

AMBIENTE

Temperatura e precipitazione delle città capoluogo negli anni 1971-2021

Cambiamenti Climatici oggetto di attenzione scientifica e istituzionale

La Conferenza delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (CC) di Sharm el-Sheikh (2022) ha confermato la necessità di contenere a $+1,5^{\circ}\text{C}$ l'aumento della temperatura media globale rispetto all'era pre-industriale (come definito nell'accordo di Parigi 2015). Nel Rapporto 2023 dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* delle Nazioni Unite gli scienziati ribadiscono la necessità di attuare azioni urgenti per il clima per garantire un futuro vivibile per tutti gli individui sul Pianeta. L'impatto dei CC nelle città è rilevante. In particolare, per le città capoluogo di Regione gli indicatori meteo-climatici, disponibili in serie storiche ampie, evidenziano la tendenza ad un aumento della temperatura dal 1971.

In crescita la temperatura media dei capoluoghi di Regione nel periodo 1971-2021

Nel periodo 1971-2021, i valori più alti della temperatura media annua dei capoluoghi di Regione si registrano negli anni 2011-2021 (media del periodo $15,8^{\circ}\text{C}$). Nel 2014, per la prima volta sono stati raggiunti i 16°C ($+1,5^{\circ}\text{C}$ sul CLINO 1971-2000). La precipitazione totale presenta nel lungo periodo una variabilità inter-annuale: nel 2011-2021 è in media pari a 769 mm.

Nel 2021 temperatura media in aumento rispetto ai valori climatici

Considerato l'insieme dei 109 Capoluoghi di Provincia, la temperatura media nel 2021 è circa $15,6^{\circ}\text{C}$ (valore in linea con quello medio del periodo 2006-2015). Risulta, invece, in calo la precipitazione totale che è in media 746 mm ($-119,4$ mm sul valore medio 2006-2015). Per i capoluoghi di Regione, nel 2021 la temperatura media ($15,5^{\circ}\text{C}$) segna un'anomalia di $+0,6^{\circ}\text{C}$ sulla Normale Climatologica (CLINO, v. glossario) 1981-2010 e di $+1^{\circ}\text{C}$ su quella 1971-2000. La precipitazione totale (pari a 708,8 mm) diminuisce di $-34,3$ mm rispetto al CLINO 1981-2010 e $-55,8$ mm sul CLINO 1971-2000.

Aumentano giorni estivi, notti tropicali e giorni senza pioggia rispetto ai valori medi 2006-2015

Nel 2021, gli Indici di estremi di temperatura mostrano aumenti per gran parte dei capoluoghi di Provincia. I giorni estivi sono in media 120 e le notti tropicali 44 (in crescita di $+4$ giorni e $+6$ notti rispetto al valore medio del periodo 2006-2015). Sale anche il numero di giorni senza pioggia (in media pari a 286 nell'anno) di $+5$ rispetto al periodo 2006-2015.

I Cambiamenti Climatici (CC) sono al centro dell'attenzione del mondo scientifico e istituzionale essendo strettamente interconnessi ai temi dello sviluppo sostenibile e della conservazione del capitale naturale.

La crescita della temperatura dell'aria e l'intensificarsi di eventi meteorologici estremi sono segnali di una variabilità del clima in crescita negli ultimi decenni. Fenomeni un tempo rari sono divenuti più frequenti, intensi e diffusi, generando impatti rilevanti e danni economici, sociali e ambientali in molte aree del Pianeta. Il *Global Climate Highlights 2022, Report* del *Copernicus Climate Change Service* (Programma di monitoraggio satellitare della Terra della Commissione europea e dell'Agenzia spaziale europea) evidenzia che gli ultimi anni sono stati i più caldi mai registrati in Europa, dove la temperatura media è salita di circa $+1,2^{\circ}\text{C}$ rispetto al periodo pre-industriale.

Nell'ambito dei *Sustainable Development Goals (SDGs)* delle Nazioni Unite (UN) il *Goal 11 (Sustainable cities and communities)* assume che lo sviluppo sostenibile non possa essere raggiunto senza una trasformazione del modo di costruire le città e gestire lo spazio urbano e, allo stesso tempo, il *Goal 13 (Climate action)* indica la necessità di misure urgenti nei Paesi, per aumentare la resilienza dei territori di fronte a rischi e disastri naturali legati ai CC.

Dopo l'adozione del *Glasgow Climate Pact (2021)*, nell'ultima Conferenza delle Nazioni Unite sui CC di Sharm el-Sheikh (2022) è stata confermata la soglia obiettivo (già definita nell'Accordo di Parigi 2015) per limitare l'aumento della temperatura globale a $+1,5^{\circ}\text{C}$ rispetto all'era pre-industriale. Nel Rapporto 2023 dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) delle Nazioni Unite gli scienziati ribadiscono che solo un'azione urgente per il clima può garantire un futuro vivibile a tutti gli individui sul Pianeta.

L'Unione europea, nel pacchetto *Clima ed energia Fit for 55 (2021)* ha adottato strategie di *policy* nell'ambito del *Green Deal (2019)*, con il fine di fronteggiare i CC, entro il 2030, le *Greenhouse Gas Emissions* del 55%. Sono state individuate misure statistiche, coerenti tra loro, utili per effettuare il monitoraggio, considerando quanto richiesto dagli *SDGs*, dal *Core set* degli indicatori per il Cambiamento Climatico e da quello per gli Eventi estremi e disastri definito nell'ambito della *United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)*.

Nelle aree urbane (considerate *hotspot climatici*) gli effetti dei CC sono più evidenti per l'alta concentrazione di persone, edifici, infrastrutture, servizi, attività economiche e patrimonio artistico-culturale. Ai fini della transizione verso la neutralità climatica, è riconosciuto alle città un ruolo centrale per l'attività di *governance*.

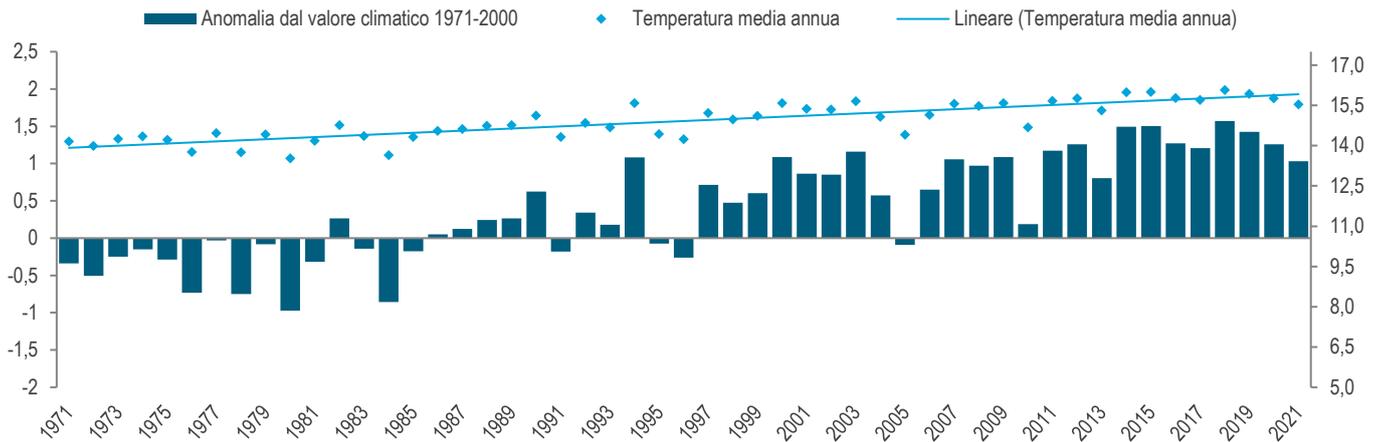
La disponibilità di dati meteorologici in serie storiche ampie e ad elevata risoluzione territoriale risulta fondamentale per le analisi dei fenomeni meteorologici e le valutazioni degli impatti nei sistemi urbani, nonché per la definizione di strategie di adattamento che siano dimensionate alle specificità delle aree monitorate e al loro livello di esposizione e rischio. A livello nazionale, le misure statistiche relative al clima sono a supporto del monitoraggio della Strategia nazionale di sviluppo sostenibile (SNSvS) che declina i principi e gli obiettivi dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite (SDGs), del Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) e del Piano nazionale integrato energia e clima (PNIEC).

