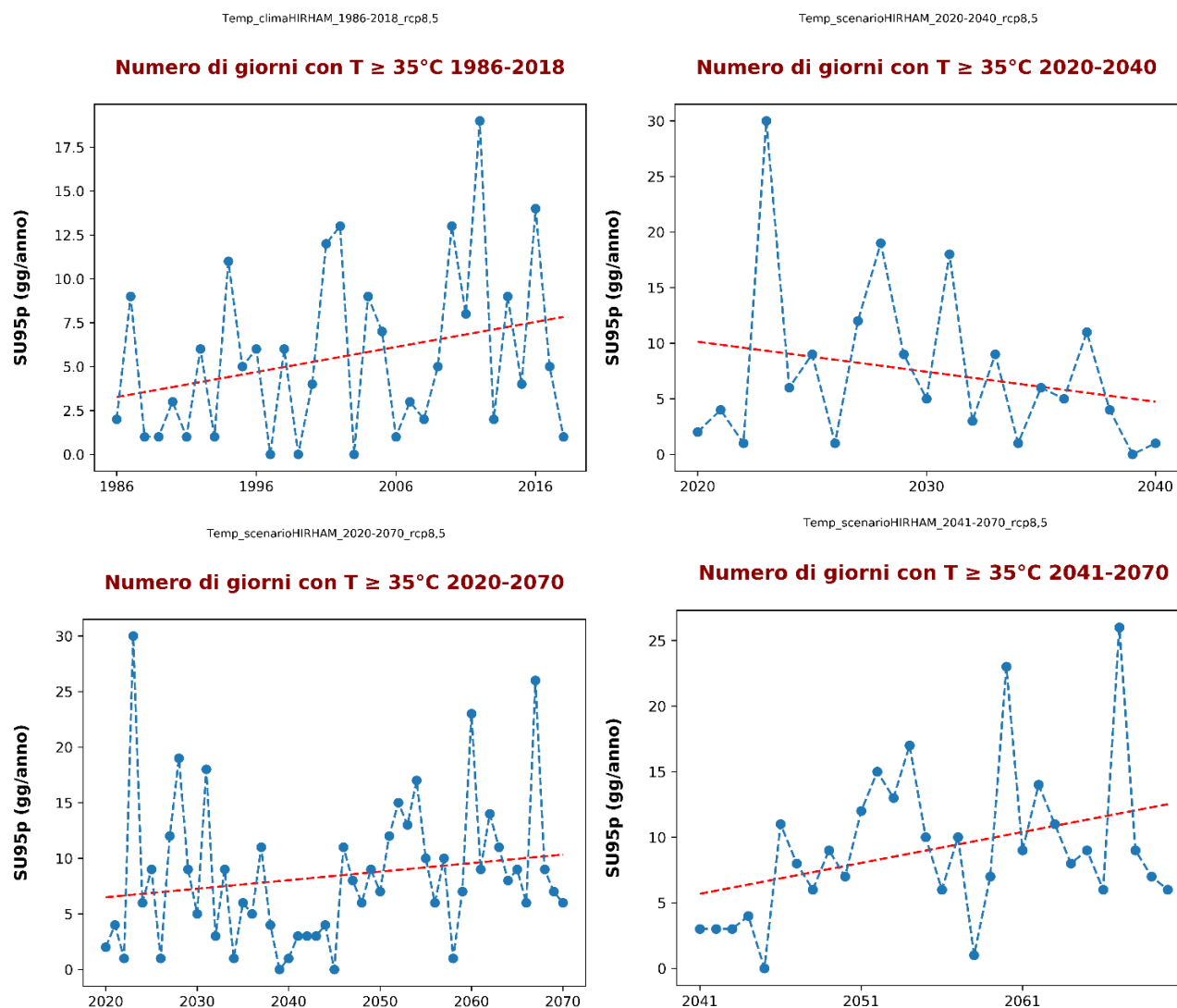


Figura 21 – Numero di giorni/anno con Tmax ≥ 35°C secondo il modello Hirham scenario RCP 8,5

Nello stesso modo, appare interessante il calcolo e l'analisi dell'indicatore che riassume il numero di giorni di gelo (FD), cioè il numero di giorni/anno con temperature ≤ 0°C. Come si può notare in figura 22 e 23, in cui sono mostrati i risultati per il modello CM5A e gli scenari RCP 4,5 e 8,5 rispettivamente, man mano che la temperatura aumenta diminuiscono i giorni in cui le temperature eguagliano o scendono al di sotto della soglia di 0°C, fino a scomparire completamente nello scenario al 2070 con RCP 8,5. Altrettanto si può osservare in figura 24 e 25 per il modello Hirham e gli scenari RCP 4,5 e 8,5, con una riduzione progressiva di giorni/anno con temperature minime inferiori o uguali a 0 °C. Unica eccezione è lo scenario previsto per il periodo 2041-2070, in cui il modello prevede qualche episodio di giornate di gelo.

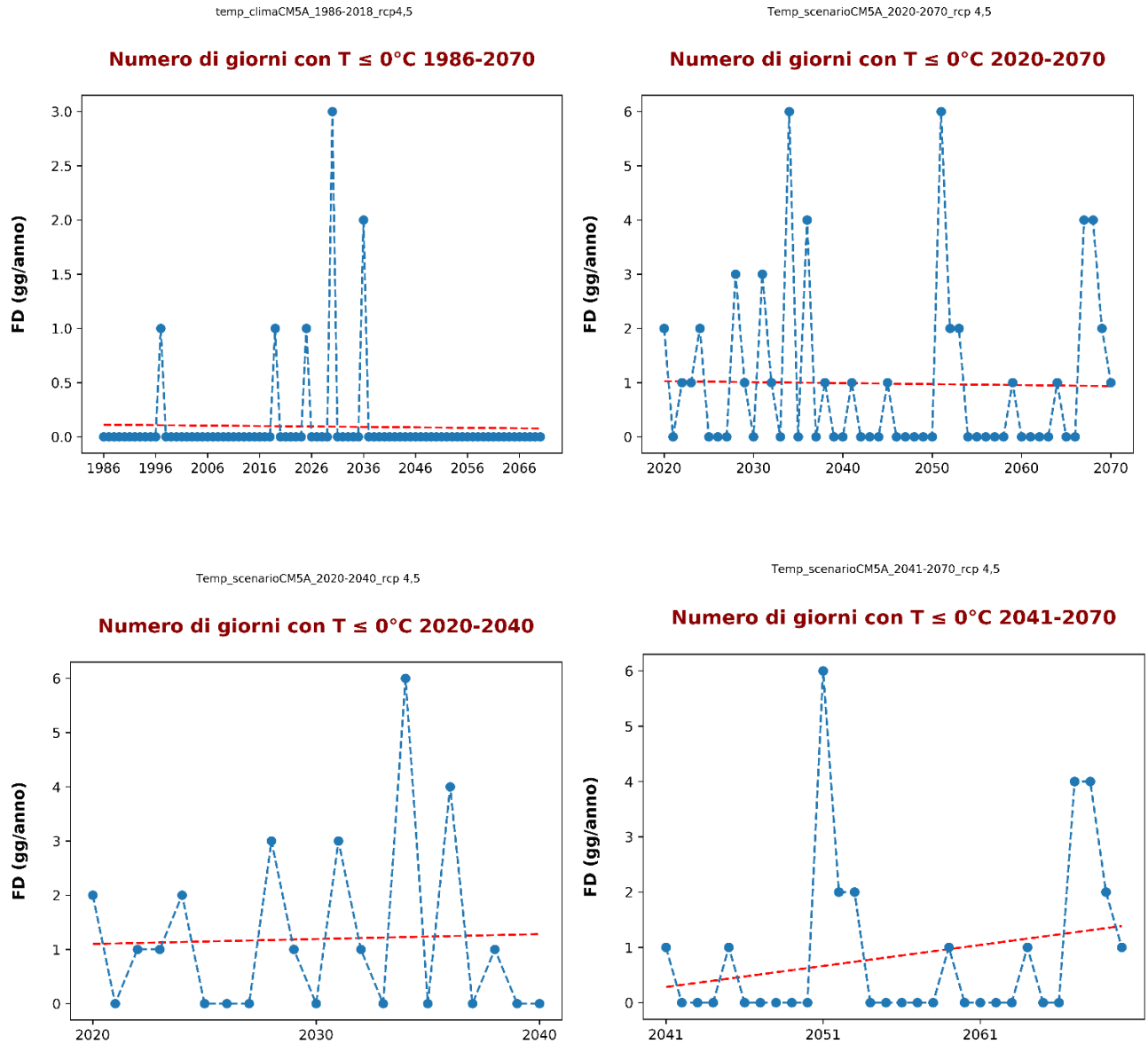


Figura 22- Numero di giorni/anno con temperature minime  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  secondo il modello CM5A e scenario RCP 4,5

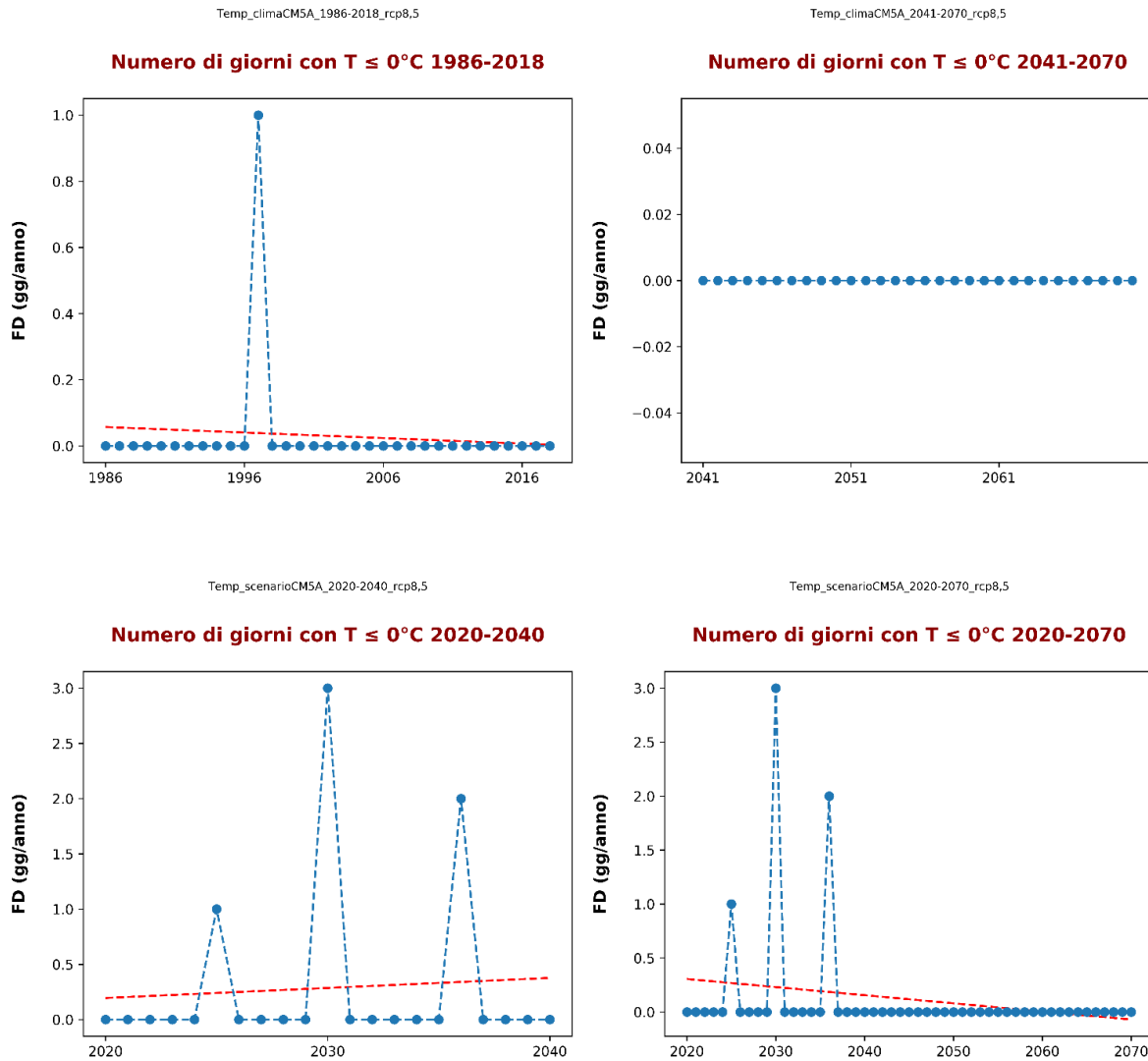


Figura 23 - Numero di giorni/anno con temperature minime  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  secondo il modello CM5A e scenario RCP 8,5

