

ANALISI DEL CLIMA ATTUALE

PROGETTO PNC

“COBENEFICI DI SALUTE ED EQUITÀ A SUPPORTO DEI PIANI DI RISPOSTA AI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN ITALIA”

Autori: Lena F., Piervitali E., Rossi L., Settanta G.

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Indice

1. INTRODUZIONE	3
2. IL QUADRO CLIMATICO NAZIONALE	4
2.1 Metodologia.....	4
2.1 Temperatura	8
Temperatura media	8
Temperatura massima.....	10
Temperatura minima.....	12
Giorni estivi	14
Giorni estivi torridi	16
Giorni con gelo	18
Notti tropicali.....	20
Indice di durata dei periodi di caldo	22
Indice di durata dei periodi di caldo estivo.....	23
2.2 Precipitazione	24
Precipitazione cumulata	24
Giorni di precipitazioni intense	26
Precipitazione nei giorni estremamente piovosi	28
Precipitazione massima giornaliera	30
Indice di intensità di precipitazione giornaliera.....	32
3. ANALISI SULLE AREE URBANE	34
3.1 Temperatura media, massima, minima	34
3.2 Indici estremi	39
BIBLIOGRAFIA.....	43

1. Introduzione

Nel contesto della crisi climatica attuale, lo studio delle variazioni climatiche passate e presenti e la stima di quelle future rappresenta la base conoscitiva indispensabile per la valutazione degli impatti e la definizione di strategie e piani di adattamento ai cambiamenti climatici.

Per lo studio del clima del passato, che si riferisce generalmente agli ultimi decenni, la fonte primaria di informazioni è costituita dalle serie temporali di osservazioni meteorologiche rappresentative delle località in esame. L'elaborazione delle serie e l'applicazione di modelli statistici per il riconoscimento e la stima delle tendenze consente di evidenziare e valutare i segnali di cambiamento climatico sul territorio.

L'obiettivo specifico 1 del Progetto "Cobenefici di salute ed equità a supporto dei piani di risposta ai cambiamenti climatici" prevede la valutazione dell'esposizione ambientale e della stima di cambiamenti climatici in ambito urbano, e in particolare la definizione di una rete di dati osservazionali di temperature di serie storica ad alta risoluzione a partire dai dati delle reti di monitoraggio urbano. Al fine di presentare una sintesi del contesto di riferimento, nell'ambito di questa attività è stato elaborato in primo luogo il quadro climatico nazionale e su tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole. L'analisi climatica è stata poi elaborata a livello locale per una selezione di aree urbane con più di 100000 abitanti, dove sono disponibili serie di dati storici lunghe e complete, includendo le città che partecipano al progetto: Palermo, Bari, Roma, Bologna e Torino.

2. Il quadro climatico nazionale

2.1 Metodologia

Prima di affrontare qualunque tipo di analisi climatica a lungo termine è necessario sottoporre le serie temporali a rigorosi controlli che ne garantiscano la buona qualità, assicurando che i valori della serie non siano affetti da errori introdotti nella fase di osservazione, trascrizione e archiviazione del dato.

Il Sistema Nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati climatici (SCIA, scia.isprambiente.it) assicura da tempo la disponibilità di dati, statistiche e indici climatici di qualità controllata, che originano dalle principali reti osservative nazionali e regionali, con passo temporale giornaliero, decadale, mensile e annuale (Desiato 2007; Desiato et al., 2006, 2007, 2011).

La procedura di controllo di validità dei dati implementata in SCIA prevede una sequenza di test sulle serie giornaliere, elaborati sulla base di un'analisi dei controlli applicati al dataset globale di osservazioni meteorologiche giornaliere (Global Historical Climatological Network – GHCN) del National Climatic Data Center (NCDC) della NOAA (Durre et al., 2010; Arguez et al., 2012), opportunamente modificati tenendo conto di alcune caratteristiche peculiari del clima italiano.

I controlli hanno l'obiettivo di individuare diverse tipologie di errore, quali i valori impossibili, i dati duplicati, i valori anomali (*outlier*), le inconsistenze interne o temporali (Fioravanti et al., 2016).

A partire dalle serie disponibili attraverso il sistema SCIA è stato selezionato un gruppo di stazioni, che rispondono ai necessari requisiti di durata, completezza e continuità delle serie temporali, sulla base delle quali sono state calcolate le stime delle variazioni e delle tendenze climatiche nel lungo periodo, attraverso indicatori rappresentativi dell'andamento dei valori medi e degli estremi delle variabili climatiche.

Un altro aspetto che è stato considerato riguarda l'omogeneità delle serie temporali. Una serie omogenea è una serie la cui variabilità temporale dipende solo da fattori climatici (Peterson et al., 1998). Sebbene l'omogeneità delle serie climatiche sia un requisito fondamentale per la stima corretta delle tendenze, nella realtà le serie di dati osservati di lungo periodo risultano più o meno affette da discontinuità artificiali dovute a cambiamenti delle condizioni di misura, quali lo spostamento della stazione di osservazione, il cambiamento della strumentazione e nuove procedure di elaborazione dei dati.

Per le stime delle variazioni di temperatura (sia degli indicatori dei valori medi che degli estremi) sono stati quindi applicati alle serie temporali metodi aggiornati di omogeneizzazione (Fioravanti e Piervitali, 2018; Fioravanti et al., 2019) per individuare e correggere le discontinuità artificiali.

L'analisi del clima a scala nazionale è stata effettuata considerando due basi climatologiche per il calcolo delle anomalie: 1981-2010 e 1991-2020.

Il primo trentennio di riferimento, 1981-2010, permette il confronto fra gli indicatori calcolati per il clima osservato e quelli relativi agli scenari futuri, elaborati sempre nell'ambito dell'obiettivo 1 del Progetto, che si riferiscono a questa base.

Le anomalie calcolate rispetto al trentennio 1991-2020 seguono invece le indicazioni della World Meteorological Organization (WMO) che suggerisce un aggiornamento della base climatologica ogni dieci anni per finalità di climatologia operativa. I valori medi (o normali) calcolati su periodi recenti sono infatti più rappresentativi delle condizioni climatiche attuali, soprattutto con riferimento alle variabili che presentano un trend come la temperatura.

I valori normali sul trentennio 1991-2020 di temperatura (media, massima e minima) e precipitazione cumulata, insieme a quelli di parametri climatologici secondari (numero di giorni superiori a soglie prefissate di temperatura o precipitazione, gradi giorno di riscaldamento e raffrescamento etc.) sono riportati nello specifico Rapporto ISPRA (Fioravanti et al., 2022) e presentati sotto forma di tabelle, grafici di sintesi e mappe nell'app web dedicata (valori-climaticinormali.isprambiente.it).

Per la descrizione del quadro climatico nazionale sono stati analizzati i valori medi di temperatura e precipitazione e alcuni indici idonei a descrivere gli estremi di temperatura e precipitazione in termini di frequenza, intensità e durata (Tabelle 2.1 e 2.2). Tali indici sono stati selezionati dal set di indici ET-SCI (Expert Team on Sector-specific Indices, climimpact-sci.org), definiti dalla WMO Commission for Climatology (CCI), rilevanti per diversi settori di applicazione quali la salute, l'energia, l'agricoltura. Gli indici ET-SCI includono il primo set di 27 indici ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices, Peterson et al., 2001), inizialmente definito allo scopo di condividere una metodologia comune per la valutazione delle variazioni degli estremi climatici e di rendere confrontabili i risultati ottenuti in diverse parti del mondo. L'indice SU95p - giorni estivi, è un indice definito nell'ambito del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici in base alle condizioni climatiche caratteristiche dell'Italia.

Le elaborazioni sono presentate in termini di serie temporali per l'Italia intera e per tre diverse macroaree geografiche – Nord, Centro, Sud e Isole – per la maggior parte degli indicatori, in base al numero di stazioni per le quali ne è stata possibile l'elaborazione.

Viene inoltre mostrata l'analisi a livello locale per una selezione di stazioni che dispongono di serie adeguatamente lunghe e complete, includendo le elaborazioni relative alle città che partecipano al progetto. Alcune stazioni sono localizzate fuori dal centro delle aree urbane e sono quindi meno rappresentative della temperatura della città, che risente dell'effetto dell'isola urbana di calore ed è caratterizzata da valori di temperatura superiori rispetto alle aree limitrofe. Pertanto, non è possibile confrontare i valori degli indicatori climatici calcolati per le diverse città, ma è significativo valutare la variazione nel tempo degli indicatori a livello di ogni stazione.

In questo report tutte le elaborazioni si riferiscono alla base climatica più recente, 1991-2020, mentre sul sito del progetto sono riportati i grafici delle anomalie degli indicatori rispetto ad entrambe le basi 1981-2010 e 1991-2020.

Tabella 2.1 – Indicatori di temperatura

Nome	Acronimo	Descrizione	Riferimento Bibliografico	Unità
Temperatura media	TG	Valore medio della temperatura media giornaliera		°C
Giorni estivi	Su95p	Numero di giorni con temperatura massima giornaliera superiore a 29.2°C	Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (2023). MATTM. Web link: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNACC_DOCUMENTO_DI_PIANO.pdf	giorni
Giorni estivi torridi	TXGE35	Numeri di giorni con temperatura massima giornaliera superiore a 35°C	ET-SCI Climate Change Indices. Web link: https://climact-sci.org/indices/	giorni
giorni con gelo	FD	Numero di giorni con temperatura minima giornaliera uguale o inferiore a 0°C	ETCCDI Climate Change Indices. Web link: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml	giorni
Notti tropicali	TR	Numero di giorni con temperatura minima giornaliera superiore a 20°C	ETCCDI Climate Change Indices. Web link: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml	giorni
Indice di durata dei periodi di caldo estivo	WS3DI	Numero di giorni nel periodo maggio-settembre in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile della distribuzione 1981-2020 (maggio-settembre) per almeno 3 giorni consecutivi	ET-SCI Climate Change Indices. Web link: https://climact-sci.org/indices/	giorni
Indice di durata dei periodi di caldo	WSDI	Numero di giorni nell'anno in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile della distribuzione annuale nel periodo 1981-2010, per almeno 6 giorni consecutivi.	ETCCDI Climate Change Indices. Web link: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml	giorni

Tabella 2.1 – Indicatori di precipitazione

Nome	Acronimo	Descrizione	Riferimento Bibliografico	Unità
Precipitazione cumulata nei giorni piovosi	PRCPTOT	Somma della precipitazione nei giorni con precipitazione superiore o uguale a 1 mm	ETCCDI Climate Change Indices. Web link: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml	mm
Giorni di precipitazioni intense	R20mm	Numero di giorni con precipitazione superiore a 20 mm	ETCCDI. Climate Change Indices. Web link: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml	giorni
Precipitazione nei giorni estremamente piovosi	R99p	Somma delle precipitazioni giornaliere superiori al 99° percentile della distribuzione delle precipitazioni giornaliere nei giorni piovosi nel periodo 1981-2010	ETCCDI Climate Change Indices. Web link: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml	mm
Precipitazione massima giornaliera	RX1DAY	Valore massimo della precipitazione giornaliera	ETCCDI. Climate Change Indices. Web link: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml	mm
Indice di intensità di precipitazione giornaliera	SDII	Precipitazione media giornaliera nei giorni di precipitazione superiore o uguale a 1mm	ETCCDI. Climate Change Indices. Web link: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml	mm/giorno

2.1 Temperatura

Temperatura media

L'andamento della temperatura media in Italia dal 1961 al 2022 è illustrato dalle serie delle anomalie della temperatura media giornaliera in Italia rispetto al periodo climatologico di riferimento 1991-2020 (Figura 2.1).

A partire dal 2000 le anomalie rispetto alla base climatologica 1991-2020 sono state sempre positive ad eccezione di quattro anni (2004, 2005, 2010, 2013). Il 2022 è risultato l'anno più caldo della serie dal 1961 (con un'anomalia di $+1.23^{\circ}\text{C}$), superando di 0.58°C il precedente record assoluto del 2018. Il 2022 è stato inoltre il nono anno consecutivo con anomalia positiva rispetto al periodo climatologico di riferimento.

Il 2022 si colloca al primo posto della serie anche per l'anomalia della temperatura massima ($+1.42^{\circ}\text{C}$) e per l'anomalia di temperatura minima ($+1.03^{\circ}\text{C}$).

Come emerge chiaramente dal grafico, la serie mostra un deciso segnale di riscaldamento, con un significativo trend in aumento pari a $(+0.39 \pm 0.04)^{\circ}\text{C}/10$ anni dal 1981 al 2022 (SNPA, 2023).

Il marcato trend positivo è confermato dall'analisi su ognuna delle tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole (Figura 2.2). Nel Nord Italia il trend lineare, sempre dal 1981, è pari a $(+0.43 \pm 0.05)^{\circ}\text{C}/10$ anni, al Centro $(+0.39 \pm 0.05)^{\circ}\text{C}/10$ anni e al Sud e isole $(+0.35 \pm 0.04)^{\circ}\text{C}/10$ anni.

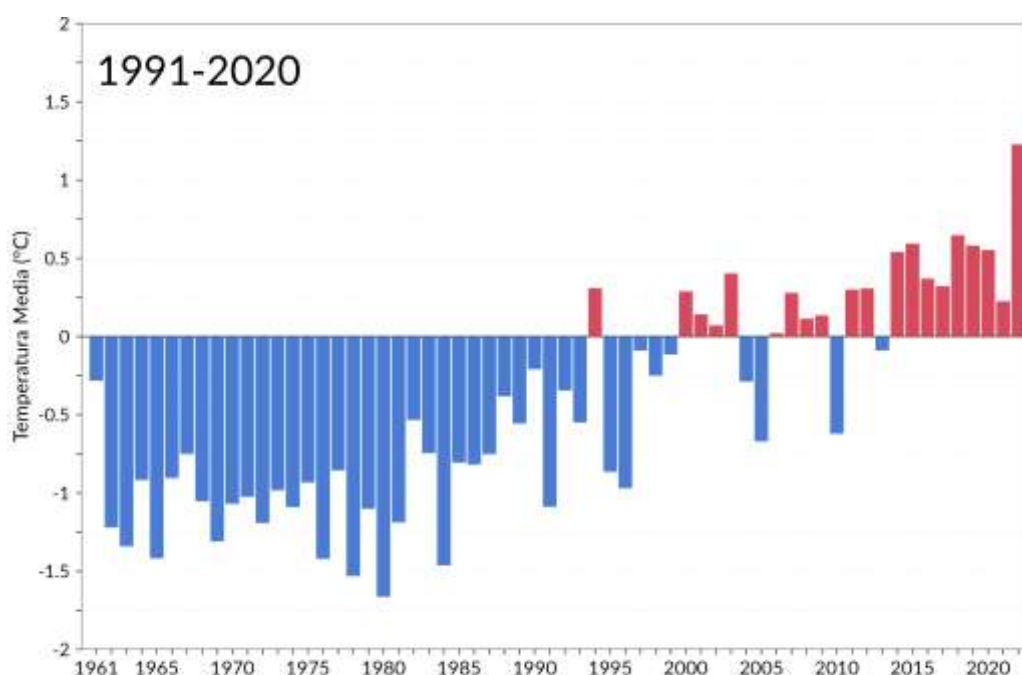


Figura 2.1 - Serie delle anomalie medie in Italia della temperatura media rispetto al valore normale 1991-2020.