Periodo 1971-2021: temperatura media dei capoluoghi di Regione in crescita

Esaminando i capoluoghi di Regione, per i quali sono disponibili serie storiche ampie di dati giornalieri, la temperatura media mostra una tendenza alla crescita nel periodo 1971-2021, con i valori più alti registrati nell'ultimo decennio osservato (Fig. 1).

Nel 2014, per la prima volta la temperatura media raggiunge i $+16^{\circ}\text{C}$, superando di $+1,5^{\circ}\text{C}$ il valore climatico del trentennio 1971-2000 (Normale Climatologica CLINO), pari a $14,5^{\circ}\text{C}$.

FIGURA 1. ANOMALIE ANNUALI DI TEMPERATURA MEDIA^(a) DAL VALORE CLIMATICO 1971-2000 (asse principale), TEMPERATURA MEDIA ANNUA DEI CAPOLUOGHI DI REGIONE (asse secondario). Anni 1971-2021. Valori in gradi Celsius



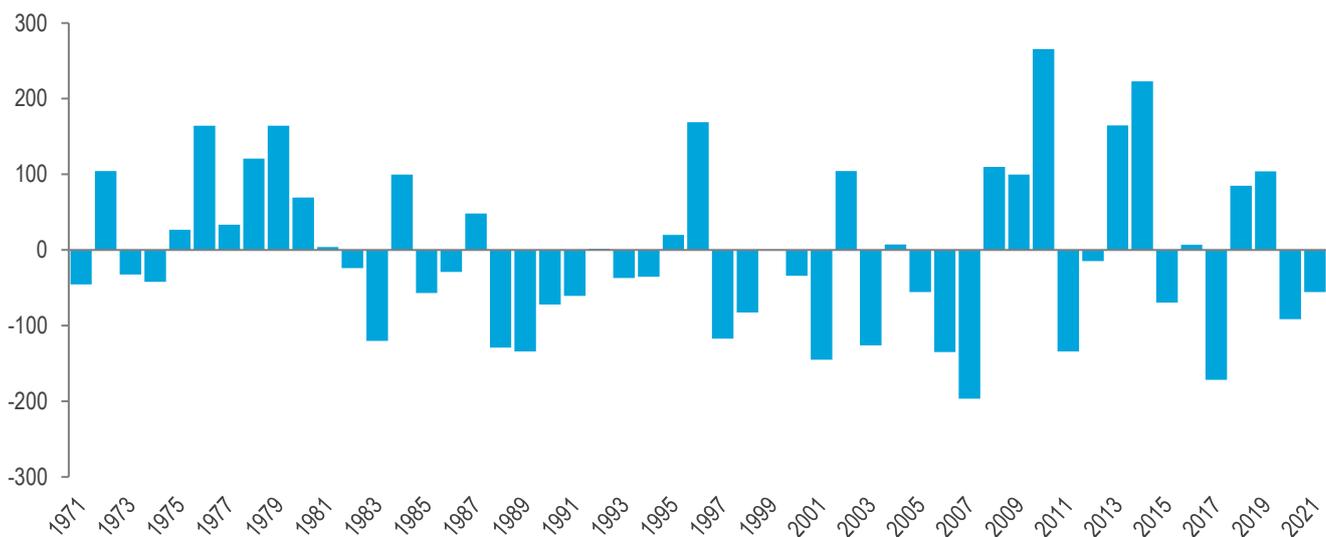
(a) La temperatura media annua delle città capoluogo di Regione viene calcolata come media dei valori rilevati nelle stazioni meteorologiche osservate.

Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteorologici ed idrologici.

Nel 2021 la temperatura media dei capoluoghi di Regione registra un valore pari a 15,5°C (lievemente al di sotto del 2020), confermando comunque il *trend* di crescita osservato nel lungo periodo. Calcolate le anomalie medie annuali (confrontando i valori annuali con il valore climatico 1971-2000) si osserva che, dopo un *turning point* verso la metà degli anni '80, dal 1997 queste risultano sempre positive (ad eccezione del 2005). La temperatura media del periodo 2011-2021 registra un valore di 15,8°C e un'anomalia media che sfiora +1,3°C rispetto al CLINO 1971-2000.

Sovrapposta alla crescita della temperatura, nel periodo 1971-2021 la precipitazione totale annua delle città capoluogo di Regione mostra una variabilità inter-annuale, confermata dalle anomalie rispetto al valore climatico 1971-2000 (pari a circa 764 mm). La misura in millimetri corrisponde all'altezza pluviometrica: 1 millimetro di pioggia è pari a 1 litro caduto su una superficie di un metro quadrato. A partire dalla seconda metà degli anni '90, risulta in aumento l'ampiezza delle oscillazioni delle anomalie intorno al CLINO e prevalgono quelle negative (Fig. 2).

FIGURA 2. ANOMALIE ANNUALI DI PRECIPITAZIONE TOTALE^(a) DAL VALORE CLIMATICO 1971-2000 DEI CAPOLUOGHI DI REGIONE. Anni 1971-2021. Valori in millimetri



a) La precipitazione totale annua delle città capoluogo di Regione viene calcolata come media dei valori rilevati nelle stazioni meteorologiche osservate.

Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteorologici ed idrologici

Nel periodo 2011-2021, la precipitazione delle città osservate è in media 769 mm (circa +4 mm sul CLINO 1971-2000). Gli anni 2017 e 2011 sono stati i meno piovosi (rispettivamente con 593 mm e 631), seguiti dal 2020, con una precipitazione in media fra le città di 673 mm (-91,6 mm sul CLINO 1971-2020). Anche il 2021 segna un'anomalia negativa (circa -56 mm sul valore climatico considerato), con una precipitazione di circa 708 mm.

Le variazioni climatiche influenzano fortemente anche il ciclo idrologico attraverso gli impatti nella distribuzione spaziale e temporale della precipitazione. L'Italia si conferma, ormai da più di un ventennio, al primo posto tra i Paesi Ue per la quantità di acqua dolce complessivamente prelevata per uso potabile da corpi idrici superficiali o sotterranei. Nel 2020, il volume di acqua prelevato per uso potabile ammonta a circa 9,19 miliardi di metri cubi, con un prelievo medio giornaliero di 25,1 milioni di metri cubi, pari a 422 litri per abitante che pone l'Italia al secondo posto nell'Ue in termini di consumo pro capite, dopo la Grecia (Fonte: Istat, Censimento delle acque per uso civile).

Nel 2021 positive le anomalie di temperatura rispetto al trentennio 1981-2010

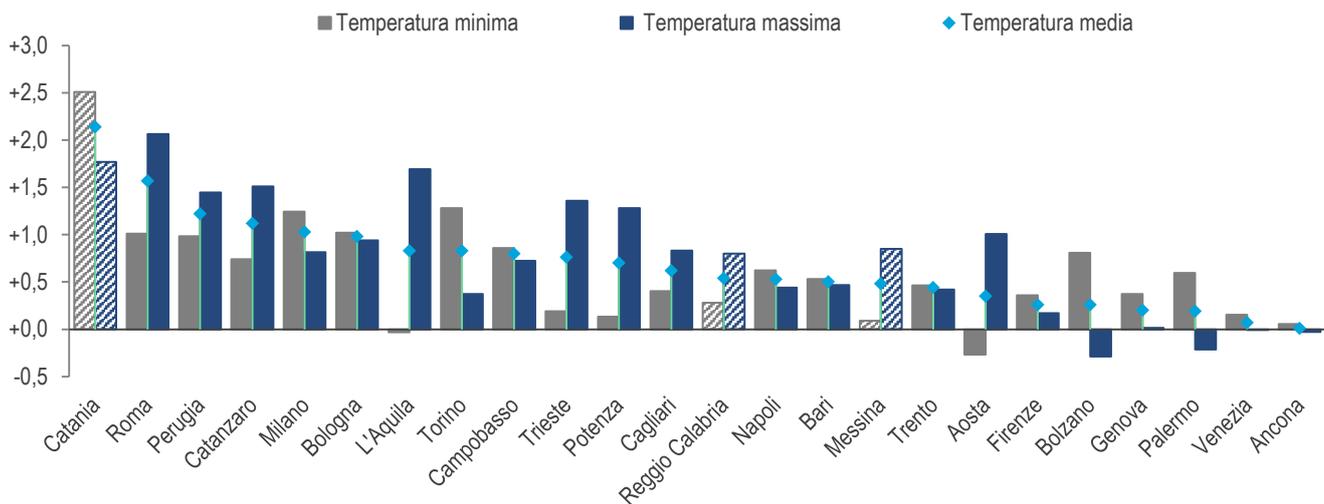
Nel 2021, la temperatura media dei capoluoghi di Regione (dove risiedono oltre 9,5 milioni di persone, il 16,1% della popolazione nazionale) è pari a circa 15,5°C e si registra un'anomalia positiva rispetto sia al valore climatico del CLINO 1981-2010 (+0,6°C) sia al CLINO 1971-2000 (+1°C).

