

## Nota metodologica

### Quadro di riferimento

I Cambiamenti Climatici (CC) sono al centro dell'attenzione del mondo scientifico e istituzionale per la crescita della temperatura dell'aria, l'aumento di fenomeni meteoclimatici estremi di precipitazione e temperatura, segnali netti di una significativa variabilità del clima, con impatti rilevanti che causano danni economici e sociali in molte aree del Pianeta. Il Programma europeo *Copernicus Climate Change Service* (C3S) ha rilevato che il 2020 è stato in Europa uno degli anni più caldi mai registrati (proseguendo una serie di anni estremamente caldi nell'ultima decade 2011-2020) con un'anomalia termica di +1,25°C rispetto al periodo pre-industriale, valore molto vicino alle soglie obiettivo dell'Accordo di Parigi 2015 e al riferimento dell'obiettivo +1,5°C della Conferenza delle Nazioni Unite sul Clima (Cop26) di Glasgow 2021.

Negli ultimi venti anni, numerosi organismi internazionali<sup>1</sup> hanno fortemente contribuito allo sviluppo di framework statistici collegati allo studio dei CC con l'obiettivo di fornire metodologie condivise per la produzione di dati e indicatori comparabili fra i diversi paesi del Mondo e rafforzare la disponibilità di *Climate Change related Statistics and Indicators* (CCRSI) a diversa scala spaziale. Le informazioni sul clima e su eventi estremi a livello territoriale hanno assunto una crescente rilevanza per la valutazione degli effetti dei CC e la definizione di efficaci strategie di adattamento e mitigazione in ambiti diversi (ambientale, sociale ed economico) dimensionate alle specificità delle aree monitorate.

I cambiamenti del clima ed il verificarsi di eventi estremi a crescente intensità hanno determinato impatti rilevanti anche sulle aree urbane caratterizzate da un'elevata concentrazione di persone (oltre la metà della popolazione mondiale vive nelle città), dalla presenza di edifici, infrastrutture, attività economiche e patrimonio artistico. I fenomeni meteoclimatici possono interagire con le caratteristiche strutturali dei sistemi urbani – specialmente se di maggiori dimensioni – favorendo il fenomeno dell'Isola di Calore (*Urban Heat Island*), un surriscaldamento locale determinato dalle caratteristiche termiche e radiative di superfici in asfalto, cemento e metallo, con differenze significative di temperatura rispetto ad aree rurali circostanti.

Tale fenomeno può associarsi ad altri effetti negativi causati da eventi meteorologici legati alla crescente *variabilità climatica* che si manifesta con ampie fluttuazioni delle grandezze dei parametri connesse sia a variazioni registrate su base annua (inter-annuali e stagionali) sia ad oscillazioni decennali, rispetto ad un valore medio della grandezza osservata in riferimento ad un periodo ampio (decennale o pluridecennale). In termini statistici, il Cambiamento Climatico (CC) è definito, invece, come lo spostamento del valore medio di lungo periodo di una grandezza meteorologica, che rappresenta cioè un cambiamento della distribuzione statistica di parametri climatici rilevati.

Effetti dei cambiamenti del clima stanno interessando sempre di più anche le principali città della nostra Penisola, che presentano livelli diversi di esposizione e vulnerabilità a eventi meteorologici estremi di temperatura e precipitazione. Ondate di calore, lunghi periodi di siccità, fenomeni alluvionali, trombe d'aria appaiono in aumento e, in diverse città, hanno creato criticità nell'erogazione di servizi essenziali alla popolazione, nella distribuzione di risorse idriche ed energia, nell'interruzione del funzionamento dei trasporti, ma anche causato gravi danni alle infrastrutture, al patrimonio artistico e perdite di vite umane.

Dati e informazioni meteoclimatici ad una scala adeguata agli obiettivi di analisi rappresentano input fondamentali per costruire un quadro conoscitivo completo sui fenomeni in atto, monitorare e capire meglio stato ed evoluzioni del clima, supportando anche analisi degli impatti su ambiente naturale, territorio, salute umana, sistemi socio-economici e città. Una maggiore disponibilità di dati soddisfa nuove esigenze informative e contribuisce a favorire decisioni e misure di policy di sviluppo sostenibile, in presenza di trasformazioni e rapidi cambiamenti in atto non solo nella fisica del clima ma anche nel contesto degli accordi globali scaturiti

---

<sup>1</sup> United Nations Economic Commission for Europe (UNECE); Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC; UNECE-CES Set of Core Climate Change-Related Indicators and Statistics Using SEEA, UNSD Global Consultation on Climate Change Statistics and Indicators; Commissione Europea (CE), Eurostat, Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA), Organization for Economic Co-operation and Development OCSE; Statistical Indicators for SDGs per l'Agenda 2030.

dalla recente Conferenza delle Nazioni Unite sul Clima (Cop26) a Glasgow 2021 e delle scelte di policy dell'Ue contenute nel Piano *Fit for 55%* del Green New Deal.