CLIMA
CO-BENEFICI
DI SALUTE
ED EQUITÀ

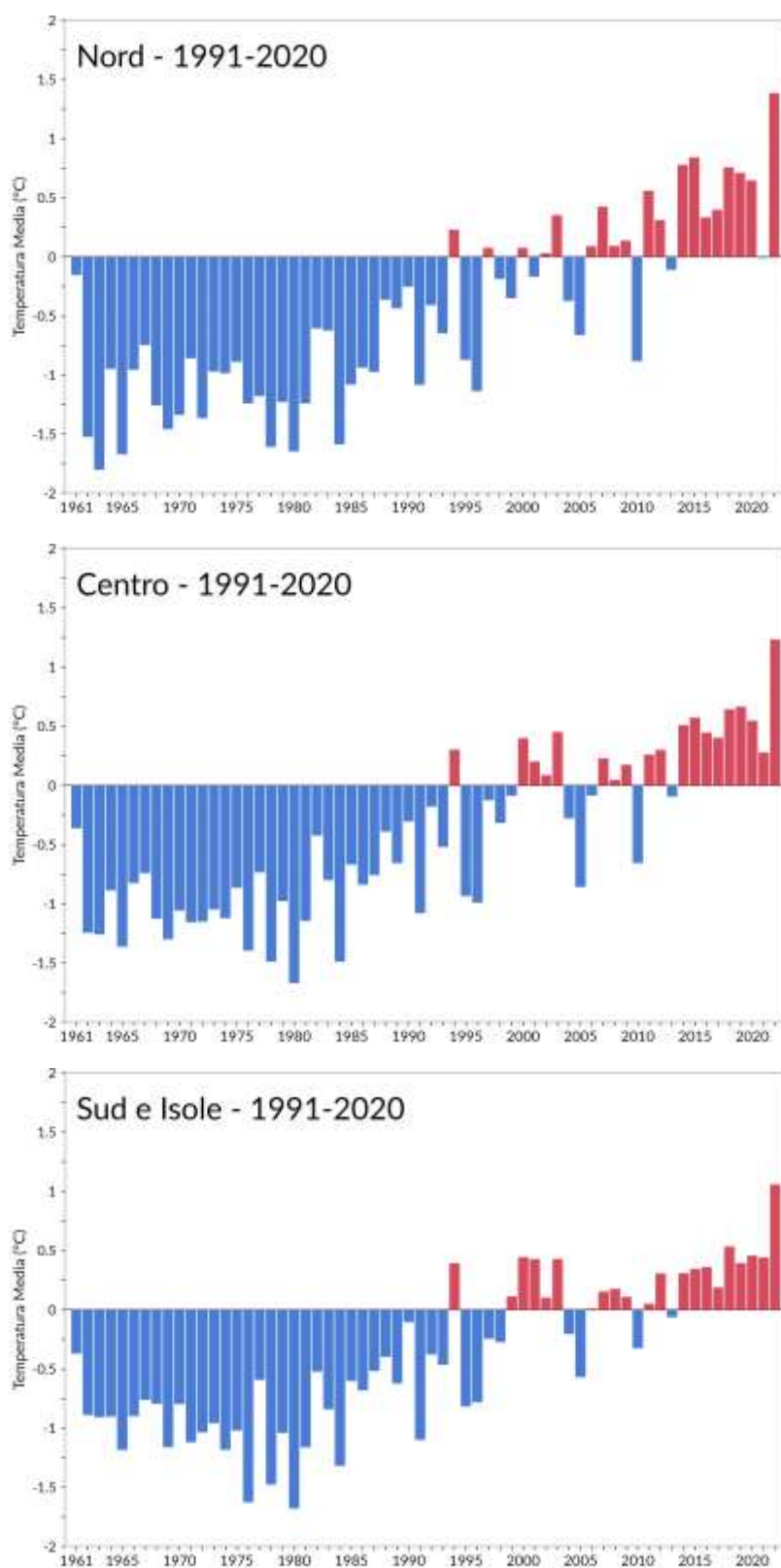


Figura 2.2 - Serie delle anomalie medie annuali della temperatura media rispetto al valore normale 1991-2020 per le tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole.

Temperatura massima

La Figura 2.3 illustra l'andamento della temperatura massima in Italia dal 1961 al 2022, in termini di anomalie medie annuali della temperatura massima giornaliera rispetto al periodo climatologico di riferimento 1991-2020.

A partire dal 2000 le anomalie rispetto alla base climatologica 1991-2020 sono state sempre positive ad eccezione di cinque anni (2002, 2004, 2005, 2010, 2013). Per la temperatura massima il 2022 si colloca al primo posto della serie dal 1961, con un'anomalia di $+1.42^{\circ}\text{C}$. Come osservato per la temperatura media, anche per la temperatura massima il 2022 è stato inoltre il nono anno consecutivo con anomalia positiva rispetto al periodo climatologico di riferimento.

La serie mostra un marcato aumento, pari a $(+0.41 \pm 0.05)^{\circ}\text{C}/10$ anni dal 1981 al 2022 (SNPA, 2023). Un comportamento che è confermato dall'analisi su ognuna delle tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole, con il record di anomalia positiva nel 2022 (Figura 2.4).

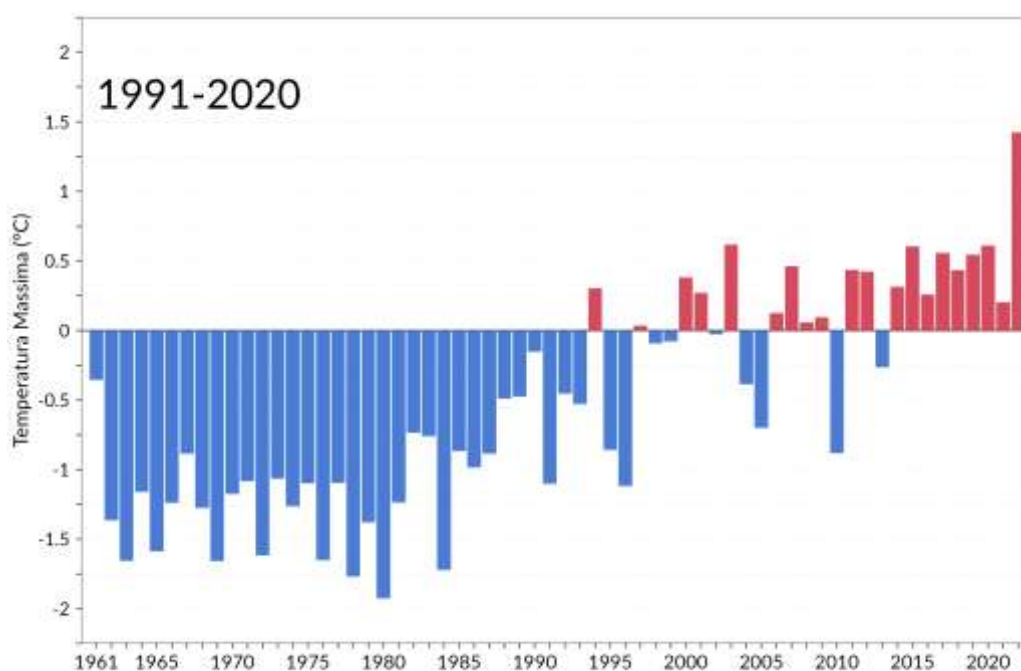


Figura 2.3 - Serie delle anomalie medie in Italia della temperatura massima rispetto al valore normale 1991-2020.



CLIMA
CO-BENEFICI
DI SALUTE
ED EQUITÀ

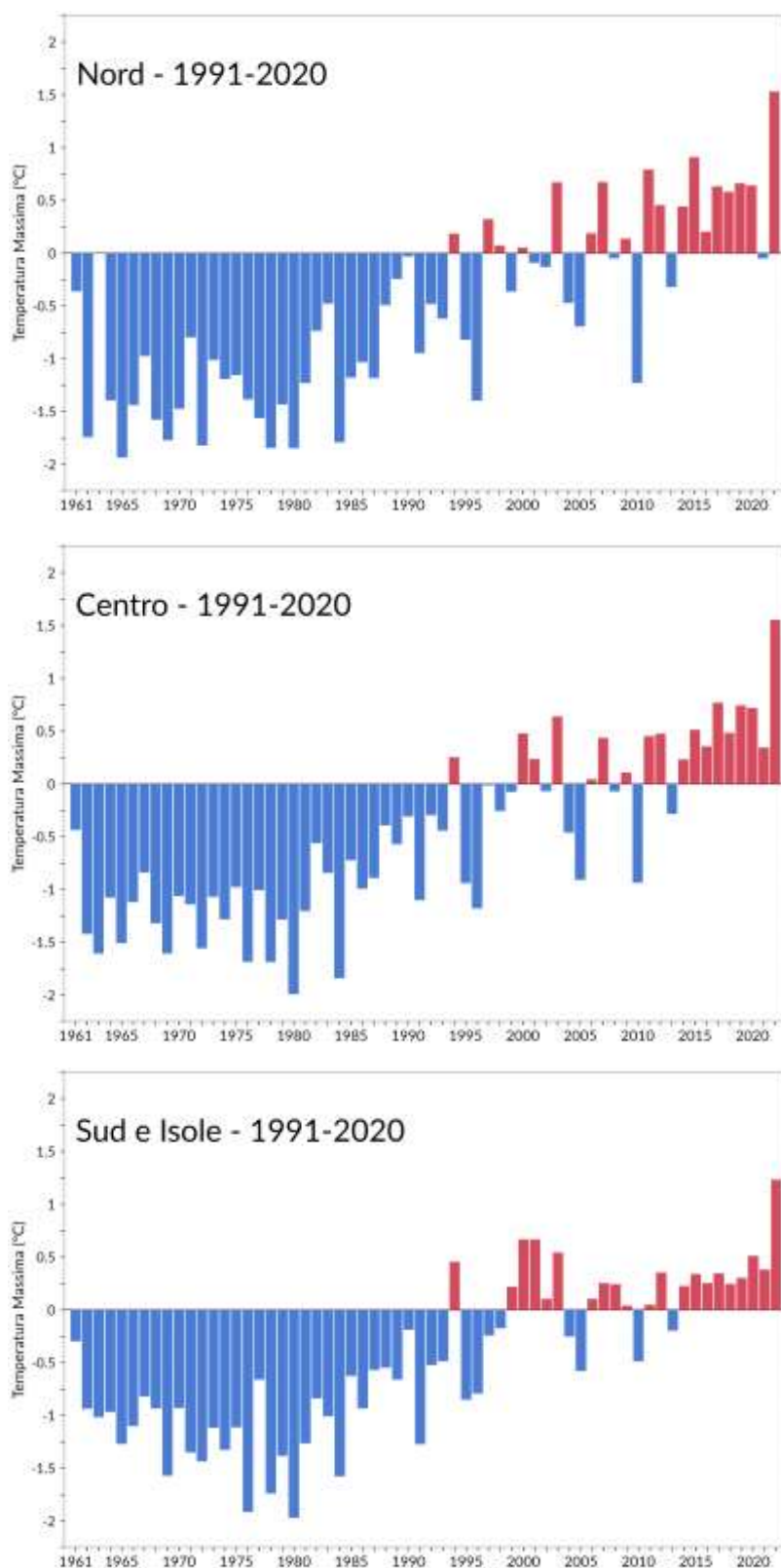


Figura 2.4 - Serie delle anomalie medie annuali della temperatura massima rispetto al valore normale 1991-2020 per le tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole.

Temperatura minima

La Figura 2.5 illustra l'andamento della temperatura minima in Italia dal 1961 al 2022, in termini di anomalie medie annuali della temperatura minima giornaliera rispetto al periodo climatologico di riferimento 1991-2020.

A partire dal 2000 le anomalie rispetto alla base climatologica 1991-2020 sono state sempre positive ad eccezione di quattro anni (2004, 2005, 2006, 2010). Come per la temperatura massima anche per la temperatura minima il 2022 si colloca al primo posto della serie dal 1961 (con un'anomalia di $+1.03\text{ }^{\circ}\text{C}$). Il 2022 è stato inoltre il nono anno consecutivo con anomalia positiva rispetto al periodo climatologico di riferimento.

La serie mostra un significativo trend positivo, pari a $(+0.41 \pm 0.05)\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ anni}$, dal 1981 al 2022 (SNPA, 2023). Comportamento confermato anche dall'analisi su ognuna delle tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole (Figura 2.4).

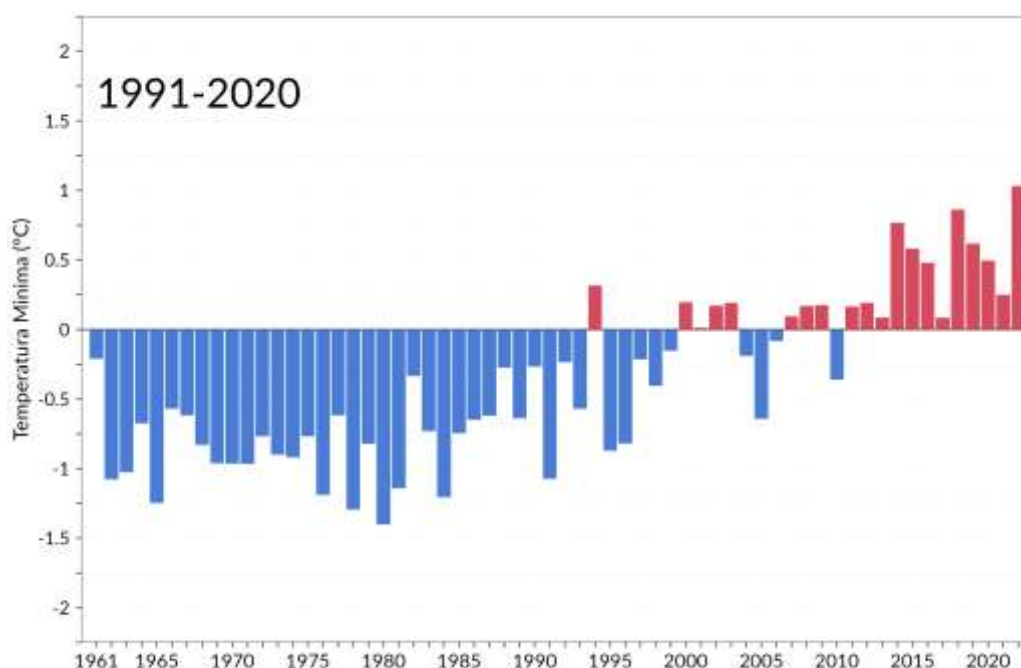


Figura 2.5 - Serie delle anomalie medie in Italia della temperatura minima rispetto al valore normale 1991-2020.