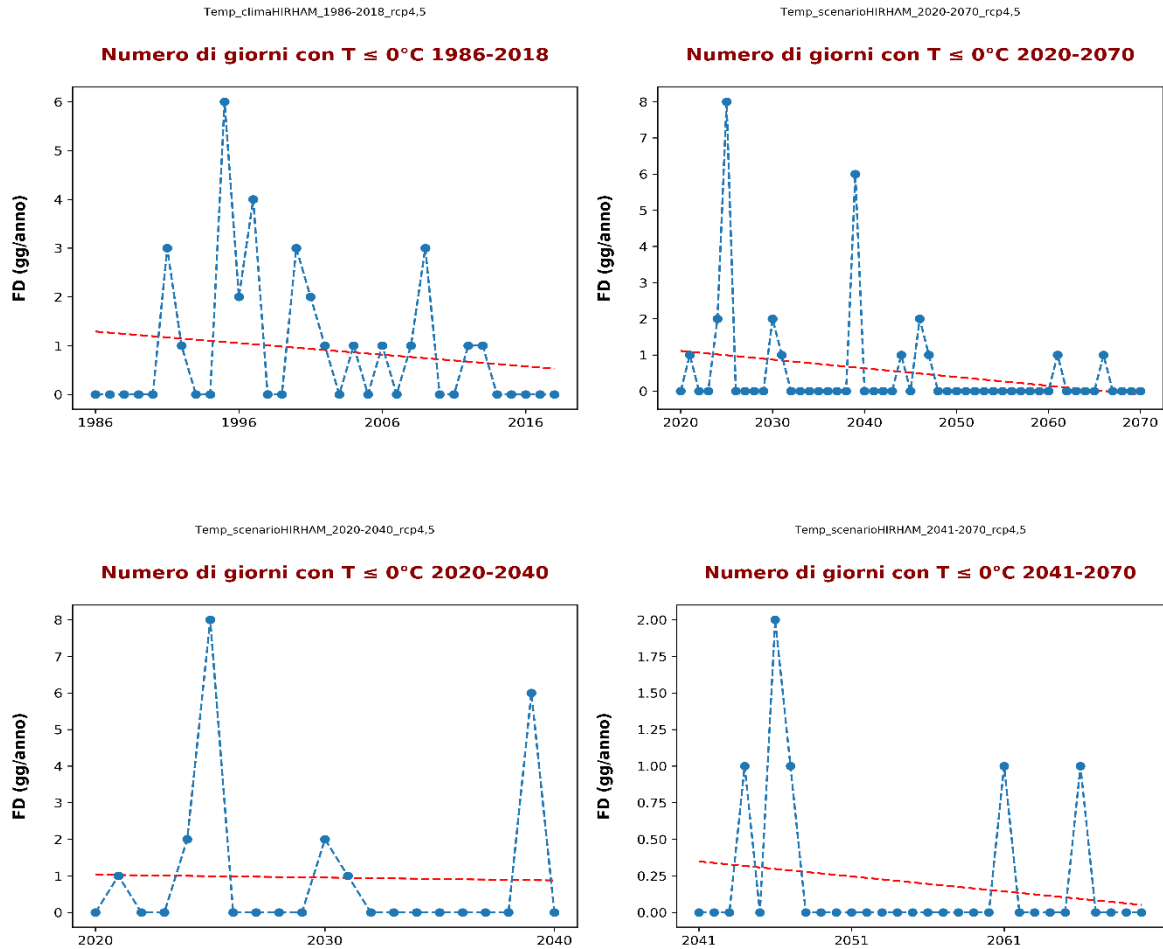


Figura 24 - Numero di gg/anno con temperature minime  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  secondo il modello Hirham e scenario RCP 4,5

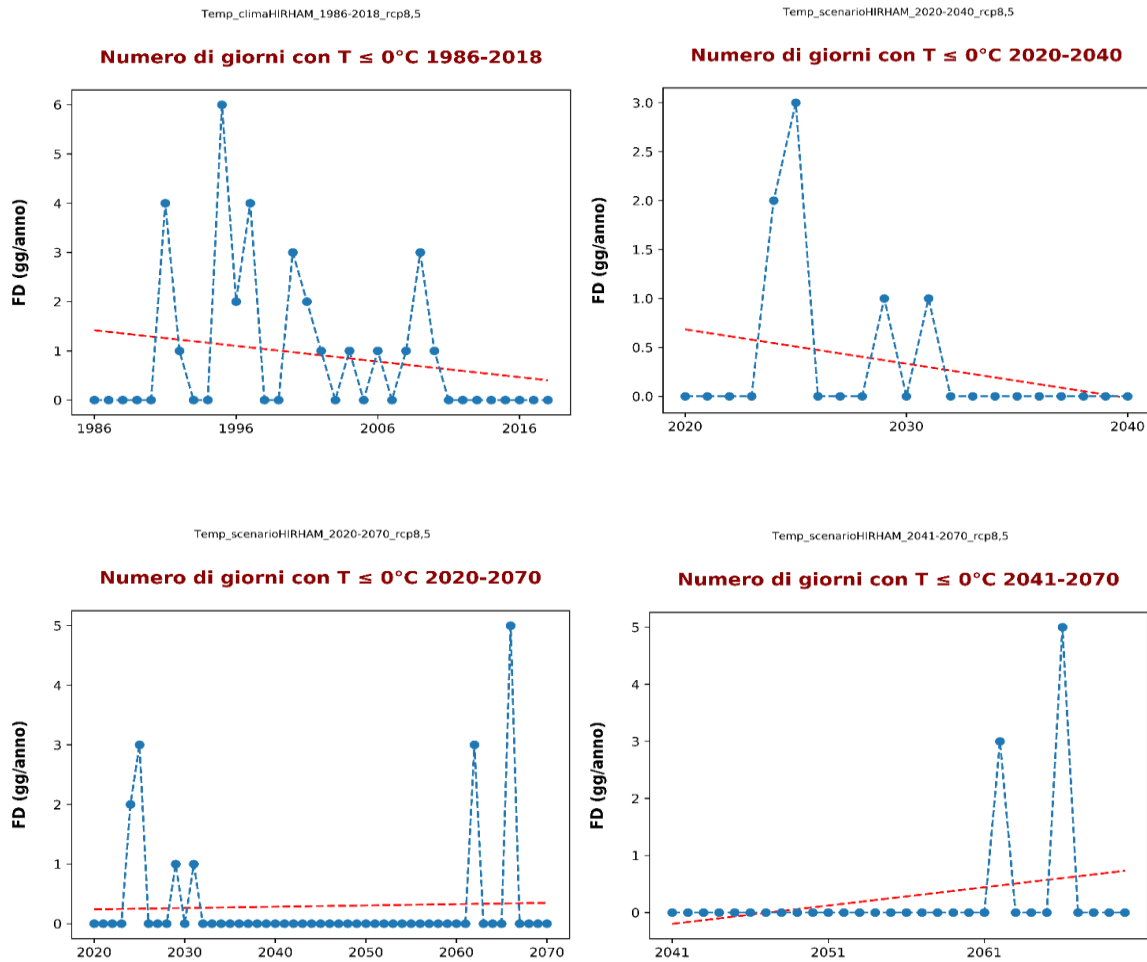


Figura 25 - Numero di giorni/anno con temperature minime  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  secondo il modello Hirham e scenario RCP 8,5





### Analisi degli scenari delle precipitazioni

La difficoltà nel prevedere le precipitazioni anche a scale temporali piuttosto brevi è confermata anche dai modelli che sono stati scelti per descrivere gli scenari climatici futuri del comune di Oristano.

Se da un lato infatti i modelli e gli scenari vedono in generale una riduzione del cumulo annuale delle precipitazioni, il calcolo degli indicatori di cambio climatico associati danno dei segnali abbastanza controversi. In figura 26, 27, 28 e 29 è mostrato l'indice *Annual Precipitation* per i due modelli e i due scenari. A parte il modello CM5A nello scenario RCP 4,5, che mostra un leggero aumento dei valori del cumulo annuale di precipitazione, lo stesso modello nello scenario RCP 8,5 e il modello Hirham in entrambi gli scenari mostrano un andamento decrescente. La riduzione è quantificabile in circa 100 mm negli scenari più severi (CM5A e RCP 8,5) e in circa 50 mm (quindi circa -10% rispetto ai valori della baseline climatica) nel caso di condizioni previste meno severe (modello Hirham sia con RCP 4,5 sia con RCP 8,5).

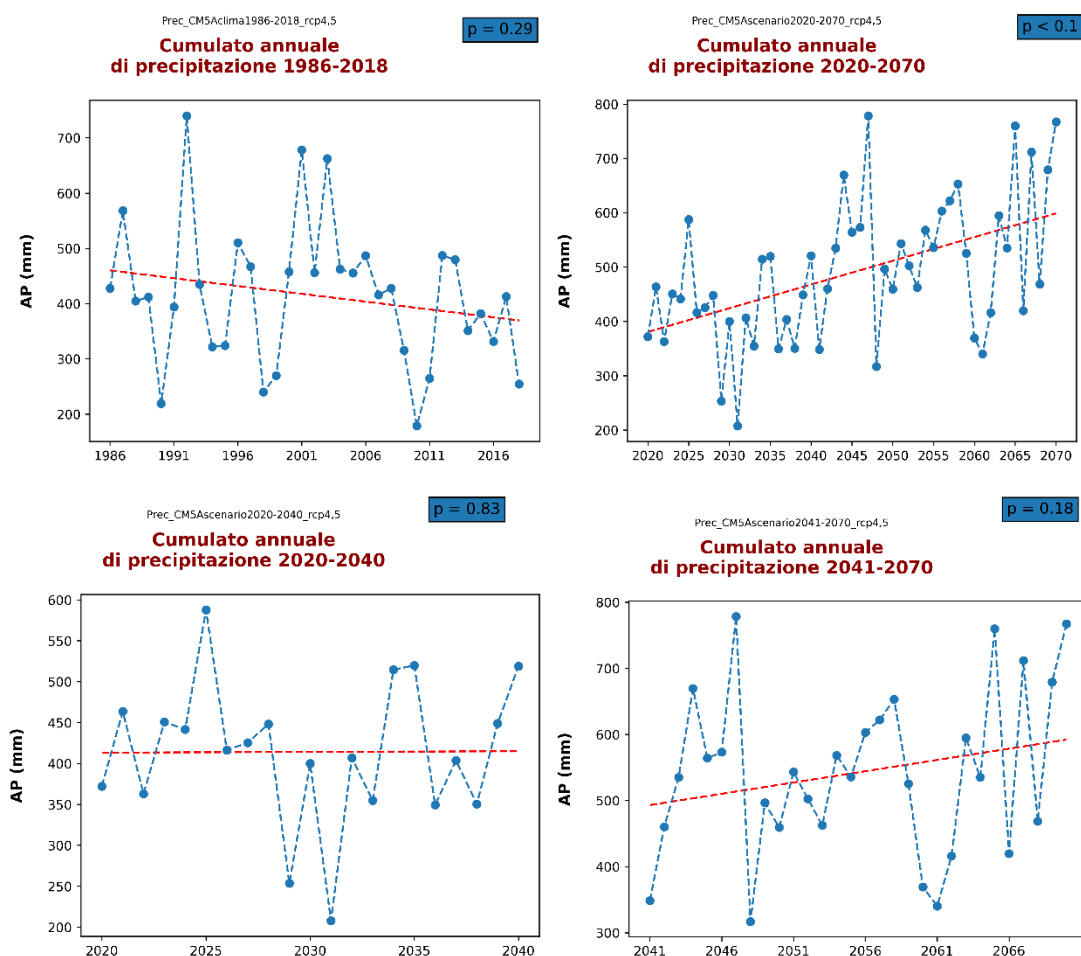


Figura 26 - Cumulato annuale di precipitazione per il modello climatico CM5A e scenario RCP 4,5

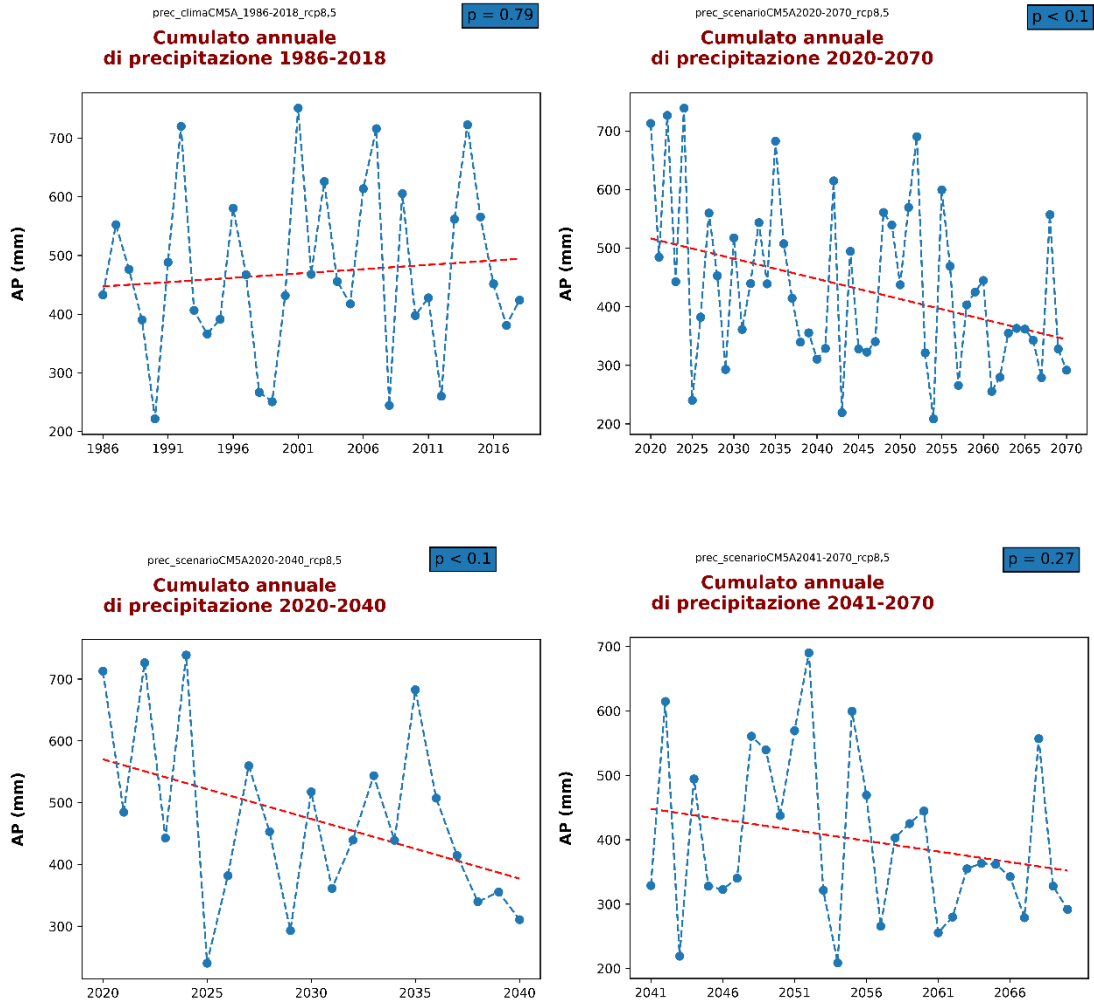
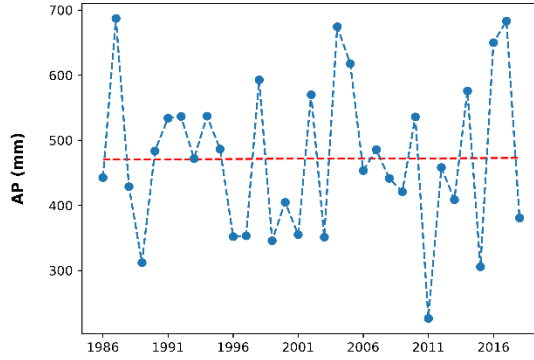