In tale contesto, l'Istat fornisce un proprio contributo attraverso la produzione annuale di alcune misure statistiche su fenomeni meteorologici, basate su metodologie di framework internazionali. Sono rese disponibili su base annua statistiche e indicatori meteorologici riferiti alle città Capoluogo di Provincia e di Regione del Paese e viene rilasciato, inoltre, un insieme di Indici di estremi meteorologici di temperatura e precipitazione per ciascuna città, calcolati secondo la metodologia della World Meteorological Organization delle Nazioni Unite (WMO-UN). Nell'ultimo decennio, il World Climate Research Programme (WCRP)<sup>2</sup> nell'ambito del *Grand Challenge on Weather and Climate Extremes*, acquisiti gli outcome di ricerca dell'Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) della Commission for Climatology della WMO-UN, ha contribuito a rafforzare lo sviluppo di metodologie da condividere internazionalmente per il calcolo di misure statistiche in termini fisici sul rilevamento del clima e degli estremi climatici.

In particolare, l'Expert Team ETCCDI ha definito 27 Indici di estremi meteorologici di temperatura e precipitazione, classificati in base al fenomeno osservato, oggi utilizzati estesamente da Istituzioni ed Enti di ricerca a livello mondiale. Tali indici<sup>3</sup> forniscono misure di frequenza, intensità, durata e distribuzione di fenomeni climatici, confrontabili a diversa scala temporale e spaziale.

### **Obiettivi conoscitivi e produzione statistica**

Attraverso la Rilevazione *Dati meteorologici e idrologici* l'Istat fornisce un contributo producendo annualmente statistiche e indici di estremi meteorologici per le città capoluogo di provincia e di regione italiane, raccogliendo dati di misurazioni giornaliere di stazioni termo-pluviometriche ubicate nel territorio comunale di tali città. 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. L'informazione statistica prodotta dall'Istat, si aggiunge all'insieme delle informazioni statistiche prodotte sul tema delle città, con l'obiettivo di fornire nuove opportunità di analisi congiunta con informazioni sullo stato dell'ambiente naturale.

L'Istat ha aggiornato al 2020 la propria Banca Dati Meteo delle variabili meteo-climatiche (temperatura minima, temperatura media, temperatura massima, precipitazione totale annua, umidità) utilizzando dati raccolti presso gli Enti gestori (unità di rilevazione) di reti di stazioni meteorologiche (unità di analisi). Considerati gli obiettivi di analisi, per lo studio dei fenomeni climatici e lo sviluppo di modelli per analisi dei trend, a partire dai dati giornalieri delle variabili sono calcolati alcuni indici statistici descrittivi del meteo-clima nelle principali città.

Vengono qui diffusi i nuovi Indicatori 2020 di temperatura media annua e precipitazione totale annua per i capoluoghi di regione e città metropolitane. Per ciascuna città<sup>4</sup> i valori 2020 degli indicatori sono confrontati con i corrispondenti valori medi del decennio 2006-2015 e, considerata la disponibilità di serie complete di dati, con il valore del periodo climatico 1971-2000 (Normale Climatologica). In tal modo sono calcolate le *anomalie climatiche* annuali di temperatura e precipitazione, che evidenziano trend dei fenomeni e descrivono aspetti della variabilità del clima nei sistemi urbani italiani.

Per ciascuna città osservata, viene inoltre diffuso un insieme di 21 Indici di estremi meteorologici di temperatura e precipitazione (12 di temperatura e 9 di precipitazione) espressi in numero di giorni nei quali si verifica un determinato evento, in gradi Celsius e in millimetri (applicando la metodologia degli ETCCDI Indices della WMO-UN). Essi rappresentano strumenti statistici per una descrizione della variabilità e del

---

<sup>2</sup> Il WCRP sostenuto da International Science Council (ISC), World Meteorological Organization (WMO) e Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) UNESCO, supporta attività di ricerca sulla scienza del clima collegate alla United Nations Framework Convention on Climate Change, inclusi gli impegni del Paris Agreement 2015. Inoltre, contribuisce alla produzione di informazioni finalizzate alla 2030 Agenda for Sustainable Development, SENDAI Framework for Disaster Risk Reduction.

<sup>3</sup> Alcuni indici sono calcolati su un valore di soglia fisso, altri sono indici assoluti, indici di durata o indici basati sui percentili.

<sup>4</sup> Per le città metropolitane Catania, Reggio di Calabria e Messina non sono disponibili le serie storiche di dati 1971-2020.

cambiamento del clima osservato a livello di singolo sistema urbano. La presenza di una disponibilità di serie storiche di dati ampie, complete e ad elevata risoluzione geografica è condizione per il calcolo e la significatività di questi indici, quali strumenti di analisi nell'osservazione del trend di specifici eventi nel tempo e della localizzazione.

