

L'ACCELERAZIONE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

TRA IL 2023 E L'INIZIO DEL 2024, PER CIRCA 12 MESI CONSECUTIVI, LE TEMPERATURE IN EMILIA-ROMAGNA HANNO REGISTRATO INTENSE E COSTANTI ANOMALIE POSITIVE, RISCOINTRABILI ANCHE SU SCALA PIÙ AMPIA. I NUMEROSI RECORD TERMICI SUPERATI CONFERMANO UN IMPROVVISI E NON DEL TUTTO ATTESO AUMENTO NELLA TENDENZA AL RISCALDAMENTO.

Le temperature dell'Emilia-Romagna stanno progressivamente aumentando, non è una novità, ma ultimamente si sta registrando una progressione dei record di caldo. Negli ultimi anni, i superamenti dei massimi storici per la temperatura media regionale si sono succeduti uno dopo l'altro con un'inusuale continuità; viene naturale chiedersi se questo fatto sia segnale di un cambiamento rispetto al passato. Gli ultimi 12 mesi, dal punto di vista termico, confermano questo andamento, come si può vedere dalla *figura 1*, che presenta le anomalie mensili della temperatura media regionale dal 1991 a oggi. L'estate 2023 è stata caratterizzata da due intense ondate di calore, durante le quali la temperatura giornaliera media regionale ha superato i massimi storici dal 1961. Le temperature minime estive sono risultate particolarmente alte e l'indice regionale del numero di notti tropicali (temperatura minima superiore a 20 °C), calcolato sulle temperature minime medie regionali, è stato il terzo valore più alto dal 1961, con 15 occorrenze, dopo quelli del 2003 e del 2015. La *figura 2* presenta

la mappa del numero di notti tropicali per l'anno 2023, estratta dal Rapporto IdroMeteoClima 2023 di Arpa Emilia-Romagna. Nell'area metropolitana di Bologna il numero di notti tropicali è stato superiore a 60 giorni. Sicuramente l'isola di calore urbana amplifica l'impatto locale dei cambiamenti climatici, ma l'anomalia è estesa a tutto il territorio regionale e raggiunge valori fino a 20 giorni in più della norma anche nelle aree rurali.

Anche le temperature massime hanno subito un forte incremento, riscontrabile nel numero di giorni torridi (temperatura massima superiore a 35 °C): se nelle aree di pianura nel trentennio 1961-1990 il numero di giorni torridi è sempre stato limitato, nel periodo 1991-2020 si sono registrati ogni anno in media 7 giorni con temperature massime sopra i 35 °C, 15 nel 2022 e 12 nel 2023, valori comunque inferiori ai massimi osservati nel 2012 quando il numero di giorni torridi è stato pari a 27, o nel 2003, quando è stato pari a 26.

Con l'autunno si è notato un deciso ulteriore incremento nelle anomalie: la

stagione è risultata nel suo complesso la più calda dal 1961, così come, successivamente, l'inverno: i mesi di ottobre, dicembre e febbraio sono stati i più caldi delle rispettive serie. Queste anomalie positive sono continuate nei primi mesi della primavera 2024, alternate da brevi periodi più freschi, talvolta con temperature inferiori alla norma; nonostante non siano stati registrati nuovi record delle medie mensili, la media da gennaio ad aprile della temperatura media regionale ha superato di 2 °C la norma climatica 1991-2020, configurandosi come il quadrimestre più caldo della serie.