Figura 27 - Cumulato annuale di precipitazione per il modello climatico CM5A e scenario RCP 8,5



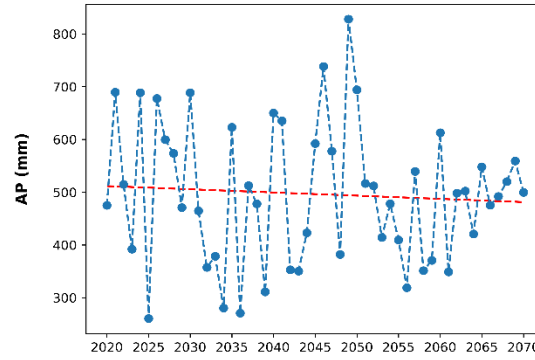
Prec\_clima\_HIRHAM\_1986-2018\_rcp4.5

**Cumulato annuale  
di precipitazione 1986-2018**



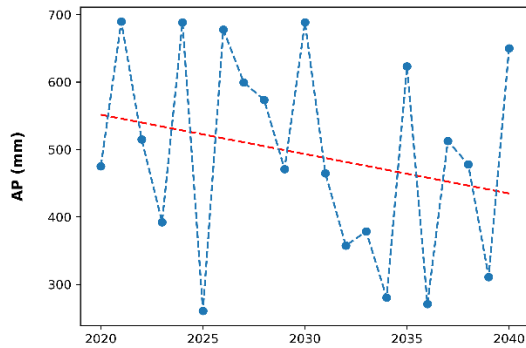
Prec\_scenarioHIRHAM\_2020-2070\_rcp4.5

**Cumulato annuale  
di precipitazione 2020-2070**



Prec\_scenarioHIRHAM\_2020-2040\_rcp4.5

**Cumulato annuale  
di precipitazione 2020-2040**



Prec\_scenarioHIRHAM\_2041-2070\_rcp4.5

**Cumulato annuale  
di precipitazione 2041-2070**

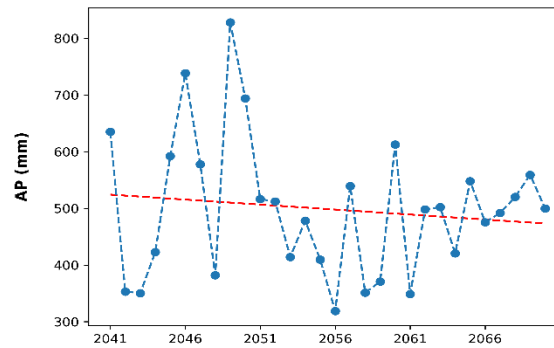


Figura 28 - Cumulato annuale di precipitazione per il modello climatico Hirham e scenario RCP 4,5

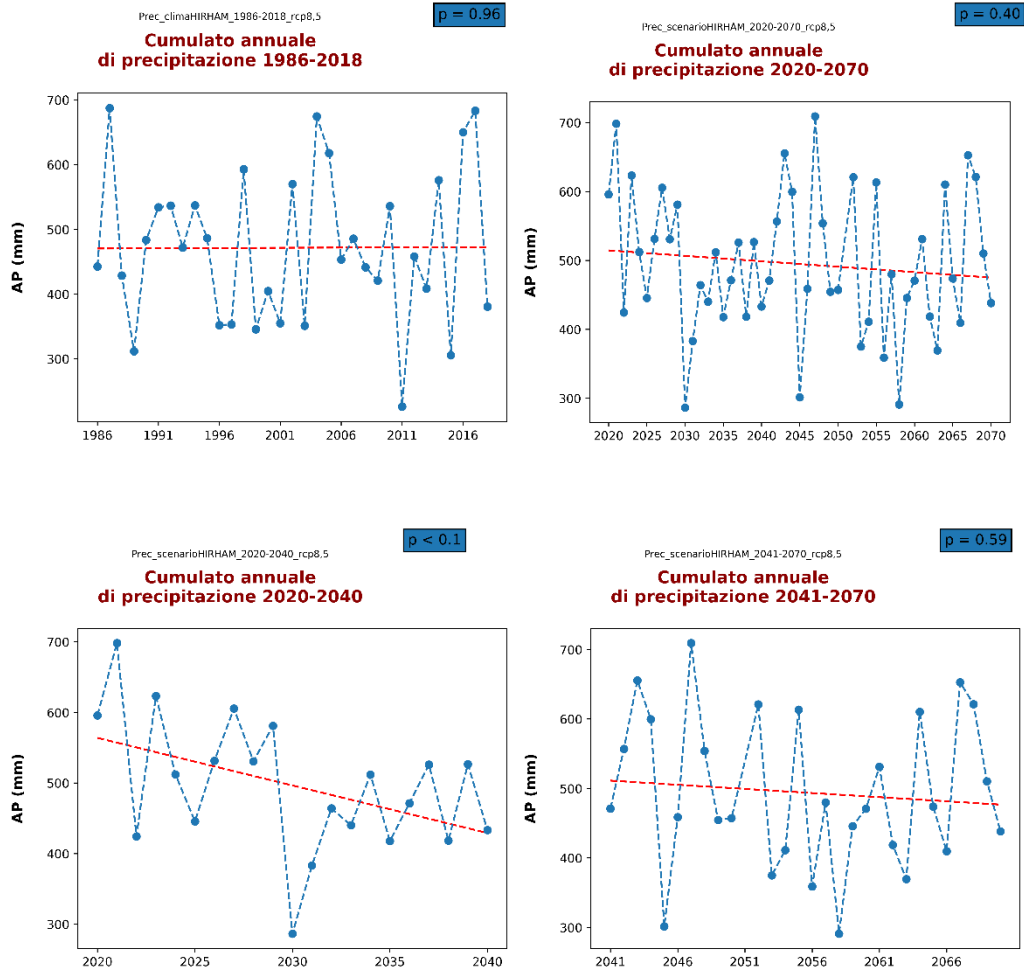


Figura 29 - Cumulato annuale di precipitazione per il modello climatico Hirham e scenario RCP 8,5

Questo andamento delle precipitazioni con cumulati via via decrescenti è confermato da un altro indicatore che mostra il numero di giorno consecutivi senza pioggia, il *Consecutive Dry Days index*. IL CDD, che è anche un indicatore di siccità, mostra in generale un andamento crescente (figure 30, 31, 32, 33) esprimendo quindi una tendenza per il futuro verso un aumento dei periodi secchi e senza pioggia, con l'aumento della lunghezza dei cosiddetti *dry spells*, che possono aumentare di pochi giorni (modello Hirham e scenario RCP 8,5) a invece diverse settimane, fino ad arrivare a un aumento di giorni consecutivi senza pioggia di circa 25 unità nello scenario più severo CM5A e RCP 8,5.

Si può aggiungere che un dato interessante è che l'indicatore mostra solo il massimo dei giorni consecutivi senza pioggia, che corrisponde di solito al periodo tardo primaverile-estivo, ma che in realtà l'analisi dei dati ha mostrato un'altra finestra di numerosi giorni asciutti in autunno (mesi di ottobre e novembre) che



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



è prevista in aumento per il trentennio 2040-2070. Da notare inoltre la grande variabilità interannuale dell'indicatore che dimostra come anche la distribuzione delle precipitazioni previste dagli scenari climatici futuri sia assolutamente erratica.

Questo andamento è confermato dall'indicatore CWD, cioè i giorni consecutivi con pioggia di almeno 1 mm, che cerca di mettere in evidenza i periodi dell'anno in cui piogge continue saturano il terreno o i canali di sgrondo delle acque, generando potenzialmente le condizioni per allagamenti, che dipendono comunque in massima parte dall'intensità delle precipitazioni. Come si può notare nelle figure 34, 35, 36 e 37 il modello CM5A prevede una leggera riduzione del numero di giorni consecutivi di pioggia per lo scenario RCP 8,5, mentre sia lo stesso modello per lo scenario RCP 4,5, sia il modello Hirham per entrambi gli scenari prevede un aumento dell'indice CWD, in molti casi anche con un trend statisticamente significativo (con indice  $p < 0,1$ ) del Mann-Kendall test.

Gli indicatori fin qui analizzati hanno mostrato come gli scenari di cambiamento climatico da un lato prevedono una riduzione del cumulo annuale delle precipitazioni, in linea con quanto previsto da altri Regional Circulation Models per la Bioregione Mediterranea e contemporaneamente un aumento della durata dei periodi di siccità; d'altro canto, però **non è chiaro se la distribuzione delle precipitazioni avverrà su un numero di eventi minore, e quindi comunque con precipitazioni più intense, oppure con precipitazioni ben distribuite su giorni consecutivi con piogge di una certa intensità.**

Nelle figure 38, 39, 40 e 41 è riportato il risultato del calcolo dell'indice che tiene in considerazione le precipitazioni giornaliere con più di 20 mm (indicatore R20).

Come si può notare, non vi è un aumento del numero di giornate/anno con potenziali cumuli di precipitazioni intense che abbia una significatività sufficiente, anzi i modelli in generale prevedono o una mancanza di trend o trend poco significativi.

Non è stato di aiuto neanche calcolare il cumulo massimo di precipitazione in 5 gg consecutivi (Rx5day), perché entrambe i modelli presentano livelli di significatività piuttosto bassi e segni delle tendenze a volte opposti e di quantità piuttosto ridotte.

La variabilità interannuale è molto forte, segno di una elevata imprevedibilità dei fenomeni, che possono raggiungere estremi (in positivo e in negativo) anche di una certa entità, con differenze anche di 40-50 mm da un anno al successivo.

Un ultimo indicatore calcolato per i modelli e gli scenari analizzati indica che in quasi tutti i casi analizzati il numero di giorni piovosi diminuisce, in certi casi anche sensibilmente (modello CM5A e RCP 8,5), in altri molto meno. Il comportamento del numero di giorni piovosi è comunque ancora emblematico sulla variabilità interannuale degli eventi di precipitazione: le differenze da un anno all'altro possono essere anche di 30 giorni di pioggia su 60, con cumuli annuali che tutto sommato si riducono poco significativamente.