L'Istat diffonde per la prima volta anche i nuovi risultati di un progetto di studio finalizzato ad alcuni ampliamenti conoscitivi e rilascia la nuova serie storica 2010-2020 degli indicatori di temperatura media annua e precipitazione totale annua per ciascuna città capoluogo di regione e città metropolitana. Tali indicatori annuali evidenziano nell'ultimo decennio una tendenza generalizzata al riscaldamento nelle principali città italiane, con anomalie positive di temperatura media, accompagnata da una sensibile variabilità della precipitazione totale annua, con anomalie negative legate alla localizzazione geografica.

In riferimento a statistiche e indicatori meteoroclimatici rilasciati per il 2020, per ciascun capoluogo di regione e città metropolitana sono stati calcolati Indicatori annuali sui parametri meteorologici di temperatura e precipitazione. In particolare, attraverso le Tavole di dati vengono diffusi i seguenti indicatori statistici:

- Differenze della temperatura media annua e della precipitazione totale annua 2020 dal valore medio del periodo 2006-2015 per capoluogo di regione e città metropolitana. Rispettive anomalie 2020 dal valore climatico 1971-2000 (Normale Climatologica) per capoluogo di regione - valori espressi in °C e mm (Tavole 1 e 2);
- Indici di estremi meteoroclimatici di temperatura: anomalie del 2020 e del valore medio dell'indice del periodo 2006-2015 dal valore climatico 1971-2000 per capoluogo di regione. Differenze del 2020 dal valore medio 2006-2015 per capoluogo di regione e città metropolitana - valori espressi in numero di giorni e °C (Tavole 3 e 4);
- Indici di estremi meteoroclimatici di precipitazione: anomalie del 2020 e del valore medio dell'indice del periodo 2006-2015 dal valore climatico 1971-2000 per capoluogo di regione. Differenze del 2020 dal valore medio 2006-2015 per capoluogo di regione e città metropolitana - valori espressi in numero giorni e mm (Tavola 5);
- Per la prima volta l'Istat diffonde anche la serie storica 2010-2020 degli Indicatori di temperatura media annua e precipitazione totale annua per le maggiori città osservate. In particolare, sono resi disponibili i seguenti indicatori statistici:
  - Temperatura media annua e Precipitazione totale annua per capoluogo di regione e città metropolitana, Anni 2010-2020 - valori espressi in °C e in mm (Tavola 6);
  - Differenze della temperatura media annua per ciascuno anno della serie 2010-2020 dal corrispondente valore medio del periodo 2006-2015 per capoluogo di regione e città metropolitana. Rispettive anomalie annuali dal valore climatico 1971-2000 per capoluogo di regione - valori espressi in °C (Tavola 7);
  - Differenze della precipitazione totale annua per ciascuno anno della serie 2010-2020 dal corrispondente valore medio del periodo 2006-2015 per capoluogo di regione e città metropolitana. Rispettive anomalie annuali dal valore climatico 1971-2000 per capoluogo di regione - valori espressi in mm (Tavola 8).

Vengono, infine, riportate le informazioni geografiche raccolte attraverso la Rilevazione Istat Dati Meteoroclimatici e Idrologici sulle stazioni termo-pluviometriche - fonti dei dati per il calcolo degli indicatori meteoroclimatici - e la denominazioni degli Enti gestori delle reti di stazioni di misura (Tavola 9).

## Metodologia dell'indagine

### *Disegno della rilevazione*

Inserita nel Programma statistico nazionale (codice PSN IST-02190), *Dati meteo-climatici ed idrologici* è una rilevazione corrente dell'Istat, il cui periodo di riferimento dei dati è l'anno, che raccoglie dati di variabili meteorologiche ed idrologiche presso Enti gestori delle reti di stazioni termo-pluviometriche nel territorio nazionale. Le unità di analisi sono rappresentate dalle singole stazioni meteorologiche di misura. I dati sono stati richiesti attraverso auto-compilazione di Modelli di rilevazione (formato excel). Inoltre, viene fornita ai rispondenti anche una *scheda anagrafica delle stazioni* (contenente informazioni raccolte dall'Istat in edizioni precedenti della rilevazione) richiedendo di aggiornare le informazioni relative sia all'Ente Gestore che a eventuali variazioni delle singole stazioni di misura (ad esempio denominazione Ente e/o stazione, stazioni gestite o dismesse, comune di appartenenza, coordinate piane, altitudine s.l.m., stato dell'attività della stazione, cambiamenti nelle caratteristiche tecniche, eccetera).