Se si considerano i dati dell'insieme dei 24 capoluoghi di Regione e Città Metropolitane, la temperatura media è di 16,1°C (Fig. 3). Rialzi della temperatura, sia minima che massima, determinano l'aumento della temperatura media, che segna anomalie positive rispetto al CLINO 1981-2010 per tutte le città capoluogo di Regione, più alte per Roma (+1,6°C), Perugia (+1,2), Catanzaro (+1,1), Milano e Bologna (+1).

Esaminando i 109 capoluoghi di Provincia, (nei quali risiede quasi il 30% della popolazione) la temperatura media nel 2021 è circa 15,6°C, in linea con il valore medio del decennio 2006-2015 (periodo completo di dati giornalieri per tutti i capoluoghi). Sono 49 le città che rispetto a tale periodo registrano aumenti della temperatura media, i più alti per Catania (+2,1°C), Enna (+1,3), Agrigento e Caltanissetta (+1,1) e Forlì (+1).

Un'analisi per area geografica, evidenzia che nel 2021 la popolazione residente nei capoluoghi di Provincia delle Isole (l'11% di quella residente nei 109 capoluoghi di Provincia) è esposta alla temperatura media più alta (18,3°C) fra quelle registrate nelle città osservate per macroarea, nonché alla differenza più significativa (+0,7°C) rispetto al valore medio 2006-2015. Seguono le città capoluogo in area Sud, con una temperatura media di 16,4°C che interessa circa 3,2 milioni di persone, e quelle del Centro (15,8°C, con poco meno di 5 milioni di residenti).

FIGURA 3. ANOMALIE DI TEMPERATURA MINIMA, MASSIMA E MEDIA ANNUA DAL VALORE CLIMATICO 1981-2010, PER CAPOLUOGO DI REGIONE E CITTÀ METROPOLITANA^{(a)(b)}. Anno 2021. Valori assoluti in gradi Celsius



a) Per Reggio di Calabria, Catania e Messina non è disponibile il valore climatico 1981-2010. I valori 2021 sono confrontati con quelli medi 2006-2015.
 b) La temperatura minima, massima e media delle città esaminate viene calcolata come media dei valori rilevati nelle stazioni meteorologiche osservate.

Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteorologici ed idrologici

Precipitazione in calo rispetto ai valori climatici

Considerati i 109 capoluoghi di Provincia, nel 2021 la precipitazione totale è in media pari a 746 mm, con un calo di circa -119,4 mm sul valore medio 2006-2015 (circa 862 mm).

Rispetto al decennio osservato, si registrano diminuzioni della precipitazione per 85 capoluoghi, soprattutto per Verbania (-498,6 mm), Cremona (-412,5) e Rimini (-401,1) e per altri 20 capoluoghi aumenti, più significativi per Benevento (+261,9mm), Lucca (+254,1) e Campobasso (+248,8).

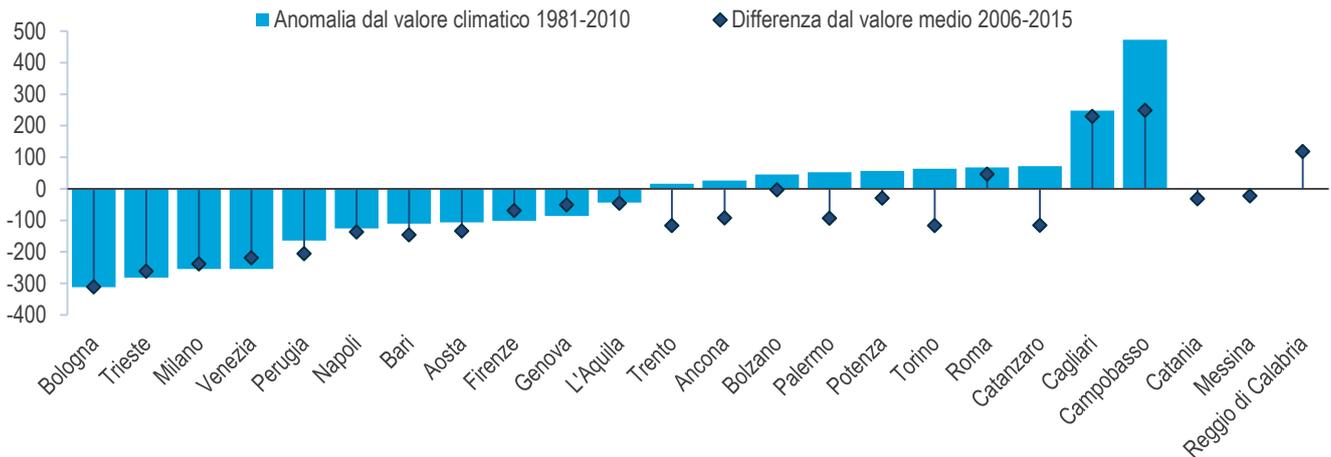
Esaminando l'insieme dei 24 capoluoghi di Regione e Città metropolitane, nel 2021 la precipitazione totale risulta pari a circa 718,7 mm: sono caduti 74,8 mm in meno rispetto al valore medio del decennio 2006-2015.

Sono 20 le città interessate dalle diminuzioni: in testa Bologna (-311,4 mm), Trieste (-261,4), Milano (-238) e Venezia (-218,7) (Fig. 4).

Riguardo i capoluoghi di Regione, nel 2021, la precipitazione totale è in media 708,8 mm, con un'anomalia sul valore climatico 1981-2010 in media pari a -34,3 mm (-55,8 mm se calcolata sul CLINO 1971-2000), più alta per Bologna (-311,5 mm), Trieste (-281,9) e Milano (-254,3). Fra le città in controtendenza, Campobasso (+472,6 mm) e Cagliari (+247,6) seguite da Catanzaro (+72,2), Roma (+67,7) e Torino (+63,4).

Un'analisi per localizzazione geografica delle città evidenzia che nel 2021 la precipitazione totale risulta in media più bassa per i capoluoghi di Provincia di Nord-est e Isole, pari rispettivamente a 665 mm e 671,8 (valori che si collocano al di sotto di quello medio 2006-2015).

FIGURA 4. ANOMALIE DI PRECIPITAZIONE TOTALE ANNUA DAL VALORE CLIMATICO 1981-2010 E DIFFERENZA DAL VALORE MEDIO 2006-2015 PER CAPOLUOGO DI REGIONE E CITTÀ METROPOLITANA^{(a)(b)}. Anno 2021. Valori in millimetri



(a) Per Reggio di Calabria, Catania e Messina non è disponibile il valore climatico 1981-2010. I valori 2021 sono confrontati con quelli medi 2006-2015.
 (b) La temperatura minima, massima e media delle città esaminate viene calcolata come media dei valori rilevati nelle stazioni meteorologiche osservate.

Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteorologici ed idrologici

La diminuzione della precipitazione totale 2021 rispetto al valore medio del periodo 2006-2015 interessa tutte le macroaree (tranne le Isole), ma è più marcata per le città del Nord-ovest (-230 mm) e del Nord-est (-226), aree dove risiede circa il 43% della popolazione dei 109 capoluoghi di Provincia.