CLIMA
CO-BENEFICI
DI SALUTE
ED EQUITÀ

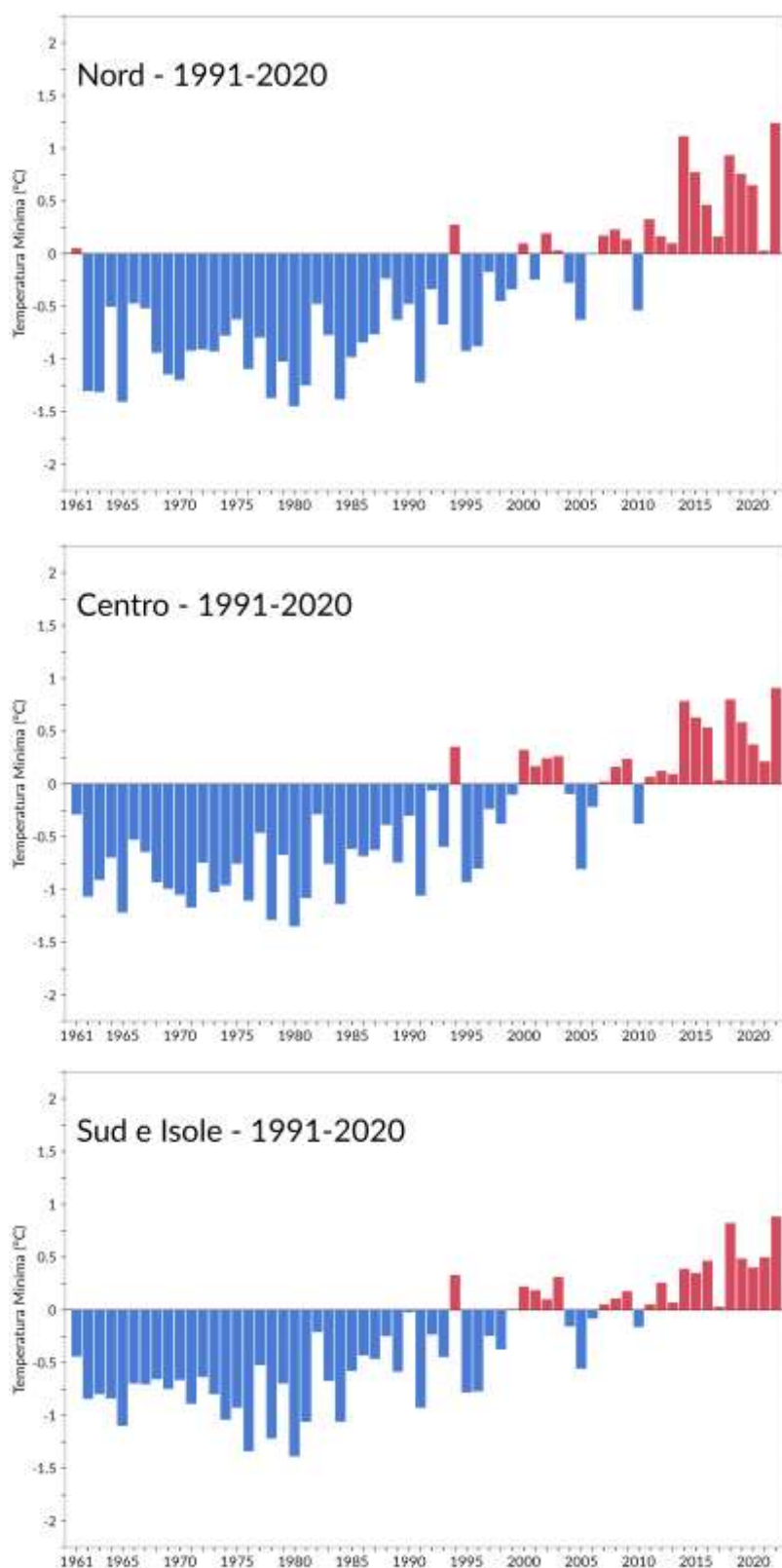


Figura 2.6 - Serie delle anomalie medie annuali della temperatura minima rispetto al valore normale 1991-2020 per le tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole.

Giorni estivi

La serie dell'anomalia media del numero di giorni estivi mostra una chiara tendenza ad aumentare (Figura 2.7). Nel 2022, il valore di + 28 giorni è il più alto della serie a partire dal 1961. Una tendenza all'aumento emerge anche dall'analisi su ognuna delle tre aree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole. Nel 2022 il Centro ha fatto registrare il valore più alto della serie (+34 giorni).

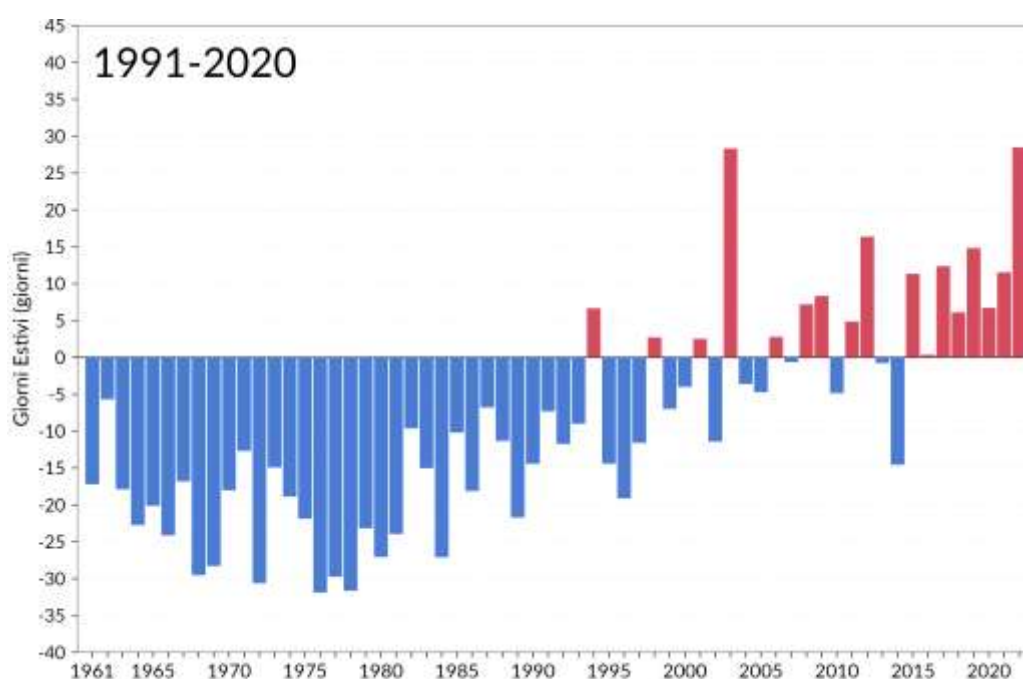


Figura 2.7 - Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni estivi in Italia rispetto al valore normale 1991-2020.



CLIMA
CO-BENEFICI
DI SALUTE
ED EQUITÀ

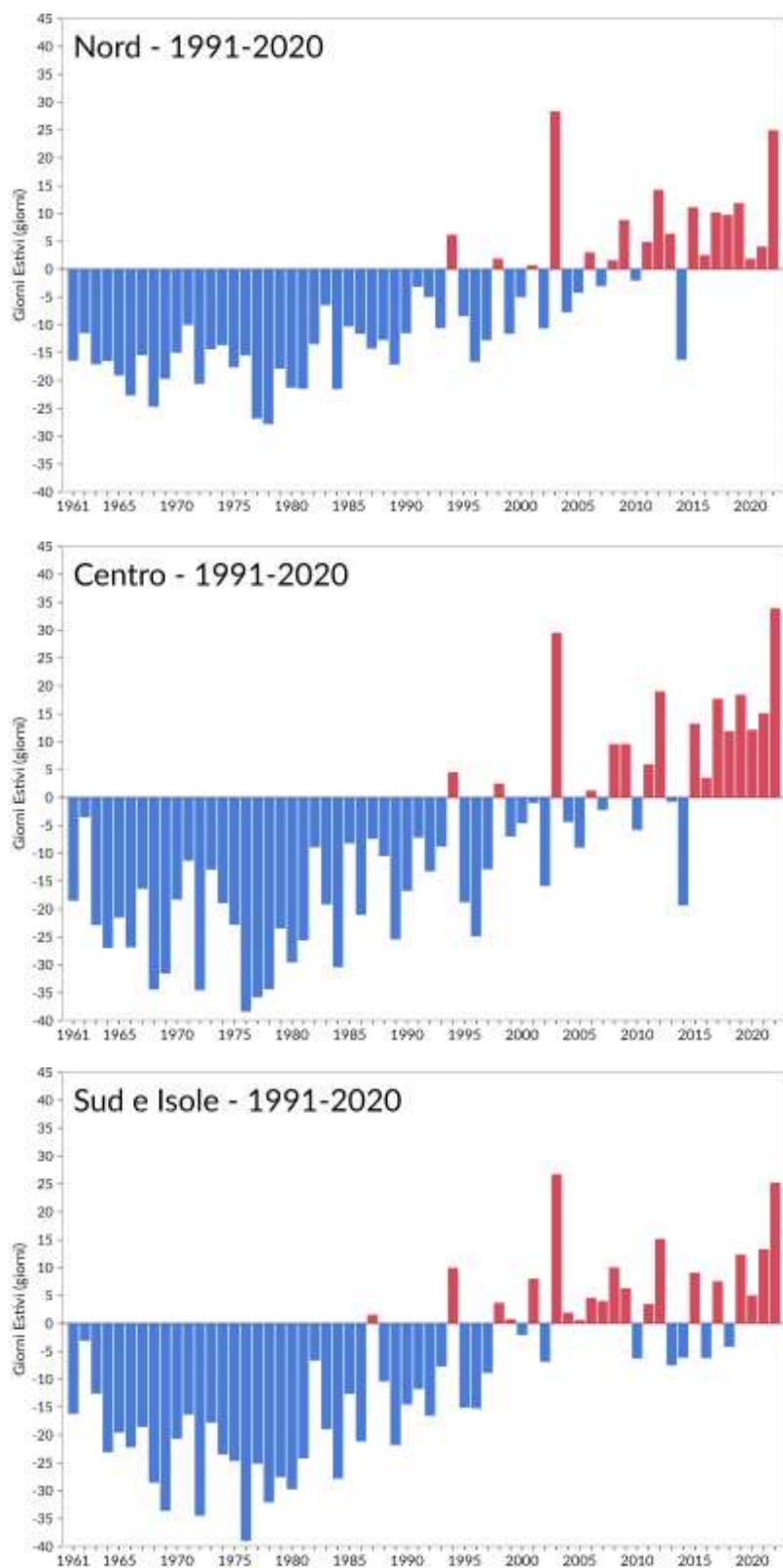


Figura 2.8 - Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni estivi rispetto al valore normale 1991-2020 per le tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole.

Giorni estivi torridi

La serie dell'anomalia media annuale dei giorni estivi torridi evidenzia un andamento temporale crescente in Italia, con un aumento dei giorni torridi nell'ultimo decennio (Figura 2.9). Il numero più alto della serie è stato registrato nel 2003 (con +10 giorni), caratterizzato dall'estate più calda di sempre. Nel 2022, il numero medio di giorni torridi ha fatto registrare il secondo valore più alto della serie (+9 giorni rispetto al valore medio climatico).

Una tendenza all'aumento emerge chiaramente anche dall'analisi su ognuna delle tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole. Nel 2022 al Centro è stato registrato il valore più alto della serie (+ 11 giorni).

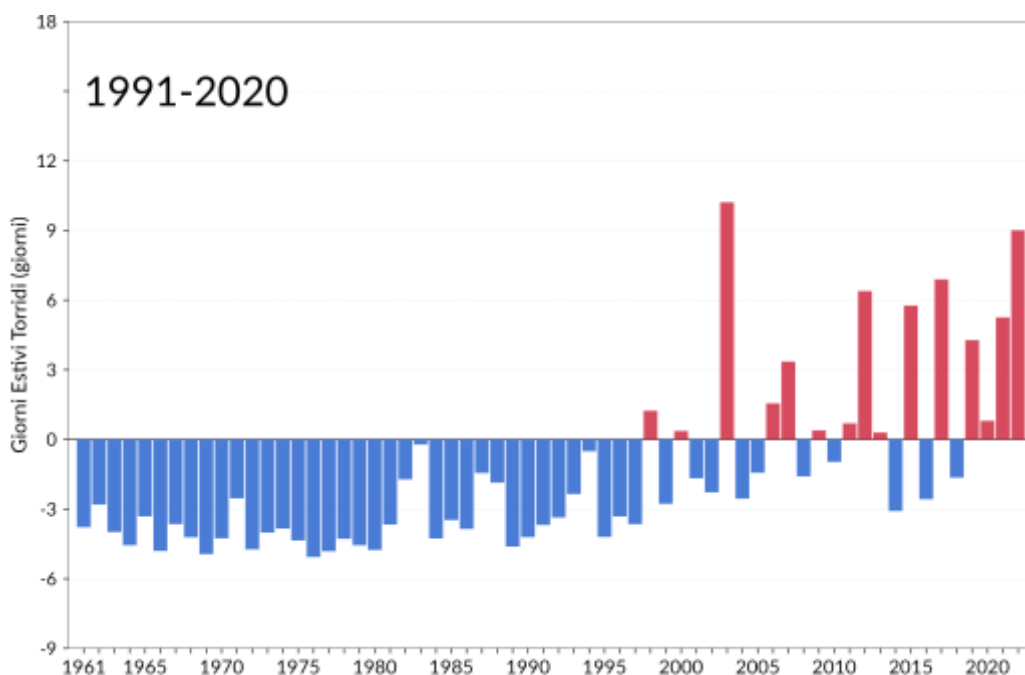


Figura 2.9 - Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni estivi torridi in Italia rispetto al valore normale 1991-2020.



CLIMA
CO-BENEFICI
DI SALUTE
ED EQUITÀ

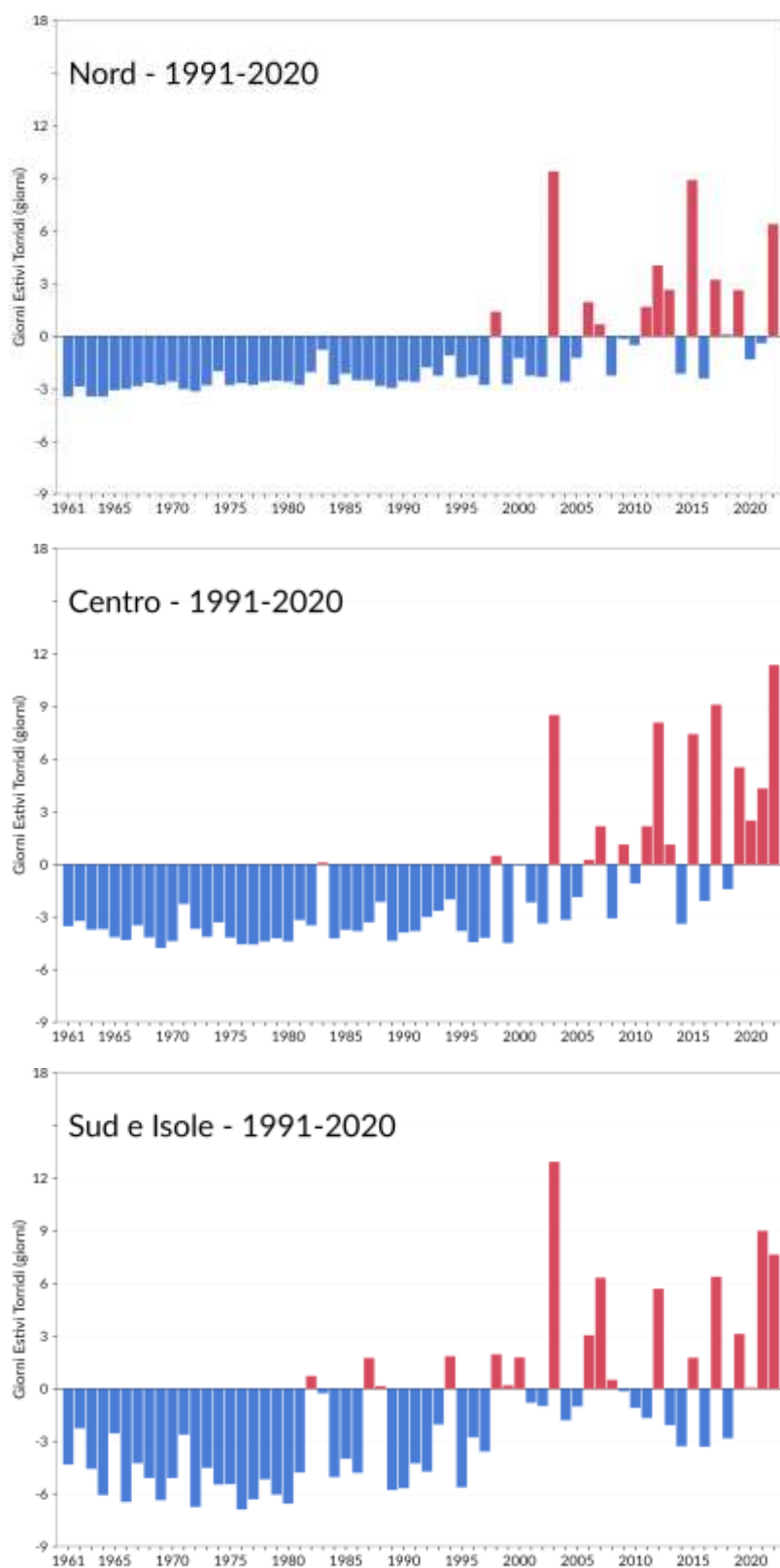


Figura 2.10 - Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni estivi torridi rispetto al valore normale 1991-2020 per le tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole.