### *Fonti di dati*

Nell'ambito della rilevazione svolta nei primi mesi dell'anno 2021, sono stati raccolti misurazioni giornaliere dei fenomeni osservati da 65 Enti gestori di reti nazionali di stazioni di misura meteo-climatiche ed idrologiche, con particolare riferimento a quelle ubicate in capoluoghi di regione e di provincia. Si annoverano fra i rispondenti:

- Enti nazionali: Ente Nazionale per l'Assistenza al Volo ENAV, Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria CREA-AA, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile ENEA, Consiglio Nazionale delle Ricerche CNR, eccetera;
- Enti locali: regioni, province autonome, Servizi idrografici regionali, Università, Protezione civile, Agenzie regionali per la Protezione ambientale, consorzi di bonifica e di difesa provinciali e/o regionali, eccetera.

### *Raccolta di dati*

Ai fini dell'aggiornamento della Banca Dati Meteo dell'Istat al 2020, la Rilevazione ha riguardato un campione ragionato di stazioni meteorologiche di misura, ognuna delle quali è stata geo-referenziata e proiettata al sistema di riferimento UTM zona 32 con datum WGS84. La quota altimetrica di ogni stazione è verificata utilizzando il Digital Elevation Model a 20 metri (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale ISPRA).

Attraverso Modelli di rilevazione fornito dall'Istat, per singola stazione di misura, sono stati richiesti dati di misurazioni giornaliere delle seguenti variabili meteo-climatiche:

- temperatura minima (°C);
- temperatura massima (°C);
- temperatura media (°C);
- livello della precipitazione (mm);
- umidità (valori %).

Sono inoltre richieste informazioni per aggiornamenti riferiti a ciascun Ente e alle singole stazioni meteorologiche di misura gestite.

### *Controlli di qualità dei dati*

I dati forniti all'Istat, sono stati sottoposti a controlli di qualità da parte degli Enti gestori delle reti di stazioni di monitoraggio. Ulteriori controlli vengono fatti dall'Istat sulle serie di dati mensili e annuali dei dati raccolti, attraverso alcune procedure statistiche di controlli di qualità (relative a omogeneità, completezza e coerenza) applicate alle serie storiche dei dati giornalieri e mensili di temperatura e precipitazione, nonché alle serie degli indicatori calcolati su base annua.

Per qualche stazione, la qualità dei dati acquisiti non si è rivelata adeguata agli standard richiesti, avendo risentito le serie di dati giornalieri degli effetti legati dello spostamento fisico di stazioni di misura (cambiamenti nell'orientamento, sostituzione della strumentazione, altra allocazione della stazione) oppure dell'interruzione, anche temporanea, del servizio di rilevamento della stazione stessa per periodi significativi e tali da determinare mancanza di dati per alcuni periodi (settimane, mesi). Questo tipo di problematiche per alcune stazioni di misura ha determinato la mancanza di serie di dati giornalieri complete e omogenee per tutti i parametri meteorologici osservati, non assicurando così un'ampiezza adeguata agli scopi delle analisi.

Annualmente, attraverso la Rilevazione dell'Istat vengono raccolti dati di circa 600 stazioni termopluviometriche situate all'interno o in prossimità del territorio dei capoluoghi di provincia e di Regione. In base a criteri basati sulla completezza delle serie di dati giornalieri, è stato selezionato un sottoinsieme di queste stazioni sottoposte a successivi controlli di qualità sulle serie storiche di dati. Tali controlli determinano un'ulteriore selezione, individuando circa 250 stazioni di misura fonte dei dati per il calcolo degli Indicatori meteoroclimatici annuali e degli Indici di estremi di temperatura e precipitazioni per i capoluoghi di provincia, riferiti ai diversi periodi osservati. Al fine di valorizzare le serie di dati disponibili complete ed omogenee fornite dalle stazioni meteorologiche di alcuni capoluoghi di regione, considerata la peculiarità del metodo utilizzato, gli indicatori sono stati calcolati per alcuni di questi in media<sup>5</sup>.

### **Diffusione Istat**

[Statistica Report Temperatura e precipitazione nelle principali città \(2002-2016\)](#)

[Tavole di dati \(2016\)](#)

[Tavole di dati \(2017\)](#)

[Tavole di dati \(2018\)](#)

[Tavole di dati \(2019\)](#)

[Annuario Statistico Italiano \(ASI\)](#)

[Rapporto SDGs - Informazioni Statistiche per l'Agenda 2030 in Italia](#)

[Istat Rapporto sul Territorio 2020](#)

[Statistica Focus Le statistiche dell'Istat sull'acqua – Giornata Mondiale dell'acqua](#)

---

<sup>5</sup> Per la temperatura Roma, Genova, Trieste; per la precipitazione Roma, Firenze, Bologna, Genova, Trieste, Venezia, Aosta.