**In anni con un numero basso di giornate con pioggia, ci si potrebbero aspettare cumuli/giorno elevati e probabilmente elevate intensità.**

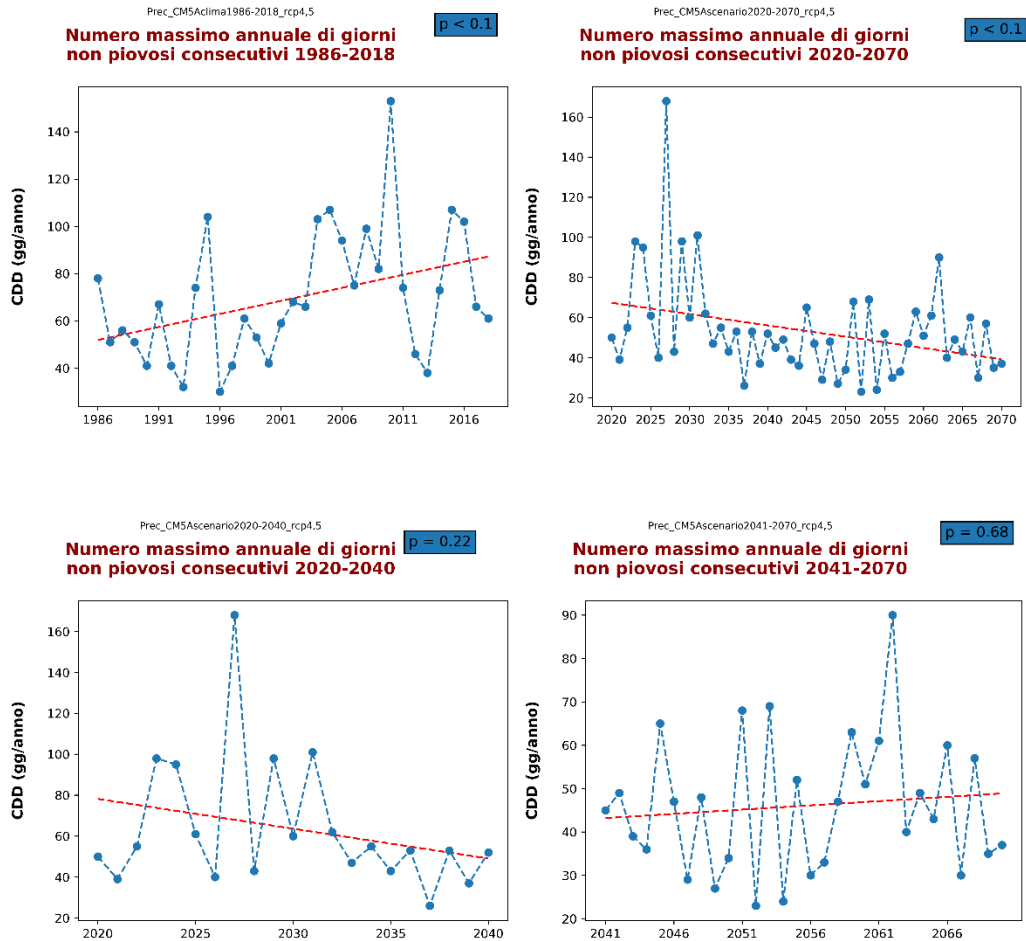


Figura 30 – Numero di giorni consecutivi/anno senza pioggia per il modello CM5A e scenario RCP 4,5

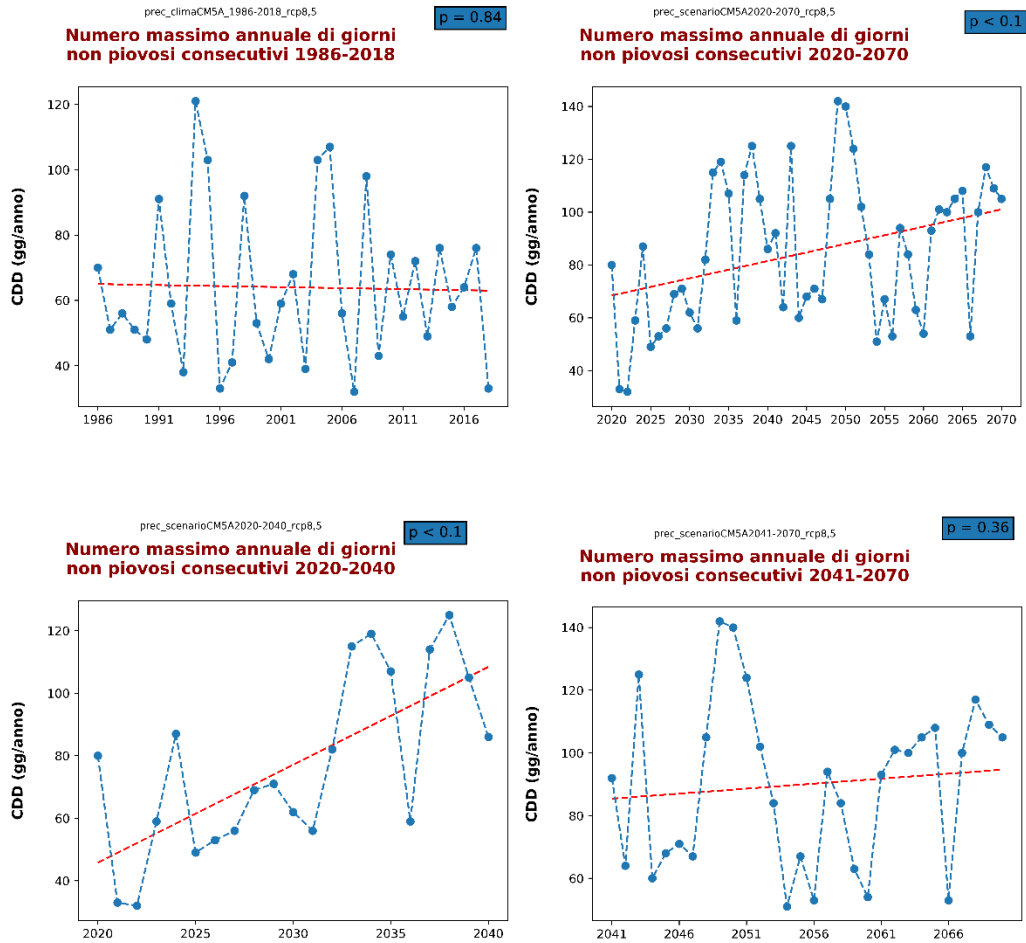


Figura 31 – Numero di giorni consecutivi/anno senza pioggia per il modello CM5A e scenario RCP 8,5

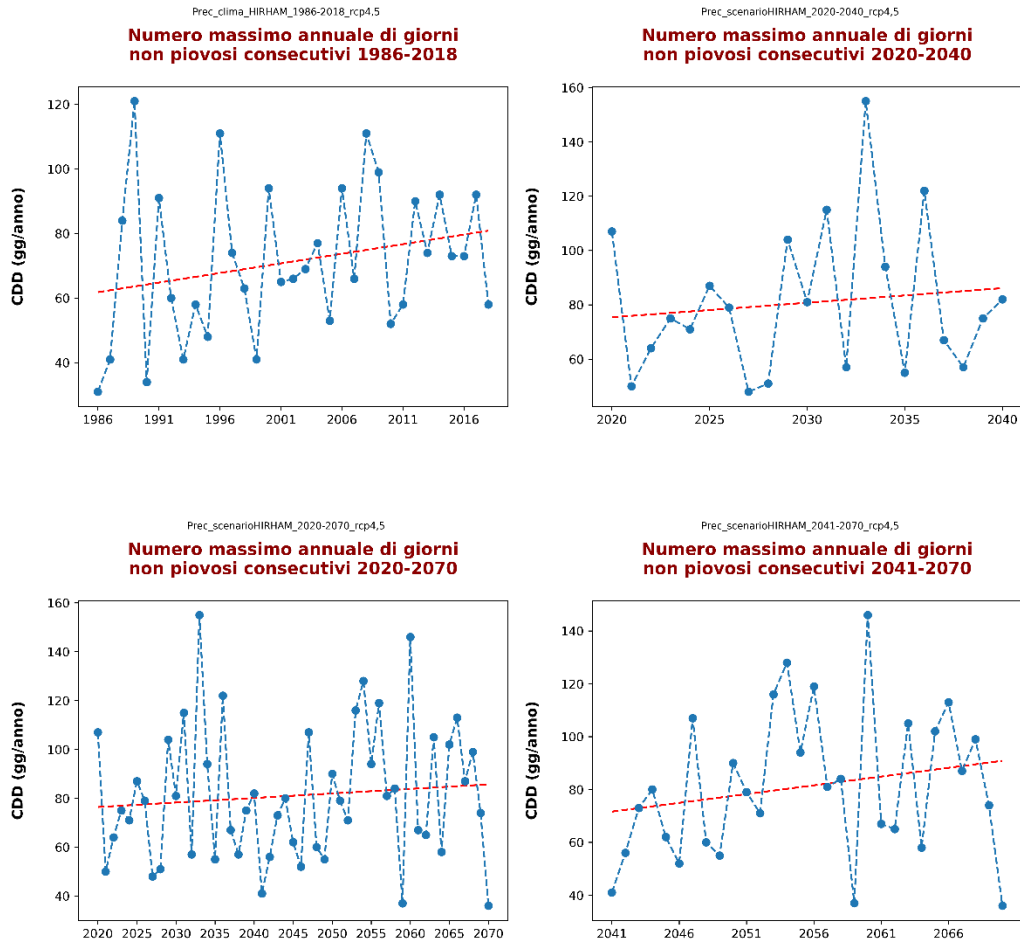


Figura 32 – Numero di giorni consecutivi/anno senza pioggia per il modello Hirham e scenario RCP 4,5



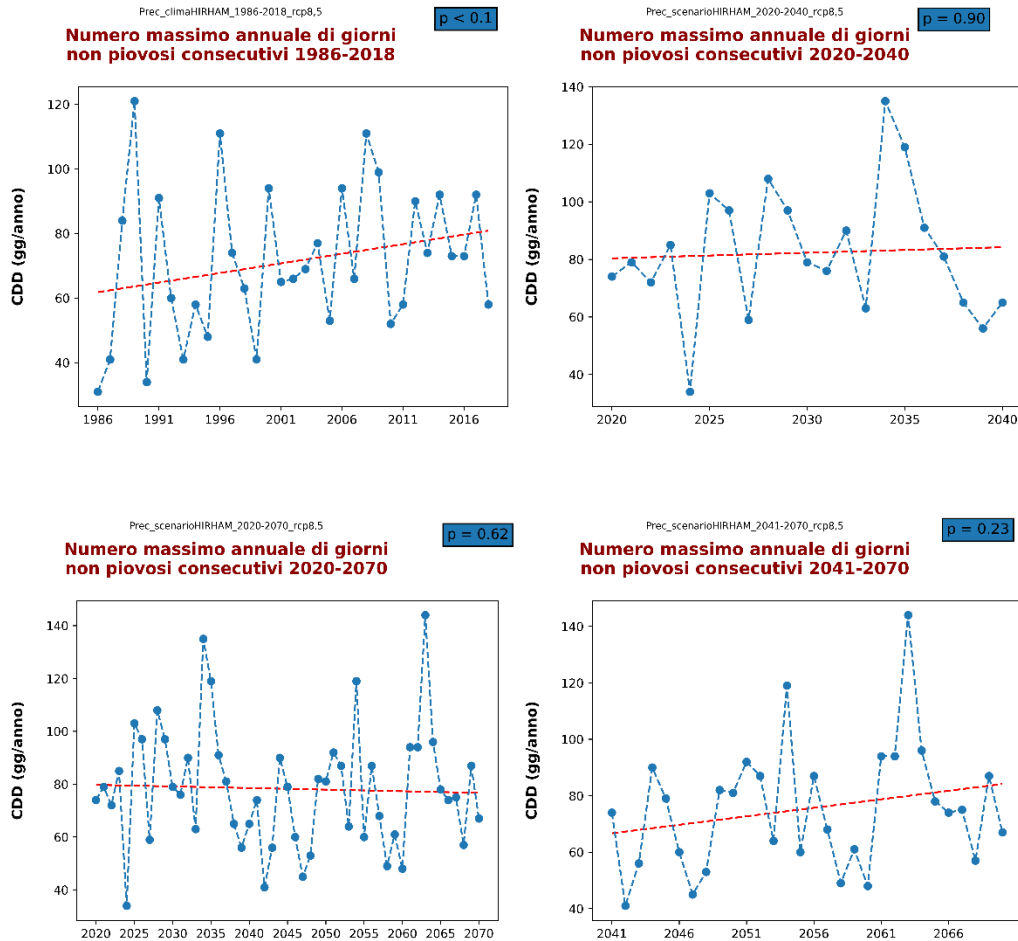


Figura 33 – Numero di giorni consecutivi/anno senza pioggia per il modello Hirham e scenario RCP 8,5

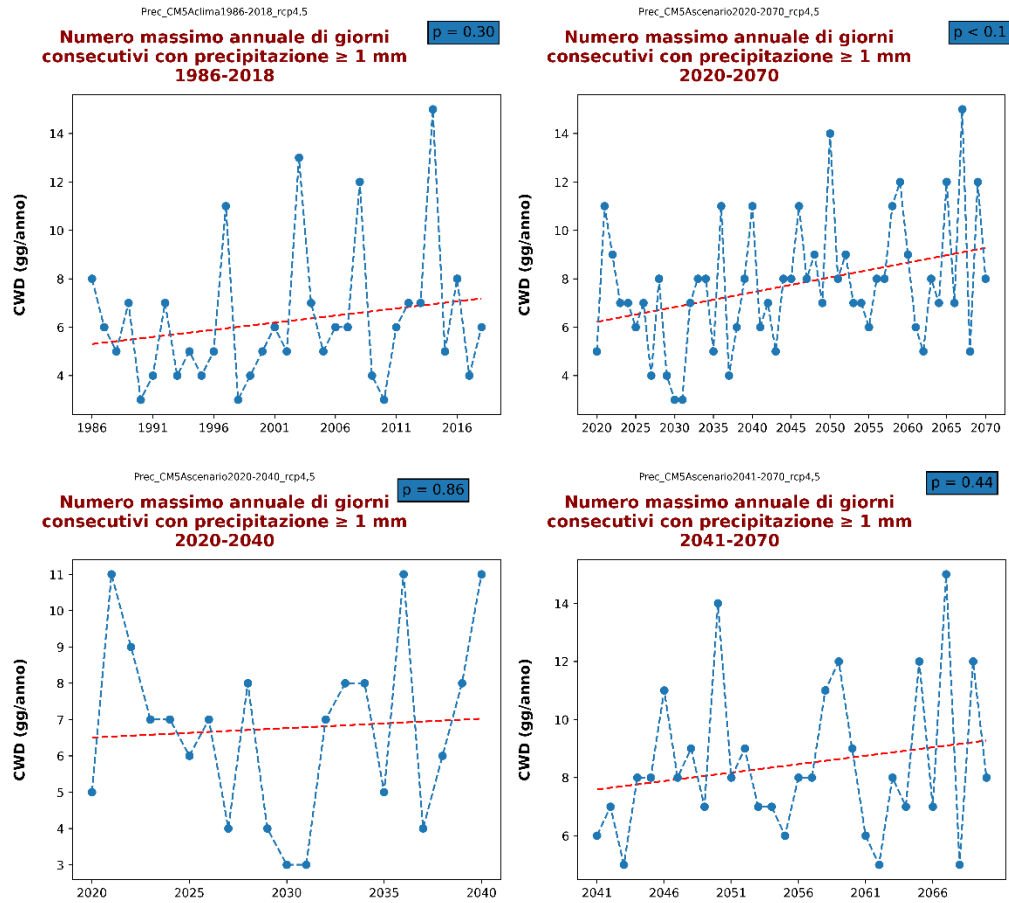


Figura 34 – Numero massimo di giorni consecutivi/anno con pioggia per il modello CM5A e scenario RCP 4,5