Al crescere della popolazione aumentano i volumi d'acqua erogati pro capite nelle città. Con 236 litri per abitante al giorno, i volumi erogati nei comuni capoluogo di provincia e Città metropolitana sono mediamente più alti (+21 litri sulla media nazionale, Fonte Istat, Censimento delle acque per usi civili).

Nei capoluoghi più grandi, il maggior consumo di acqua è legato ad una maggiore concentrazione degli usi extra residenziali (turismo, lavoro, servizi, studio e salute). Nei 109 comuni capoluogo di Provincia, inoltre, la situazione infrastrutturale determina il 36,2% di perdite totali di acqua immessa in rete (conto il 42,2% a livello nazionale).

Nel 2021, per la prima volta non è più esclusiva prerogativa delle città del Mezzogiorno l'applicazione di misure di razionamento nella distribuzione di acqua potabile, che interessa 15 comuni capoluogo di Provincia e Città metropolitana in Sicilia, Calabria, Campania, Abruzzo, Toscana e Veneto (Fonte: Istat, Rilevazione Dati ambientali nelle città).

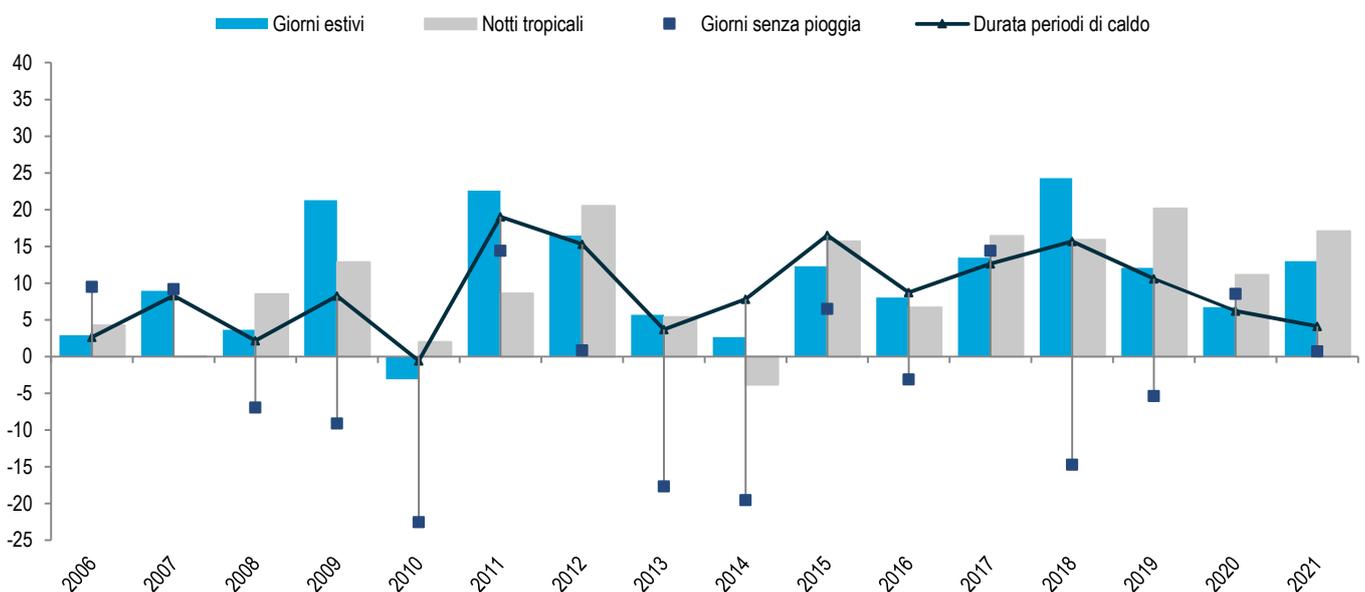
In crescita le anomalie degli indici di estremi di temperatura

Negli ultimi 15 anni osservati appaiono in aumento gli eventi meteo climatici classificati come estremi, con impatti rilevanti sulle aree urbane. L'Istat rende disponibili annualmente misure statistiche su tali fenomeni, attraverso un insieme di Indici di estremi di temperatura e precipitazione (definiti dalla *World Meteorological Organization* delle Nazioni Unite WMO-UN).

Considerando l'insieme dei capoluoghi di Regione, si osserva come nel periodo 2006-2021 gli Indici di estremi di temperatura registrino aumenti. In particolare, i *giorni estivi* (con temperatura massima maggiore di 25°C) e le *notti tropicali* (con temperatura che non scende sotto i 20°C) registrano anomalie positive per tutti gli anni (tranne che nel 2010 per giorni estivi e 2014 per notti tropicali). Nel periodo 2006-2021, fra le città capoluogo di Regione in media sono 112 i giorni estivi e 46 le notti tropicali (vale a dire +11 giorni e +10 notti rispetto al CLINO 1981-2010): negli ultimi anni osservati gli scostamenti dal valore climatico tendono ad essere più significativi (Fig. 5). In crescita anche l'indice *onde di calore* che registra un'anomalia media del periodo 2006-2021 di +9 giorni rispetto al CLINO 1981-2010, con anomalie annuali positive per tutti gli anni (escluso il 2010).

L'Indice giorni senza pioggia registra oscillazioni delle anomalie medie annuali sul CLINO 1981-2010 che vanno da un valore minimo di -23 giorni (nel 2010) ad un massimo di +14 (nel 2011 e 2017), prevalendo nel periodo osservato le anomalie negative.

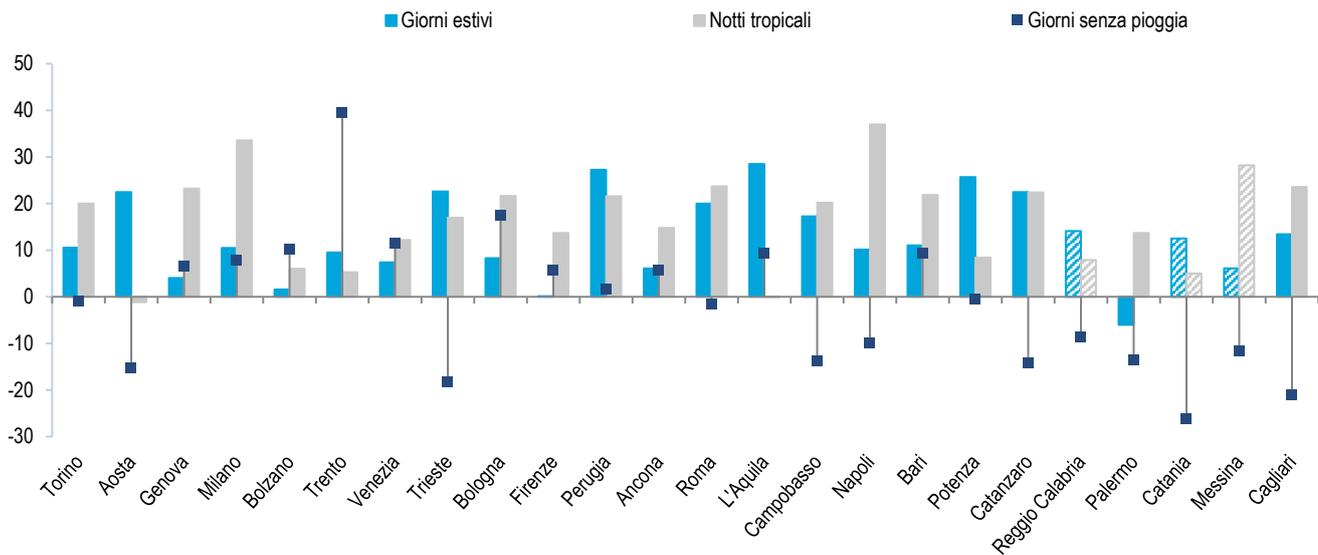
FIGURA 5. ANOMALIE MEDIE ANNUALI DEGLI INDICI GIORNI ESTIVI, NOTTI TROPICALI, DURATA DEI PERIODI DI CALDO E GIORNI SENZA PIOGGIA DEI CAPOLUOGHI DI REGIONE SUL VALORE CLIMATICO 1981-2010. Anni 2006-2021. Valori in numero di giorni



Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteo climatici ed idrologici

Nel 2021, gli indici rappresentativi degli estremi di temperatura registrano aumenti per gran parte dei 109 capoluoghi di Provincia monitorati: i giorni estivi sono in media 120 e le notti tropicali 44 (rispettivamente + 4 e +6 rispetto al periodo 2006-2015). Aumentano anche i giorni senza pioggia (+5) rispetto al valore medio del periodo 2006-2015 (pari a 281 giorni). Esaminando soltanto i capoluoghi di Regione, sia i giorni estivi sia le notti tropicali segnano un'anomalia positiva sul CLINO 1981-2010 (in media +13 giorni e +17 notti), che interessa tutte le città, tranne Palermo e Aosta (rispettivamente -6 giorni e -1 notte) (Fig. 6). I giorni estivi aumentano soprattutto per L'Aquila (+29 sul CLINO), Perugia (+27) e Potenza (+26) mentre le notti tropicali registrano l'anomalia più alta per Napoli (+37), seguita da Milano (+34) e Roma (+24).