Giorni con gelo

La serie dell'anomalia media del numero di giorni con gelo in Italia mostra una tendenza alla riduzione (Figura 2.11). Negli ultimi 10 anni i giorni con gelo sono stati quasi sempre inferiori alla media 1991-2020.

Nel 2022 l'anomalia è pari a -6.1 giorni rispetto alla media 1991-2020.

Una tendenza alla riduzione emerge anche dall'analisi su ognuna delle tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole (Figura 2.12). Questa tendenza appare più marcata al Nord rispetto alle altre macroaree.

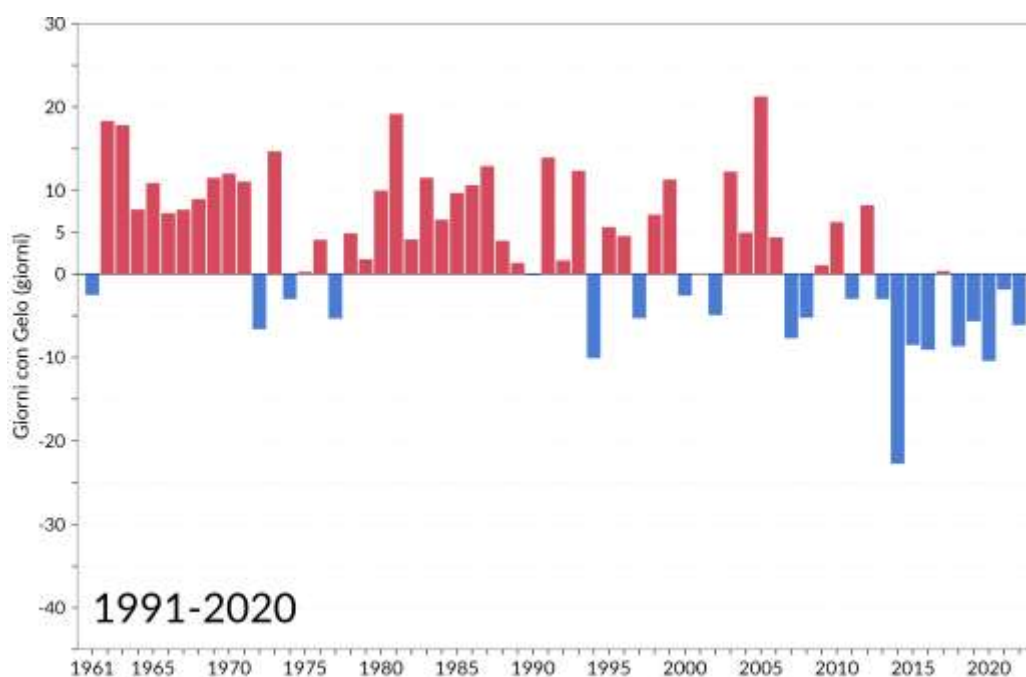


Figura 2.11 - Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni con gelo in Italia rispetto al valore normale 1991-2020.



CLIMA
CO-BENEFICI
DI SALUTE
ED EQUITÀ

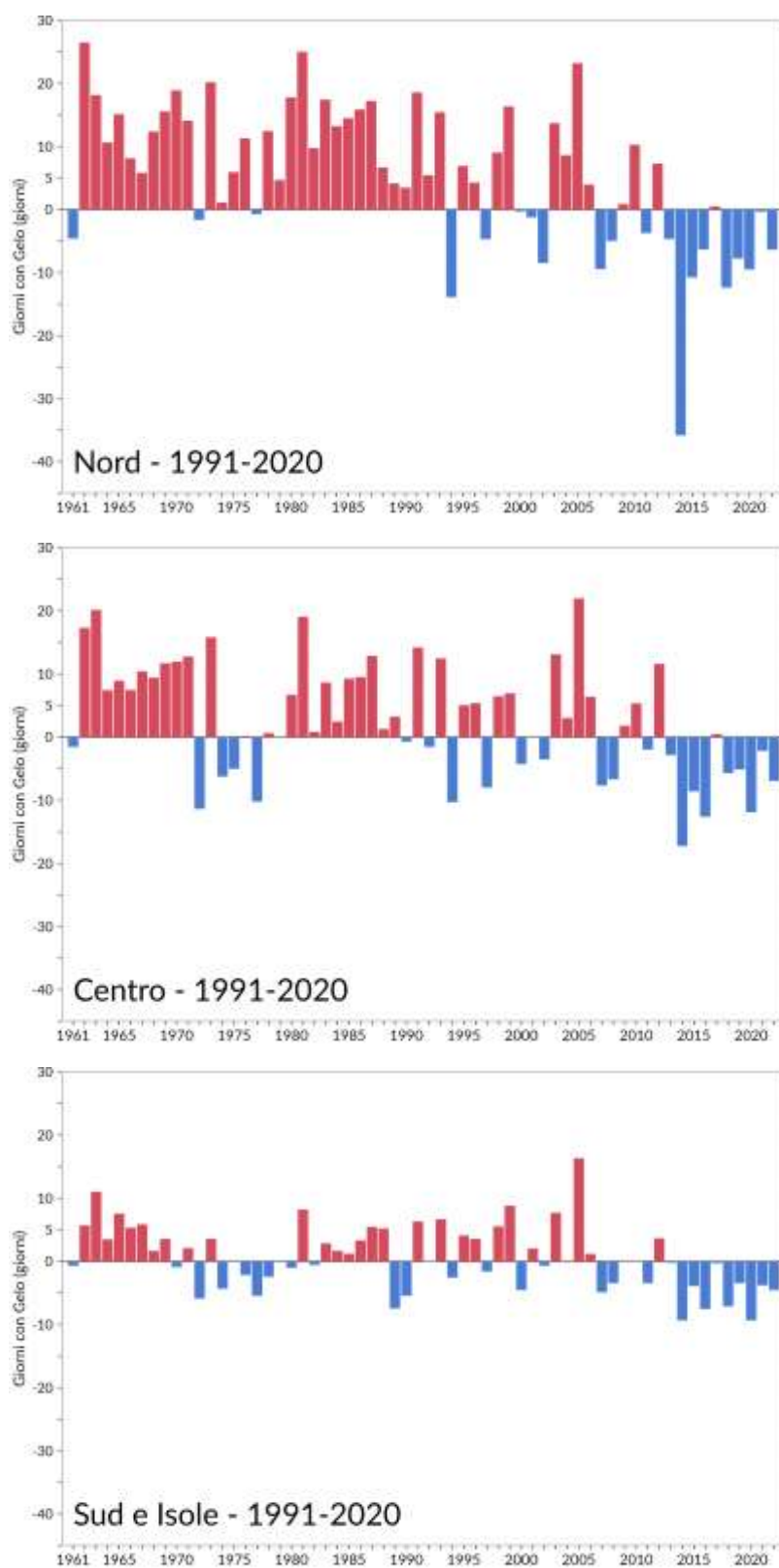


Figura 2.12 - Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni con gelo rispetto al valore normale 1991-2020 per le tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole.

Notti tropicali

L'anomalia media del numero di notti tropicali in Italia ha un andamento crescente dal 1961 (Figura 2.13).

Nel 2022, il valore di + 22 giorni è il più alto della serie.

Una tendenza all'aumento emerge anche dall'analisi su ognuna delle tre aree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole.

Nel 2022, il valore più alto è stato registrato al Nord (+25 giorni).

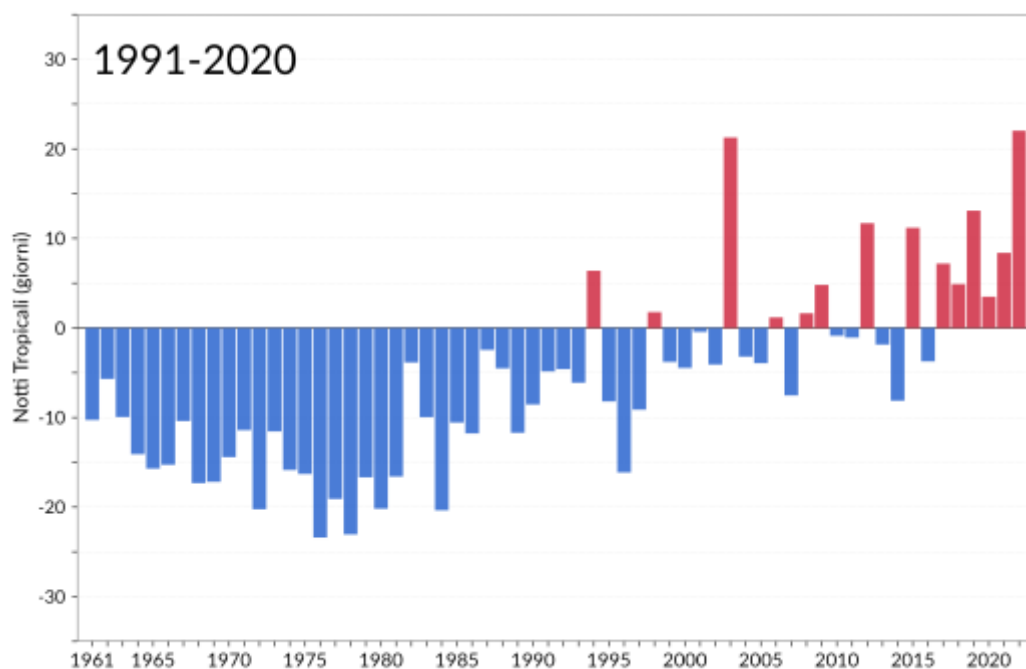


Figura 2.13 - Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti tropicali in Italia rispetto al valore normale 1991-2020.

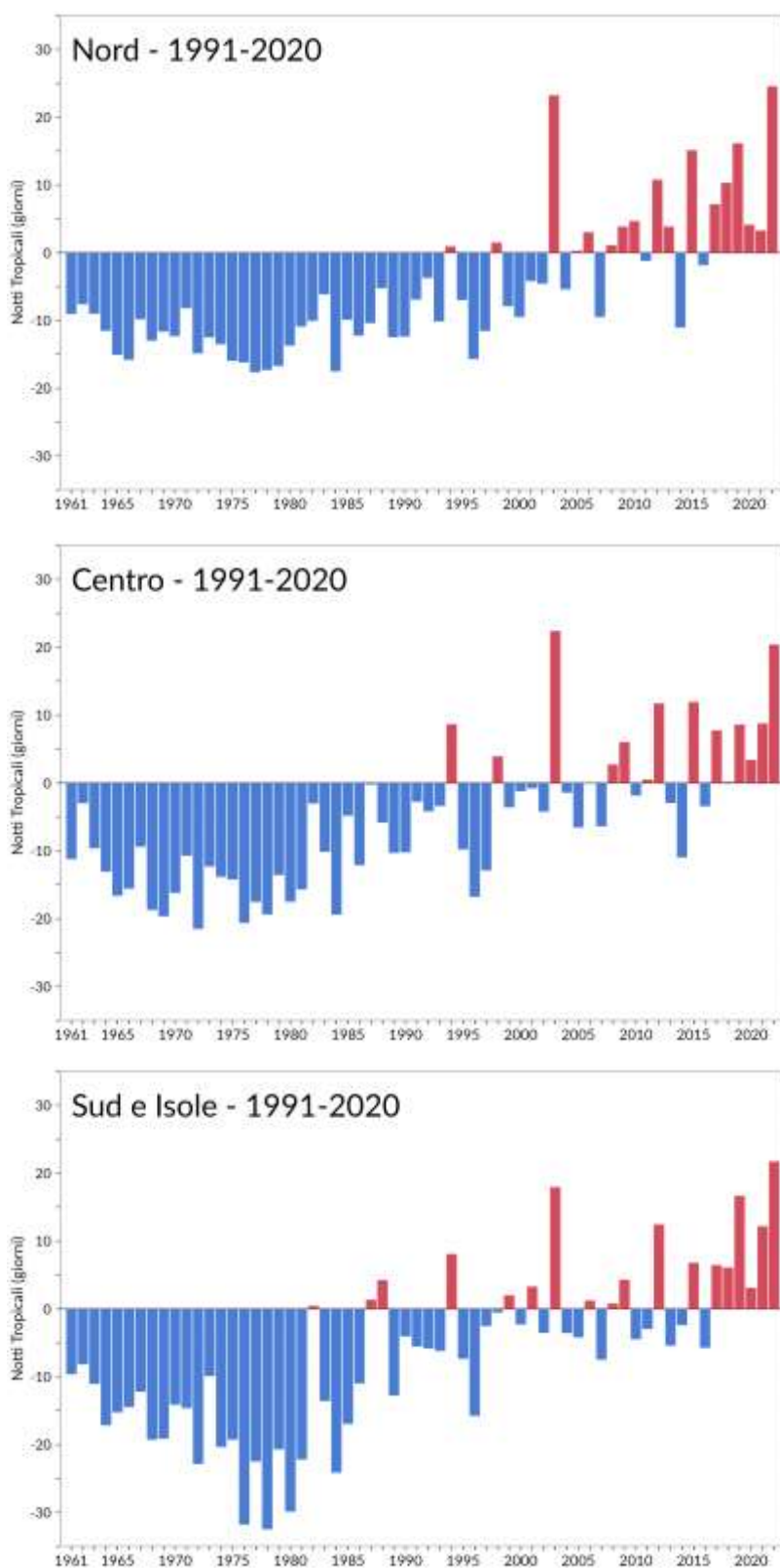


Figura 2.14 - Serie delle anomalie medie annuali del numero di notti tropicali rispetto al valore normale 1991-2020 per le tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole.