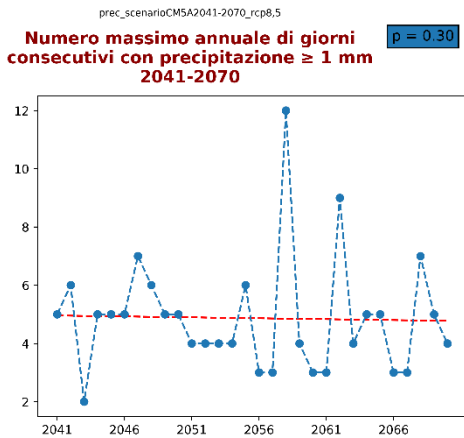
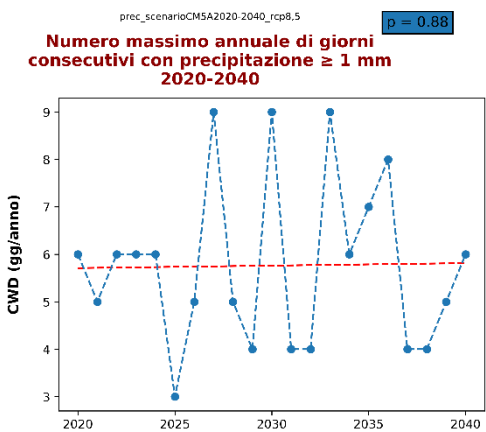
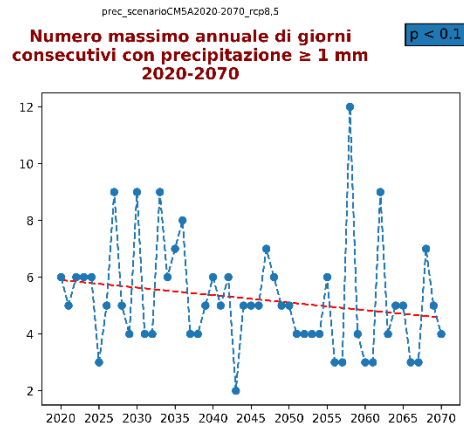
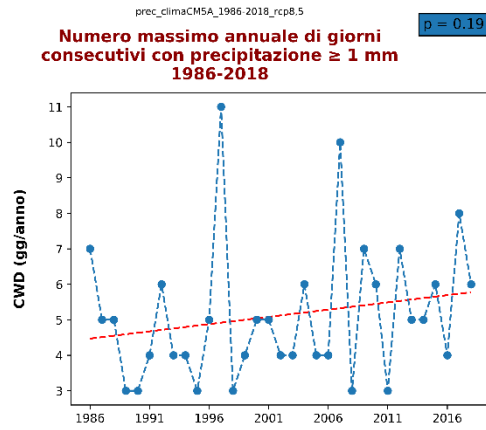


Figura 35 – Numero massimo di giorni consecutivi/anno con pioggia per il modello CM5A e scenario RCP 8,5

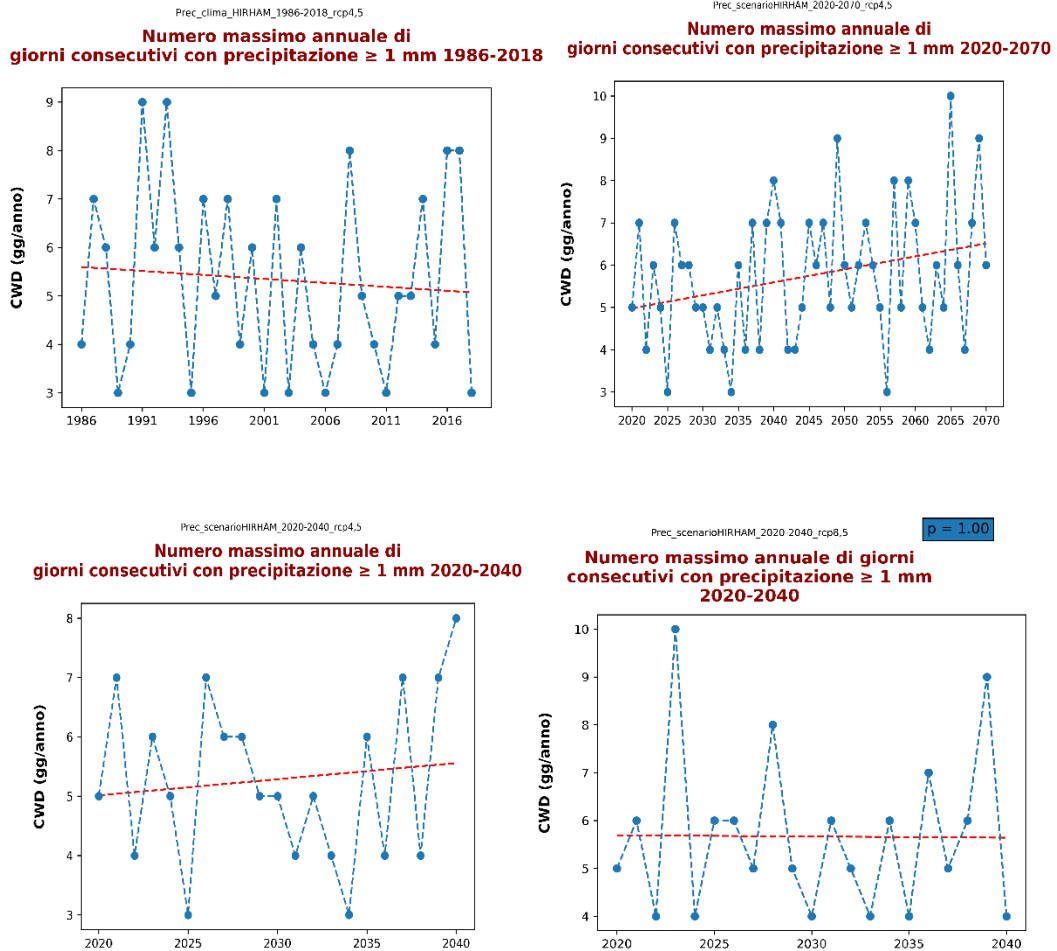


Figura 36 – Numero massimo di giorni consecutivi/anno con pioggia per il modello Hirham e scenario RCP 4,5

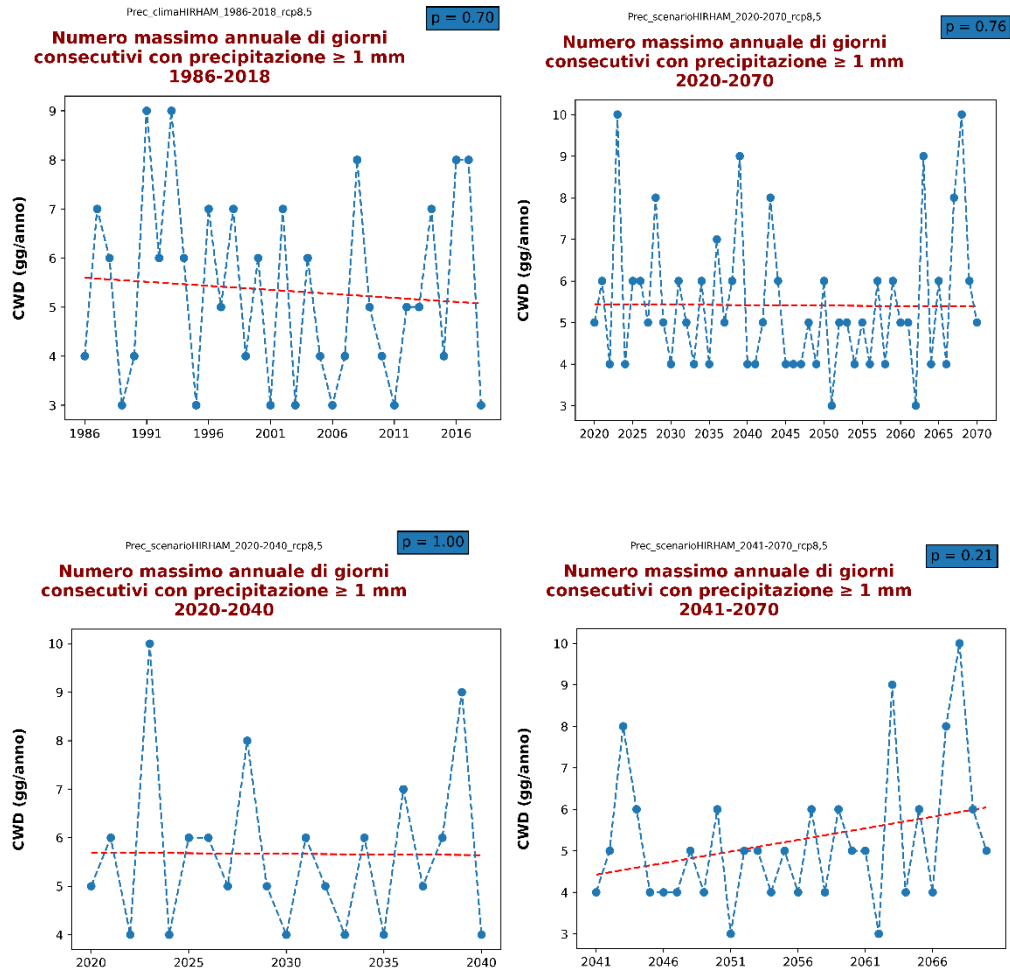


Figura 37 – Numero massimo di giorni consecutivi/anno con pioggia per il modello Hirham e scenario RCP 8,5

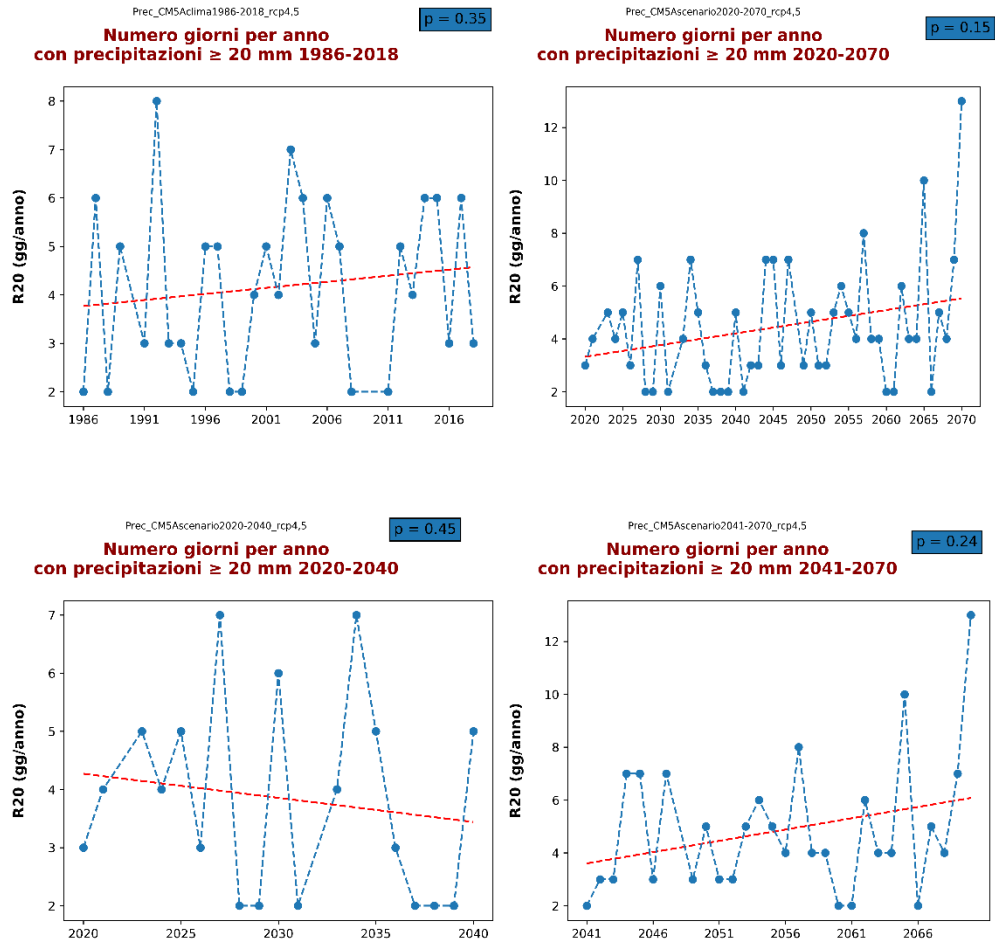


Figura 38 – Numero massimo di gg/anno con precipitazioni superiori a 20 mm. Modello CM5A e RCP 4,5