FIGURA 6. ANOMALIE DEGLI INDICI GIORNI ESTIVI, GIORNI SENZA PIOGGIA, NOTTI TROPICALI PER CAPOLUOGO DI REGIONE E CITTÀ METROPOLITANA^(a) SUL VALORE CLIMATICO 1981-2010. Anno 2021. Valori in numero di giorni



(a) Per Reggio di Calabria, Catania e Messina non è disponibile il valore climatico 1981-2010. I valori 2021 sono confrontati con quelli medi del periodo 2006-2015 per tutti gli Indici.

Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteorologici ed idrologici

I giorni senza pioggia dei capoluoghi di Regione (in media 285 nel 2021) sono in aumento per 11 città, in testa Trento (+39 giorni) seguita da Bologna (+17) e Venezia (+11).

Una lettura integrata degli Indici di estremi di temperatura e precipitazione secondo i valori più elevati delle anomalie registrate nel 2021 rispetto al CLINO 1981-2010, evidenzia che alcuni capoluoghi di Regione sono stati particolarmente interessati da fenomeni meteorologici che favoriscono il riscaldamento e da variazioni nella precipitazione (Prospetto 1) con conseguenze sull'ambiente urbano e, in generale, sulle attività umane.

L'incremento della temperatura media annua determina un aumento degli estremi di caldo per quasi tutti i capoluoghi di Regione, che nel 2021 registrano contemporaneamente un aumento dei giorni estivi (tranne Firenze e Palermo) e delle notti tropicali (tranne Aosta e L'Aquila). Le città con le anomalie più alte rispetto al CLINO 1981-2010 sono, per i giorni estivi, L'Aquila (+29 giorni), Perugia (+27) e Potenza (+26) e, per le notti tropicali, Napoli (+37 notti), seguita da Milano (+34), Roma e Cagliari (+24).

Anche la durata dei periodi di caldo (onde di calore) risulta in aumento in oltre la metà dei capoluoghi di Regione: in testa Roma (+40 giorni), Catanzaro (+17) e Bari (+13).

PROSPETTO 1. INDICI DI ESTREMI DI TEMPERATURA E PRECIPITAZIONE, PER LE PRIME 7 CITTÀ CAPOLUOGO DI REGIONE CON LE MAGGIORI ANOMALIE ANNUALI DAL CLINO 1981-2010. Anno 2021. Valori in giorni e in millimetri.

Giorni estivi	Notti tropicali	Durata dei periodi di caldo	Giorni senza pioggia	Giorni con precipitazione maggiore di 20 mm	Precipitazione nei giorni molto piovosi (mm)
L'Aquila +29	Napoli +37	Roma +40	Trento +39	Campobasso +7	Campobasso +272
Perugia +27	Milano +34	Catanzaro +17	Bologna +17	Trento +4	Trento +229
Potenza +26	Roma +24	Bari +13	Venezia +11	Roma +4	Bolzano +167
Trieste +23	Cagliari +24	L'Aquila +12	Bolzano +10	Palermo +3	Torino +156
Catanzaro +22	Genova +23	Palermo +9	L'Aquila +9	Potenza +3	Cagliari +120
Aosta +22	Catanzaro +22	Perugia +7	Bari +9	Cagliari +3	Ancona +89
Roma +20	Bari +22	Trieste +6	Milano +8	Bolzano +2	Roma +47

Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteorologici ed idrologici

Per gli estremi di precipitazione, l'aumento dei giorni senza pioggia (nel 2021, in media 285 fra le città esaminate) interessa oltre la metà dei capoluoghi di Regione ma è più alto a Trento (39 giorni in più rispetto al CLINO 1981-2010), Bologna (+17) e Venezia (+11). I giorni di precipitazione intensa (> 20 mm), che fra i capoluoghi osservati sono in media 9 nel 2021, registrano incrementi per 9 capoluoghi di Regione e in particolare per Campobasso (+7), Trento e Roma (+4).

Fornendo una misura della concentrazione del fenomeno, l'Indice relativo alla precipitazione nei giorni molto piovosi mostra che, in media, circa il 25% della precipitazione totale annua dei capoluoghi di Regione, si concentra nei giorni molto piovosi, con un valore medio di circa 179 mm. In 11 città si rilevano anomalie positive rispetto al valore climatico 1981-2010: la più alta per Campobasso (+272 mm), seguita da Trento (+229) e Bolzano (+167).

Milano, Torino, Roma, Napoli: positive le anomalie di temperatura media

L'urbanizzazione è causa di pressioni sull'ambiente naturale (consumo di suolo, di risorse naturali ed emissioni di gas inquinanti) che possono essere intensificate dagli effetti dei CC, aumentando la vulnerabilità delle città. Si conferma, in particolare, il fenomeno della cosiddetta Isola di calore urbano (*Urban Heat Island*) in base al quale la temperatura è più alta rispetto alle aree esterne circostanti, per la presenza di superfici radiative (cemento, metalli, asfalto, ecc).

Gli indicatori calcolati a scala locale sono in grado di mettere in luce situazioni meteo-climatiche diverse fra i sistemi urbani e si prestano ad analisi integrate di dati.

Nel periodo 2011-2021, per Torino la temperatura media annua è pari a 15,2°C (in aumento di +1,3°C sul CLINO 1981-2010), con anomalie positive per tutti gli anni esaminati (le più alte nel 2015 e 2018, pari a +1,6°C) (Fig. 7). La precipitazione annua del periodo osservato (in media 960 mm) segna un'anomalia media di circa +163 mm, positiva per tutti gli anni (tranne il 2017).