Indice di durata dei periodi di caldo

L'indice WSDI – Warm Spell Duration Index, identifica periodi di caldo intenso e prolungato, nel corso dell'anno. A differenza degli indici basati su un valore soglia prefissato, questo indice, conteggiando le eccedenze rispetto ad una soglia definita dal 90° percentile della distribuzione del periodo di riferimento (1981-2010), è rappresentativo delle variazioni del clima locale.

L'andamento temporale dell'anomalia dell'indice WSDI (rispetto al periodo climatologico 1991-2020) mostra una chiara tendenza ad aumentare (Figura 2.15). Il 2022, con 23 giorni, si colloca al primo posto tra i più alti della serie dal 1961, superando il precedente record del 2003 di 16 giorni.

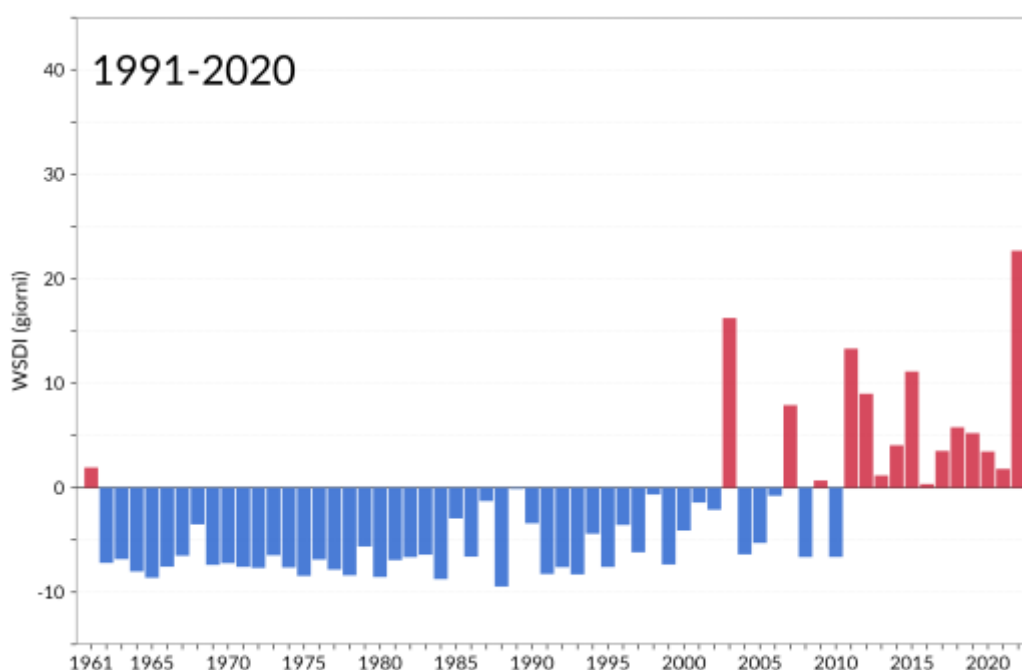


Figura 2.15 - Serie delle anomalie medie annuali dell'indice WSDI in Italia rispetto al valore normale 1991-2020.

Indice di durata dei periodi di caldo estivo

L'indice WS3DI identifica periodi di caldo intenso e prolungato, nel corso dei mesi più caldi dell'anno. Come per il WSDI, questo indice, conteggiando le eccedenze rispetto ad una soglia definita dal 90° percentile della distribuzione del periodo estivo di riferimento (1981-2010), è rappresentativo delle variazioni del clima locale.

L'andamento temporale dell'indice WS3DI mostra una chiara tendenza ad aumentare (Figura 2.16). Il 2022, con +22 giorni, si colloca al secondo posto tra i più alti della serie dal 1961, superato solamente dal 2003.

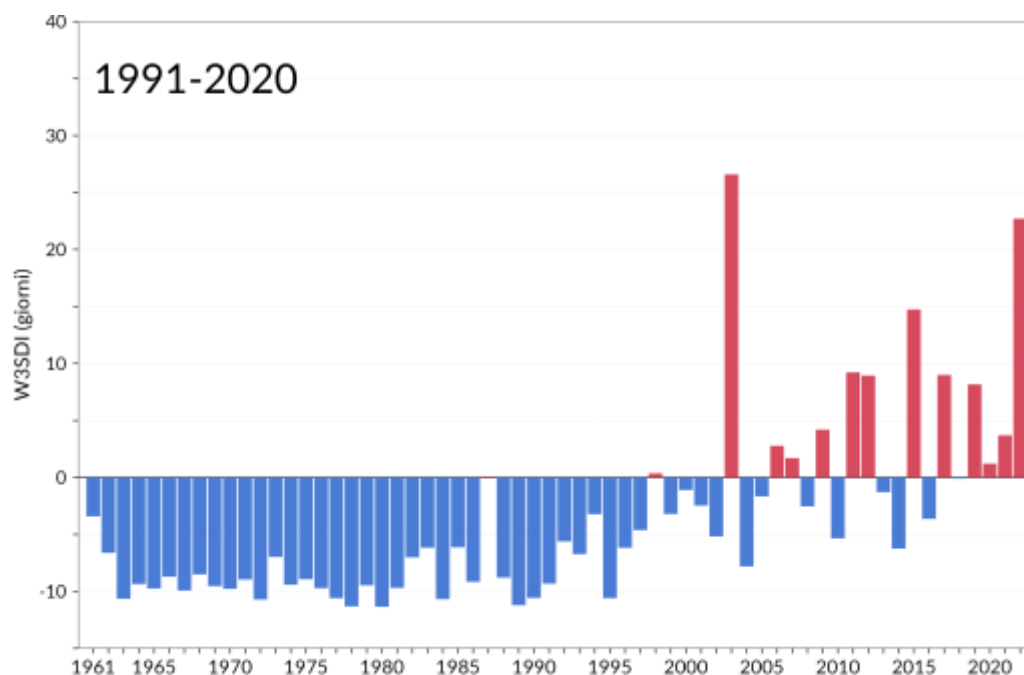


Figura 2.16 - Serie delle anomalie medie annuali dell'indice WS3DI in Italia rispetto al valore normale 1991-2020.

2.2 Precipitazione

Precipitazione cumulata

L'andamento delle precipitazioni in Italia dal 1961 è illustrato dalle serie delle anomalie medie di precipitazione cumulata annuale rispetto al valore climatologico 1991-2020, espresse in valori percentuali (Figura 2.13). Questo indicatore non mostra un'evidente tendenza all'aumento o alla riduzione nel corso degli anni.

Il 2022 si colloca al primo posto tra gli anni meno piovosi, con un'anomalia media di - 22% rispetto al periodo climatologico di riferimento, con tutte le quattro stagioni meno piovose del periodo climatologico di riferimento. La siccità persistente ha investito soprattutto le regioni centro-settentrionali, causando una notevole diminuzione della disponibilità della risorsa idrica (SNPA, 2023).

Come emerge dalla Figura 2.14, nel 2022 il Nord ha fatto registrare l'anomalia negativa più marcata, pari a -33%.

Non emergono segnali significativi di aumento o riduzione nel lungo periodo, né a scala nazionale né sulle macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole.

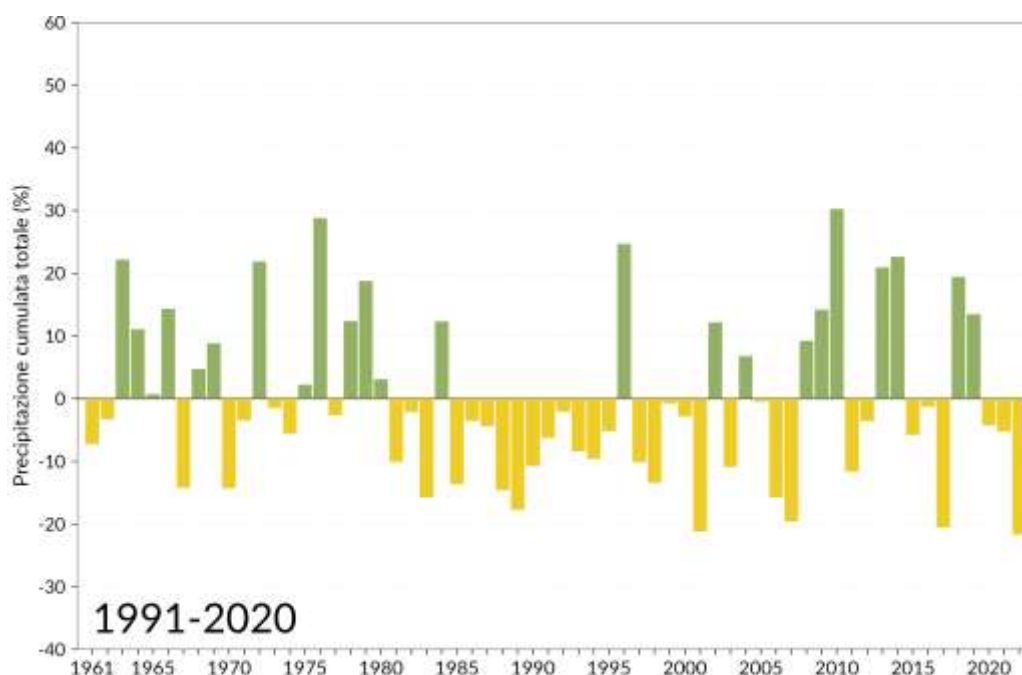


Figura 2.13 - Serie delle anomalie medie in Italia, espresse in valori percentuali, della precipitazione cumulata annuale rispetto al valore normale 1991-2020.



CLIMA
CO-BENEFICI
DI SALUTE
ED EQUITÀ

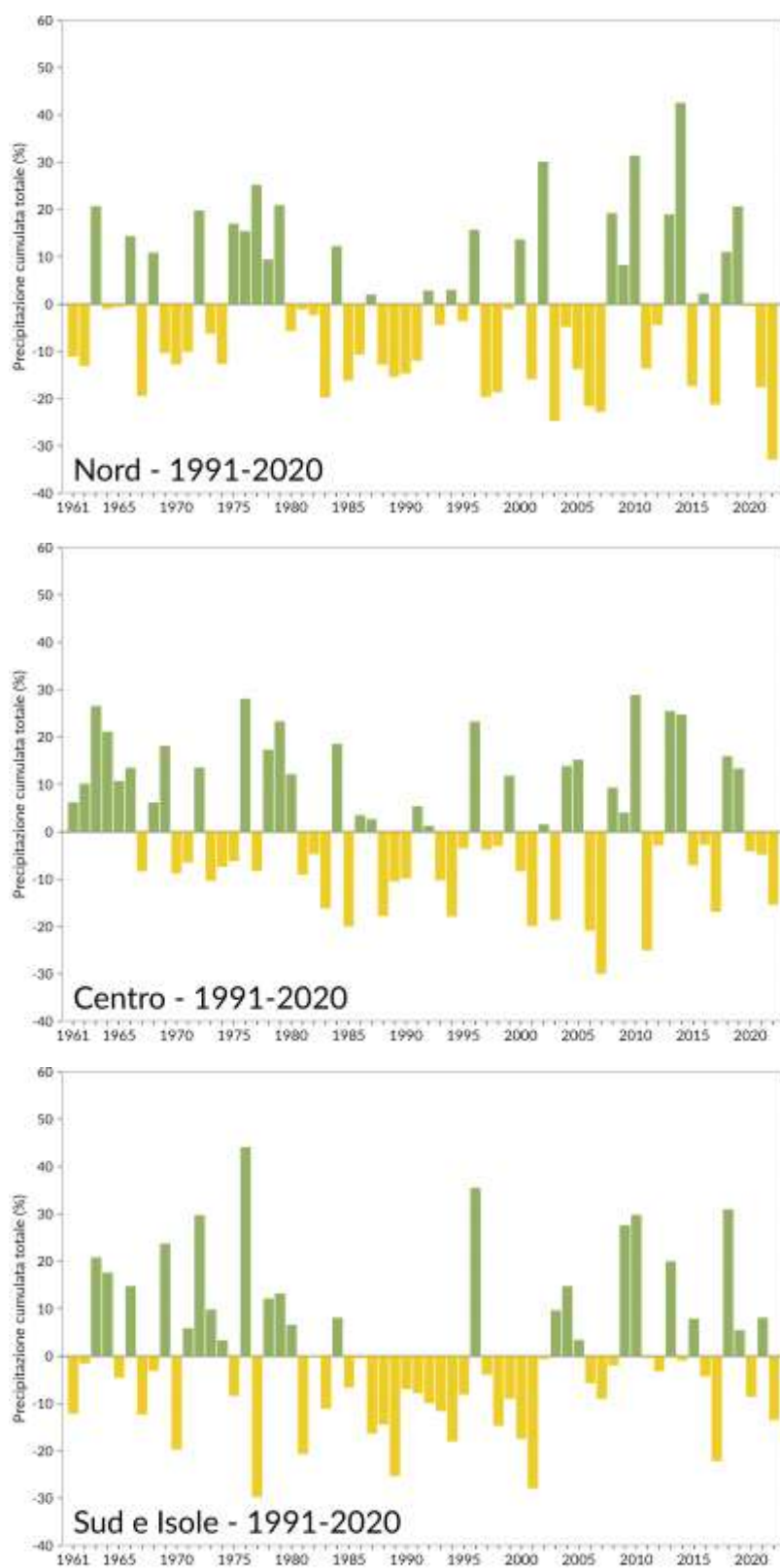


Figura 2.14 - Serie delle anomalie medie espresse in valori percentuali, della precipitazione cumulata annuale rispetto al valore normale 1991-2020, per le tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole.

Giorni di precipitazioni intense

La serie delle anomalie medie del numero di giorni l'anno con precipitazione intensa, (superiore o uguale a 20 mm), rispetto al periodo di riferimento 1991-2020, è mostrato nella Figura 2.15.

Questo indicatore non mostra un'evidente tendenza all'aumento o alla riduzione.

Il 2022 ha fatto registrare il valore più basso dell'intera serie dal 1971, facendo registrare -4 giorni rispetto al periodo climatologico di riferimento.

Nel 2022 il valore più basso è stato registrato al Nord, con -6 giorni (Figura 2.16).

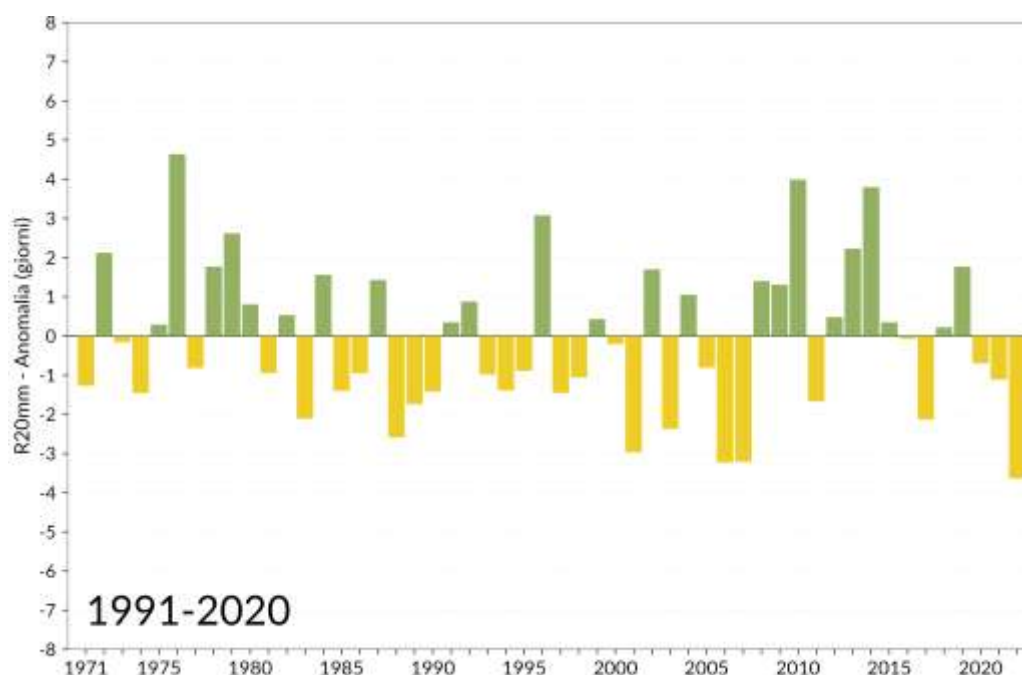


Figura 2.13 - Serie delle anomalie medie in Italia del numero di giorni con precipitazioni intense rispetto al valore normale 1991-2020.