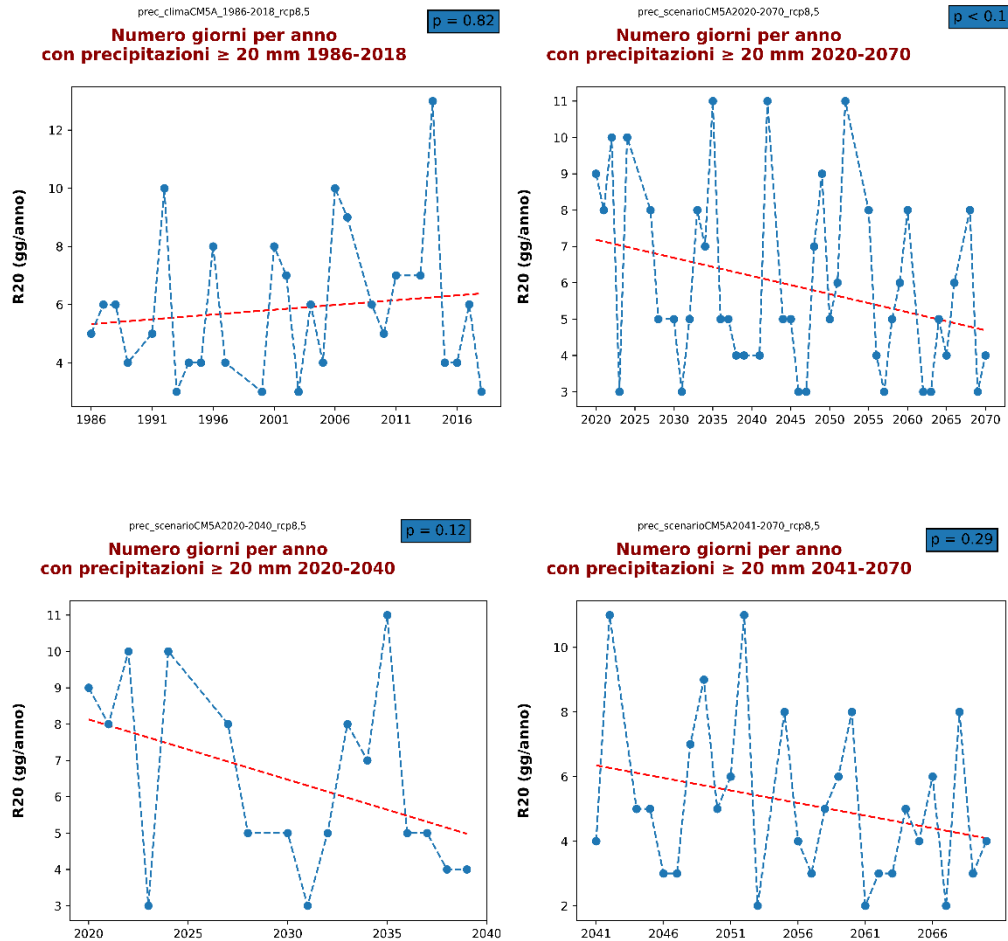


Figura 39 – Numero massimo di gg/anno con precipitazioni superiori a 20 mm. Modello CM5A e RCP 8,5

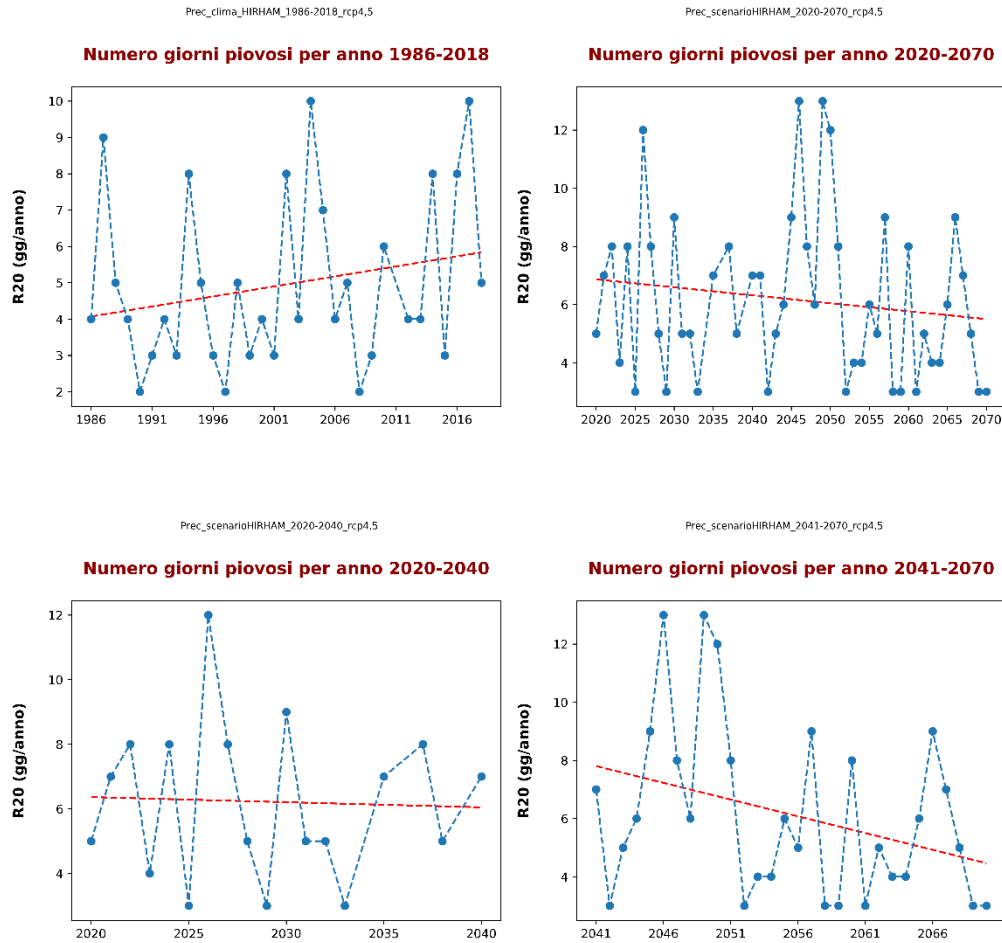


Figura 40 – Numero massimo di gg/anno con precipitazioni superiori a 20 mm. Modello Hirham e RCP 4,5



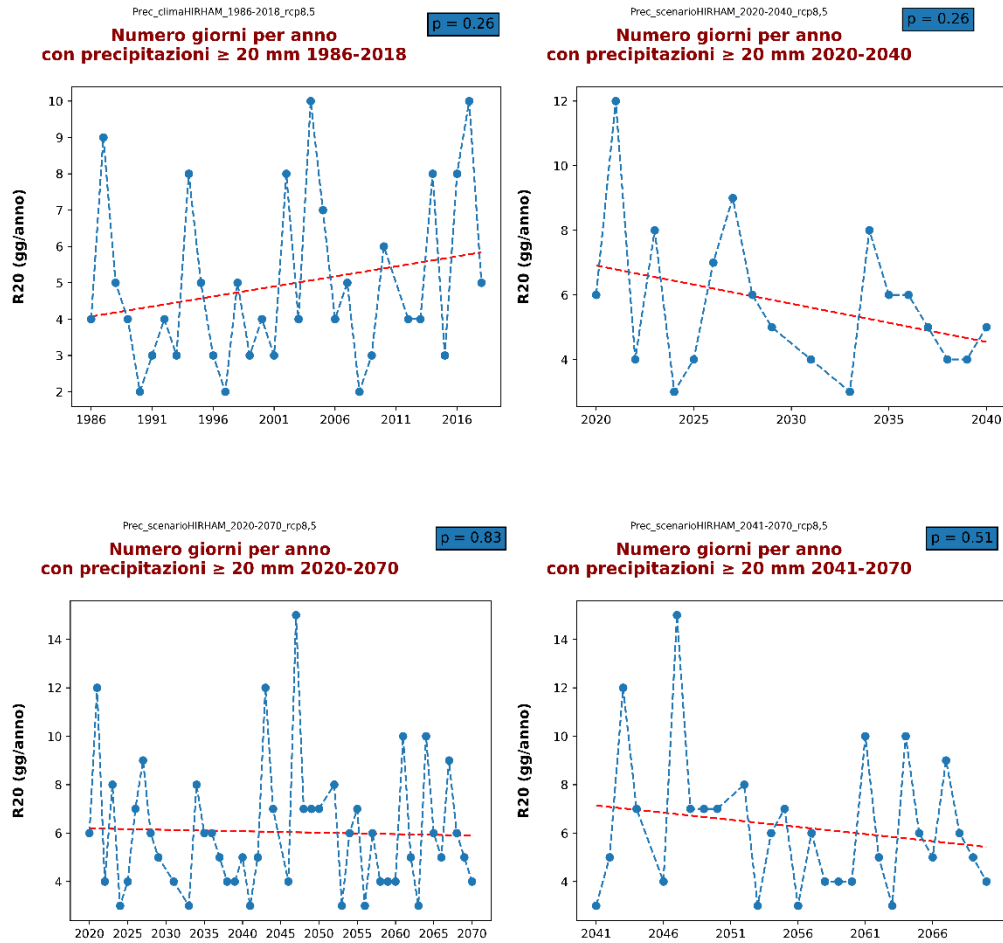


Figura 41 – Numero massimo di gg/anno con precipitazioni superiori a 20 mm. Modello Hirham e RCP 8,5

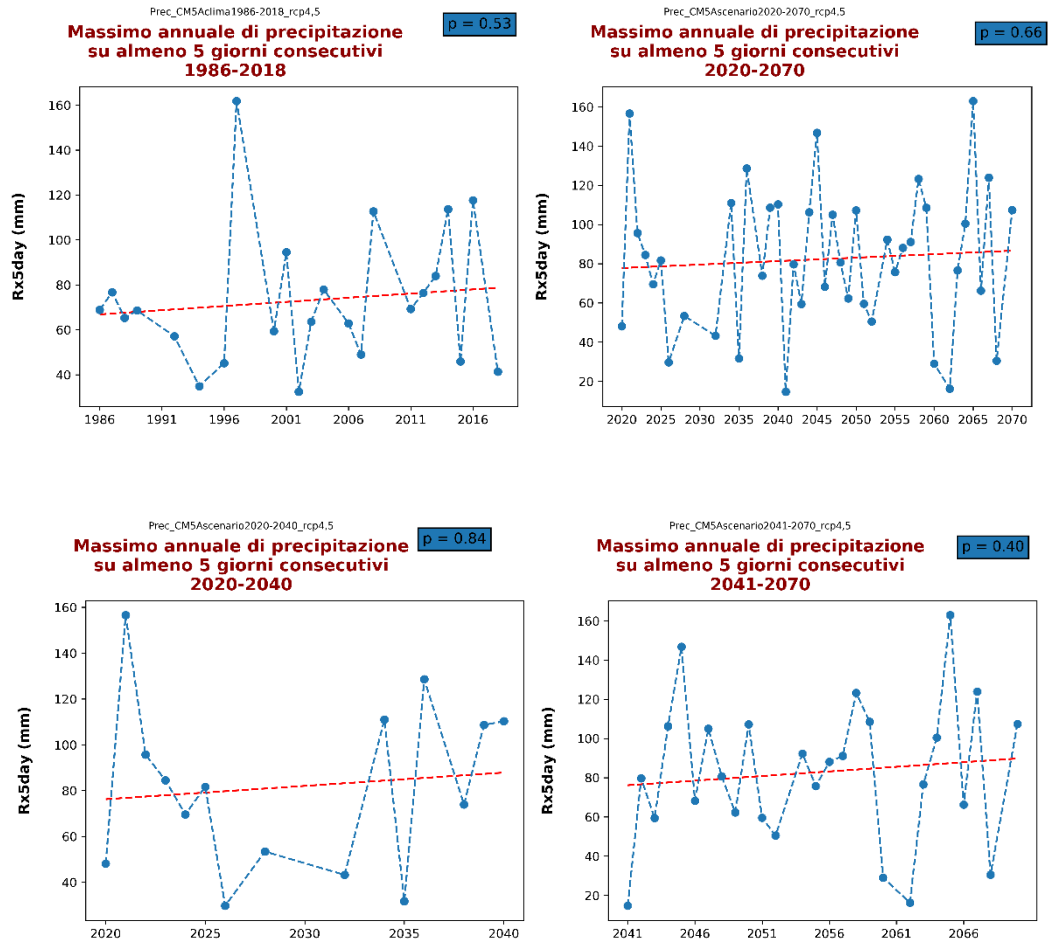


Figura 42 – Massimo di precipitazioni espresso in mm su almeno 5 gg consecutivi di pioggia. Modello CM5A e scenario RCP 4,5.