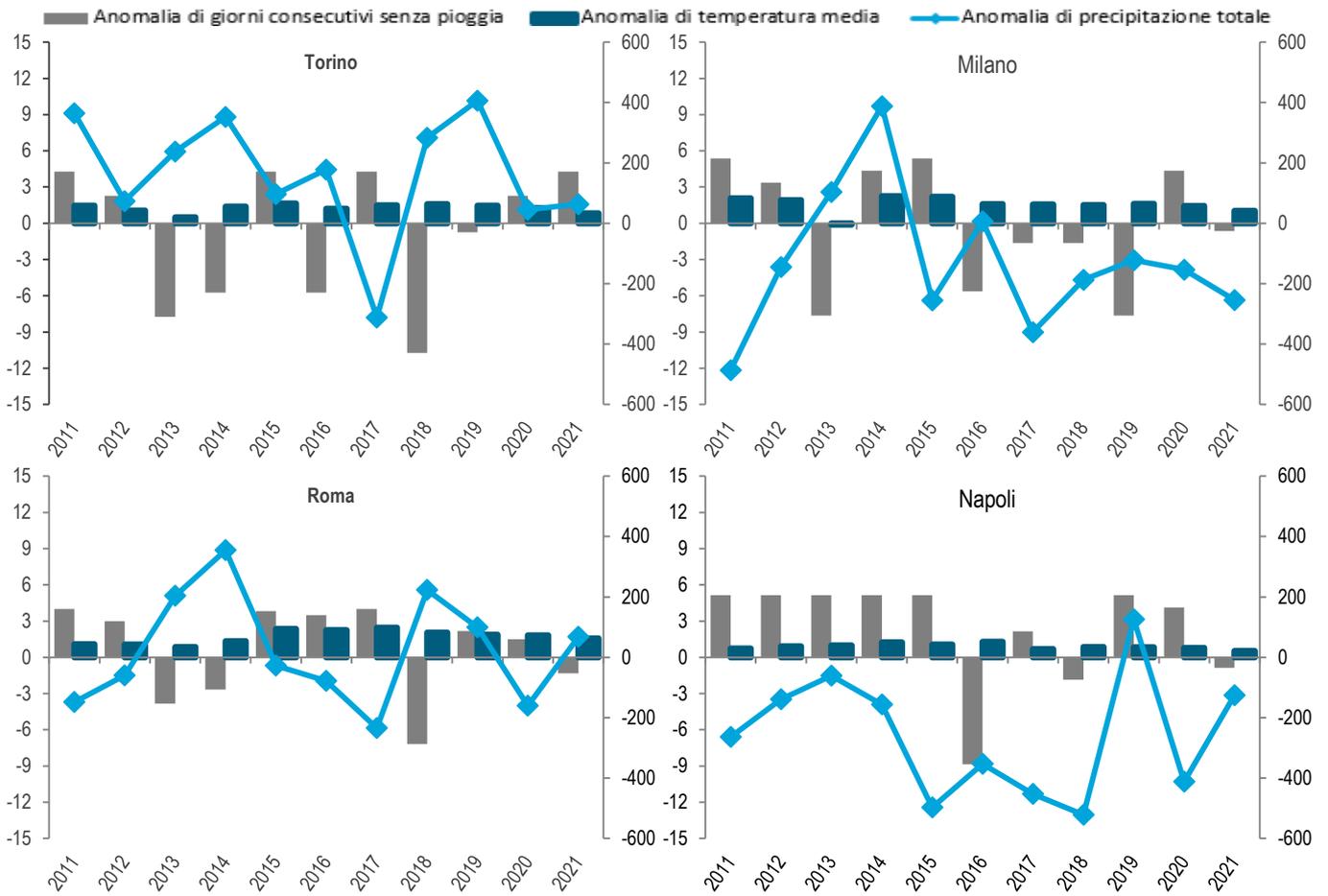
I dati meteorologici rilevati per Milano mostrano una temperatura media del periodo di circa 16°C (+1,6°C sul CLINO 1981-2010), con anomalie positive e significative per tutti gli anni, più alte nel 2014 e 2015 (+2,2°C) (Fig. 7). Allo stesso tempo, con una prevalenza di anomalie annuali negative, la precipitazione totale del periodo 2011-2021 segna un calo (-133 mm sul CLINO), attestandosi in media sui 781 mm.

Per entrambe le città, l'indice giorni consecutivi senza pioggia alterna negli anni anomalie positive e negative, con oscillazioni intorno al valore climatico considerato anche significative.

La temperatura media del periodo 2011-2021 segna valori più elevati per Roma (17,7°C) e Napoli (17,3) con anomalie annuali sempre positive, in media rispettivamente +1,7°C e +0,9°C rispetto al CLINO 1981-2010 (Fig. 7).

Per Roma, la precipitazione totale del periodo (in media 783 mm) presenta una variabilità confermata dall'andamento delle anomalie annuali (in media +21,7 mm sul CLINO). Per Napoli, invece, le anomalie sono negative per tutti gli anni osservati (tranne il 2019), con uno scostamento medio di periodo di circa -259,7 mm sul CLINO 1981-2010 e un valore medio della precipitazione di 688,5 mm (Fig. 7). L'indice relativo ai giorni consecutivi senza pioggia registra in prevalenza anni con anomalie positive sul CLINO considerato, 8 anni per Napoli e 7 per Roma.

FIGURA 7. ANOMALIE ANNUALI DI PRECIPITAZIONE TOTALE E TEMPERATURA MEDIA ANNUE E DELL'INDICE GIORNI CONSECUTIVI SENZA PIOGGIA RISPETTO AL CLINO 1981-2010 PER TORINO, MILANO, ROMA, NAPOLI. Anni 2011-2021. Valori assoluti in gradi Celsius e numero di giorni (asse principale) e millimetri (asse secondario).



Fonte: Istat, Rilevazione Dati meteorologici ed idrologici

Glossario

Anomalia climatica: differenza tra il valore annuale di un parametro meteorologico e il corrispondente valore medio di un periodo di riferimento (Normale Climatologica 1971-2000 oppure 1981-2010, decennio 2006-2015).

Città metropolitana: fa riferimento agli Enti territoriali di “area vasta” costitutivi della Repubblica ai sensi dell’articolo 114 della Costituzione e disciplinati dalla legge n.56 del 7 aprile 2014, che hanno sostituito le ex-Province omonime. Nel 2020 le Città metropolitane italiane sono 14. La Legge 7 aprile 2014 n.56 disciplina le 10 Città metropolitane delle Regioni a statuto ordinario, i cui territori coincidono con quelli delle preesistenti Province: Roma Capitale, Torino, Milano, Venezia, Genova, Bologna, Firenze, Bari, Napoli e Reggio Calabria. A queste si aggiungono le 4 Città metropolitane delle Regioni a statuto speciale: Cagliari, Catania, Messina, Palermo. Gli organi delle Città metropolitane sono il Sindaco, il Consiglio e la Conferenza. Il Sindaco metropolitano è di diritto il Sindaco del comune capoluogo.

CLINO: vedi **Normale Climatologica**

Indici di estremi meteoclimatici: indici definiti dalla Organizzazione mondiale della meteorologia (*World Meteorological Organization, WMO*) delle Nazioni Unite (UN) espressi in termini fisici. Vengono classificati in base al fenomeno osservato, precipitazione oppure temperatura.

Indici di estremi di precipitazione:

- *giorni senza pioggia* (indice R0): giorni nell’anno senza precipitazione
- *giorni con pioggia* (indice R1): giorni nell’anno con precipitazione giornaliera ≥ 1 mm
- *giorni con pioggia* (indice R10): giorni nell’anno con precipitazione giornaliera ≥ 10 mm
- *numero di giorni con precipitazione molto intensa* (indice R20): giorni nell’anno con precipitazione giornaliera ≥ 20 mm
- *numero di giorni con precipitazione estremamente intensa* (indice R50): giorni nell’anno con precipitazione giornaliera ≥ 50 mm
- *giorni consecutivi senza pioggia* (indice CDD – Consecutive Dry Days): numero massimo di giorni con precipitazione giornaliera < 1 mm
- *giorni piovosi consecutivi* (indice CWD - Consecutive Wet Days): numero massimo di giorni con precipitazione giornaliera $> = 1$ mm
- *intensità di pioggia giornaliera* (SDII): totale annuale di precipitazione diviso per il numero di giorni piovosi nell’anno (definiti come giorni con precipitazione ≥ 1 mm)
- *precipitazione nei giorni molto piovosi* (Indice R95P): giorni molto piovosi - somma in mm nell’anno delle precipitazioni giornaliere superiori al 95° percentile

Indici di estremi di temperatura:

- *giorni con gelo* (indice FD0): numero dei giorni nell’anno con temperatura minima $< 0^{\circ}\text{C}$
- *giorni estivi* (indice SU25): numero di giorni nell’anno con temperatura massima $> 25^{\circ}\text{C}$
- *notte tropicali* (indice TR20): numero di giorni con temperatura minima $> 20^{\circ}\text{C}$
- *minimo delle temperature minime* (indice TNn): valore minimo mensile delle temperature minime giornaliere
- *massimo delle temperature minime* (indice TNx): valore massimo mensile delle temperature minime giornaliere
- *minimo delle temperature massime* (indice TXn): valore minimo delle temperature massime giornaliere
- *massimo delle temperature massime* (indice TXx): valore massimo delle temperature massime giornaliere
- *indice di durata dei periodi di caldo* (indice WSDI, Warm Spell Duration Index): numero di giorni nell’anno in cui la temperatura massima è superiore al 90° percentile per almeno 6 giorni consecutivi
- *notte calde* (indice TN90p): numero di giorni in cui la temperatura minima giornaliera superiore al 90° percentile
- *giorni caldi* (indice TX90P): numero di giorni in cui la temperatura massima giornaliera è superiore a 90° percentile
- *notte fredde* (indice TN10p): numero di giorni in cui la temperatura minima giornaliera è inferiore al 10° percentile
- *giorni freddi* (indice TX10P): numero di giorni in cui la temperatura massima giornaliera è inferiore al 10° percentile.