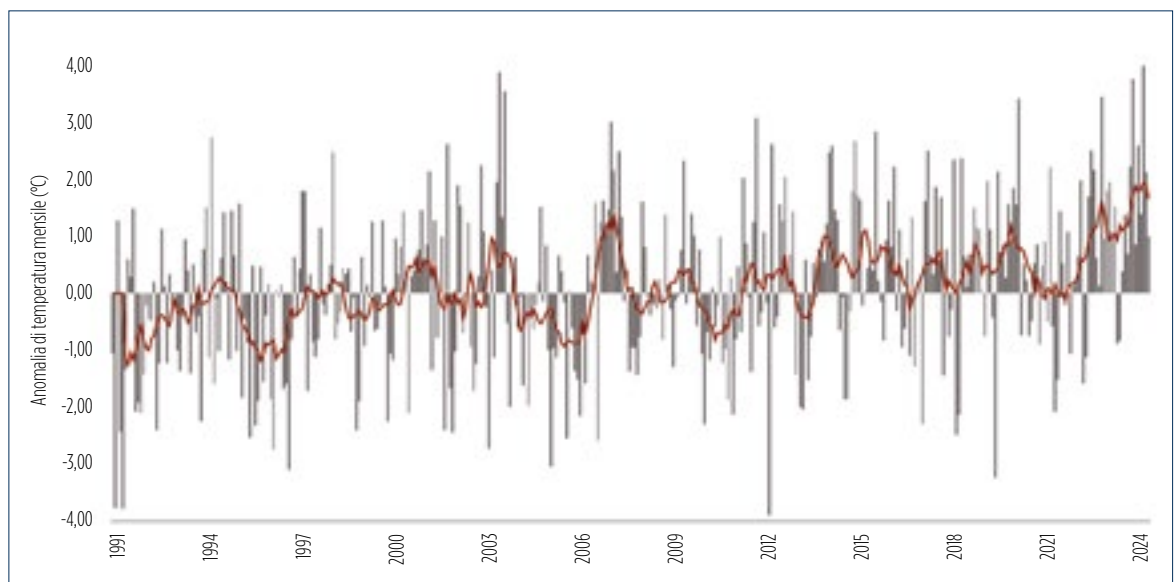
Andamento dei record termici

Se si analizza la serie dei dati giornalieri dell'indice termico regionale, si nota che nei primi quattro mesi del 2024 sono 13 i giorni nei quali è stato battuto il precedente record giornaliero di caldo, mentre i giorni nei quali è stato superato il record di freddo sono stati solo 2, a fine aprile. Nel 2023 i giorni record di caldo sono stati 32 e quelli di freddo 1.

FIG. 1
ANOMALIE
TEMPERATURA

Anomalie mensili della temperatura media regionale rispetto al clima 1991-2020 da gennaio 1991 ad aprile 2024 (colonne grigie). La linea rossa rappresenta il valore della media mobile su 11 anni.

Fonte dati: Eraclito61.



Il grafico in *figura 3* mostra il rapporto fra numero di giorni record di caldo e numero di giorni record di freddo dal 1961 al 2023. È evidente come il dato sia nettamente sbilanciato a favore dei record di caldo, con una continua tendenza al rialzo. Al momento la probabilità di avere una giornata record di caldo, calcolata sulla media dei superamenti degli ultimi 10 anni, è di oltre 13 volte superiore rispetto ad avere un record di freddo per lo stesso periodo. In un clima stazionario, le fluttuazioni estreme di freddo e caldo sarebbero equiprobabili, come indicato dal valore del rapporto prossimo a 1,0 osservato fino a metà anni '80 del secolo scorso, e il numero di record assoluto per ciascuno dei due eventi dovrebbe diminuire nel tempo all'aumentare del numero di osservazioni, grazie a un campione di dati via via più numeroso.

Il continuo aumento dei record caldi a livello regionale è un indice inequivocabile del veloce riscaldamento in atto, anzi è una misura della sua accelerazione, come mostrato in una recente analisi [1] pubblicata sulla rivista scientifica *Theoretical and applied climatology*.

Rispetto ad altri fenomeni a scala geografica più ampia, l'aumento degli estremi termici superficiali è forse ancora più rilevante e tangibile nella sensibilità comune, perché direttamente sperimentabile con condizioni meteorologiche del tutto locale e spesso associate a impatti locali rilevanti. Va infine notato che i record freddi negli ultimi anni si sono tutti verificati nel corso della primavera: un'analisi condotta su dati medi regionali ha evidenziato che nonostante l'aumento delle temperature medie primaverili, l'amplificazione della variabilità termica all'interno della stagione, possibile conseguenza dei cambiamenti climatici, causa una maggiore frequenza delle gelate tardive.