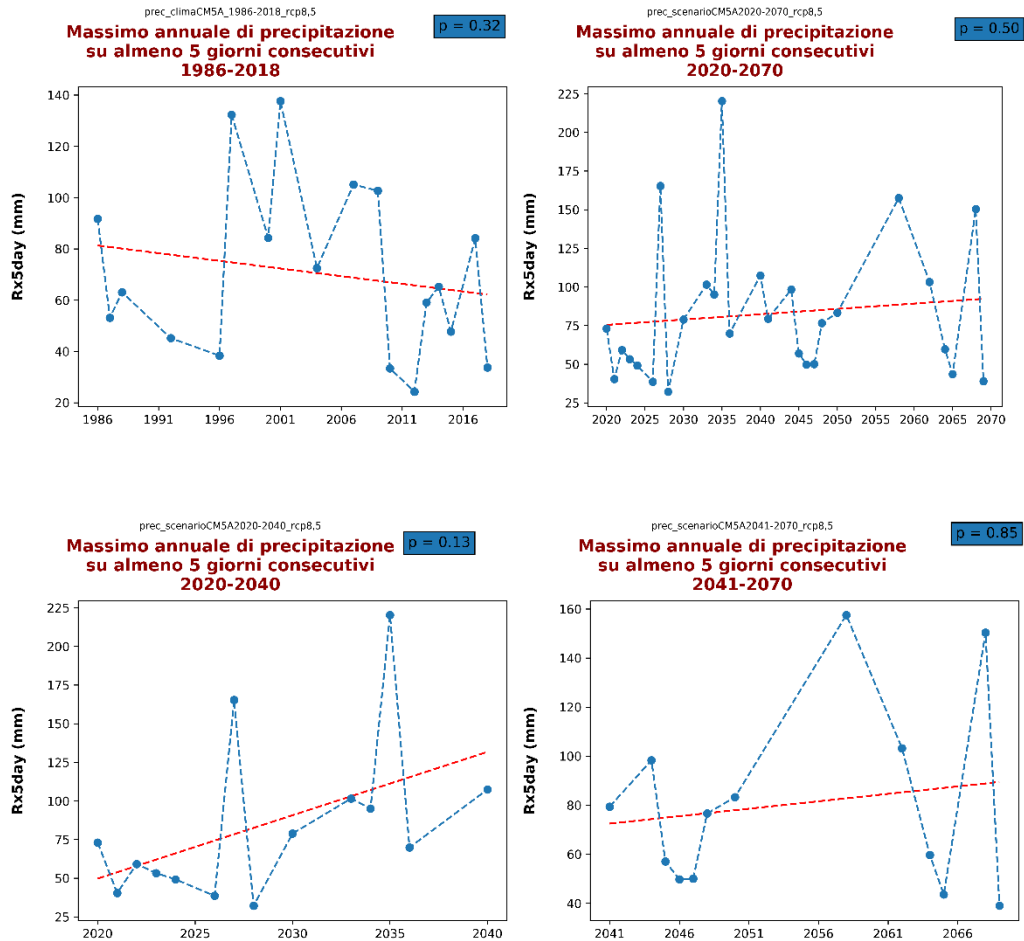


Figura 43 – Massimo di precipitazioni in mm su almeno 5 gg consecutivi di pioggia. Modello CM5A e RCP 8,5.

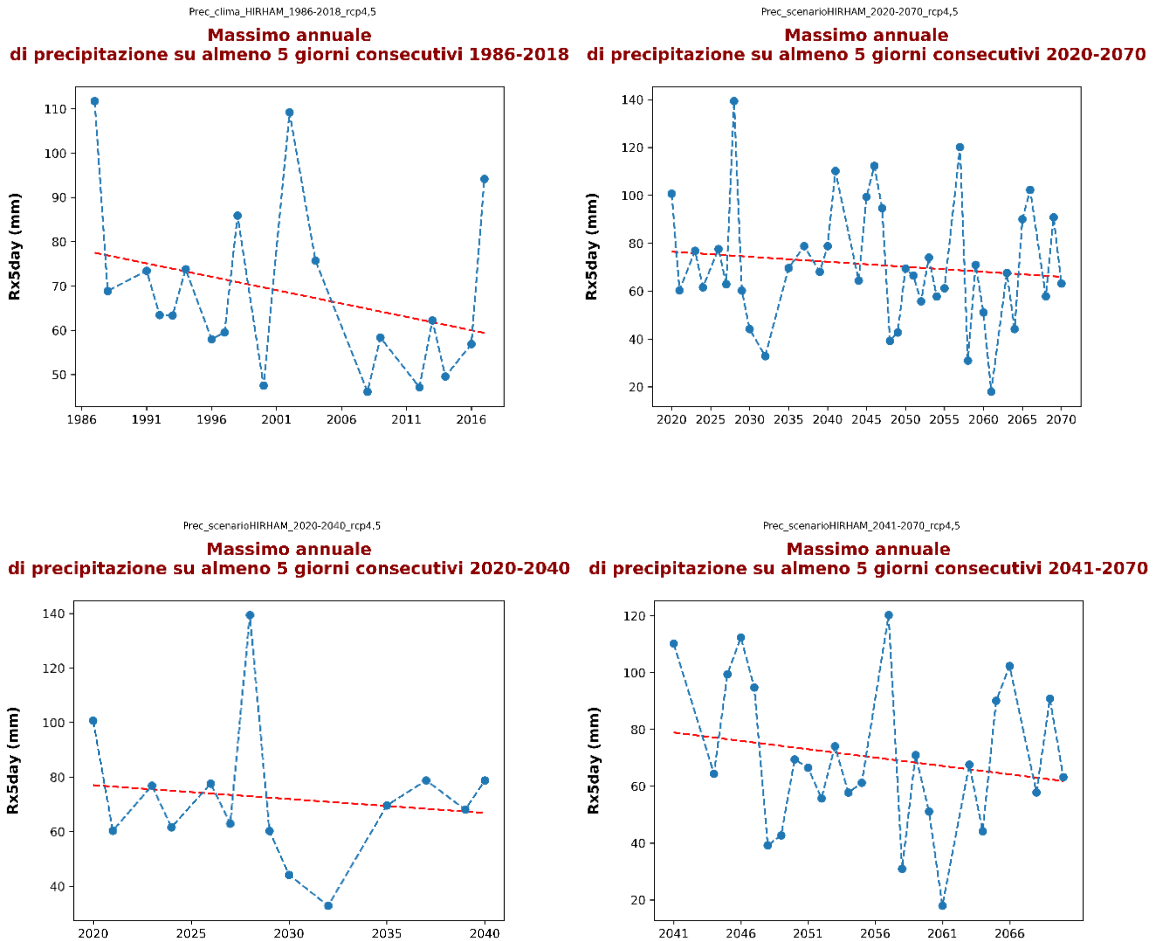


Figura 44 – Massimo di precipitazioni in mm su almeno 5 gg consecutivi di pioggia. Modello Hirham e RCP 4,5.

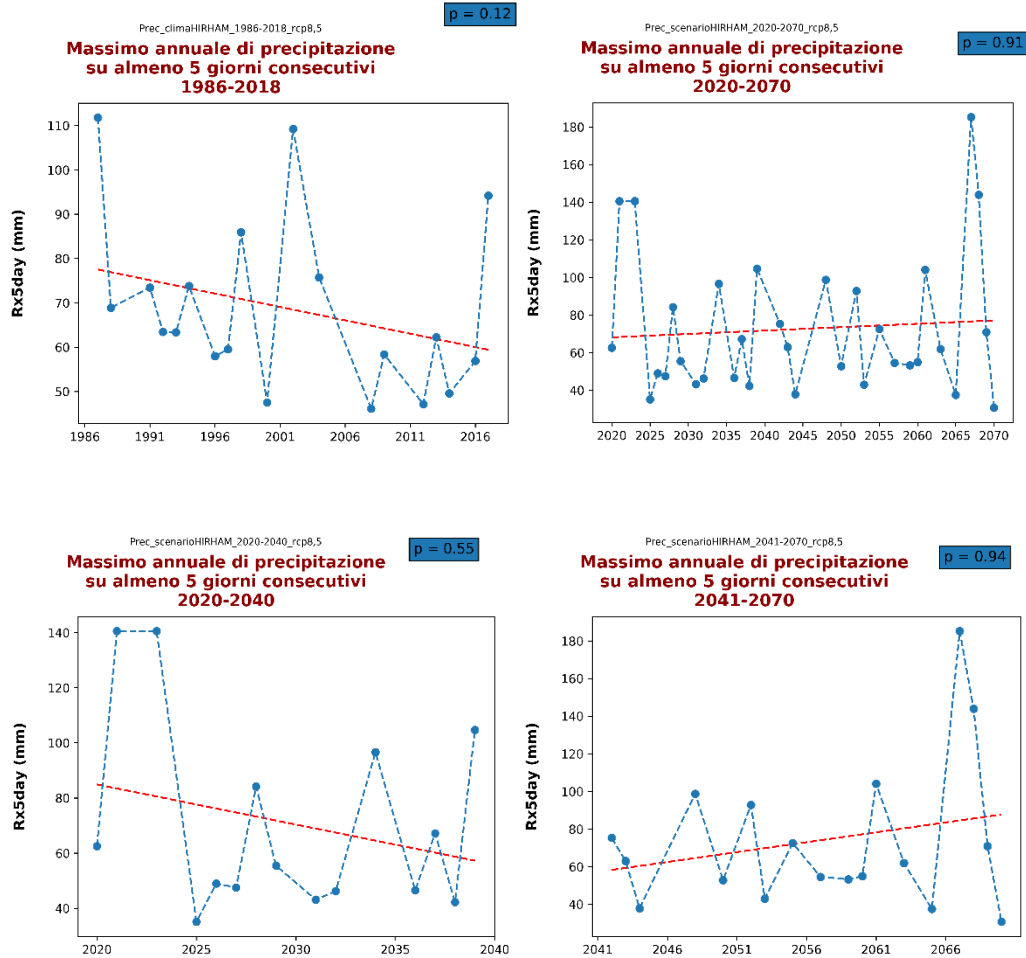


Figura 45 – Massimo di precipitazioni in mm su almeno 5 gg consecutivi di pioggia. Modello Hirham e RCP 8,5.

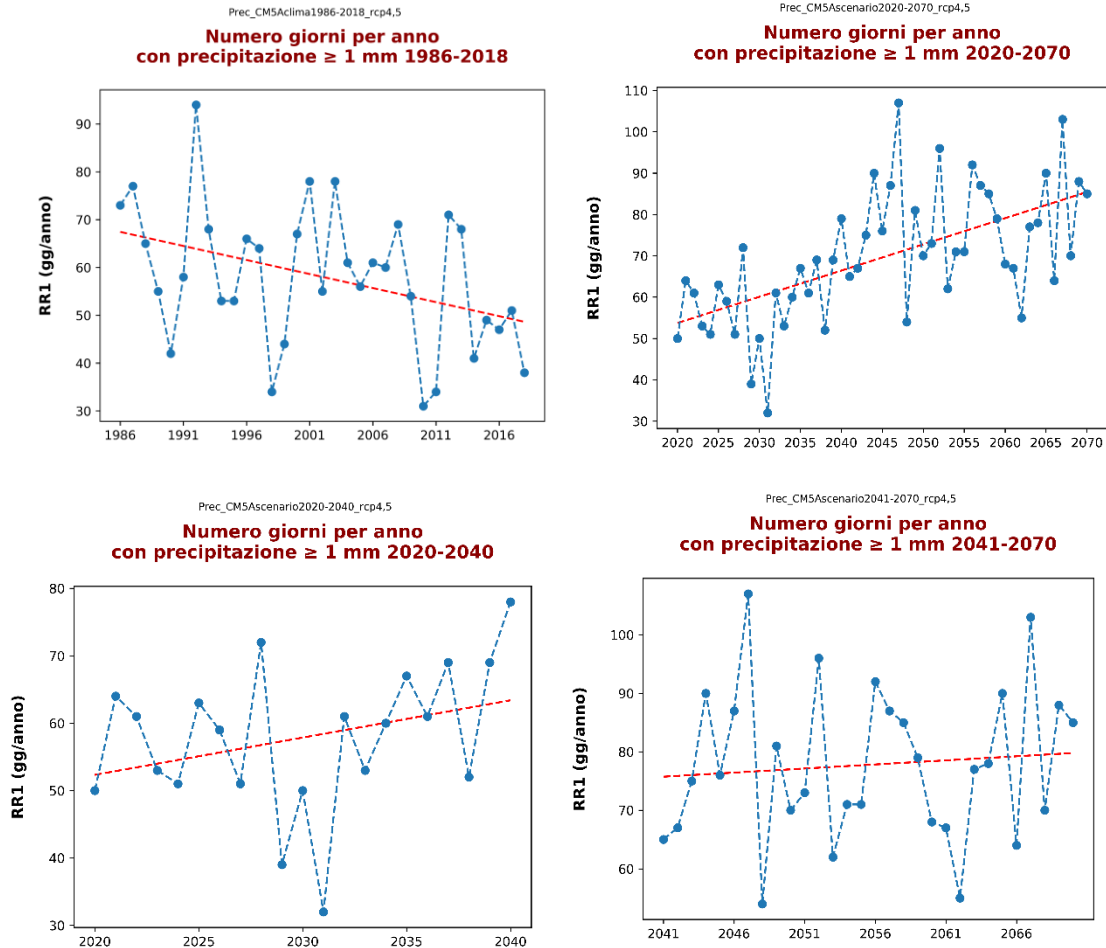


Figura 46 – Numero di giorni per anno con precipitazioni di almeno 1 mm. Modello CM5A e RCP 4,5.