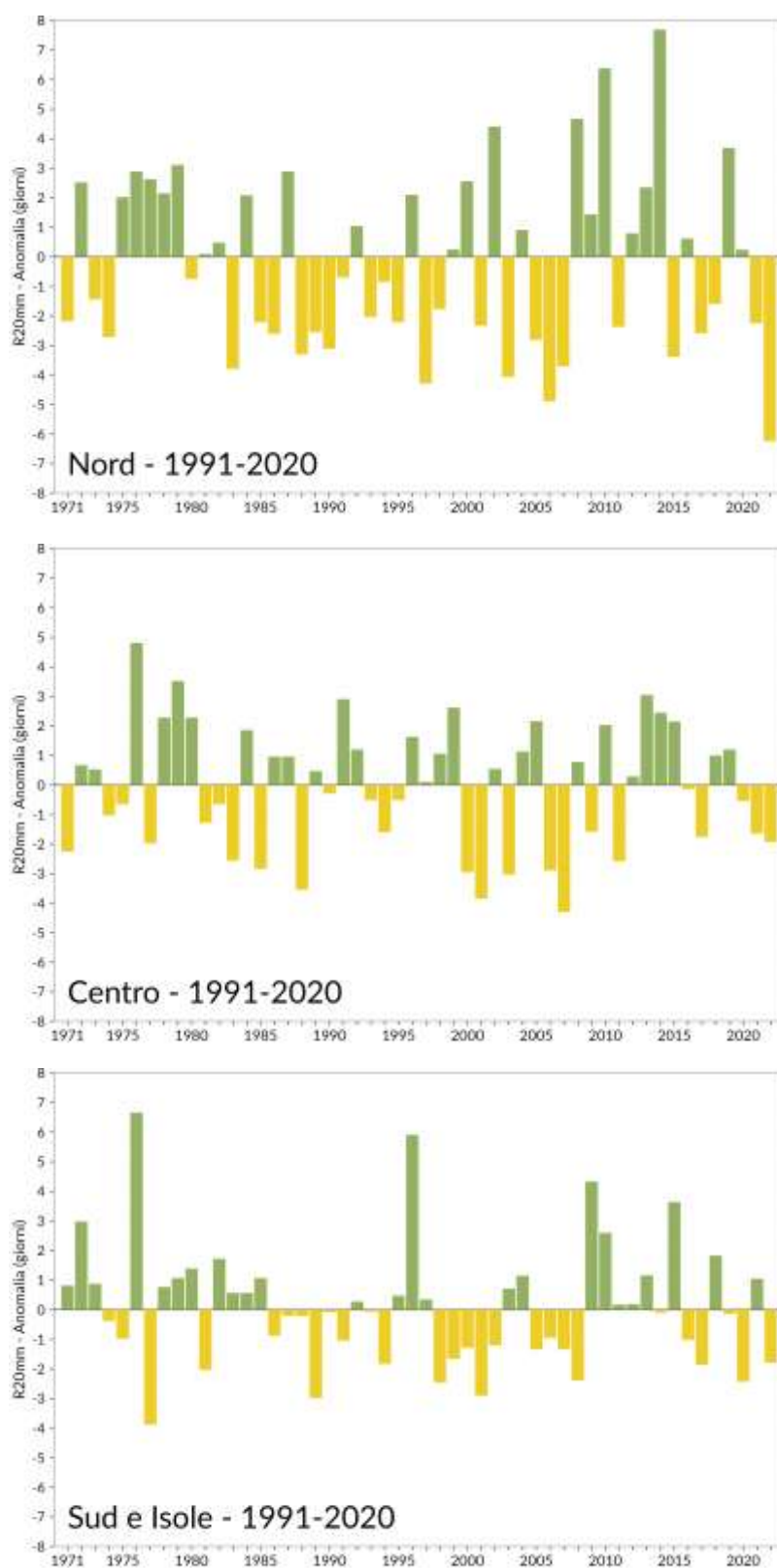


Figura 2.16 - Serie delle anomalie medie del numero di giorni con precipitazione intensa, rispetto al valore normale 1991-2020, per le tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole.

Precipitazione nei giorni estremamente piovosi

La serie delle anomalie della precipitazione nei giorni estremamente piovosi in Italia, rispetto alla media di riferimento del trentennio 1991-2020, non mostra un'evidente tendenza all'aumento o alla riduzione (Figura 2.17).

Il 2022 si colloca tra gli anni con i valori più bassi della serie, con -36 mm rispetto al periodo climatologico di riferimento.

Come emerge dalla Figura 2.18, nel 2022 il Nord ha fatto registrare il valore più basso della serie (-84 mm).

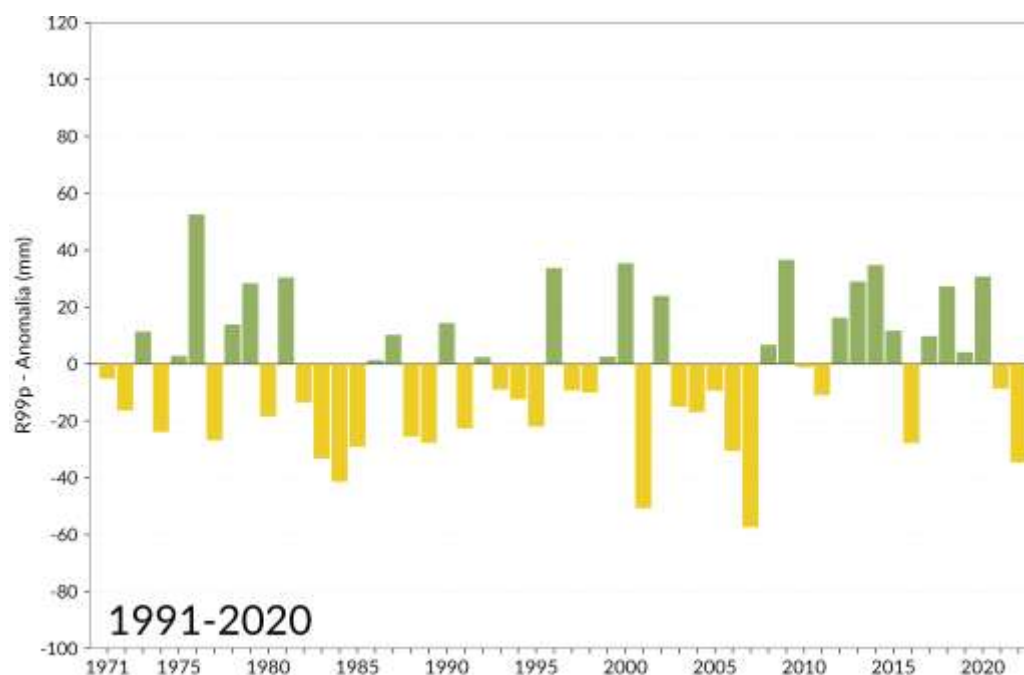


Figura 2.17 - Serie delle anomalie medie in Italia della precipitazione nei giorni molto piovosi in Italia, rispetto al valore normale 1991-2020.



CLIMA
CO-BENEFICI
DI SALUTE
ED EQUITÀ

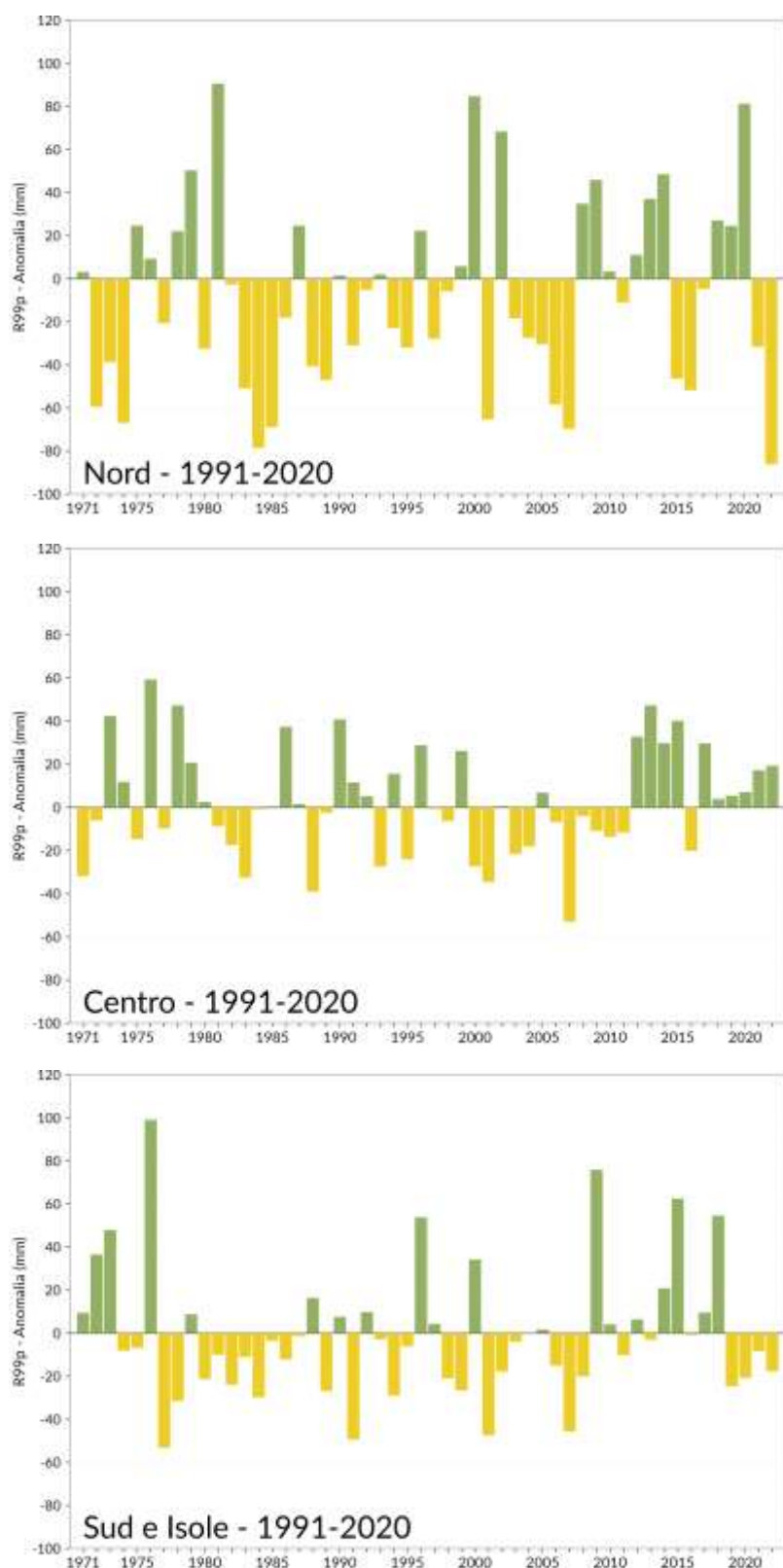


Figura 2.18 - Serie delle anomalie medie della precipitazione nei giorni molto piovosi, rispetto al valore normale 1991-2020, per le tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole.

Precipitazione massima giornaliera

La serie delle anomalie medie in Italia del valore massimo della precipitazione giornaliera dell'anno, rispetto al periodo climatologico 1991-2020, è riportata nella Figura 2.19.

Come riscontrato per gli altri indici di precipitazione, questo indice non mostra un'evidente tendenza all'aumento o alla riduzione.

Il 2022 si colloca tra gli anni con i valori più bassi della serie, con -10 mm rispetto al periodo climatologico di riferimento. Nel 2022 il Nord ha fatto registrare il valore più basso della serie, pari a -25 mm (Figura 2.20).

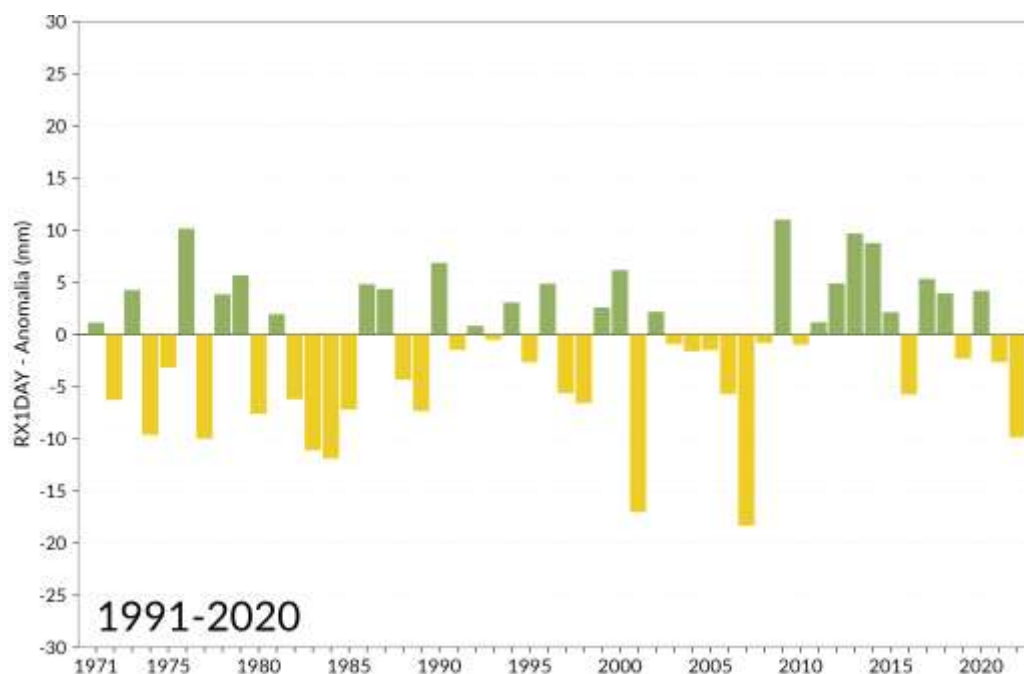


Figura 2.19 - Serie delle anomalie medie in Italia della precipitazione massima giornaliera in Italia rispetto al valore normale 1991-2020.