Eventi estremi e impatti in Italia

Aperto lo sguardo fuori dalla regione, se in Emilia-Romagna la massima temperatura raggiunta nel 2023 è stata pari a 40,7 °C registrata il 25 agosto 2023 presso le stazioni di Sant'Agata Bolognese (BO, 18 m slm) e Marzaglia (MO, 54 m slm), in Sicilia tra il 9 e il 25 luglio 2023 si è raggiunto un nuovo record nel numero di giorni consecutivi con temperatura massima superiore a 40 °C [2] e in Sardegna il 19 luglio le temperature hanno raggiunto il valore

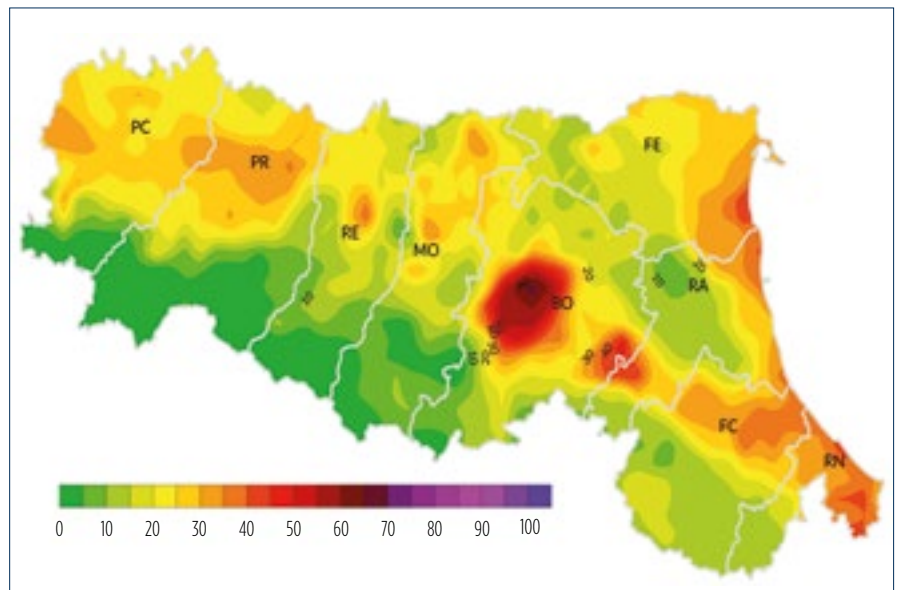


FIG. 2 NOTTI TROPICALI

Numero di notti tropicali (temperatura minima superiore a 20 °C) in Emilia-Romagna nel 2023.

massimo di 47,7 °C presso la stazione di Donori, in provincia di Nuoro [3]. Queste condizioni climatiche hanno favorito l'espandersi degli incendi boschivi: secondo il servizio Copernicus, nel corso del 2023 in Italia gli incendi boschivi hanno bruciato una superficie totale superiore a 1.000 km², pari a circa sei volte le dimensioni di Bruxelles. Ciò ha reso l'Italia la seconda nazione europea con la maggiore estensione di incendi boschivi dopo la Grecia, dove si è verificato il più esteso incendio boschivo mai registrato in Europa, durante il quale sono bruciati 96.000 ettari di bosco. In generale l'estensione complessiva degli incendi boschivi a livello europeo è risultata la quarta più alta dal 1991. Va infine aggiunto che nel 2023, si è assistito al verificarsi di diversi eventi pluviometrici estremi, primo fra tutti l'alluvione in Romagna, affiancata dall'alluvione in Toscana nei primi giorni di novembre, dall'alluvione nel territorio tra Assisi e Bastia Umbra il 23 giugno, tutti con tempi di ritorno significativamente superiori a 100 anni.

Andamento delle temperature globali

Le condizioni osservate a livello regionale e nazionale sono strettamente connesse al verificarsi di anomalie di temperatura globale particolarmente intense, documentate anche dal servizio climatico Copernicus: secondo Era5 [4], il dataset ufficiale del servizio, la media annua della temperatura media globale

della superficie terrestre nel 2023 ha superato di 0,17 °C il precedente record del 2016 e ha presentato una anomalia di 1,48 °C rispetto al clima del periodo pre-industriale 1850-1900.