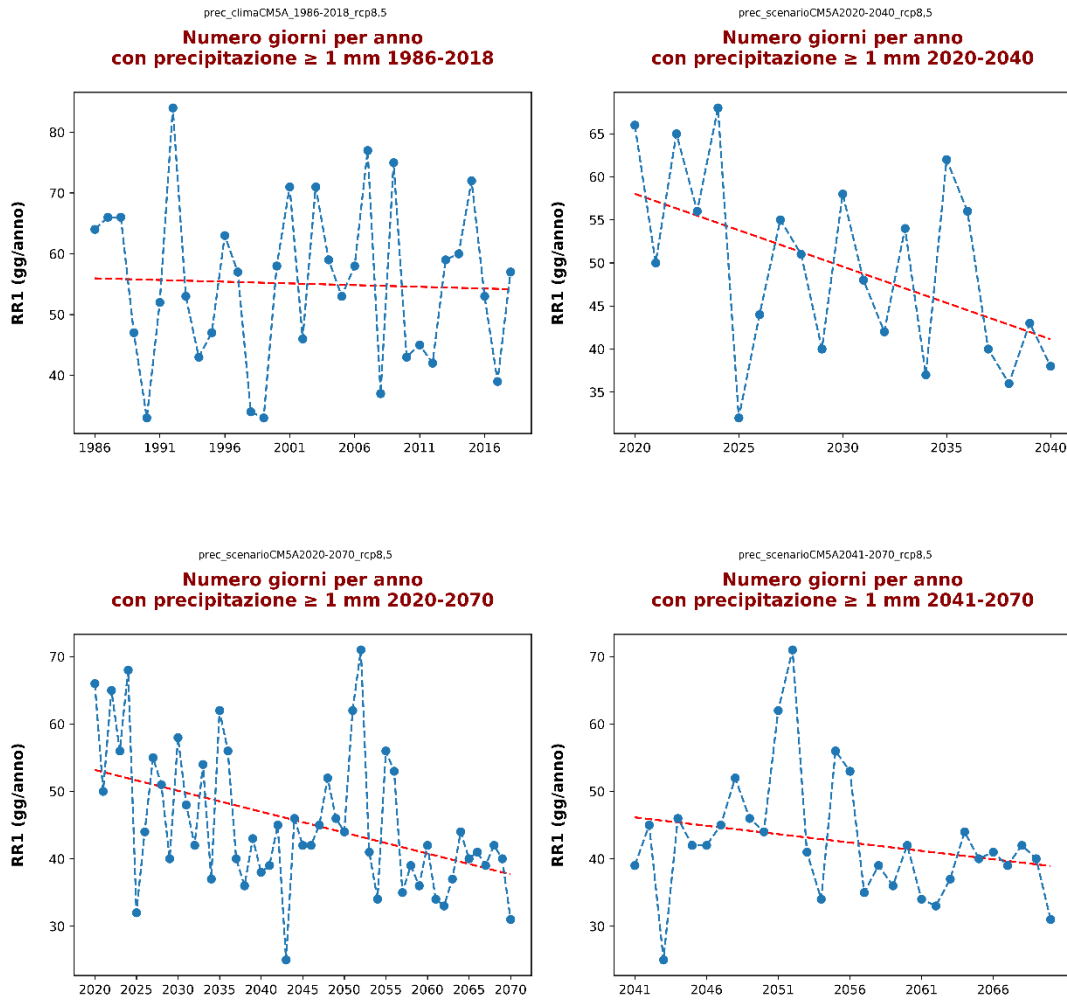


Figura 47 – Numero di giorni per anno con precipitazioni di almeno 1 mm. Modello CM5A e RCP 8,5.

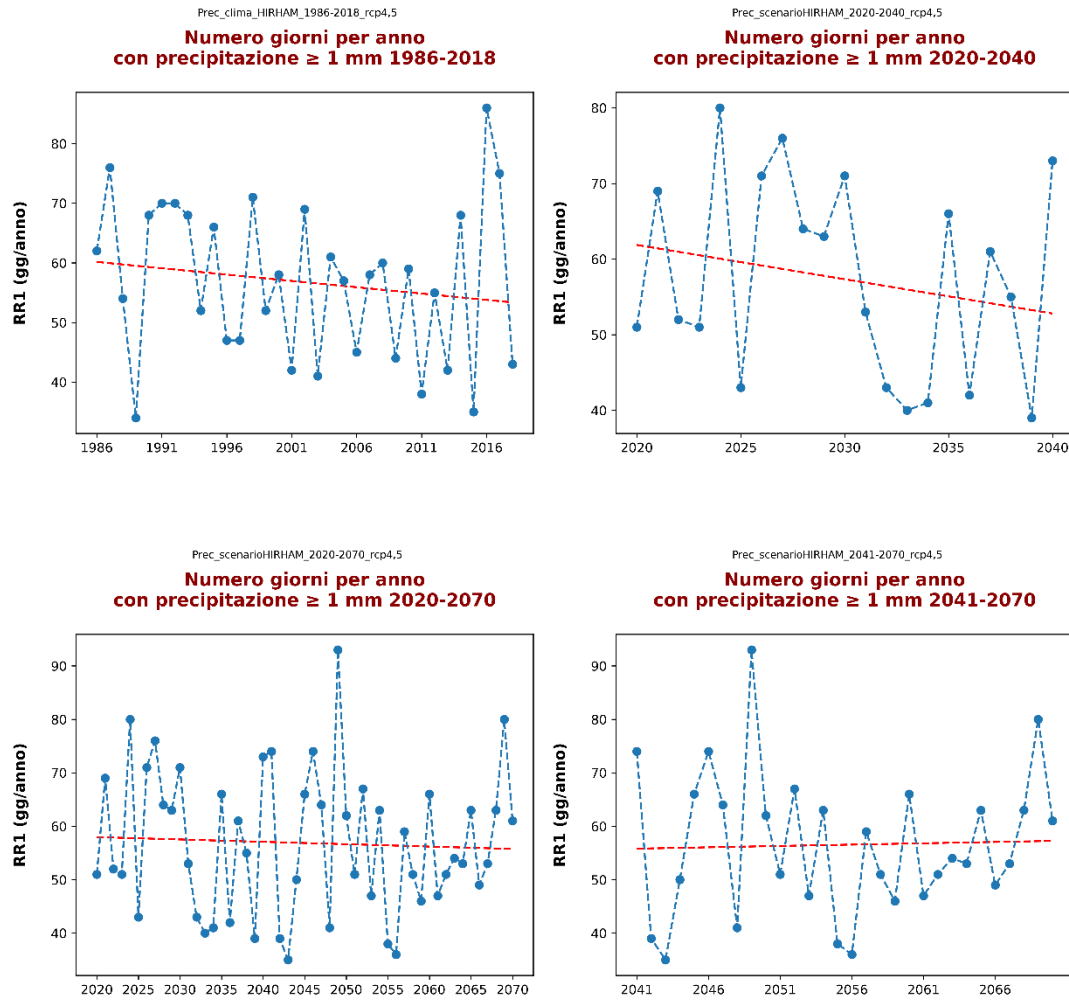


Figura 48 – Numero di giorni per anno con precipitazioni di almeno 1 mm. Modello Hirham e RCP 4,5.



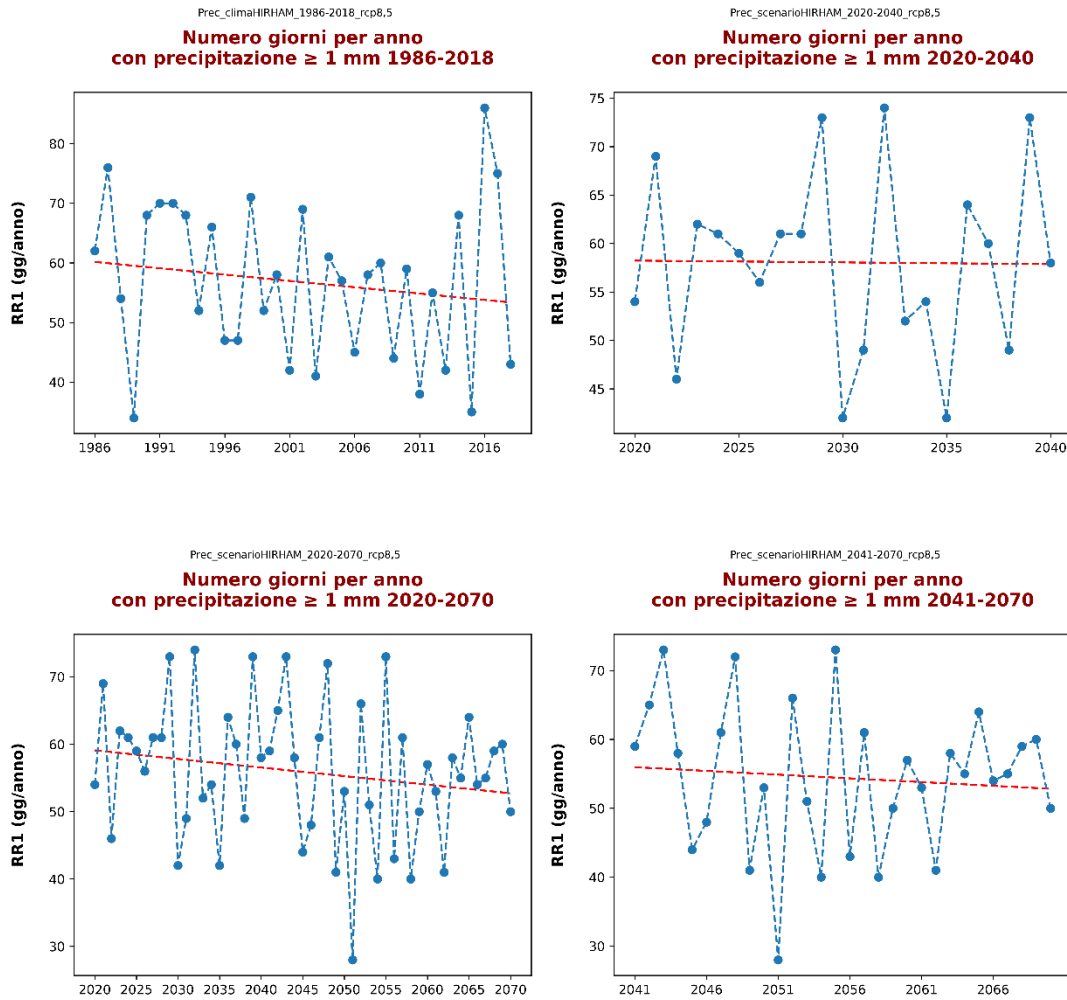


Figura 49 – Numero di giorni per anno con precipitazioni di almeno 1 mm. Modello Hirham e RCP 8,5.



**Interreg**



**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## Considerazioni finali

L'analisi climatica per il periodo 1961-2010 per il comune di Oristano ha consentito di definire le criticità e le vulnerabilità delle condizioni climatiche più estreme che potrebbero avere un impatto negativo sul territorio.

Quanto affermato è particolarmente attestabile per i valori delle temperature sia massime sia minime, mentre, come prevedibile, i valori di trend per le precipitazioni sono spesso non significativi.

Mentre l'analisi dei dati climatici nel periodo considerato ha dato risultati abbastanza univoci per tutte le stazioni meteorologiche considerate, altrettanto non si può dire per gli scenari climatici futuri dei modelli PLSA\_CM5A e DIM\_HIRHAM, soprattutto per le precipitazioni.

In generale, i modelli prevedono un aumento delle temperature sia nel medio periodo (2040) sia nel lungo periodo (2070), aumento che può essere molto severo come nel caso del modello PLSA\_CM5A.

A condizioni di temperature molto elevate, sia nei valori minimi sia in quelli massimi, corrisponderanno situazioni di disagio molto più intense e frequenti, come le ondate di calore (indicatore HW), le notti tropicali e i periodi di siccità (indicatori CDD e SPI).

Le precipitazioni, come si poteva prevedere, mostrano un comportamento non sempre univoco e con risultati il cui livello di confidenza non può essere elevato come nel caso delle temperature (IPCC 5th Assessment, 2013).

Infatti, se da un lato le precipitazioni presentano una riduzione (stimabile mediamente intorno al 10% rispetto alla baseline climatica) del cumulato annuale (indicatore AP) per quasi tutti i modelli e gli scenari, non è chiaro come possa variare la distribuzione delle precipitazioni nei prossimi 50 anni.

I modelli e gli scenari danno infatti segnali diversi per quanto riguarda vari indicatori: l'indicatore CWD (giorni consecutivi con pioggia) cresce per tutti gli scenari tranne che per lo scenario CM5A RCP 8,5; il cumulato di precipitazione degli eventi di almeno 5 giorni consecutivi (Rx5day), mostra variazioni trascurabili per tutti gli scenari; l'indicatore dei giorni di pioggia con precipitazioni di 20 mm diminuisce notevolmente per tutti gli scenari, mentre presenta un andamento crescente ma non statisticamente significativo per lo scenario con RCP 4,5 per il modello CM5A.

Il dato più interessante per gli scenari delle precipitazioni previste dai modelli è l'elevata variabilità interannuale, per cui se è vero che per molti indicatori non si registrano trend significativi o di uguale segno, è pur vero che gli estremi dei valori sono molto lontani anche da un anno al successivo. Ad annate nella norma climatica dell'area di Oristano, possono seguire anni in cui piove molto di più della media con anche cumulati al disopra di 150 mm in 5 giorni e con un numero di eventi intensi per anno superiore ai 10.



**Interreg**



UNIONE EUROPEA

**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**



Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

I modelli non tengono conto dei dati orari di precipitazione e quindi non modellizzano le intensità orarie, un'informazione che evidentemente sarebbe molto utile in relazione alle dinamiche degli eventi estremi di precipitazione per il comune di Oristano.

D'altra parte, l'incremento degli eventi estremi emerge più chiaramente dall'analisi dei dati orari di precipitazione che mostrano, nel periodo 2006-2018, un significativo trend di aumento dell'intensità.