CLIMA
CO-BENEFICI
DI SALUTE
ED EQUITÀ

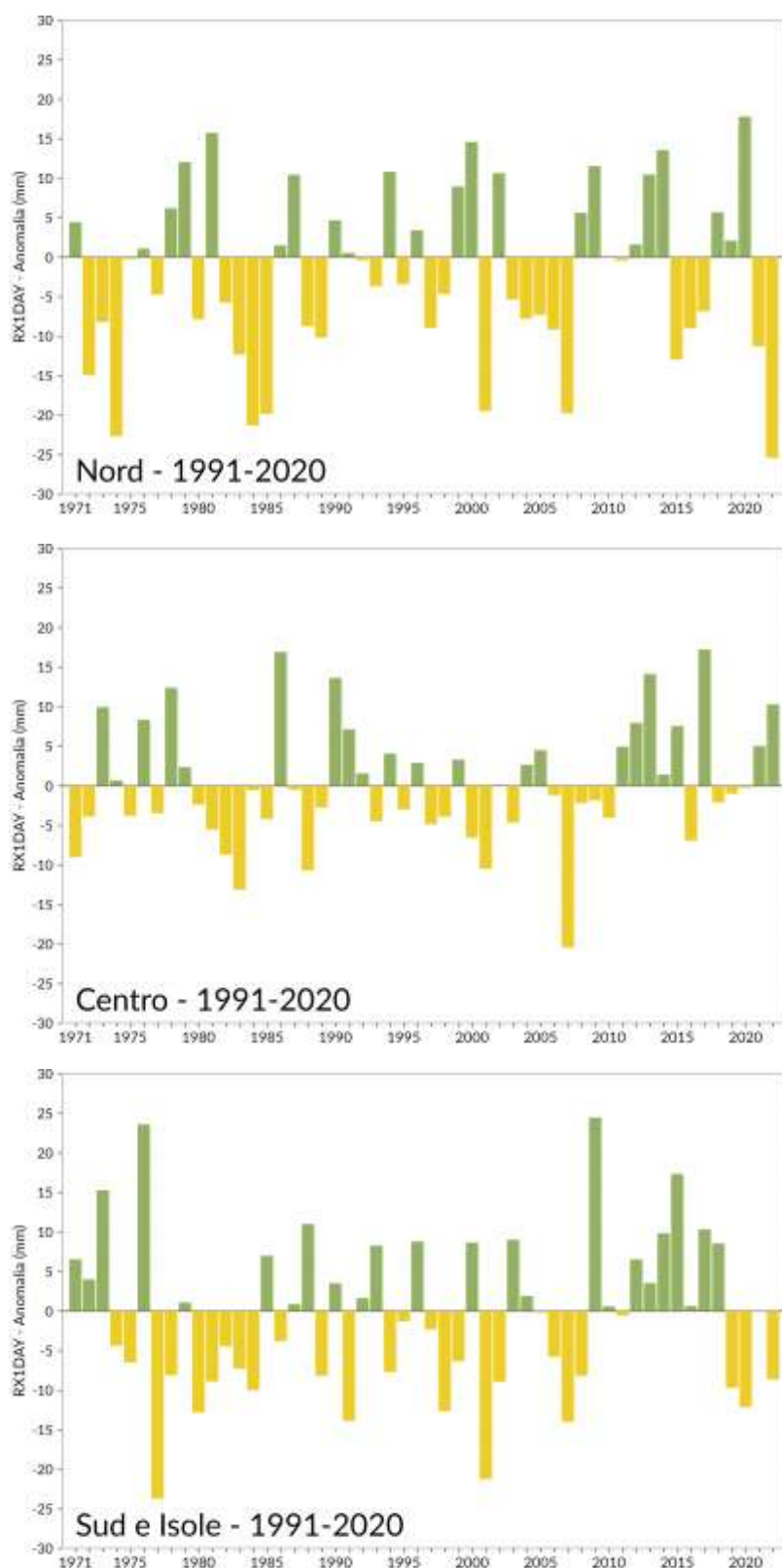


Figura 2.20 - Serie delle anomalie medie della precipitazione massima giornaliera, rispetto al valore normale 1991-2020, per le tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole.

Indice di intensità di precipitazione giornaliera

La serie delle anomalie dell'indice di intensità di precipitazione giornaliera, rispetto al periodo di climatologico 1991-2020 (Figura 2.21), non mostra un'evidente tendenza all'aumento o alla riduzione.

Il 2022 si colloca tra gli anni con i valori più bassi della serie, con un valore di -0.9 mm/giorno rispetto al periodo climatologico di riferimento.

Come riscontrato per gli altri indici di precipitazione, nel 2022 il Nord ha fatto registrare il valore più basso della serie, pari a -2.4 mm/giorno (Figura 2.22).

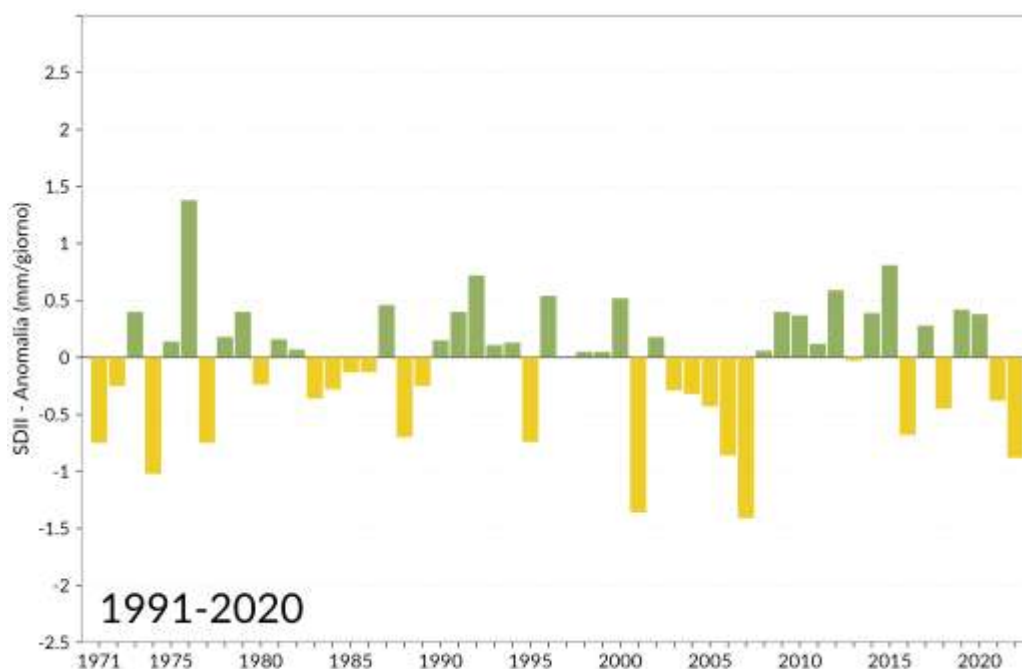


Figura 2.21 - Serie delle anomalie medie in Italia dell'intensità di precipitazione giornaliera in Italia rispetto al valore normale 1991-2020.

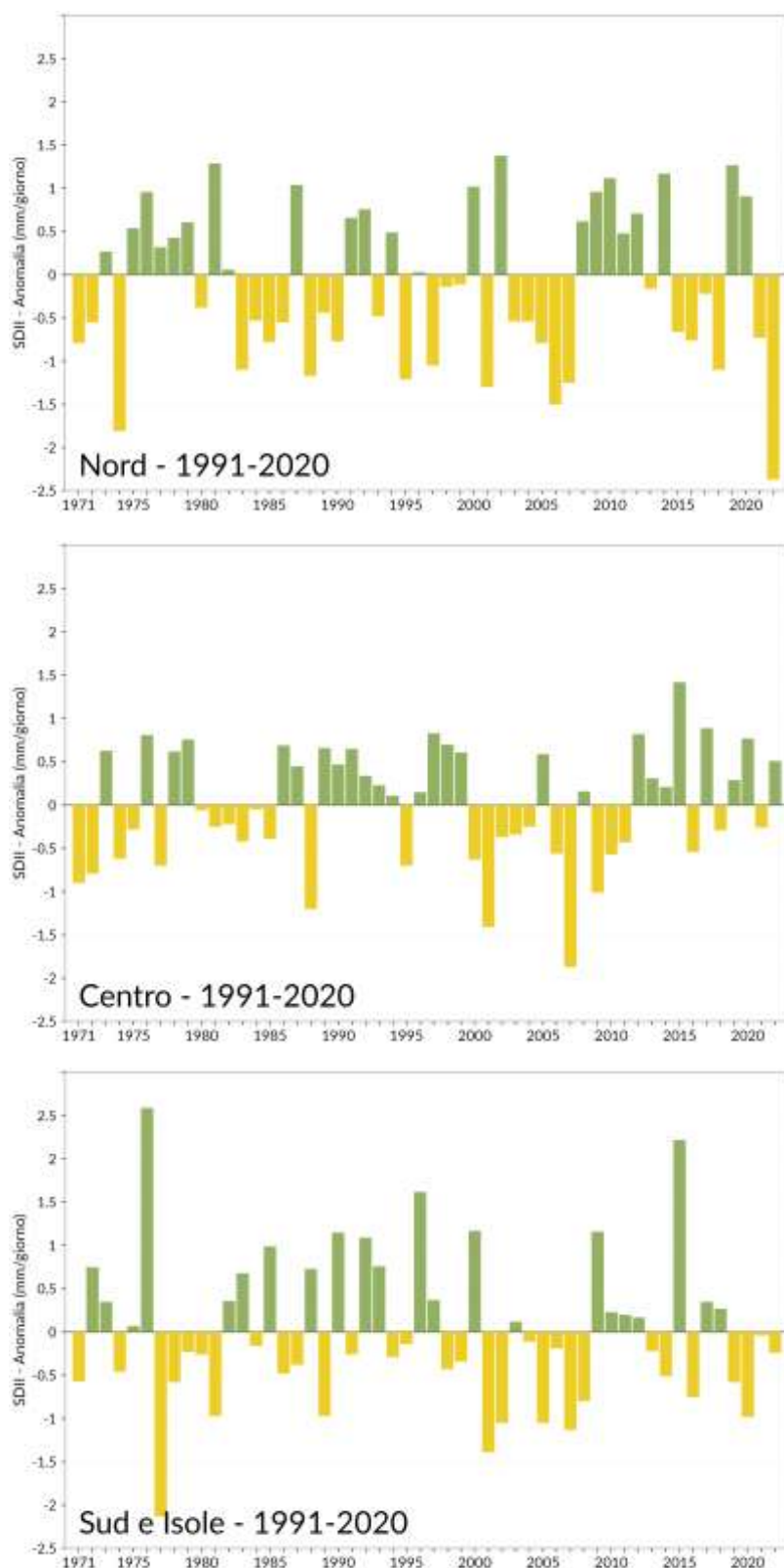


Figura 2.22 - Serie delle anomalie medie dell'intensità di precipitazione giornaliera, rispetto al valore normale 1991-2020, per le tre macroaree geografiche: Nord, Centro, Sud e Isole.

3. Analisi sulle aree urbane

Al fine di valutare le variazioni di temperatura nelle aree urbane con più di 100.000 abitanti, che costituiscono l'oggetto di studio del progetto, è stato selezionato un set di serie di temperatura, che rispondono ai necessari requisiti di lunghezza, completezza e continuità. Dove le serie all'interno delle aree urbane non siano disponibili/complete, sono state analizzate le serie ubicate in prossimità degli aeroporti (Rete del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare - AM), che sono comunque utili a descrivere l'andamento degli indicatori climatici nel corso del tempo.

Analogamente a quanto presentato per il quadro climatico nazionale, l'analisi ha riguardato sia i valori medi di temperatura (media, massima e minima) che gli estremi, utilizzando gli stessi indici elaborati a scala nazionale e per macroaree geografiche.

3.1 *Temperatura media, massima, minima*

Al fine di mettere in evidenza la variazione della temperatura negli anni più recenti, nella tabella 3.1 vengono messi a confronto i valori medi della temperatura massima e minima del periodo climatologico 1991-2020, con i valori medi del decennio 2013-2022. In generale, per entrambe le variabili si osservano valori medi del periodo 2013-2022 superiori a quelli del periodo climatologico 1991-2020.

Nelle mappe mostrate nelle figure 3.1 e 3.2 sono invece riportati i trend dal 1981 al 2022, rispettivamente per la temperatura massima e per la temperatura minima, stimati con un modello di regressione lineare semplice. Tutti i trend sono positivi e statisticamente significativi al livello di confidenza del 5%, ad eccezione di Palermo sia per la temperatura massima che per la temperatura minima, dove il trend risulta positivo, ma non statisticamente significativo.

Tabella 3.1 – Temperatura massima e minima per una selezione di città: media sul trentennio 1991-2020 e sul decennio 2013-2022.

Stazione	T massima		T minima	
	1991-2020	2013-2022	1991-2020	2013-2022
Bolzano	18.5	19.1	7.6	8.2
Trento	18.5	19.1	7.0	7.7
Trieste (AM)	19.1	19.5	11.9	12.3
Venezia (AM)	17.9	18.6	9.6	10.4
Verona (AM)	18.8	19.4	8.4	9.0
Torino	18.2	19.0	10.4	10.9
Genova (AM)	19.6	19.9	13.5	13.9
Milano	18.8	19.5	12.1	12.6
Bergamo (AM)	18.3	18.8	8.7	9.2
Brescia (AM)	18.7	19.2	9.6	10.3
Bologna (AM)	19.3	20.0	9.2	9.7
Forlì	19.2	19.7	10.6	11.0
Piacenza (AM)	18.0	18.6	8.7	9.4
Ferrara	19.1	19.6	10.3	10.9
Reggio Emilia	19.6	20.1	10.6	11.0
Rimini (AM)	18.7	19.2	8.9	9.4
Ancona ¹	19.8	20.2	12.8	13.1
Firenze (AM)	21.4	22.0	10.0	10.1
Prato	20.9	21.4	11.6	12.1
Perugia (AM)	19.9	20.5	9.0	9.4
Roma	22.7	23.2	12.8	13.2
Latina	22.8	23.3	12.5	12.8
Pescara (AM)	20.6	21.0	9.5	9.9
Napoli (AM)	21.5	22.1	12.4	12.7
Foggia	22.0	22.3	12.8	13.0
Bari	20.0	20.4	14.4	14.6
Catania (AM)	22.7	23.3	11.3	11.8
Taranto	22.8	23.0	15.5	15.2

¹ Il numero di abitanti è lievemente inferiore a 100000.