Quest'ultimo dato suggerisce che, nel corso dell'anno, le anomalie della temperatura media globale rispetto al periodo pre-industriale, per vari mesi hanno superato il valore di 1,5 °C, soglia indicata dagli accordi di Parigi come un primo obiettivo da non superare al fine di contenere gli impatti dei cambiamenti climatici. In particolare il 2023 è stato il primo anno in cui ogni giorno la temperatura media globale ha superato di più di 1 °C il corrispondente valore climatico pre-industriale, per quasi la metà dei giorni lo ha superato di 1,5 °C e per 2 giorni, per la prima volta, lo ha superato di 2 °C.

Le anomalie termiche sono continuate anche nei primi mesi del 2024 e a fine aprile la temperatura media globale sugli ultimi 12 mesi è risultata di 1,61 °C sopra al clima pre-industriale e di 0,73 °C sopra al clima 1991-2020.

Le stime Era5 indicano inoltre che a partire dalla seconda metà dell'anno le anomalie di temperatura superficiale dei mari sono risultate quasi ovunque positive e molto intense. In particolare i valori medi delle temperature superficiali dei mari tra le latitudini di 60° S e 60° N per l'anno 2023 a partire da aprile e per i primi mesi del 2024, giorno dopo giorno, sono risultati continuamente nettamente superiori a qualsiasi valore stimato per questo indice dal 1979, anno di inizio misurazioni dei dati satellitari.

Tornando all'andamento termico nel 2023, l'anno è stato il più caldo in Africa e in Sud e Nord America e il secondo anno più caldo in Europa e in Asia. Le alte temperature hanno accelerato ovunque la fusione dei ghiacciai: si è stimato che la massa totale persa dai ghiacciai continentali nel 2023 abbia raggiunto un nuovo valore record di 600 Gt di acqua, pari a una perdita media di 1,1 m di spessore e valori locali tra 0,5 e 3,0 m. Tale valore è di circa 100 Gt superiore a qualsiasi altro valore annuo stimato dal 1979 a oggi e si pensa che nel corso dell'anno abbia contribuito a un innalzamento del livello del mare medio globale di 1,7 mm.

L'aumento delle temperature superficiali ha favorito il verificarsi di ripetute ondate di calore marine come quella di luglio 2023, che ha portato devastanti conseguenze per gli ecosistemi marini e la biodiversità, nonché significativi impatti per diversi settori economici.

Possibili cause dell'accelerazione nei trend termici

Sono in corso vari studi per individuare le cause che hanno concorso al verificarsi di questa impennata nell'aumento delle temperature globali; tra queste sono state annoverate il passaggio dell'Enso (*El Niño-southern oscillation*) dalla fase negativa, presente nei primi mesi del 2023, alla fase positiva in via di amplificazione nella seconda parte dell'anno, ma anche il fatto che le oscillazioni multi-decennali dell'oceano Atlantico e Pacifico fossero entrambe in una fase associata ad anomalie positive di temperatura marina superficiale, nonché il fatto che il ciclo di attività solare sia attualmente al suo massimo. A queste cause legate alla variabilità naturale si aggiunge un progressivo calo delle polveri atmosferiche nelle aree tropicali oceaniche collegato sia a una generale diminuzione dell'inquinamento dovuto al traffico navale, sia a una minore intensità degli alisei, i venti tropicali che hanno momentaneamente ridotto il trasporto di sabbia dei deserti sugli oceani. Il calo degli aerosol atmosferici potrebbe aver aumentato l'irraggiamento diretto della superficie degli oceani, ma va ricordato che, come documentato dal servizio climatico Copernicus nei mesi primaverili ed estivi del 2023, in Canada, si sono verificati estesi e persistenti incendi boschivi che hanno causato un peggioramento della qualità dell'aria in