Normale Climatologica: in base a quanto stabilito nel 1935 dalla *World Meteorological Organization (WMO)* delle Nazioni Unite (UN), le medie climatologiche di riferimento sono calcolate in tutto il mondo su un intervallo di 30 anni, denominato Normale Climatologica (CLINO). Tale periodo è ritenuto sufficientemente ampio per ricavare indicatori di tendenza, sulla variabilità di fenomeni meteorologici osservati e lo studio del clima, significativo nel lungo periodo. L'obiettivo è consentire il confronto tra le osservazioni di tutto il mondo, assicurando coerenza fra le informazioni dei diversi servizi meteorologici. I valori medi riferiti al periodo climatico (trentennio di riferimento o CLINO), sono chiamati valori normali o valori climatici. I periodi climatici presi come base, sono periodicamente aggiornati per tener conto del cambiamento del clima. Fino a 10 anni fa, il periodo di riferimento normale si ripeteva ogni 30 anni, tuttavia, i rapidi cambiamenti del clima hanno indotto la WMO-UN a introdurre una nuova periodicità per le Normali Climatologiche (1971-2000, 1981-2010) al fine di cogliere anche l'accelerazione dei fenomeni. L'Istat nella produzione di statistiche meteo-climatiche, seguendo raccomandazioni e metodologie definite a livello internazionale dalle Nazioni Unite, rende disponibile una batteria di indicatori calcolati per entrambe le Normali Climatologiche attualmente in uso per le analisi sui cambiamenti climatici: CLINO 1971-2000 e CLINO 1981-2010.

Precipitazione: insieme di particelle di acqua (liquide e/o solide) che cadono o vengono spinte verso il basso dalle correnti discendenti (venti discendenti) delle nubi fino a raggiungere il suolo. Le precipitazioni di acqua allo stato liquido sono classificate come pioviggine, pioggia, rovescio, temporale, rugiada e brina, mentre allo stato solido, neve e grandine.

Stazioni termo-pluviometriche: insieme di strumentazioni di misura che permettono di misurare le condizioni fisiche dell'atmosfera in un dato luogo, relativamente a parametri meteorologici fondamentali a fini climatici.

Temperatura: il livello termico dell'atmosfera esistente in un punto e in un determinato momento. Rappresenta il livello energetico dell'aria, cioè l'energia cinetica media associata alle molecole dell'aria per effetto del riscaldamento dalla radiazione solare.

Valore climatico: valore medio di una variabile meteo-climatica, ottenuto attraverso un'elaborazione statistica eseguita su una serie storica lunga (almeno trenta anni) di dati elementari, rilevati da stazioni termo-pluviometriche al suolo. I valori climatici sono calcolati per due finalità principali: (1) quali valori di riferimento rispetto ai quali confrontare le osservazioni e calcolare le serie di anomalie (scostamenti dai valori normali); (2) per fornire valori medi rappresentativi del clima attuale o del passato, con riferimento ad una determinata scala spaziale (luogo/area).

Nota metodologica

Riferimenti normativi

La Rilevazione annuale Dati meteo-climatici e idrologici è prevista dal [Programma Statistico Nazionale PSN IST-02190](#)) e produce su base regolare statistiche e indici di estremi meteo-climatici riferiti alle città capoluogo di Provincia italiane.

La Rilevazione annuale Dati meteo-climatici e idrologici

Obiettivi conoscitivi e quadro di riferimento

La Rilevazione raccoglie dati di misurazioni giornaliere di stazioni termo-pluviometriche (unità di analisi) ubicate nel territorio comunale dei capoluoghi di Provincia presso numerosi Enti Gestori pubblici e privati (unità di rilevazione) di reti nazionali di stazioni certificate. Per questo motivo, i dati delle stazioni prese in esame e gli indicatori statistici calcolati forniscono misure riferite ai caratteri climatici delle singole aree monitorate, vale a dire le città. L'informazione statistica sul meteo-clima, si aggiunge all'insieme delle informazioni statistiche prodotte dall'Istat sul tema dei sistemi urbani, di ambiente e territorio, fornendo nuove opportunità di analisi integrate di dati.

L'Istat ha aggiornato al 2021 la Banca Dati Meteo delle variabili meteo-climatiche (temperatura minima, temperatura media, temperatura massima, precipitazione totale, umidità) utilizzando i dati raccolti. Considerati gli obiettivi di analisi, a partire dai dati giornalieri delle variabili, vengono calcolati indicatori statistici descrittivi del meteo-clima nelle maggiori città, che sono utilizzati nello studio dei fenomeni e per lo sviluppo di modelli finalizzati ad analisi dei *trend*. Per i 109 capoluoghi di Provincia vengono rilasciati nuovi Indicatori anno 2021 di temperatura media annua e precipitazione totale annua. Inoltre, per ciascuna città, i valori annuali degli indicatori sono confrontati con i corrispondenti valori medi del decennio 2006-2015 e, in base alla disponibilità di serie di dati ampie e complete¹, anche con il valore climatico dei trentenni climatologici 1981-2010 e 1971-2000 (Normali Climatologiche CLINO). In tal modo vengono calcolate differenze e anomalie climatiche annuali di temperatura/precipitazione, per evidenziare *trend* dei fenomeni e variabilità del clima nelle aree urbane. Molti

¹ Per le Città metropolitane Catania, Reggio di Calabria e Messina non sono disponibili serie storiche complete di dati 1971-2000 e 1981-2010. Pertanto, i valori annuali degli Indicatori sono confrontati con il valore medio del periodo 2006-2015.

eventi meteorologici, infatti, sono espressione dell'intensificarsi della variabilità climatica (che si manifesta con ampie fluttuazioni dei parametri osservati) connesse sia a variazioni registrate su base annua (inter-annuali e stagionali) sia ad oscillazioni decennali, rispetto ad un valore medio della grandezza esaminata in riferimento ad un periodo ampio (decennale o pluridecennale). In termini statistici, si definisce Cambiamento Climatico lo spostamento del valore medio di lungo periodo di una grandezza meteorologica, quale cambiamento della distribuzione statistica di parametri climatici rilevati. Per ciascuna città monitorata, inoltre, viene rilasciato un insieme di 21 Indici di estremi meteoclimatici² di temperatura (12 indici) e precipitazione (9 indici) espressi in numero di giorni nei quali si verifica un determinato evento, oppure in gradi Celsius e in millimetri a seconda della tipologia di indice (cfr. metodologia degli ETCCDI *Indices* definiti dalla *World Meteorological Organization WMO* delle Nazioni Unite UN). Tali Indici rappresentano strumenti statistici utili per una descrizione dei cambiamenti del clima osservati a livello di singolo sistema urbano, sia nel medio che lungo termine. La disponibilità di serie storiche di dati ampie, complete e ad elevata risoluzione geografica sono la condizione necessaria per il calcolo e la significatività di questi indici statistici, nella descrizione di specifici eventi.

Nel rilascio 2023, per i 109 capoluoghi di Provincia vengono diffuse le Tavole di dati anno 2021 (elencate sotto e consultabili per i vari anni sul sito web www.istat.it), la nuova serie storica 2006-2021, la Normale Climatologica 1981-2010 di Indicatori di temperatura media annua e precipitazione totale annua e degli Indici di estremi meteoclimatici per i 109 capoluoghi di Provincia (per ulteriori approfondimenti: <http://www.istat.it/it/archivio/202875>)

Vengono diffusi, inoltre, anche i risultati di un Progetto di ricerca dell'Istat finalizzato all'applicazione di metodologie per il calcolo della Normale Climatologica 1981-2010, aggiuntiva a quella 1971-2000 (calcolata in precedenza) e di un nuovo insieme di indicatori per città. In particolare, sono resi disponibili:

- nuova serie storica 2006-2021 di indicatori annuali di temperatura media e precipitazione totale annue per i 109 Capoluoghi di Provincia
- valori climatici dei fenomeni meteorologici osservati, riferiti alla Normale Climatologica 1981-2010 e alla Normale Climatologica 1981-2010
- un insieme di Indicatori di anomalie annuali rispetto alle Normali Climatologiche 1981-2010 e 1971-2000
- un insieme di Indicatori di anomalie annuali relative agli Indici di estremi rispetto alle Normali Climatologiche 1981-2010 e 1971-2000.