Reggio Calabria	21.8	22.5	16.1	16.4
Messina (AM)	21.6	22.3	16.3	16.5
Palermo	22.6	22.5	15.5	15.7
Cagliari (AM)	22.6	23.0	12.3	12.6

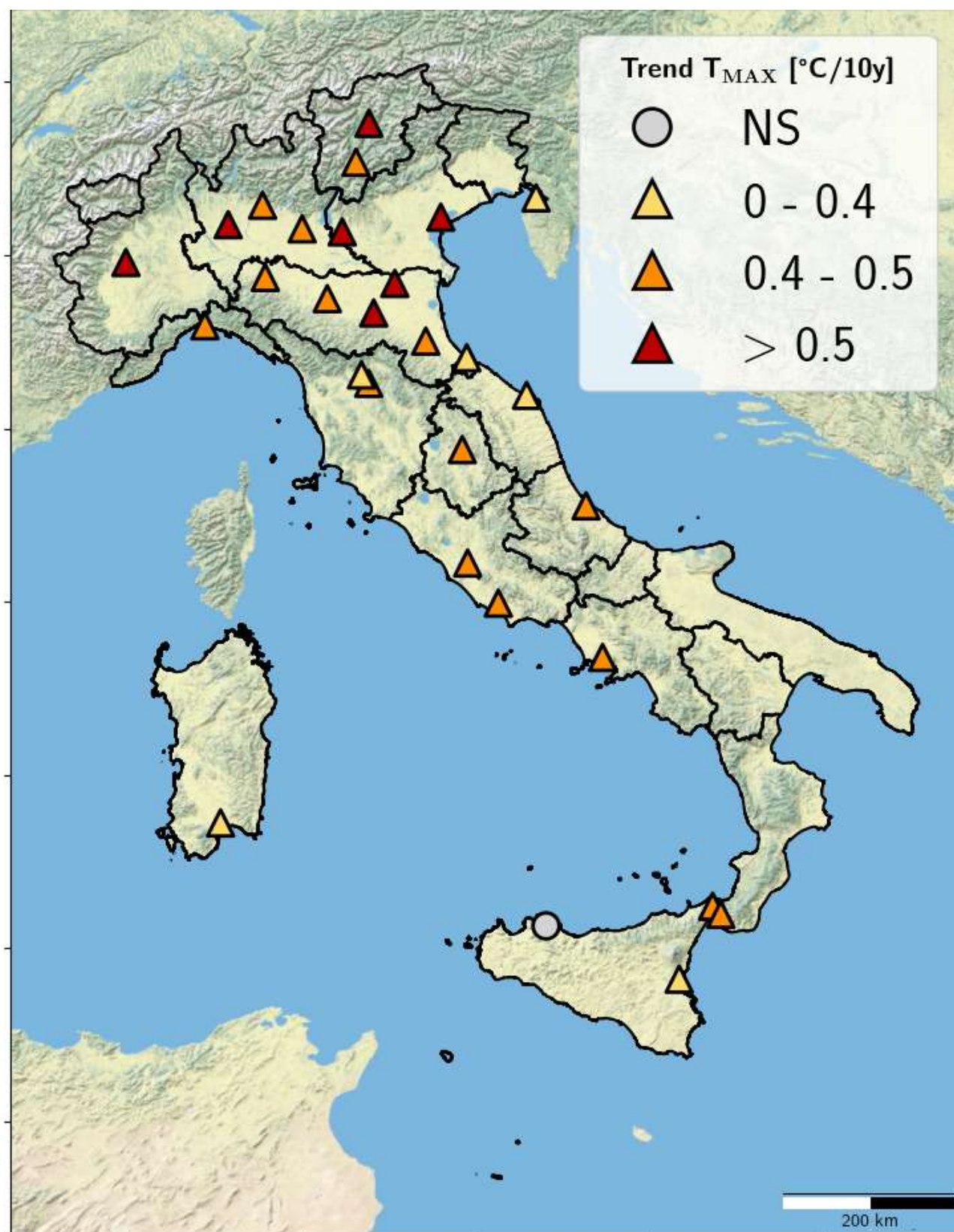


Figura 3.1 – Trend lineare della temperatura massima per una selezione di città dal 1981 al 2022.

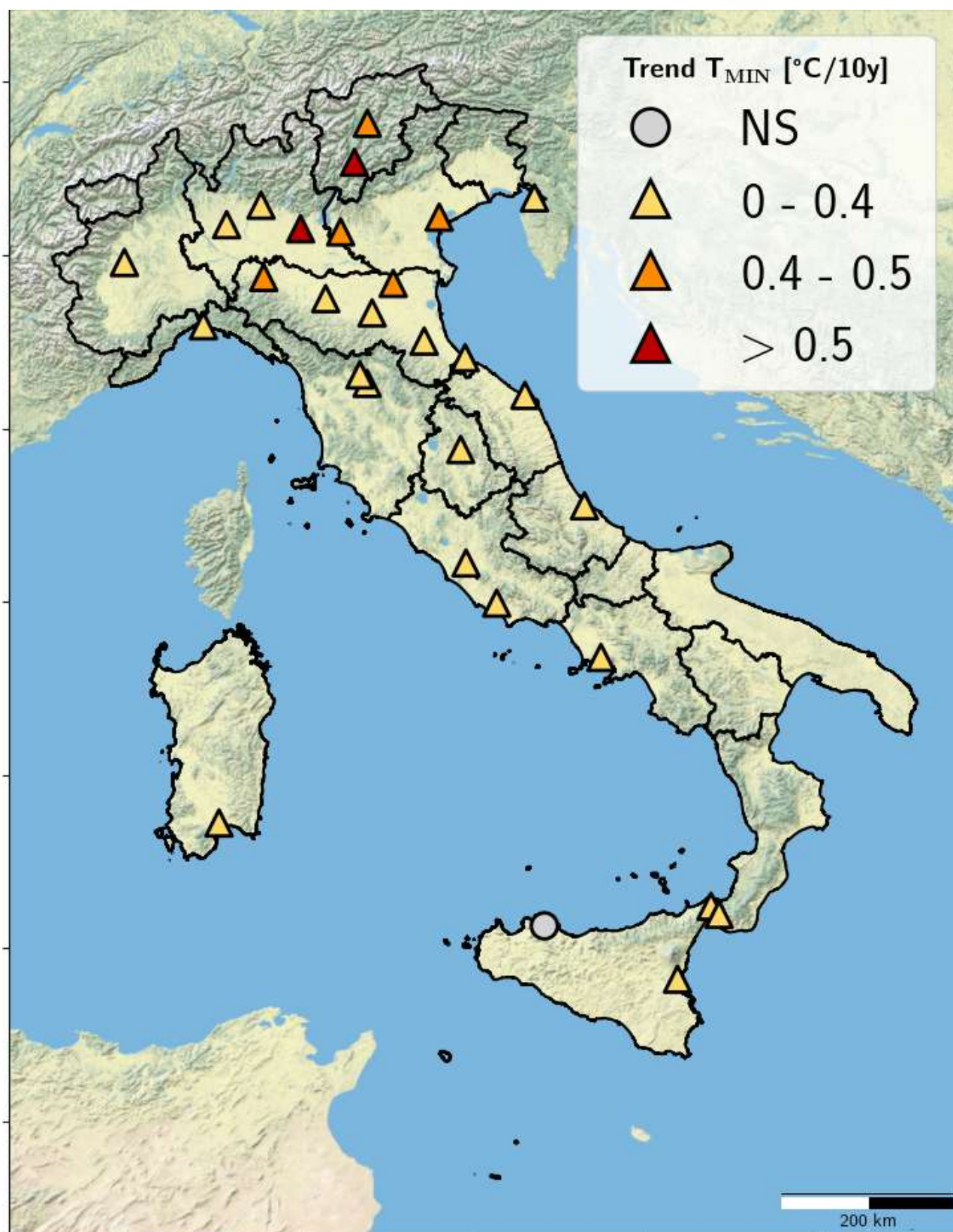


Figura 3.2 – Trend lineare della temperatura minima per una selezione di città dal 1981 al 2022.

3.2 Indici estremi

Gli indici rappresentativi degli estremi di temperatura analizzati a scala nazionale sono stati calcolati anche per le singole città e riportati nelle tabelle 3.2-3.4. Poiché la valutazione degli estremi risulta particolarmente sensibile ai dati mancanti, sono stati applicati alle serie criteri di selezione più stringenti, di conseguenza alcune serie sono state scartate.

Per gli indici rappresentativi degli estremi di caldo (giorni estivi, giorni torridi, indice di durata dei periodi di caldo, indice di durata dei periodi di caldo estivo e notti tropicali) in generale i valori medi nel periodo 2013-2022 sono superiori a quelli del periodo climatologico 1991-2020, per la grande maggioranza delle stazioni, mentre per i giorni con gelo i valori medi del periodo 2013-2022 sono in generale inferiori a quelli del periodo climatologico 1991-2020. L'analisi conferma il segnale di riscaldamento osservato nei valori medi di temperatura.

Stazione	Giorni estivi		Giorni torridi	
	1991-2020	2013-2022	1991-2020	2013-2022
Bolzano	51.5	62.1	4.2	6.9
Trento	42.8	56.5	1.3	3.0
Trieste (AM)	40.6	48.0	1.3	2.6
Venezia (AM)	30.9	40.8	0.4	1.2
Verona (AM)	51.9	61.7	2.3	3.9
Torino	42.4	53.7	1.3	2.3
Genova (AM)	20.0	25.1	-	-
Milano	57.5	65.7	3.0	4.9
Bergamo (AM)	43.1	48.9	1.3	2.6
Bologna (AM)	68.4	76.4	8.5	11
Firenze (AM)	74.9	87.8	12.2	22.4
Prato	69.6	83.2	8.6	15.8
Perugia (AM)	54.4	69.3	6.3	11.5
Roma	85.8	97.0	14.9	22.1
Pescara (AM)	42.6	56.2	2.2	4.2
Foggia	83.3	84.9	23.6	23.8
Bari	28.0	29.7	1.7	1.22
Catania (AM)	70.5	83.8	6.3	9.8
Taranto	89.9	95.2	16.3	16.7
Reggio Calabria (AM)	55.3	68.9	3.6	4.9
Messina (AM)	51.0	67.4	1.6	1.9
Palermo	54.7	57.8	4.3	4.8
Cagliari (AM)	73.2	84.2	7.3	11

Tabella 3.2 – Numero di giorni estivi e di giorni torridi per una selezione di città: media sul trentennio 1991-2020 e sul decennio 2013-2022.

Stazione	Indice di durata dei periodi di caldo		Indice di durata dei periodi di caldo estivo	
	1991-2020	2013-2022	1991-2020	2013-2022
Bolzano	9.4	13.8	14.3	23.6
Trento	12.2	17.9	17.2	28.3
Trieste (AM)	9.2	14.78	10.8	16.67
Venezia (AM)	14.6	22.7	16.8	26.8
Verona (AM)	14.6	25.5	18.8	29.7
Torino	11.7	21.1	14.2	23.7
Genova (AM)	3.4	4.6	7.3	13.1
Milano	12.0	18.3	13.7	20.1
Bergamo (AM)	10.6	18.6	14.5	20.7
Bologna (AM)	11.9	18.5	14.3	19.5
Firenze (AM)	13.3	28	17.0	31.5
Prato	13.6	25.8	15.2	27.5
Perugia (AM)	14.1	27.9	17.1	32.5
Roma	8.5	17	12.6	20.1
Pescara (AM)	7.0	9.4	13.1	18.9
Foggia	-	-	-	-
Bari	-	-	-	-
Catania (AM)	4.4	13.8	9.5	16.5
Taranto	-	-	-	-
Reggio Calabria (AM)	7.4	15.8	-	-
Messina (AM)	9.3	25.8	11.7	27
Palermo	1.7	4.2	5.3	7.3
Cagliari (AM)	3.2	6.9	5.4	14

Tabella 3.3 – Indice di durata dei periodi di caldo e indice di durata dei periodi di caldo estivo² per una selezione di città: media sul trentennio 1991-2020 e sul decennio 2013-2022.

² Per questi indici i valori di soglia si riferiscono al periodo 1981-2010

Stazione	Giorni con gelo		Notti tropicali	
	1991-2020	2013-2022	1991-2020	2013-2022
Bolzano	75.5	66.3	7.7	11.4
Trento	82.0	70.4	3.8	6.4
Trieste (AM)	6.7	3.6	43.6	50.6
Venezia (AM)	44.6	28.9	25.6	35.4
Verona (AM)	57.6	50.8	17.9	19.7
Torino	23.7	15.8	38.6	47.5
Genova (AM)	1.8	0.5	63.9	75.0
Milano	9.0	5.1	62.7	72.6
Bergamo (AM)	43.7	36.1	12.6	17.4
Bologna (AM)	52.4	36.2	27.7	27.4
Firenze (AM)	29.5	26.8	18.9	17.0
Prato	8.8	5.0	34.0	43.2
Perugia (AM)	31.8	28.1	7.0	9.3
Roma	3.4	1.3	63.1	72.0
Pescara (AM)	26.2	21.2	11.1	17.9
Foggia	2.4	1.7	65.6	68.8
Bari	-	-	90.4	93.3
Catania (AM)	7.0	3.3	25.7	36.2
Taranto	0.3	0.6	106.9	102.2
Reggio Calabria (AM)	0.0	0.0	105.5	110.6
Messina (AM)	0.0	0.0	105.7	106.8
Palermo	0.0	0.0	93.7	101.7
Cagliari (AM)	2.4	1.0	39.4	47.0

Tabella 3.4 – Numero di giorni con gelo e di notti tropicali per una selezione di città: media sul trentennio 1991-2020 e sul decennio 2013-2022.

Bibliografia

- Arguez A., Durre I., Applequist S., Vose R.S., Squires M.F., Yin X., Heim R.R. Jr. and Owen T.W., 2012. NOAA's 1981-2010 U.S. Climate Normals: An Overview. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93, 1687-1697, doi:10.1175/BAMS-D-11-00197.1.
- Desiato F., Lena F., e Toreti A., 2006: Un sistema per tutti – climatologia: i dati italiani. *Sapere*, Anno 72, n. 2, 62-69.
- Desiato F., Lena F., e Toreti A., 2007: SCIA: a system for a better knowledge of the Italian climate, *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, Vol. 48, n. 3, 351-358.
- Desiato F., 2007: SCIA, un sistema nazionale unico per i dati climatologici, *ARPA Rivista*, N. 1, gennaio-febbraio 2007.
- Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W., e Toreti A., 2011: Climate indicators for Italy: calculation and dissemination. *Adv. Sci. Res.*, 6, 147-150. <https://doi.org/10.5194/asr-6-147-2011>.
- Durre I., Menne M.J., Gleason B.E., Houston T.G. and Vose R.S., 2010. Comprehensive automated quality assurance of daily surface observations, *J. Appl. Meteor. Climat.*, 8, 1615–1633.
- Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W., Piervitali E. e Desiato F., 2016. Controlli di qualità delle serie di temperatura e precipitazione. *Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente* n. 66/2016.
- Fioravanti G., e Piervitali E., 2018. Variazioni della temperatura in Italia: estensione della base dati e aggiornamento della metodologia di calcolo. *Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente* n. 81/2018.
- Fioravanti G., Piervitali E., e Desiato F., 2019. A new homogenized daily data set for temperature variability assessment in Italy, *Int. J. Climatol.*, 39, 5635-5654. <https://doi.org/10.1002/joc.6177>
- Fioravanti G., Lena F., Frascchetti P., Perconti W., e Piervitali E., 2022: I normali climatici 1991-2020 di temperatura e precipitazione in Italia. *Rapporto ISPRA / Stato dell'Ambiente* n. 99/2022.
- Peterson T.C., Easterling D.R., Karl T.R., Groisman P., Nicholls N., Plummer N., Torok S., Auer I., Böhm R., Gullett D., Vincent L., Heino R., Tuomenvirta H., Mestre O., Szentimrey T., Salinger J., Førland E.J., Hanssen-Bauer I., Alexandersson H., Jones P., Parker D., 1998: "Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review". *Int. J. Climatol.*, 18, 1493-1517.
- Peterson T.C., Folland C., Gruza G., Hogg W., Mokssit A. e Plummer N., 2001: "Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001". World Meteorological Organization, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneva, Switzerland, 143 pp.
- SNPA, 2023. Il clima in Italia nel 2022. Report SNPA 36/2023