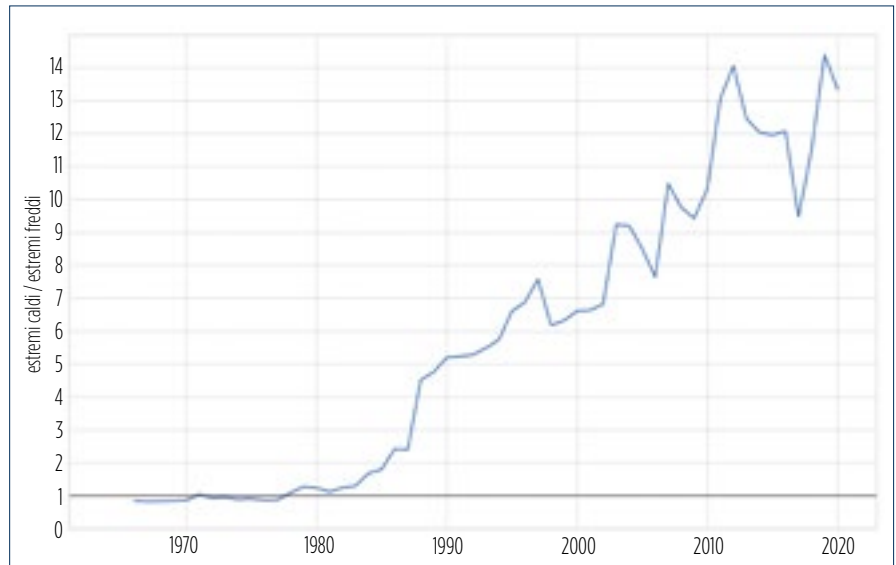


FIG. 3 NUOVI RECORD MASSIMI E MINIMI

Media mobile su 10 anni del rapporto tra numero di giorni con nuovi record massimi e numero di nuovi record minimi dell'indice termico giornaliero sull'Emilia-Romagna.

vaste aree dell'America settentrionale e del Nord Atlantico. Un'ultima possibile causa delle intense anomalie termiche potrebbe essere legata alle grandi quantità di vapore acqueo liberate nella stratosfera dall'eruzione del vulcano Hunga Tonga–Hunga Ha'apai avvenuta a gennaio 2022, che potrebbe aver causato un momentaneo aumento dell'effetto serra [5].

In realtà, nonostante le varie componenti sopra citate possano in parte giustificare l'innalzamento delle temperature globali oceaniche, l'entità delle anomalie evidenziate è giunta del tutto inaspettata e non preannunciata dalle previsioni probabilistiche globali, seppure in linea con le probabili evoluzioni della temperatura in condizioni di cambiamento climatico.

Mentre si osserva mese dopo mese il persistere di queste intense anomalie, ci si chiede se nel tempo queste rientreranno

almeno in parte, o se invece saranno una caratteristica permanente del clima dei prossimi anni come sembrano suggerire alcuni risultati [6]. In ogni caso è necessario comprendere collettivamente l'importanza e l'urgenza di misure e strategie locali di adattamento a cambiamenti climatici sempre più rapidi, e l'assoluta necessità, su scala più ampia, di drastiche strategie di mitigazione e quindi riduzione delle cause stesse del riscaldamento globale. Solo con questa duplice azione si potrà contenere l'emergenza climatica e limitarne i suoi effetti più devastanti.

Valentina Pavan, Gabriele Antolini, Federico Grazzini, Alice Vecchi, Cinzia Alessandrini

Osservatorio Clima, Struttura IdroMeteoClima, Arpa Emilia-Romagna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Sabatani, D., Pavan, V., Grazzini, F., Antolini G., 2024, "Long-term trend and variability in surface temperatures over Emilia-Romagna from 1962 to 2022", *Theor Appl Climatol*, <https://doi.org/10.1007/s00704-024-04994-8>
- [2] www2.regione.sicilia.it/delibereggiunta/file/giunta/allegati/N.470_28.11.2023.pdf
- [3] www.sar.sardegna.it/pubblicazioni/riepiloghimensili/pdf2/riepilogo.2023.07.pdf
- [4] Hersbach H., Bell B., Berrisford P. et al., 2020, "The ERA5 global reanalysis", *Q J R Meteorol Soc.*, 146: 1999–2049, <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- [5] Jenkins S., Smith C., Allen M. et al., "Tonga eruption increases chance of temporary surface temperature anomaly above 1.5 °C.", *Nat. Clim. Chang.*, 13, 127–129 (2023), <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01568-2>
- [6] Hansen J.E., Sato M., Simons L., Nazarenko L.S., Sangha I., Kharecha P., Zachos J.C., von Schuckmann K., Loeb N.G., Osman M.B., Jin Q., Tselioudis G., Jeong E., Laciis A., Ruedy R., Russell G., Cao J., Li J., 2023, "Global warming in the pipeline", *Oxford Open Climate Change*, 3(1), <https://doi.org/10.1093/oxfclm/kgad008>