Fonti di dati

Fonti dei dati sono le Banche Dati di 55 Enti Gestori di reti nazionali di stazioni termo-pluviometriche certificate, rispondenti alla Rilevazione. Nell'ambito della raccolta svolta nel 2022, sono state fornite da tali Enti misurazioni giornaliere di fenomeni meteorologici (osservati nei 365 giorni dell'anno 2021) di stazioni ubicate nel territorio delle 109 città capoluogo di Provincia (ed alcune ubicate in aree periurbane), che rappresentano unità di analisi.

Si annoverano fra i principali rispondenti:

ISTITUZIONI PUBBLICHE ED ENTI NAZIONALI: Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria CREA-AA, Ente Nazionale per l'Assistenza al Volo ENAV, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile ENEA, Consiglio Nazionale delle Ricerche CNR, Centro Meteorologico Lombardo, ecc.

ISTITUZIONI PUBBLICHE ED ENTI LOCALI: Regioni, Province Autonome, Servizi idrografici regionali, Protezione civile, Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale, Consorzi di bonifica e difesa provinciali/regionali, Università degli Studi, Onlus, etc.

Processo e metodologie

La Raccolta di dati

Per l'aggiornamento annuale della Banca Dati Meteo dell'Istat, la Rilevazione Dati meteoclimatici ed idrologici viene svolta su un campione ragionato di stazioni termo-pluviometriche ubicate nel territorio urbano e in aree periurbane: il numero delle unità di analisi è di circa 500. Applicando procedure di validazione sulle informazioni geografiche raccolte, ogni stazione è stata geo-referenziata e proiettata al sistema di riferimento UTM zona 32 con datum WGS84³.

² Vengono calcolati indici su valore di soglia, indici assoluti, indici di durata e indici basati sui percentili.

³ La quota altimetrica di ogni stazione è verificata utilizzando il *Digital Elevation Model* a 20 metri dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale ISPRA.

Attraverso i modelli di rilevazione forniti, l'Istat richiede per stazione meteorologica dati giornalieri delle seguenti variabili:

- temperatura minima (°C)
- temperatura massima (°C)
- temperatura media (°C)
- livello della precipitazione (mm)
- umidità (valori %)
- informazioni geografiche e sulle caratteristiche tecniche delle stazioni di misura.

Controlli di qualità dei dati

I dati vengono sottoposti a controlli di qualità da parte degli Enti Gestori delle reti di stazioni termopluviometriche di misura, prima della fornitura all'Istat. Ulteriori controlli statistici sono effettuati dall'Istituto sulle serie mensili e annuali dei dati raccolti, attraverso l'applicazione di procedure di controllo della qualità (relative a omogeneità, coerenza e completezza dei dati) alle serie storiche dei dati giornalieri e mensili forniti. Considerando obiettivo primario la qualità dell'informazione statistica prodotta, vengono applicati successivi controlli di qualità alle serie degli indicatori annuali (calcolati sulla base dei dati elementari acquisiti) secondo metodologie definite dai principali *framework* statistici internazionali. Per qualche stazione meteorologica, la qualità dei dati raccolti talora non si è rivelata adeguata agli standard richiesti, avendo le serie di misurazioni giornaliere risentito degli effetti legati allo spostamento fisico delle stazioni (altra allocazione, cambiamenti nell'orientamento, sostituzione di strumentazioni) oppure dell'interruzione - anche temporanea - del servizio di rilevamento della stazione stessa per periodi significativi, tali da determinare mancanza di misurazioni per giorni o settimane. Questo tipo di problematiche, infatti, può determinare la mancanza di serie di dati giornalieri complete, non assicurando la robustezza necessaria per gli scopi di produzione statistica e di analisi.

Nell'ambito di alcune attività di revisione svolte nel 2022-2023, sono state sviluppate analisi approfondite delle serie di dati giornalieri disponibili per stazione termo-pluviometrica rilevata, acquisite nella Banca Dati Meteo Istat attraverso successive edizioni della Rilevazione (svolta annualmente dal 2017). L'identificazione di nuove fonti di dati (nuovi Enti rispondenti e stazioni meteorologiche) e completamenti di forniture per qualche stazione, hanno determinato una revisione della serie storica 1971-2021 e degli indicatori calcolati

Applicando i criteri sopra menzionati, basati sulla completezza delle serie storiche di dati elementari (giornalieri), è stato selezionato un sottoinsieme di queste stazioni, poi sottoposto a successivi controlli di qualità sul grado di completezza delle serie storiche di dati mensili e annuali. Tali controlli a cascata determinano un'ulteriore selezione, individuando circa 250 stazioni di misura quale fonte primaria dei dati per il calcolo di tutti gli Indicatori meteoclimatici e degli Indici di estremi per ciascuna città osservata, riferiti ai diversi periodi considerati (anno, decennio, trentenni climatologici 1981-2010 e 1971-2000). Per valorizzare i dati forniti dalle stazioni meteorologiche di alcuni capoluoghi di Regione, considerata la peculiarità del metodo utilizzato, gli indicatori sono stati calcolati in media⁴.

Classificazioni

Nella rilevazione viene utilizzata:

- la classificazione territoriale Istat dei Comuni, Province e Regioni.
- le classificazioni fisiche e statistiche della *World Meteorological Organization* di Nazioni Unite (WMO-UN)

Diffusione

Per consultare i risultati della Rilevazione annuale Dati meteo-climatici ed idrologici, si può fare riferimento alle principali pubblicazioni diffuse ufficialmente dall'Istat su base regolare, di seguito elencate:

[Statistica Report I Cambiamenti Climatici: Misure Statistiche \(Anno 2020\)](#)

[Tavole di dati - Temperatura e precipitazione nei comuni capoluogo di provincia \(Anno 2020 e serie storica 2010-2020\)](#)

[Tavole di dati - Temperatura e precipitazione nelle città capoluogo di regione e città metropolitane \(Anno 2020 e serie storica 2010-2020\)](#)

[Tavole di dati - Temperatura e precipitazione nelle città Capoluogo di Provincia \(Anno 2019\)](#)

⁴ Per la temperatura: Roma, Genova, Trieste; per la precipitazione: Roma, Firenze, Bologna, Genova, Trieste, Venezia, Aosta.

[Tavole di dati - Temperatura e precipitazione nelle città Capoluogo di Provincia \(Anno 2018\)](#)
[Tavole di dati - Temperatura e precipitazione nelle città Capoluogo di Provincia \(Anno 2017\)](#)
[Tavole di dati - Temperatura e precipitazione nelle città Capoluogo di Provincia \(Anni 2007-2016\)](#)
[Statistica Report - Temperatura e precipitazione nelle principali città \(Anni 2002-2016\)](#)
[Rapporto SDGs - Informazioni Statistiche per l'Agenda 2030 in Italia \(edizioni annuali dal 2018\)](#)
[Annuario Statistico Italiano \(ASI\) \(edizioni annuali dal 2010\)](#)
[Le statistiche dell'Istat sull'acqua Giornata Mondiale dell'acqua \(edizioni annuali dal 2015\)](#)
[Rapporto sul Territorio \(Anno 2020\)](#)

Informazioni sulla Rilevazione Istat Dati meteorologici ed idrologici (PSN IST-02190) - Metodologie e Documentazione in Fascicolo d'Indagine Istat

<https://www.istat.it/it/archivio/202875>

<https://sidi.istat.it>

Per chiarimenti tecnici e metodologici

Donatella Vignani

vignani@istat.it

Francesca Budano

frbudano@istat.it